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

Zusammenfassung

Zu den bisher bekannten Kalklösungsvorgängen — Korrosion mit Hilfe der Luftkohlensäure und der biogenen Kohlensäure (aus der Zersetzung organischer Substanzen entstanden) —, die sich ausschließlich im Bereich über dem Karstwasserspiegel und in der hochphreatischen Zone abspielten, im ganz wassererfüllten Raume aber nur beschränkt wirksam sind, kommt neu die Mischkorrosion, die die noch bestehenden Lücken zu füllen vermag. Sie beruht auf der Tatsache, daß bei der Mischung zweier verschieden konzentrierter, kalkhaltiger Wasser freie Kohlensäure entsteht, die erneut Kalk zu lösen vermag. Bisher sind zwei Leitformen der Mischkorrosion sichergestellt worden.

La formation des grottes karstiques est due à la corrosion, l'érosion et l'effondrement. La corrosion suit la formule sommaire bien connue:

$$(CO_3)\,Ca + H_2O + CO_2 \longleftrightarrow 2\,(CO_3H)' + Ca\cdot\cdot$$

Ce n'est alors possible qu'en présence de CO_2 libre. Cette réaction est liée au voisinage de la surface, ou à l'air des cavernes, c'est à dire en-dessus de la nappe d'eau karstique ou très peu en-dessous. Cependant, il y a de nombreuses galeries profondes que l'on ne peut pas expliquer de cette façon et l'on doit admettre l'existence d'un facteur de corrosion jusqu'ici inconnu.

Si l'on mélange deux eaux d'une teneur différente en bicarbonate, il se dégage du CO_2 libre, l'eau devient agressive. Dans ces circonstances, des galeries peuvent prendre naissance à n'importe quelle profondeur sous la nappe d'eau karstique ou dans des conduits forcés. De plus, il n'est pas du tout nécéssaire que ces galeries aient des communications praticables avec d'autres cavités ou la surface, ce qui explique l'existence de grandes grottes que l'on ne peut atteindre que par de petites galeries. Des formes indicateurs, tel que la marmite de corrosion aux voûtes, ou la galerie finissant à l'amont en apside nous permettent à reconnaître la corrosion provoquée par le mélange de deux eaux avec des concentrations différentes en bicarbonates.

Anmerkung: Im Text der Arbeit ist an Stelle des Ausdruckes „Mischkorrosion" stets „Mischungskorrosion" zu setzen.

Verwitterungstypen der Tertiärkalke Zyperns

Von Helmut Riedl (Graz)

Die von großen Fußflächentreppen überspannten Tertiärkalkbereiche zwischen Nordkette und Troodosbergland liegen in der trockeneren immergrünen Tiefenregion der Insel. Steppenartige Elemente zeigen den kontinentalen Einfluß. Dem fast trockenen und heißen Sommer steht die Niederschlagshäufung im kühlen Winter gegenüber. Die

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

Jahresniederschläge nehmen in der Mesaoria, der Fußflächenlandschaft Zyperns, von Osten nach Westen ab.

Karsterscheinungen korrosiver Art sind in dieser trockenen Tiefenstufe des wechselfeuchten Mittelmeerklimas ganz untergeordnet ausgeprägt. Die Verwitterungstypen der tertiären Kalke stellen hingegen überwiegend das Ergebnis einer von innen nach außen wirkenden chemischen Umwandlung des Gesteines dar. Der durch das Übergewicht der Verdunstung verursachte kapillare Aufstieg mineralischer Lösungen führt zu Hartrinden- und charakteristischen Hohlraumbildungen, deren genetische Dynamik der Korrosion entgegengesetzt verläuft. Die meisten Halbhöhlenbildungen stellen großklimatisch bedingte Kleinformen dar und sind nicht als mikroklimatisch oder edaphisch verursacht im Sinne der azonalen Bröckellöchertypen anzusehen.

Die Halbhöhlen der Tiefenzone Zyperns stellen demnach Tafoni dar. Aus Kalkgesteinsbereichen sind diese wenig beschrieben worden. Weltweite Studien (6) liegen aber über Tafonibildungen in Tiefen- und Ergußgesteinen vor.

Südlich der Nordkette breitet sich über die weicheren Flyschgesteine der Kythrea-Formation die weitflächig verebnete Kalkdecke der Athalassas-Serie. Es sind dies harte, knollige Pliozänkalke, die einen 2 bis 3 m hohen Steilrand an den schichtstufenförmigen Oberkanten der

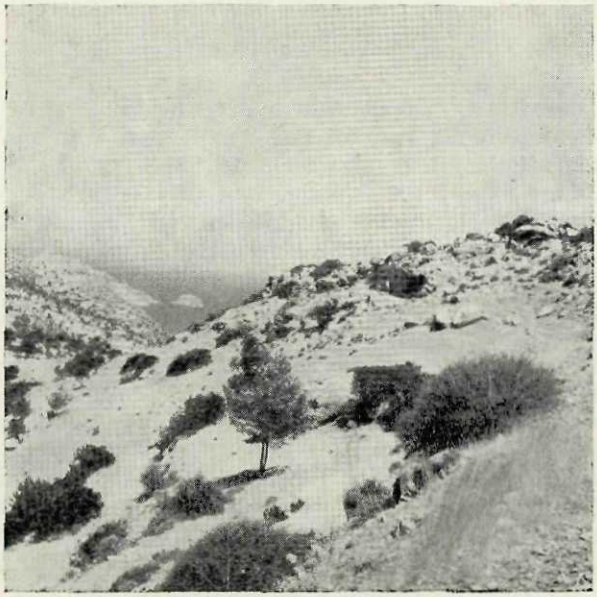

Abb. 1: Tafonierte Kalkdecken an der Westküste Zyperns (Vouni). Foto: H. Riedl, 10. August 1961

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

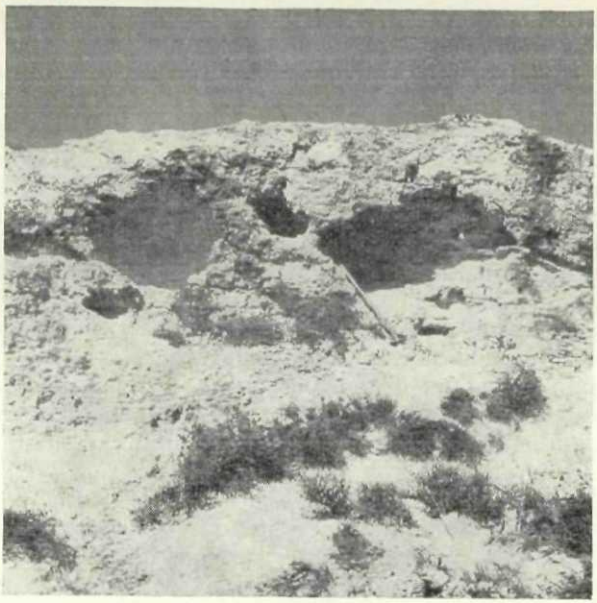

Abb. 2: Kalkschichtstufenstirn mit Tafoni (deutliche Lamellen und Hartrindenbildung) in der Mesaoria Zypers.
Foto: H. Riedl, 10. August 1961

Talfurchen entwickeln. Die härtere kalkige Schichtstirn ist durch die enge Aneinanderreihung von oft nur 2 m langen und breiten, sowie 0,50 m hohen Halbhöhlen gekennzeichnet. Meist sind die Zwischenwände der einzelnen Räume ausgedünnt und seitlich durch Fenster verbunden. Dunkle Hartrinden überkleiden nicht nur die Ebenheiten, sondern auch die gesamte Vertikalfläche der Schichtstufe, wo sie oft nur mehr kulissenförmig und baldachinartig erhalten sind. Wesentliche Bedeutung für die Entstehung dieser Tafonitypen besitzen leicht klaffende und sanft einfallende Mikrofugen, die von einer rötlichen Kruste überrindet werden. Diese erscheint jünger als die dunkle Hartrinde. Unter diesen bis zu 1 cm starken, die Mikrofugen überziehenden Krusten liegt feingrusiges Material mit einer Dicke von 5 cm. Die zur Abblätterung neigenden Wandungen der Halbhöhlen zeigen deutlich über der stets flach nach außen geneigten Sohle das mehrmalige Herausragen von Lamellen entlang solcher Mikrofugen, die im Rahmen des kapillaren Hubes die Leitlinien einer flächigen Sedimentation abgeben, unter deren Verhärtung aber eine weitgehende Vergrusung stattfindet. Werden die Lamellen aufgebrochen, trägt der Wind das darunter liegende Lockermaterial erfolgreich ab. Da diese Halbhöhlen bevorzugte Lebensräume der Reptilien darstellen, erfolgt durch die

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

lebhafte Bewegung derselben auch eine Detritusverfrachtung. Größere Halbhöhlen bieten während der sommerlichen Mittagshitze den Weideschafen Schutz. Diese tragen auch ein wenig zur Abscheuerung der Wandungen bei. Übergeordnete Funktion besitzt die äußere Hartrinde. Es gibt Fälle zu beobachten, bei denen die Vergrusung des Gesteines so weit vorangeschritten ist, daß die Lamellen nur mehr wie tote Gerippe in dem Lockermaterial schwimmen. Der gesamte Komplex wird von der Außenschale bewahrt. Bricht diese durch Spannungsunterschiede auf, kann in wenigen Minuten eine Halbhöhle von der Größe eines 1 m^3 großen Würfels entstehen.

Im allgemeinen brechen die Höhlendächer nach genügendem Fortschritt der Tafonierung ab. Es können dann fast glatte Schichtstirnen entstehen. Der gesamte Prozeß der äußeren und inneren Rindenbildung beginnt sich von neuem zu intensivieren. Daß all diese Vorgänge rezent sind, zeigen frische Schutthalden aus nachgebrochenen Höhlendächern, Hartrindenbaldachinen und feinem Grus am Fuße der Kalkbänke. Eine leichte Zurückverlegung der Kalkränder findet statt. Das Ausmaß der Aufzehrungstendenz der Kalkebenheiten erreichte jedoch, wie aus Vergleichen der Mächtigkeit rezenter mit fossilen Tafonischuttdecken zu entnehmen ist, nicht im Holozän das Maximum, sondern war in der Vorzeit bedeutend größer. Für diese Fragestellung liefern aber die morphologischen Verhältnisse des Xerostales Hinweise.

Südwestlich des Erzhafens Xeros lagern der Pillow-Lava miozäne Koroniakalke auf, die im Niveau der großen Troodosfelsfußfläche eingeebnet sind. Die in einer Höhe von ca. 300 m liegenden harten Korallenkalke zeigen eine rezente Tafonierung. Von der Schichtstufe des Kalkes an ziehen durch Krustenbildung verfestigte 3 bis 4 m mächtige Kalkschuttdecken über die Pillow-Lava in das 150 m tiefer liegende Xerostal hinab. Diese häufig aus alten, zertrümmerten Tafoni zusammengesetzten Breccien konservieren die erosiv leicht angreifbaren Hangbereiche der Pillow-Lava, sodaß sie ein geglättetes Aussehen erhielten und im scharfen Gegensatz zur intensiven Zerschneidungsmorphologie unbedeckter Lavalandschaften stehen.

Die würmzeitliche Terrasse des Xerostales, die 20 m über dem breiten, holozänen Schotterbett liegt, wird von den „Tafonibreccien" überzogen, indem diese die würmzeitlichen Schotter überlagern. Auch kleine Erosionsmulden, die auf die Würmterrasse des Haupttales eingestellt sind, werden von dem Kalkschuttpanzer ausgekleidet. Entscheidend ist, daß die Erosionshänge zwischen Unterkante der Würmterrasse und holozäner Aue keine Breccienbedeckung mehr zeigen. Nur die von Breccien bedeckten seitlichen Muldentalböden werden durch die holozän-rezente Schluchten- und Kerbtalbildung heftig zerschnitten. Genauso zerfurchen Racheln die kastentalförmigen Hänge des Xerostales unterhalb der Würmterrasse in der unbedeckten Pillow-Lava. So liegt das Optimum der Tafonibreccienbildung noch vor Beginn des

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

Holozäns. Aus der Stellung der Breccien zu den würmzeitlichen Schotterakkumulationen und Erosionsmulden geht hervor, daß die Schuttbildung in der späten Würmzeit ihre optimalen Bildungsbedingungen erreicht hat. Die alte, heute nicht mehr in Erscheinung tretende Tafonigeneration der Schichtköpfe, von der die Trümmer in den Breccien stammen, ist sicher älter als Spätwürm, in dem vorwiegend eine Zerstörung der Tafoni vor sich ging. Ein derartig starker Abbau der Halbhöhlen kann nur nach einem hohen Reifestadium der Tafonibildung erfolgen. Wenn die Tafonitypen in den Tertiärkalken Zyperns auch rezente Bildungen darstellen, so herrschte dennoch in der Vorzeit eine viel häufigere Bildung derselben, wonach sich auch die Abtragung der Kalkschichtränder als ein vorwiegend vorzeitlicher Vorgang erweist.

Eingangs wurde die Bedeutung der von innen nach außen wirkenden chemischen Verwitterung in den Vordergrund gestellt. Trotzdem finden sich vereinzelt Anzeichen eines von außen nach innen wirkenden Kräftespiels.

Die tafonierte Koroniakalkplatte der Vouniererhebung westlich Ayia Varvara zeigt auf der Gipfelverebnung Korrosionskolke, die durchschnittlich eine Länge von 30 cm, eine Breite und Tiefe von 15 bis 20 cm aufweisen. Diese Kleinhohlformen scheinen in die Hartrinde der Kalke eingesenkt zu sein. Bei genauer Beobachtung wird offenbar, *daß die Hartrinde alte, heute inaktive Korrosionsformen überzieht;* die Kolke sind also älter als rezente Hartrindenbildung und Tafonierung.

Einen besonders instruktiven Ausdruck findet das Aufsteigen mineralischer Lösungen in der Koroniakalkdecke östlich Skouriotissa. Hoch anstehende Kupferpyritadern in der den Kalk unterlagernden Pillow-Lava bedingen zusammen mit dem intensiven kapillaren Hub, daß der Kalk von einem hauptsächlich durch Limonitstege gekennzeichnetem Fächerwerk durchzogen wird. Ganz unregelmäßig stellen sich zwischen den bräunlichen Krusten die oft nur nußgroßen Bröckellöcher in großer Zahl ein; die harten Gitterlamellen sind bereits herauspräpariert, bizarr gestaltet und messerscharf. Der gesamte Bröckellöcherkomplex reicht bis zu 5 m hangeinwärts in den Berg und weist keine übergeordnete Hartrinde auf.

Eine interessante Kombination des Typus der Bröckellöcher und des Tafoniprinzipes zeigen die tertiären Kalksandsteine der Athalassaserie zwischen Paphos und Ktima im Bereiche künstlicher unterirdischer Felsenkammern. Unter einer oft nur mehr kulissenförmig erhaltenen hellgrauen, *bis zu 1 cm dicken Hartrinde, welche die lotrechten Außen*wände der Felsenkammern überzieht, liegt ein rhythmisch angeordnetes, leicht kreuzgeschichtetes Mikroterrassensystem, das die feinen Strukturen des Gesteinskörpers nachzeichnet. Innerhalb der Mikroterrassenleisten vergrusen dazwischenliegende Bänder, wodurch die Strukturlinien gröber werden. 5 m hohe Abris mit feinstrukturierten Wandungen und einer Tiefe bis zu 3 m sind an einigen Stellen unter markanten

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

Hartrindenbaldachinen zu finden. An anderer Stelle öffnet sich die glatte und geschlossene Hartrinde unter einem einzigen Hammerschlag und zeigt unmittelbar darunter ein bereits vollständig entwickeltes, kompliziertes Struktursystem mit filigransten Lamellen, ohne daß aber eine Gesamthohlraumbildung unter der Hartrinde eingetreten ist. Wichtig ist, daß sämtliche Erscheinungen an anthropogen bearbeiteten Felswänden liegen. Leider ist es der geschichtlichen Forschung bis heute noch nicht gelungen, eine genaue Einzeitung der Wandbearbeitung zu bewerkstelligen. E. Oberhummer (1) vermutet in den Felsenkammern Fluchtstätten einer vorgeschichtlichen Bevölkerung.

Die Bedeutung der Tafonierung der tertiären Kalkgesteine für die morphologische Aufgliederung einheitlicher Fußflächenbereiche wurde bereits an anderer Stelle (3) hervorgehoben. Hier sei noch mehr der Raumtypus dolinenartiger Tafoni beschrieben, deren Ausbildung die Primärursache für die Entstehung von Tiefenfurchen auf den Verebnungen darstellt.

Südlich der Straße Gypsos—Syngrasi fallen inmitten des westlichen Abschnittes der Kalkebenheit dolinenartige Formen mit 10 bis 20 m Durchmesser und 3 m Tiefe auf. Die Sohle wird von Gesteinsschutt bedeckt, der von Hartrinden überzogen ist und an der Unterseite typische Vergrusungserscheinungen zeigt. Charakteristisch ist, daß an den Rändern der Dolinensohle oft 10 m lange, horizontale Schlufe ansetzen, die alle typische Tafonierungskennzeichen tragen. Somit erweisen sich die dolinenartigen Formen als verstürzte Tafoni. Man gewinnt schließlich den Eindruck, daß die markante Tafonierung der Schichtstufenstirnen nur den Teilausdruck eines den gesamten Kalkdeckenkörper umfassenden Tafonierungsprozesses darstellt, der aber morphologisch nur in den Verbruchszonen an den Tag tritt. Wahrscheinlich sind in den Kalkplatten ausgedehnte, niedrige und waagrecht verlaufende Tafoni vorhanden, die nur in Analogie zu schichtgebundenen Typen stehen.

Von den Tafonibildern Zyperns ausgehend, ergibt sich ein fruchtbarer Aspekt für die speläogenetische Forschung in den heimatlichen temperiert-humiden Landschaften. Viel zu wenig wurde bisher auf die Möglichkeit einer Speläogenese durch vorzeitliche oder rezente Tafonierung geachtet. Wird doch unser speläogenetisches Denken vom vielfältigen Kräftespiel der ja wirklich dominierenden Korrosion beherrscht.

V. Paschinger (2) beschrieb sehr anschaulich Halbhöhlenbildungen an dem Schieferrundhöcker zwischen Neumarkt und St. Marein (Steiermark). Dabei dürfte es sich um eine rezente, durch die Südexposition edaphisch bedingte Erscheinung handeln, der ein von innen nach außen erfolgender Verwitterungsrhythmus zugrunde liegt. Unter der Vorstellung einer edaphischen Tafonidynamik könnten die zahlreichen und eigenartigen Höhlenbildungen der Hollenburger Nagelfluh in der Sattnitzlandschaft Kärntens gesehen werden. Eine Kartierung und Beschrei-

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

bung dieser Hohlformen wäre auch im Hinblick auf die Klärung des Gliederungsproblemes der einzelnen Gesteinskörper eine dankbare Aufgabe! Lohnend in dieser Hinsicht sind auch die tertiären Kalk- und Kalksandsteinbereiche im pannonischen Klimaraum Österreichs. Die dolinenartigen Formen des Ruster Hügelzuges (4) zeigen den Grundtyp der edaphischen Bröckellöcher. Die Bärenhöhle (5) bei Winden dürfte aber teilweise in den Formenkreis fossiler Tafoni reichen.

Schriftennachweis:

1) *Oberhummer, E.:* Aus Cypern. Tagebuchblätter und Studien, I. Teil. Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 25. Band, 1890.
2) *Paschinger, V.:* Deflationserscheinungen bei Neumarkt in Steiermark. Mitt. d. Naturwiss. Vereines f. Steiermark, Band 50, 1913.
3) *Riedl, H.:* Bericht über eine Studienfahrt nach Zypern 1961. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., Band 103, Wien 1961.
4) *Riedl, H.:* Die befahrbaren Klüfte im Steinbruch von St. Margarethen (Bgld.). Wiss. Arb. aus dem Burgenland, Heft 25, Eisenstadt 1960.
5) *Trimmel, H.:* Das Ludlloch (Bärenhöhle) bei Winden. Wiss. Arbeiten aus dem Burgenland, Heft 23, Eisenstadt 1959.
6) *Wilhelmy, H.:* Klimamorphologie der Massengesteine, Braunschweig 1958.

Beiträge zur Höhlenfauna der Provence

Von Klaus Dobat (Tübingen)

I. Die Feengrotte (Grotte des Fées) bei Les Baux

1. Lage und Beschreibung:

Eine dreiwöchige zoologisch-botanische Studienreise durch Südfrankreich im April 1962 führte mich auch für einige Tage nach Les Baux. Burg und Siedlung, im Südwesten der Alpilles gelegen, erlebten über Jahrhunderte eine wechselvolle Geschichte. Noch heute ragen die malerischen Ruinen der einstigen Hochburg der Troubadours — von Richelieu im Jahre 1631 zerstört — hoch über ein wunderbares Land. Der Blick reicht weit über die zerklüfteten Berge, über Wein- und Olivenfelder bis nach Südwesten über Crau und Carmargue zum Mittelmeer.

Das eigenartige Chaos der Molassefelsen in unmittelbarer Umgebung von Les Baux findet seine Krönung im Val d'Enfer, dem Höllental. Hartrindenbildung und Erosion, unterstützt durch die feuchten, salzhaltigen Winde aus südlicher Richtung, formten die relativ weichen, tertiären Molassefelsen zu oft bizarren und teuflisch wirkenden Steingebilden.

Am Rande des Val d'Enfer, über steil ansteigenden Pfad vom

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Die Höhle

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: 014

Autor(en)/Author(s): Riedl Helmut

Artikel/Article: Verwitterungstypen der Tertiärkalke Zyperns 68-74