

Carinthia II	170./90. Jahrgang	S. 181–189	Klagenfurt 1980
--------------	-------------------	------------	-----------------

Excentriques

(Entstehung in Höhlen, Wachstum, Synthese)

Von Arno PLATZECK und Christian BERNARDO

(Mit 8 Abbildungen)

ZUSAMMENFASSUNG

Excentriques entstehen durch das Zusammenwirken von Kristallisation und Osmose. Dem gleichen Wachstumsmechanismus unterliegen Kristallschlauchbildungen in verwitternden Erzkörpern, in Hohlräumen von Laven, bei Korrosionsvorgängen und bei Knochenbildungen im Organismus.

EINLEITUNG

Die Excentriques erhielten ihren Namen von ihrem exzentrischen Wachstumsverhalten. Ursprünglich wurden sie für Tropfsteingebilde gehalten, die auf Grund lokaler Bedingungen vom senkrecht orientierten Wachstum abwichen. Bizarre Wachstumsformen erinnern an Korallengebilde. In den Höhlen des Obirs werden Excentriques gefunden, die seitlich aus Tropfsteinen herauswachsen oder Neubildungen in Hohlräumen von Stalaktiten darstellen (Abb. 1).

Wir führten unsere Untersuchungen zur Aufklärung der Entstehung der Excentriques in den Höhlen des Obirs durch. Vorteilhaft war der Einfluß des oberitalienischen Erdbebens, wodurch wir die Möglichkeit fanden, Probenentnahmen ohne Zerstörung der Natur durchzuführen. Auffallende dunkle Verfärbungen am Fußpunkt der Excentriques ließen auf das Zusammenwirken chemischer Reaktionen mit Stofftransportmechanismen schließen. Membranbildungen in der Umgebung der Excentriques deuten eine weitere Mitwirkung osmotischer Phänomene an (Abb. 2).

OSMOTISCHE UNTERSUCHUNGEN

Von den Wandsinterungen sowie von den Excentriques wurden Proben entnommen. Die Proben wurden durch Schleifen und Sägen zu runden Plättchen geformt. Diese Plättchen wurden in ein Osmometer mit Epoxid-

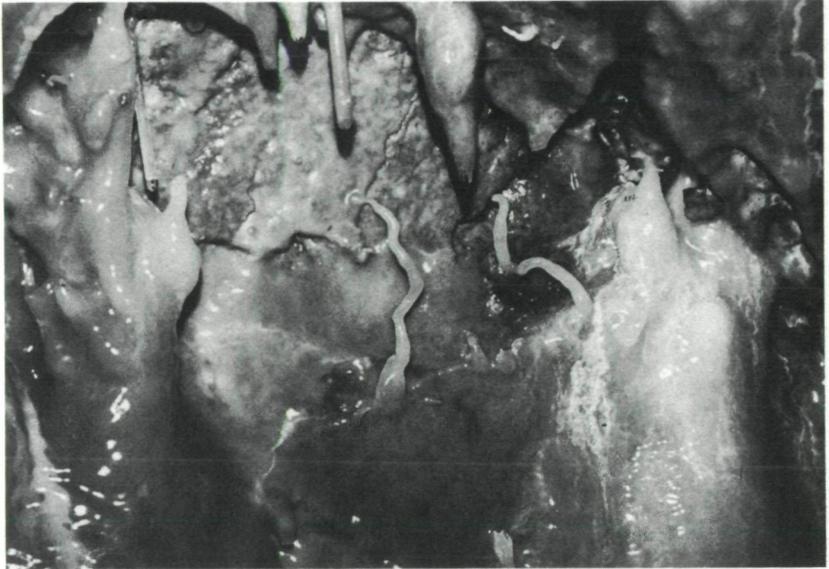


Abb. 1: Excentriques in den Höhlen des Obirs. Daneben Stalaktiten, Sinter, Sinterfahnen, Reaktions-sinter, Primärkugeln, Spaghettibildungen, Krater und Excentriques-schläuche.

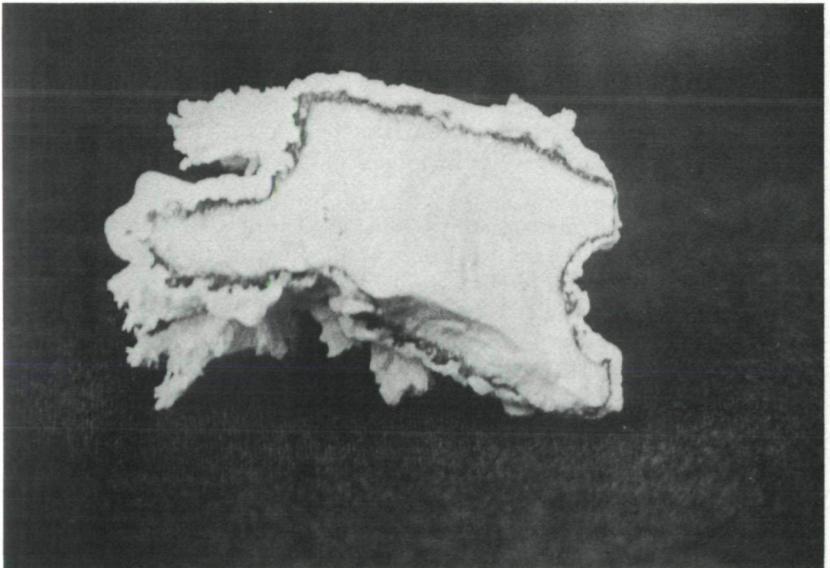


Abb. 2: Verfärbungen am Fußpunkt der Excentriques.

harz eingekittet und auf ihre semipermeablen Eigenschaften hin überprüft. Anders ausgedrückt: Es wurde überprüft, ob diese Plättchen Salzlösungen zurückhielten und reines Wasser bevorzugt hindurchließen. Anschließend wurden die osmotischen Zellen mit Wasserproben, vom Fußpunkt der Excentriques an der Höhlenwand entnommen, gefüllt und in destilliertes Wasser eingestellt. Es zeigte sich ein Druckanstieg im Innern der Osmometer (Abb. 3).

Ebenso konnte ein Druckanstieg festgestellt werden bei Austausch des destillierten Wassers gegen Höhlentropfwasser. Der Druckanstieg ist der osmotische Druck. Er entsteht dadurch, daß eine konzentriertere Lösung sich durch eine halbdurchlässige Membran hindurch zu verdünnen sucht.

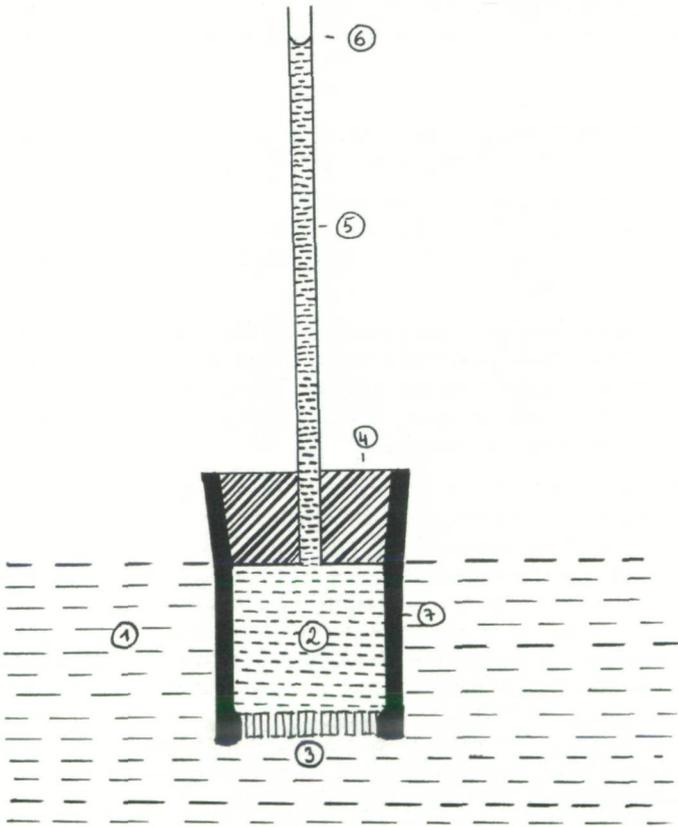


Abb. 3: Osmometer. 1 = verdünnte Lösung, 2 = konzentrierte Lösung, 3 = eingekittete Prüfplatte, 4 = Gummistopfen, 5 = Glasrohr, 6 = Meniskus, 7 = Glasgefäß.

Der Druck kann so hoch werden, daß eine Sinterschicht, hinter der sich eine konzentrierte Salzlösung befindet, und die äußerlich von einer verdünnten Lösung überrieselt wird, schließlich platzt. Die konzentrierte Salzlösung in der Höhlenwand resultiert aus oxidierenden und sich zersetzenden Erzeinschlüssen im Kalkgestein. Analytisch konnten Sulfate, Sulfite und Huminate von Eisen, Mangan und Kupfer neben Calcium in der konzentrierten Lösung nachgewiesen werden. Das Tropfwasser der Höhlen enthält vordringlich Calciumhydrogencarbonat. Beide Lösungen reagieren miteinander unter Ausfällung unlöslicher Salze, die, von der Oberflächenspannung getragen, zu dünnen, flexiblen Kristallhäutchen verwachsen können. In der Folge konnten an einer Fülle von synthetisch hergestellten Kristallmembranen semipermeable Eigenschaften nachgewiesen werden. Die Laboratoriumsversuche erlaubten es zum ersten Male, das Wachstum von Excentriques unter dem Mikroskop zu verfolgen und damit Hinweise zu geben, nach welchen Primärformen an der Höhlenwand zu suchen war.

ENTSTEHUNG UND WACHSTUM DER EXCENTRIQUES

Grundvoraussetzung für die Bildung der Excentriques ist, daß auf der Höhlenwand durch chemische Reaktionen zwischen Salzlösungen aus Erzkörpern im Gestein und dem Höhlentropfwasser eine Schicht aus Fällungssinter entsteht.

Je nach Art der reagierenden chemischen Verbindungen können in der Sinterung unterschiedliche Farbtöne auftreten. Blei und Calciumsalze liefern weiße, Eisensalze rote bis braune, Mangansalze dunkelbraune bis schwarze Sinterungen. Je nach Art der reagierenden Stoffe kann auch örtlich eine Färbung vorherrschen.

Die hinter der Sinterschicht befindliche Lösung ist konzentrierter als das darüberfließende Höhlentropfwasser. Der dadurch entstehende osmotische Druck beult die Sinterschicht aus und läßt sie schließlich aufplatzen. Liefert das Gestein nun weiter keine Salzlösung mehr, dann bleibt das Wachstum als Schlierensinter stehen. Bei geringerer weiterer Salzzufuhr kann der aufgeplatzte kleine Krater wieder zuwachsen, und es entsteht ein „Knöpfersinter“. Bei größeren Salzvorräten im Gestein lösen einander das Aufplatzen der Sinterschicht über dem Kraterstand, das Zuwachsen des Kraters und dadurch bedingt ein Längenwachstum des Ringwulstes in den Raum hinein ab. So entsteht ein in den Raum hineinwachsender Excentriqueschlauch. Die äußere Salzzufuhr erfolgt entlang des Schlauches durch Kapillarkräfte (Abb. 4).

An Schwachstellen dieser Schläuche können Verzweigungen ausgebildet werden. Gegen Ende des Wachstums sintern die Schläuche oft zu und rekristallisieren. In späteren Phasen können dann durch erneute Zufuhr von

Salzlösungen aus den Kristallisationsspalten neue Excentriques aus dem Muttergebilde herauswachsen. So entstehen Tannenbaumsinter und korallenartige Gebilde (Abb. 5 und Abb. 6).

Verschiedene Wachstumsmechanismen wie Tropfsteinbildung nach dem Prinzip der Tropfenübersinterung durch Kohlensäureabgabe, Osmokristallisation (Excentriquesbildung), Whiskerbildung (Haarkristallisation)

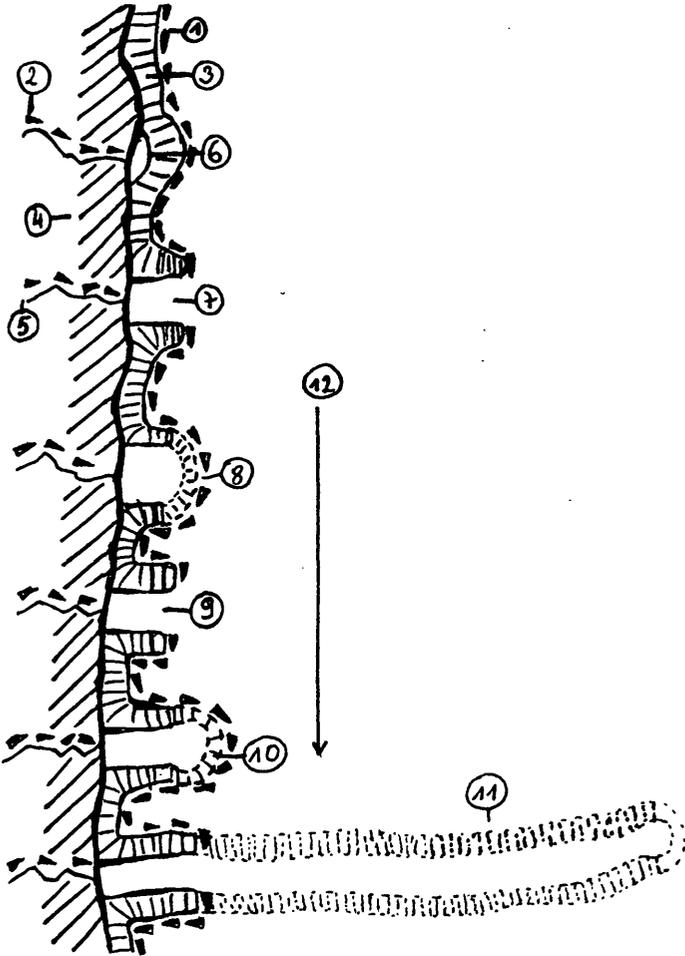


Abb. 4: Phasen der Entstehung eines Excentriquesschlauches. 1 = Tropfwasser, 2 = konzentrierte Salzlösung, 3 = Reaktionssinter, 4 = Wandgestein, 5 = Gesteinsriß, 6 = Ausbeulung, 7 = Krater, 8 = übersinterter Krater, 9 = Primärschlauch, 10 = übersinterter Primärschlauch, 11 = wachsender Schlauch, 12 = Senkrechte.

nen) und Rekristallisationen erweitern den Formenreichtum der Höhlenaufwachsungen. Weitere Einflüsse werden ausgeübt durch die chemische Zusammensetzung der an der Excentriquesbildung beteiligten Reaktionspartner. Hierbei üben primär Gelbildungen und Anordnungen von Mikrokristalliten einen gestaltbildenden Einfluß aus.

So führt zum Beispiel ein Anteil an Eisenoxidhydraten durch die zunächst einsetzende Gelbildung zu blasigen, dicken und flach dahinkriechenden Wachstumsformen, die sich meist nicht weit von der Höhlenwand entfernen. Primäre Calcitbildungen können den Excentriquesschläuchen auf Grund der Kristallflächenanlagerungen in orientiertem Sinne korkenzieherartig sich windende Formen verleihen. Derartige „Korkenzieher“ können so umeinander wachsen, daß sie sich nicht berühren. An der Aufklärung dieses Phänomens arbeiten wir zur Zeit.

ERWEITERUNG DES EXCENTRIQUES- BEGRIFFES

In der Rosthöhle von Tiffen, einem aufgelassenen Stollen, der teilweise unter Wasser steht, fanden wir excentriquesartige Gebilde aus Eisenoxidhydraten und Oxidcarbonaten. Da der Begriff Excentriques historisch begründet auf Höhleengebilde aus Calciumcarbonaten angewendet wird,



Abb. 5: Korallenartige Kombinationsformen der Excentriques.

wird vorgeschlagen, diese verwandten Gebilde als Osmokristallisate zu bezeichnen. Wie wir im Laboratorium nachweisen konnten, entstehen sie nach dem gleichen Mechanismus wie die Excentriques.

Zu dieser Klasse zählen Rostpusteln aus Stahl, die Primärphasen der Knochenbildung, Wasserglasbäumchen, Schlauchbildung aus blauem Chalzedon im Hüttenberger Erzrevier, die Eisenblüte und Kristallschlauchbildungen in verwitternden Erzen und Laven. Bei unseren Exkursionen stießen wir in der Folge auf eine große Fülle von Osmokristallisaten, so zum Beispiel in Drusen und Hohlräumen des Melaphyrs in Idar-Oberstein und in verwitternden Blei-Kupfer-Zink-Erzen auf den niederrheinischen Kohlenhalden. Vielfach sind derartige Osmokristallisate auch mikroskopisch klein.

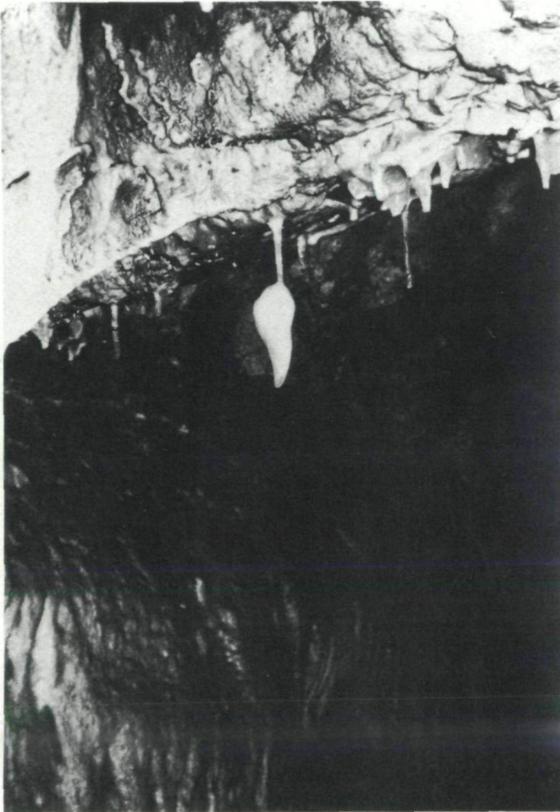


Abb. 6: Ankerbildung am Ende eines Spaghettis.
Aus rekristallisierten und am Ende zugesinterten Stalaktiten wachsen nach demselben Mechanismus neue Excentriques seitlich heraus, wenn chemisch aktive Salzlösungen dem Tropfsteininneren zugeführt werden.

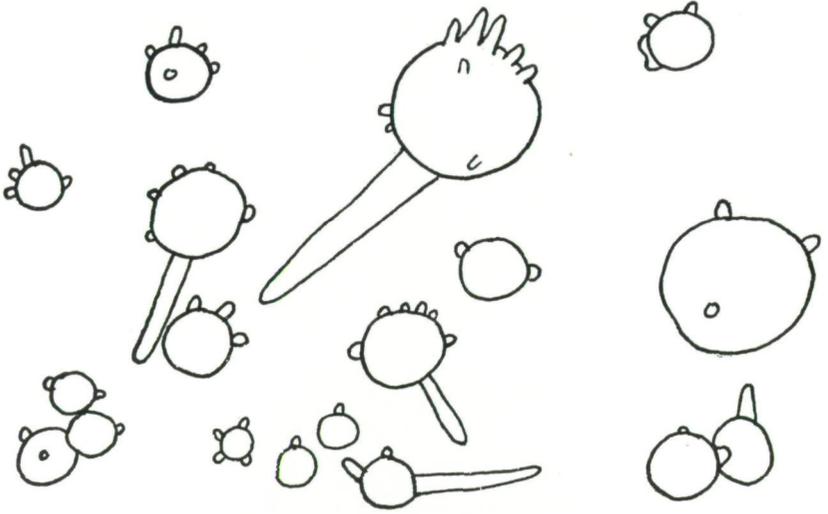


Abb. 7: Primärwachstumsphase künstlicher Knochenwachstumszellen, in Lösung schwebend. Mikroskopzeichnung auf Grund starker Trübung der Lösung.

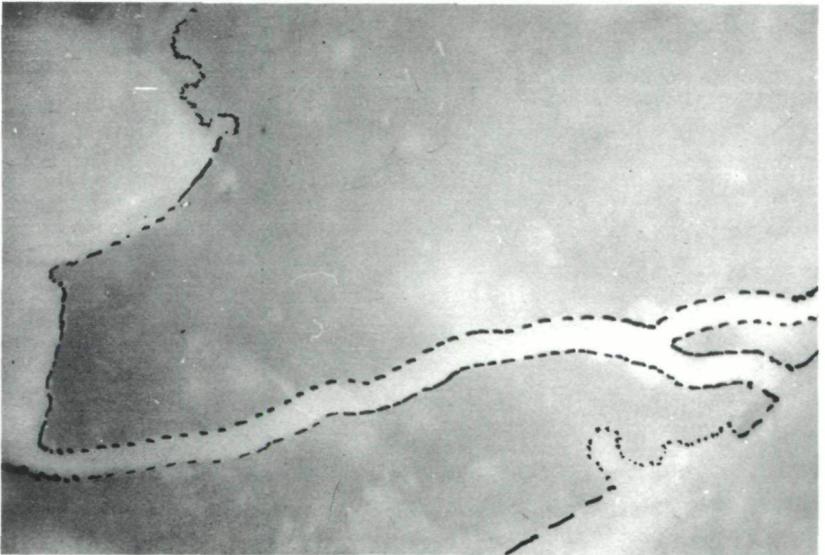


Abb. 8: Zusammengewachsene Excentriquesschläuche aus Hydroxylapatit.

EXCENTRIQUES-ZUCHT IM LABORATORIUM

Im Laboratorium lassen sich bei Wahl geeigneter Versuchsbedingungen Excentriques ohne große Schwierigkeiten unterhalb der Oberfläche von Salzlösungen züchten. Nach dem bekannten Prinzip erhält man „Wasserglasbäumchen“, wenn man käufliches Natronwasserglas auf das doppelte Volumen mit Wasser verdünnt und grobe Kristalle von Salzen, die mit dem Wasserglas unter Silikatbildung reagieren, auf den Boden des Gefäßes bringt. Diese Gebilde kann man „wachsen“ sehen.

In Calciumchloridlösung gequollene Körnchen aus Polyacrylamid verhalten sich nach der Eingabe in eine Natriumphosphatlösung wie Knochenbildungszellen (Abb. 7).

Unter dem Mikroskop sieht man, wie aus den Körnchen Kristallschläuche herauswachsen und aufeinander zuwachsen, um sich dann teilweise miteinander zu vereinigen (Abb. 8).

Zurzeit wird untersucht, ob Grenzflächenpotentiale einen richtungsorientierenden Einfluß auf diese Schläuche ausüben. Auch das Wachstum künstlicher Rostpusteln, entstanden durch Aufstreuen von Natriumchlorid auf eine Stahlplatte und Überspritzen mit wasserdurchlässigem Lack, läßt sich unter dem Mikroskop verfolgen.

Am Ende eines Kupferrohres an der Überlaufleitung der Heizung entstanden durch Reaktionen von Calciumhydrogencarbonat und gipshaltigem Wasser mit dem Rohrmaterial Excentriques, die frei in den Luftraum hineinwachsen. Die Zucht von Excentriques auf porösem schwermetallsalzimprägniertem Gestein durch Auftropfen von Calciumhydrogencarbonat und gipshaltigem Wasser stieß zunächst auf Schwierigkeiten. Es bildeten sich nur Oberflächensinterungen. Erst bei Zugabe von feinverteilterm Lehm zum Tropfwasser bildeten sich Excentriques aus. Die gleiche Beobachtung läßt sich bei der Zucht von Wasserglasbäumchen machen. Sobald die Bäumchen die Wasseroberfläche erreichen, breiten sie sich schichtartig aus. Das heißt, die Oberflächenspannung des Wassers verhindert ein Wachstum über die Wasseroberfläche hinaus. Lehmhaltiges Wasser kann die Oberflächenspannung des Wassers weitgehend reduzieren, so daß ein Wachstum über die Wasseroberfläche hinaus möglich ist. Ähnlich wirken sich fein verteilte Eisenoxidhydrate aus.