

Weitere Beiträge zur Geologie ungarischer Karstgebiete.

Beobachtungen im Gerecse-Gebirge.

Von Helmuth Cramer, Ing. H. Kolb, Nürnberg, und
Dr. J. Vigh, Budapest.

In der Reihe der verkarsteten ungarischen Mittelgebirge nimmt das Gerecse-Gebirge eine hervorragende Stelle ein. Finden sich doch hier auch mächtige Ablagerungen jurassischer Kalke vor, die im Budaer Gebirge noch fehlen und auch im südwestlich anschließenden Vértesgebirge nur mehr in Spuren vertreten sind. Ihre Verkarstung fand unsere besondere Beachtung. Von größter Bedeutung ist weiterhin der Nachweis einer der Hierlatzfacies entsprechenden Einlagerung unterliassischer roter Kalke in Lösungsklüfte und Hohlräume des Dachsteinkalkes. Danach greift die Verkarstung des festländischen Dachsteinkalkes um die Trias-Jura-Wende nicht nur über die nördlichen und südlichen Kalkalpen, sondern auch über den Bakonyer Wald nach Osten hin bis ins Gerecse-Gebirge vor.

Landschaftlich von gleichem Charakter wie das Budaer Gebirge, verdankt der nun zu behandelnde Teil des transdanubischen Mittelgebirges seinen Reichtum an Karsthöhlen dem Dachsteinkalke, den wir im Anschluß an die Tagung 1927 im Gebiete von Bajót, sodann aber als Gäste der Zementfabrik Lábatlan in der Umgebung von Lábatlan und Piszke vortrefflich kennen lernten. Für die seltene Möglichkeit hierzu danken wir unserem lieben Führer Dr. J. Vigh ebenso wie der Verwaltung des Zementwerkes für die vorbildliche magyarisches Gastfreundschaft. Dr. J. Vigh beteiligte sich auch an der Ausarbeitung der letzten zwei Teile unserer ungarischen Arbeit, so hier durch die nachfolgenden Abschnitte I, III und IV. Den Abschnitt II lieferte der Unterfertigte. Der Bericht über das Phosphatvorkommen stammt von Ing. H. Kolb.

Helmuth Cramer.

I.

Das Gerecse-Gebirge bildet den N-W-Teil des transdanubischen ungarischen Mittelgebirges. Seine Nordwest-Ausläufer reichen zwischen Dunaalmás und Bajót (Nyergesújfalu) bis an die Donau-Linie, wo sie entlang einer W-E gerichteten Gruppe paralleler Hauptbruchlinien enden.

Das Gebirge bildet eine milde, meist schön bewaldete Landschaft mit verhältnismäßig kleinen relativen Höhenunterschieden (größte Höhe 633 m ü. M.) aber sehr oft mit steilen, felsigen Abhängen, die seine malerischen Schönheiten sehr erhöhen.

Ähnlich den übrigen Teilen des ungarischen Mittelgebirges ist auch dieses ein typisches Schollengebiet, dessen einzelne Schollen

sich meistens in kürzere oder längere Bergzüge vereinen, obwohl einige Schollen im Norden aus dem alttertiären Hügelland auch ganz abge sondert emporragen.

Die im Bakony- und Vértesgebirge nach SW—NO gerichteten Bergzüge setzen sich im Gerecse-Gebirge in einer N-S-Richtung fort und sind voneinander durch breite, beckenartige, mit eozän-oligozänen Schichten ausgefüllte Grabenversenkungen getrennt. Die orographische Richtung der Schollenzüge trifft mit der des Schichtenstreichens nicht zusammen, da die letztere im allgemeinen eine SW-NE-liche mit nordwestlichem Schichtenfallen ist.

Die Schollen sind zumeist von verkarstungsfähigen Gebilden aufgebaut, unter denen die Hauptrolle der obertriadische karnisch-norische Dolomit und der norisch-rhätische Dachsteinkalk und im kleineren Maße die jurassischen Kalke (rote dichte Kalke, sogenannte Gerecse'er Marmore, dann tonreiche Knollenkalke) spielen, während den unverkarstungsfähigen Feuersteinen des Jura und den neokomen Mergeln und Sandsteinen schon eine viel geringere Rolle zukommt. Im Norden herrschen die neokomen und jurassischen Schichten, obzwar den Untergrund der Schollen meist auch hier der Dachsteinkalk bildet, während die Schollen des übrigen, mittleren und südlichen Teiles des Gebirges teils von wechsellagerndem Dachsteinkalk und Dolomit, teils bloß von Dolomit aufgebaut werden. Diese sehr interessante einseitige Verteilung der Gebilde verursacht die regionale Entwicklung des Gebirges, welches im Mesozoikum in seinem südöstlichen Teile einer einseitigen synorogenetischen Hebung unterworfen war. (Vgl. Roth, K. v. Telegd 1920/23 S. 70.)

Grabenversenkungen trennen also die meist einen verkehrten Keilhorst bildenden Schollen, die von Staffelbrüchen begrenzt werden. Die im Bakony herrschenden alpinen SW-NE-Brechungslinien spielen in unserem Gebiete nur eine ziemlich untergeordnete Rolle und verlaufen meistens in SSW-NNE-Richtung. Viel bedeutender sind aber die NW-SO ablaufenden und von einer besonderen Wichtigkeit sind die N-S streichenden Dislokationslinien, denen das Gebirge auch sein gegenwärtiges Relief zu verdanken hat.

Die Gesamtdicke der jurassischen Bildungen (Kalke und Feuersteine) beträgt etwa 80—100 m, die des Dachsteinkalkes und Dolomites ist noch unbekannt, sie wird über 600—700 m geschätzt. An allen Kalken lassen sich schöne Karsterscheinungen beobachten, doch fehlt auf den verkarsteten Schollen die Überdeckung durch jüngere Schichten, einschließlich der durch neokome Mergel. Die Entstehung der Karsterscheinungen läßt sich bis auf während der geologischen Vergangenheit wiederholt aufgetretene Karstperioden zurückführen.

Die erste — aber verhältnismäßig noch geringe und oberflächliche — Verkarstung des Gebirges tritt in Verknüpfung mit den schwachen altkimmerischen Bewegungen der Alpen im oberen Teile des Rhäts ein, die zwar im geringen Maße, doch auch auf unserem Gebiete kleine Wirkungen ausübte. Die demnach erfolgten Meeresoszillationen legten einige Teile unseres Gebirges trocken. Diese

Trockenlegung und Verkarstung zeigt sich außer dem lokalen Fehlen der tieferen Schichten des Unterlias im östlichen Teile des Gebirges in einer Erosionsdiskordanz (Vgl. K. Hofmann 1883 S. 25), im westlichen Teile aber im Transgredieren der „Hierlatz“-Schichten mit einer Grundbreccie über dem Dachsteinkalk und in der Einlagerung derselben in dessen Karstgerinnen.

In Verbindung mit den jungkimmerischen Gebirgsbildungen folgten während der Jurazeit wieder kleinere und größere Meeresbewegungen.¹ Die Ost- und Westteile des Gerecs-Gebirges tauchten aus dem Meere empor,² worauf eine ungleich starke Abtragung und Verkarstung folgte, die die discordante Lagerung der Untertithon-Schichten über den unterliassischen Hierlatzkalken uns vor Augen führt. (Vgl. Vadász 1913.)

Soweit unsere Kenntnisse reichen, sind aus unserem Gebiete vom Barremien (nach K. Somogyi 1916) bis zum Mitteleozän (Vgl. Rozlozsnik-Schréter-Roth 1922) keine Sedimente bekannt. Die fast ausnahmslos aus den Trümmern der Oberdogger-Feuersteinschichten bestehenden Regressionsbreccien bei Lábatlan verweisen darauf, daß hier das Meer schon im oberen Hauterivien regredierte und erst im Mitteleozän finden sich wieder sicher horizontierbare Sedimente. Das Alter der tiefsten, unmittelbar über dem Mesozoikum lagernden alttertiären kontinentalen und Süßwasserschichten verdient aber noch eingehende Untersuchungen.

Es herrschte also während der erwähnten Zeit eine starke, in den verschiedenen Teilen des ungar. Mittelgebirges verschieden lang dauernde, bedeutende Verkarstungsperiode. Diese nahm ihren Anfang nach den in Verknüpfung mit der mittelkretazischen „austri-schen“ Gebirgsbildung hervorgerufenen Bewegungen (Hebung), setzte und entwickelte sich stark fort in Verbindung mit der durch die subherzynischen Gebirgsbildungen eintretenden Hauptzerstückelung des Gebirges und war auch von den laramischen Bewegungen noch beeinflusst. Während dieser langen Zeit erfolgte auf dem Festlande starke Abtragung und Verkarstung,³ es entstand sogar schon eine unterirdische Entwässerung. Die großzügigen Störungslinien, deren Hauptlinien auch noch das gegenwärtige Relief des Gebirges seine Entstehung verdankt, bestimmen die Wege der oberirdischen und subterranean Erosion.

Diese während der Kreidezeit entstandenen unterirdischen Wassergänge entwickelten sich während der vom Ende des Eozäns bis zum Mitteloligozän („Infraoligozän“, vgl. Rozlozsnik-Schréter-Roth) neu einsetzenden Erhebungs- und Denudationsperiode in großem Maße noch weiter. Die die Festlandperiode verursachenden Be-

1. Diese konnten aber eher von epirogenem als von orogenem Charakter sein.

2. Nur die Mitte des Gebirges blieb während der ganzen Jurazeit vom Meer bedeckt. Siehe Vigh, Führer . . .

3. Eng verknüpft mit dieser alten Verkarstung ist die weitverbreitete Bauxitbildung des transdanubischen Mittelgebirges.

wegungen lassen sich mit der pyrenäischen Gebirgsbildungsphase in Verbindung bringen.

Im Miozän war unser Gebiet wieder Festland. Große Brüche zerstückelten selbst die alttertiären Ablagerungen, die ober- und unterirdische Erosion vervollkommenet ihre Arbeit in den über die Erosionsbasis gehobenen Teilen der Horste, in welchen sich entlang der kreuz und quer ablaufenden Verwerfungslinien große Höhlungen, weit ablaufende Wassergangnetze ausbildeten. Diese später wieder unter das Karstniveau gesunkenen Räume und Gänge wurden mit Karstwasser ausgefüllt und bilden nun eine große Gefahr für die in dem Becken liegenden Kohlenbergwerke (Siehe Schrëter, Karstwasser . . . und Schmidt, Entwässerungsmethode . . .). Die Verkarstung erfolgte während dem Pliozän und findet auch in der Gegenwart ununterbrochen statt. Die plateauartige Verebnung der größeren Schollen ist der Abrasion der oberoligozänen Zeit zuzuschreiben.

Infolge der subterranean Erosion dieser mehrfachen, sich wiederholenden Karstperioden bildeten sich viele Höhlen, die sich entweder an den steilen felsigen Abhängen öffnen, oder auf den Plateaus der großen Schollen als Schachthöhlen vereinzelt vorkommen. Im letzteren Falle beschränken sie sich nur auf gewisse Gegenden und werden meist von kleineren oder größeren Dolinen und Ponoren begleitet.

Die Höhlen liegen im Allgemeinen etwas über 300 m Höhe,⁴ was der pontischen Erosionsbasis entsprechen dürfte. Ihre Entwicklungsgeschichte ist also mindestens bis auf diese Periode zurückzuführen, obzwar auch ein noch höheres Alter nicht ausgeschlossen ist. Die prähistorischen Werkzeuge der Jankovichöhle bei Bajót und die Höhlenbärenfunde des Sárkányluk (Drachenloch) beweisen, daß diese Höhlen im Pleistozän bereits ausgebildet waren, daß also ihre Entstehung mindestens vor der Eiszeit stattgefunden haben mußte. Aus dem Knochenfund der Felsspalte des Kecskék⁵ kann sogar der

4. Jankovich-Höhle bei Bajót zirka 354 m; die Schächte ebenda zirka 300 bzw. 320 m; die große Felsspalte am Kecskék bei Nyergesújfalu zirka 350 m; die kleinen Höhlen bei Héreg am Kajmát zirka 300 m; das Tardoser Gorba Loch zirka 300 m; die Pesköer Höhle bei Vértestolna 328—330 m; das Aranyluk (Ponorhöhle) 376 m; der Schacht am Kóhegy bei Alsógalla zirka 310 m; die Höhle am Órhegy bei Bajna 300 m. Nur die Pisznice-Höhle und die Nagysomlyóer Höhle liegen etwas höher, 458 m bzw. 385—390 m, was der nachträglichen Hebung der Schollen zuzuschreiben ist. Das Szelim-Loch oberhalb Bánhida und das Drachenloch (Sárkányluk) bei Lábatlan liegen infolge späterer Senkung der betreffenden Schollen etwas tiefer, 298 m bzw. 280—290 m.

5. Anlässlich des Abbaues des Dachsteinkalkes wurde eine 12 m³ große, mit hartzusammenstehendem und viele Knochenreste enthaltendem Lehm ausgefüllte Spalte aufgeschlossen. Leider konnte ich von diesen Knochenresten nur einige Stücke retten, unter welchen laut vorläufigen Bestimmungen N. KRETZOI's folgende Formen angeführt werden: *Palaeogale* sp. *Microstonyx* sp. *Gazella* cf. *mitylinii* PILGRIN, *Chalicotherium* sp.

Schluß gezogen werden, daß an der Oberfläche der Schollen und wahrscheinlich auch im Innern derselben infolge ihrer starken Verkarstung schon zur Zeit des mittleren und oberen Miozäns große Spaltungen und Höhlen vorhanden waren. Diese Annahme wird übrigens auch von dem sarmatischen Knochenfunde der Csákvärer Höhle im Vértes-Gebirge (Vgl. Kadić-Kretzoi) wie auch von dem Fund von Polgárdi unterstützt.

Die Höhlen des Gerecse-Gebirges sind im Allgemeinen klein, die größten sind die später zu beschreibenden Pisznice- und Nagysomlyóer Höhlen wie auch die Jankovichhöhle.

Schachthöhlen, Dolinen und Ponore waren bisher nur am Plateau des Hosszúvontató, sowie am Plateau der Berggruppe des Szénahegy-Öregkövács-Halyagos und Kőhegy (oberhalb Vérteszöllös-Bánhida) zu beobachten. Am Hosszúvontató bei Dunaszentmiklós ist eine intermittierende Ponordoline, die nur bei Schneeschmelze und bei starkem Regen aktiv ist. Das Schlundloch ist z. Zt. mit Ästen und Laub fast vollständig verstopft. Das Einzugsgebiet umfaßt mehrere km² und ergreift alles im Tal abfließende Wasser. Auch am Szénahegy bei Baj finden sich zwei größere und kleinere Dolinen. Südwärts, am oberen Ende des steil abfallenden, oberhalb der Vérteszöllöser Schießstätte liegenden Trockentales Bükkvölgy finden sich schon am Rande des Plateaus vier Dolinen, die entlang einer größeren Störungszone (Horizontalverschiebung) ausgebildet sind.

Weiter nach S. in der oberen Fortsetzung des Farkasvölgy ist eine Reihe von Ponoren vorhanden, die durch (gleichfalls von großen Verwerfungen bedingte) subterrane Fugen, Kanäle und Höhlungen miteinander in Verbindung stehen und alles oberflächliche Wasser in die Tiefe führen. Bei der Kote 376 ist talaufwärts von zwei Dolinen begleitet eine wannen- oder trogförmige subaëre intermittierende Ponordoline (Felsriegeldoline nach H. Seebach) vorhanden, in deren Sohle sich der Eingang einer stark verästelnden Höhle öffnet. Leider

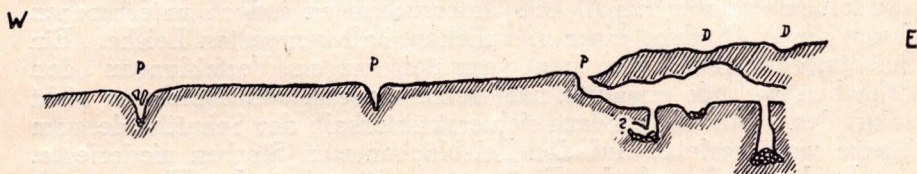


Fig. 1. Ponore, Schächte und Dolinen im oberen Farkasvölgy bei Vérteszöllös.

ließ die Försterei von dem anstoßenden, mit Löß bedecktem Wege das Regen- und Schneeschmelzwasser in das Schlundloch der Höhle führen, infolgedessen die Höhle schon größtenteils mit Lehm, Steinen und Ästen verstopft wurde. Am 20. Oktober 1929 war nur mehr ein 4—5 m und ein 10 m tiefer „Aven“-ähnlicher Schacht zugänglich, ein im Jahre 1927 noch offener, breiter Schacht war aber bereits gänzlich verstopft und verschlemmt. Dasselbe Schicksal wurde auch den

übrigen Ponoren zuteil, da auch diese zum Zwecke künstlicher Ableitung der Niederschläge verwendet und deshalb nicht mehr zugänglich sind. Damit fallen schöne Karsterscheinungen der Jagd- und Forstkultur zum Opfer!

Am Plateau des Köhegy oberhalb Alsógalla, unweit des Szelimlyuk öffnet sich mit einem engen Eingang eine schöne Schachthöhle, deren tiefere Teile aber infolge ihrer schlechten Luft noch nicht erforschbar waren.

II.

Am 23. September 1927 führte uns eine Tagungs-Exkursion von der Dampferstation Nyergesújfalu zum felsenumkränzten Öregkö, einer 270 m über die Donau aufragenden Dachsteinkalkhöhe. Schollenbrüche haben auch diesen Kegel aus der lößbedeckten Hügelandschaft des Gerecse-Gebirges herausgehoben, die nach Haushofer das schönste Beispiel eines verlöstten Gebirges darstellt. Unser erstes Ziel war die Jankovich-Höhle bei Bajót, allgemein bekannt durch die Ausgrabungen von Eugen Hillebrand, welche ein überaus wertvolles Magdalénien und Solutréen ergaben. Die Höhle öffnet sich mit hohem Portal nach Norden hin zur tiefgelegenen Donauniederung, ein schöner Einsturzkessel im Eingangsteil erinnert etwas an die Esperhöhle in der fränkischen Alb. Neben dieser großen Felsenhalle befinden sich mehrere, jedoch sämtlich noch unerforschte Schachthöhlen in den Steilhängen des Öregkö. Eine derselben haben die Veranstalter der Exkursion durch Auslegung einer Drahtseilleiter zugänglich gemacht. Mit einigen Gefährten aus Nürnberg und Weiz in Steiermark konnte ich den kleinen Schacht befahren, der nicht allzu weit, etwa 8 m, abwärts führt und auf einer starkgeneigten groben Schutthalde endet. Diese senkt sich bis in eine Gesamttiefe von 24 m und endet mit einer mäßig großen Halle, in der wir überaus interessante Wirkungen hydrothermaler Gesteinsmetamorphose entdecken konnten. Vorerst wurden unsere diesbezüglichen Untersuchungen jedoch unterbrochen durch die Auffindung einer männlichen, halb verwesenen Leiche. Ein Selbstmörder, der, wie man vermutet, wegen Verfehlungen den Schacht zum Ende erwählte, nach seiner Lage in der Höhle aber nicht sofort den Tod fand, sondern sich erst unterhalb der Schutthalde, vom Sturze wohl verletzt, auf den Felsblöcken zum Sterben niederlegte.

In der Steilwand des Eingangsschachtes hat das Wasser eine prächtige Kristalldruse freigelegt. Dieselbe war vollkommen ausgekleidet mit großen, wohlausgebildeten Schwerspathoedern, welche rosettenförmig dicht verwachsen den Dachsteinkalk in einer 3—5 cm mächtigen Ausscheidung überdeckten. Die Kristalle bilden „gelbe, durchscheinende Tafeln, zirka 2 mm dick und 10—15 mm lang“. (Vgl. J. Vigh, Mineralvorkommen . . .) Im Drusenraum konnte ein Mann bequem aufrecht stehen, seine ungefähre Form und Anordnung im Schachte zeigt Fig. 2. Dieses schöne Barytvorkommen befindet sich hier in einer wohl durch Gesteinsauflösung bereits vorher ge-

bildeten Höhlung. Baryum führende Thermen haben dann den Raum ausgekleidet, bevor die Verkarstung die heutige Schachthöhle ausweiten konnte. Durch erosive Wasserwirkung zeigt sich der Drusen-
hohlraum nachträglich seitlich angeschnitten, auch die Barytkristalle sind oberflächlich etwas korrodiert.



Fig. 2. Barytvorkommen der
Bajóter Höhle.



Fig. 3. Gipsvorkommen der
Bajóter Höhle.

Obwohl ohne thermale Genese die Bildung von Schwerspat ebenfalls zu erklären ist, kann doch hier kaum die Wirkung heißer Quellen bezweifelt werden, dies um so weniger, als nach der Höhlenbildungsperiode im behandelten Objekte Schwefelthermen überaus umfassende metasomatische Veränderungen der im Schachte anstehenden Dachsteinkalke zustande brachten. Im unteren Teil der Höhle, die mit einer langgestreckten, 3—5 m hohen Halle abschließt, sind die Dachsteinkalkwandungen durch lange, vorhang-ähnliche Draperien geschmückt, die wir zuerst für, allerdings stark korrodierte Sinterbekleidungen hielten. Es waren gelbe Überkrustungen mit kristallisierter Oberfläche, die in Dicke von 2—10 cm die Wandungen bedeckten und bis hoch hinauf gleichmäßig überzogen. Anscheinend hat nachträgliche Auflösung die Oberfläche dieser sinterartigen Krusten stark korrodiert, insbesondere aber war an der Grenzfläche zwischen den Wandverkleidungen und dem anstehenden Gestein ein durchschnittlich fingerbreiter Zwischenraum vorhanden. Die Massen hingen immer nur an wenigen Stellen noch an der Höhlenwand fest, so daß mühelos ganze Tafeln und meterhohe mächtige Überkrustigungen abgeschält werden konnten, die auf die Gesteinsblöcke am Boden herabfallend, in zahlreiche Stücke zerbrachen. Eine nähere Untersuchung zeigte, daß die eigentümlichen Vorkommen aus grobkristallinischen Gips bestehen,

der stark verunreinigt ist. Vereinzelt aus der mit feinen Kristallen bedeckten Oberfläche herausragende stalagtitenförmige Zäpfchen erhöhen die Ähnlichkeit mit einer Kalksinterbildung. Neubildungen aus Gips sind in Höhlen nicht sehr häufig beobachtet worden, das geschilderte eigenartige Vorkommen der Öregkö-Schachthöhle ist für Ungarn das erste Vorkommen dieser Art. In der Krausgrotte bei Gams in Steiermark bilden Gipsablagerungen „meist lockere, mehr oder weniger feinkristallinische Massen, die in ihren oberen Teilen oft in schönen Kristallspitzen enden, andererseits findet man den Gips in rindenförmigen Überzügen an der Decke, die bisweilen dicht mit dem Kalkstein, dem sie aufsitzen, verwachsen sind“ (F. v. Hauer.) Franz Kraus bildet in seiner Höhlenkunde eine Gipsstufe aus der Krausgrotte ab, daneben aber auch Gipsbildungen aus der „Star cave“ (Kentucky) und der „Wyandotte cave“ (Indiana). Im Erscheinungsjahre der Kraus'schen Höhlenkunde beschreibt, Kraus unbekannt geblieben, G. Merrill diese Gipsvorkommen nordamerikanischer Höhlen. Danach sind die amerikanischen Bildungen, teilweise kleine Kristalle in rosettenförmiger Anordnung, teilweise stängeliger Gips, nicht mit den Vorkommen der Krausgrotte zu vergleichen, wie es bei Franz Kraus geschieht. Auch ist die Deutung, die Merrill jenen nie in größeren Mengen vorkommenden Bildungen gibt, für uns nicht anzuwenden. Nach Merrill handelt es sich dort um klimatisch bedingte Ausblühungen in und auf lockeren Böden.⁶ Hofrat v. Hauer gibt aber in seiner Beschreibung der Krausgrotte eine Deutung der dortigen Gipsbildungen, die auch für unsere Vorkommen brauchbar ist. Eine noch jetzt 100 m unterhalb der Grotte ausbrechende, Schwefelwasserstoff führende warme Quelle läßt v. Hauer darauf schließen, daß die Höhle ehemals von dieser Therme durchzogen wurde. Damit waren die für die Bildung von Calciumsulphat in Betracht kommenden Voraussetzungen gegeben, so daß die Oberfläche des Dachsteinkalkes an allen Berührungspunkten mit den Thermalwässern in Gips verwandelt wurde. Zweifellos handelt es sich auch bei dem Vorkommen in der Schachthöhle des Öregkö, in einem Gelände, in dem uns Anzeichen postoligozäner, teilweise geysirartiger Thermen auf Schritt und Tritt begegnen, ebenfalls um hydrothermale Metasomatose des anstehenden Höhlenkalksteins. Derartig entstandene Gipslagerstätten sind ja überaus häufig, so finden wir eine gleichartige Deutung für ein Vorkommen in Neu-Schottland zitiert bei F. W. Clarke, *The data of Geochemistry*, U. S. G. S. Bull, 616, Washington 1916, S. 576 Fußnote 2: „J. W. Dawson (Acadian Geology 1891 p. 262) attributes the formation of gypsum in Nova scotia to the action of sulphuric acid, derived from volcanic sources; on limestones“. Das gewaltigste derartige Vorkommen, dessen Bildung auf Verdrängung von Kalk durch Reaktion saurer Sulfatlösungen zurückgeführt wird, dürfte sich an der Ostküste des Golfes von

6. Diese Gipsrosetten erwähnt auch schon Deckert, die nordamerikanischen Höhlen, *Globus* 1888 Nr. 14/15.

Persien befinden. Es erstreckt sich über 160 km Länge und erreicht 80 km Breite.

Die einzige Höhle, aus der noch hydrothermal gebildete Gipsvorkommen genauer bekannt geworden sind, scheint die „grotte des serpents“ in Savoyen zu sein, aus der eine heiße Schwefelquelle von 47—48° C hervordringt. Einesteils die hohe Temperatur (Luft in der Höhle 45° C), andernteils der Gehalt der Höhlenluft an freiem Schwefelwasserstoff macht ihre Erforschung sehr schwierig. Hier hat man Stücke von reinem, weißen Gips gesammelt, der sich an den Grottenwänden durch Einwirkung der heißen Schwefelwasserstoffdämpfe noch heute bildet. Diese Umwandlung erfolgt nach den Beobachtungen von Murchison (Quaterly Journal of the Geol. Society Bd. V S. 173, zitiert bei v. Hauer) sogar noch an den Kalksteinmauern der Dampfbäder, in welche die heißen Quellen zum Gebrauch geleitet werden. Zwei kurze Angaben über ähnliche Höhlenvorkommen bringt noch Martel. Danach enthält eine Höhle an der Wolga durch Schwefelquellen gebildete Gipsstalagiten, ferner sind nach dem gleichen Verfasser drei Hohlräume in mexikanischen Bleiweißgruben durch pseudomorphen Gips ausgezeichnet, der durch Reaktion von Sulfaten auf Kalk zustande kam. Das von uns in der Schachthöhle des Öregkö entdeckte, geologisch so überaus interessante Vorkommen verdient genauere Beachtung, als wir ihm im Rahmen unserer flüchtigen Befahrung zukommen lassen konnten. Es erscheint mir aber bereits nach dem Geschehenen der Höhlenbildungsvorgang selbst mit der Tätigkeit der einst wirkenden Thermen in keinem genetischen Zusammenhang zu stehen.⁷ Der Aufbau der ganzen Höhle spricht dafür, daß auch dieser Karsthohlraum durch subterrane Vertikalzirkulation der Niederschläge entstanden ist und die nachträglich das Weichbild der Höhle passierenden heißen Quellen lediglich durch Umwandlung des anstehenden Gesteins in Gips und durch Neuausscheidung von Schwerspat wirksam waren. Zu solcher negativen Wertung der thermalen Einwirkungen bin ich schon bei der Untersuchung der Pálvölgyer Höhle gelangt. Es ist nicht einmal notwendig, anzunehmen, daß die heißen Quellen selbst die Höhle erfüllten. Auch der Durchgang des von den Thermalwässern ausgehenden Schwefelwasserstoffgases genügt, wie wir vernommen haben, zur Metasomatose. Die Funktion der Thermen liegt bereits wieder weit zurück. Auflösungsarbeit des Sickerwassers ist insbesondere an der Grenzfläche Gips-Dachsteinkalk stark wirksam. Nur an wenigen Stellen ist noch ein kompakter Zusammenhang von Muttergestein und Neuprodukt festzustellen. Zertrümmerte Gipsplatten häufen sich am Fuß der Höhlenwände an und ihre Zerstörung schreitet rasch fort.

7. Eine Vermengung des Karstwassers mit den Thermalwässern zur Zeit der Höhlenbildungsperiode war ja wohl möglich. Ist ja noch heute das Höhlenwasser der Tavasbarlang bei Tapoleza nach Lóczy mit Thermalwasser vermengt (19—22° C).

III.

Südlich von Lábatlan bricht das Mesozoikum des Gerecsegebirges mit steilen Hängen ab. Große Steinbrüche bieten hier guten Einblick in den Aufbau des Scholleninneren. Hier führte uns eine Exkursion in den Steinbruch Sárkányluk (Drachenloch), der seinen Namen nach der gleichnamigen, vollständig zerstörten Höhle erhielt. Von der Bevölkerung wurden die in der Lehmausfüllung der Höhle in großer Menge gefundenen Knochen und Zähne des Höhlenbären für Drachenknochen angesehen. (Vgl. Vigh, Sárkányluk.)

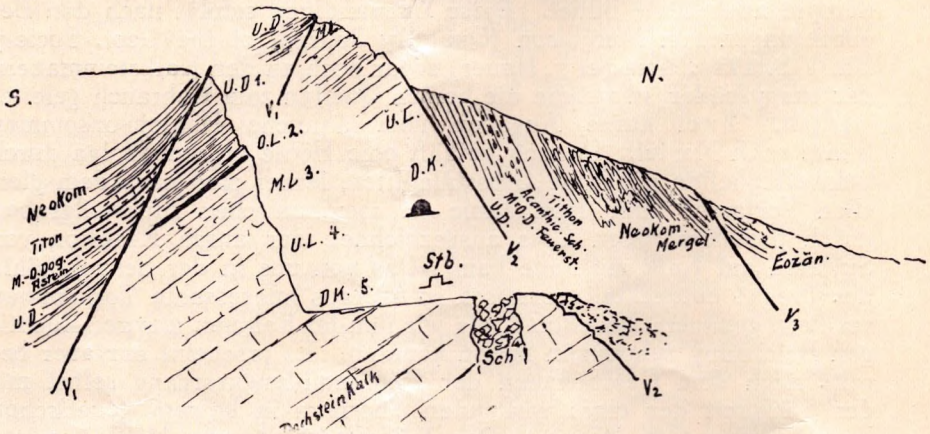


Fig. 4. Profil des Sárkányluker Steinbruches. ● ehem. Höhle.

Im Steinbruch finden wir folgende verkarstungsfähige Gesteine aufgeschlossen:

- | | | |
|--|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Roter, dünngeschichteter dichter Knollenkalk
Unterdogger 2. Dunkelroter, sehr tonreicher Knollenkalk
Oberer Lias 3. Dichter, unvollkommen dünn gebankter Kalk
Mittlerer Lias 4. Dichter, unvollkommen grob gebankter Kalk
Unterer Lias 5. Dichter, fast ungeschichteter Dachsteinkalk
(Megalodon-Kalk) Obere Trias (Rhät-norisch) | } | <p>Aufgeschlossene
Mächtigkeit
der
Schichten
etwa
60 m</p> |
|--|---|--|

Es sind zwei W.-E. ablaufende Hauptbruchlinien und mehrere SE.-NW.-Spalten (Diaklasen und Paraklasen) zu beobachten. Die Schichten fallen nach SE. ein, ragen somit gegen N. hervor.

Die ersten beiden Bildungen sind stark zerstückelt, infolge ihres Tongehaltes zur Verkarstung nicht so gut geeignet als die tieferen Ablagerungen. In den mittel- und unterliassischen Kalken bildeten sich schon entlang der sie durchquerenden Diaklasen kleinere, miteinander durch schmale, enge Rinnen verbundene Korrosionshöhlun-

gen aus,⁸ die teilweise mit gelblich-rottem Lehm ausgefüllt, oder mit Calcit und Baryt (dünnen Täfelchen) incrustiert sind. (Vgl. Vigh, Mineralvorkommen . . .) Das Vorkommen des Barytes verweist darauf, daß auch hier Thermen emporstiegen, was übrigens auch die in der Nähe vorkommenden Süßwasserkalke von verschiedenem Alter vermuten lassen. Gut geeignet zur Höhlenbildung ist der liegende, fast ungeschichtete Dachsteinkalk und in diesem lag sowohl das Drachenloch, wie auch die tiefe Schachthöhle, deren unterer Teil mit Stein vollgeschüttet auch jetzt noch erhalten ist. An der äußeren, teilweise bereits abgebauten Verwerfungsfläche im Dachsteinkalk konnten auch prachtvolle Erosionsrinnen und Erosionskolke beobachtet werden.

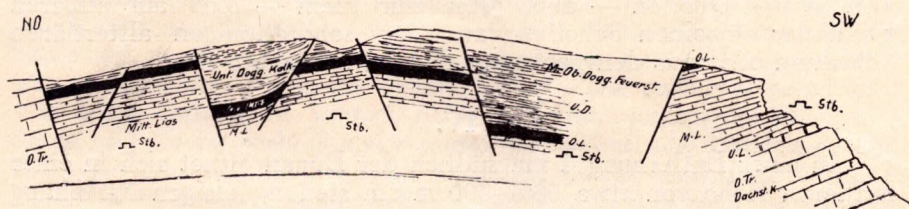


Fig. 5. Geologisches Profil vom N-W-Abhang des Nagy-Pisznice Berges.

Vigh 1929.

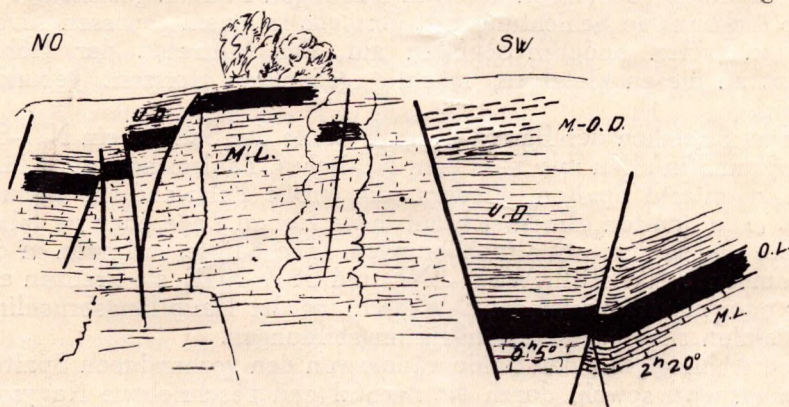


Fig. 6. Detail aus dem Profil des Nagy-Pisznicehegy.

Prachtvolle Korrosionserscheinungen zeigen die Jurakalke am Pisznice-hegy, wo der dünn geschichtete mittelliassische Schichtenkomplex säulenartig stark zerklüftet ist. Die einzelnen „Säulen“ sind

8. Eine solche Höhlung zeigt das Lichtbild 16, wie auch Nr. 15 vom Nagy-Pisznicehegy. (Arbeiten der Sektion Heimataforschung der Naturhist. Gesellschaft, Nürnberg 1929 Heft 4), Selbstverlag der Sektion.

ringsum an den steil abfallenden Spaltenflächen stark korrodiert und an der Spaltenkreuzungen entstanden einfache und sich verzweigende, kaminartige Wasserrinnen von verschiedener Größe, oft sogar typische Schlote, die entweder von gelbem Höhlenlehm oder vielfach mit angeschwemmten Kalkknollen und rotem Schlamm der hangenden oberliassischen Schichten ausgefüllt sind. Größere Höhlen konnten sich infolge der starken Zertrümmerung in diesen Schichten nicht ausbilden.

Die großen Brechungslinien, die zahlreich kreuz und quer laufender Spalten und Klüfte boten dem oberflächlichen Wasser vielfach Gelegenheit, in die Tiefe zu dringen. Auch in der Gegenwart versinken hier noch die Niederschläge, so daß das Gebiet sehr wasserarm ist und Quellen — auch diese nur klein — bloß am äußeren Rand der einzelnen Schollen, aus den sandig-tonigen alttertiären Schichten oder aus den neokomen Mergeln zutage treten.

IV.

In einer Entfernung 4 km südlich der Donau öffnet sich in einer mittleren Höhe von etwa 385—390 m am steilen, felsigen N-Abhang des Nagysomlyóhegy in der Gemarkung der Gemeinde Neszmély die Nagysomlyóer Höhle. Der Berg besteht aus Dachsteinkalk, welcher im W-Teile der Scholle in 6—10 m mächtigen Bänken geschichtet ist. Diese dickbankige Schichtung tritt übrigens in einem gewissen Niveau auch in vielen anderen Schollen auf, das Auftreten der Höhlen scheint an diesen klotzigen, mächtig gebankten Horizont gebunden zu sein.

Das Streichen der Bänke ist im W-Teile der Scholle ein NW-SE-liches, das Einfallen mit 5—8° ein NE-liches. Zahlreiche tiefe Klüfte, stark erweiterte Spalten gliedern die große Felswand in kleinere Teile. Die Spalten öffnen sich entweder frei zu Tage oder sie bilden größere und kleinere Spaltenhöhlungen. Die Klüfte verlaufen in den Richtungen WNW-ESE, WSW-ENE und SSW-NNE, sie kreuzen also mehr oder minder schief die E-W-Richtung der Hauptlängsbruchlinie. Die Höhlen sind typische Zerklüftungsbildungen.

Die Abhängigkeit der Höhlenräume von den vorhandenen Spaltensystemen wird sowohl durch die nachfolgend beschriebene Nagysomlyóer, als auch durch eine, sehr schöne Kolkerscheinungen aufweisende kleinere Höhle, endlich auch durch die übrigen zahlreichen kleinen Höhlungen sehr gut veranschaulicht.

Eine Verengung trennt die Nagysomlyóer Höhle in zwei Teile, zu welchen u. U. noch die unzugänglichen Endteile als dritter Teil zu rechnen sind. Der etwa 1,80 m hohe und ebenso breite, im großen Ganzen viereckige Eingang führt in einen 17 m langen, 1—2 m breiten, horizontalen „äußeren Gang“ in südwestlicher Richtung. Unmittelbar nach dem Eingang mündet von W eine mit der äußeren Felswand parallele Spalte, dadurch die Entstehung eines 5 m breiten Raumes verursachend.

In die vorerst durchschnittlich 2—5 m, sodann 4 m hohe Decke tiefen sich streng aneinander reihend bis zu 7 m Höhe erreichende Schlote ein. Der Durchgang zum inneren Raum wird von der tief herabhängenden Decke und von dem aus dem Höhleninnern stammenden Schutt stark verengt und verstopft, so daß man nur kriechend in den nächsten, 8 m hohen und 1,5 m breiten Raum gelangen kann. Dieser ist eine vorwiegend nach NW gerichtete, durch Erosion erweiterte und durch Deckenbruch erhöhte Spalte mit senkrechten Wänden, deren Decke von einer fast horizontalen Schichtfläche gebildet wird, an welcher auch gerundete Erosionsformen zu beobachten sind. Diese Höhlendecke überwölbt in gleicher Höhe und Richtung den ganzen inneren Höhlenraum und läßt auf gleichzeitige Entstehung der Deckenteile schließen. Im südwestlichen Wandende vertieft sich ein breites und tiefes Gerinne von nordwestlicher Richtung, dessen Sohle sich verzweigend mit einer durchschnittlichen Neigung von 45° teils zur „Galerie“, teils zur „Bastei“ führt. Die nach SW gerichtete, 4 m lange Galerie ist schmal (0,30—0,50 m), niedrig (1,80—2 m), Sohle und Decke verlaufen horizontal und setzen sich durch eine der Kanonenröhre der Eisriesenwelt ähnelnde kleine kreisrunde Öffnung nach NW in einen birnenförmigen Raum fort, in welchem von SW ein enges Gerinne mündet. Die Bastei springt 1,5 m hoch aus der steilen Sohle des nach W gerichteten Gerinnes senkrecht empor. Oberhalb der Bastei führt der verengte und verniedrigte Gang steil aufwärts und endet in einer nach NNW gerichteten, einige Meter langen Spalte.

Im Vorderteil des inneren Raumes mündet ein nach S gerichtetes, senkrecht, 0,40—0,80 m breites, mäßig steil aufwärts führendes 6 m langes Gravitationsgerinne, von dem hinteren Teile aber gehen zwei, nach S bzw. NNW gerichtete, abwärts laufende „Fuchslöcher“ aus. Der Bastei gegenüber mündet von ENE ein den Hängetälern ähnlich über der Sohle des Gravitationsgerinnes liegendes weiteres Gravitationsgerinne aus, dessen Wasserführung und Erweiterung bereits vor dem Einschneiden der von der Galerie herabführenden Rinne beendet war. Wenn ich noch das Vorhandensein einer engen, den birnenförmigen Höhlenraum mit dem Basteigang verbindenden Röhre erwähne, so führte ich alle die Höhle bildenden Raumelemente an.

In der Ausbildung der Höhle können wir zwei Perioden unterscheiden. Sowohl die Endteile mit abgescheuerten geglätteten Wänden und mit kreisrunden geschlossenen Röhrenpartien als auch die schwachen Druckkolke der Decke beweisen, daß die Höhle anfangs eine Druckgerinneleitung war. In dieser ersten Periode verlief die ursprüngliche Sohle im oberen Teil der Höhle und damals sind auch die Kolke der Decke entstanden. Später aber, als das Wasser nach Außen hin sein Gerinne erweiterte und gegen den Tag freien Abfluß fand, wandelte sich die Röhre zu einer Erosionsgerinneleitung um. In den am höchsten liegenden Gangteilen blieb die ursprüngliche hydrische Modellierung, das gerundete, kurvige Profil bewahrt, während das abrieselnde Wasser in den tieferen Teilen der Höhle die Formen der Gravitationserosion hervorrief.

Die Umgestaltung der Druckleitung zum Gravitationsgerinne veranschaulicht recht gut die V-Form des sohlenwärtigen Teiles der zur Galerie und zur Bastei führenden Gänge, deren Profil oberhalb der Einmündung der Seitenspalte, bzw. über der Bastei noch den Charakter des Druckgerinnes zeigt.

Die schlotartigen Eintiefungen der Decke des äußeren Ganges konnten ursprünglich auch Druckkolke sein, es wurden aber die ursprünglichen Grenzflächen der Evakuation von nachträglicher Korrosion und Erosion wie auch von der exochthonen Höhlenverwitterung ummodelliert. Sowohl die Wandflächen des inneren Raumes als die des äußeren Ganges sind mit dicht nebeneinander stehenden Zapfen von phantastischer Gestalt geschmückt, die ihre Entstehung auch der Korrosion verdanken.

Meteorologische Untersuchungen konnten in Ermangelung geeigneter Instrumente nicht durchgeführt werden. Auch Temperaturmessungen wurden nur während der Vermessung durchgeführt, es ergab sich am 6. VIII. 1926 bei einer Außentemperatur von $17,5^{\circ}\text{C}$: $17,2^{\circ}$ am Ende des äußeren Ganges und 15°C an der Galerie. Dieser kleine Temperaturunterschied der Außen- und Höhlenluft kann dem verhältnismäßig großen Eingang und einer — zwar schwachen — Luftströmung zugeschrieben werden.

In der Höhle sind mehrere Fledermausarten heimisch, in dem hohen Schlot des äußeren Ganges haust eine Eule. Käfer, Spinnen, Fliegen und Schmetterlinge locken den Zoologen zum Aufsammeln der Höhlenfauna, weit in den äußeren Gang eindringende Pflanzen richten das Interesse des Botanikers auf die Flora der Höhle.

Über der Bastei finden wir wenig gelben Höhlenlehm, die Sohle des inneren Raumes wird von Schutt bedeckt und dessen überschwemmtes Material schüttet die Sohle des äußeren Ganges auf. Trotz der günstig erscheinenden Verhältnisse konnten Ausgrabungen in der Höhle bisher noch nicht durchgeführt werden und die Frage, ob die sonst in dieser Hinsicht geeignet erscheinende Höhle dem Urmenschen zur Wohnung diente, bleibt noch unbeantwortet. Das Vorkommen rezenter Fledermausphosphate ist chemisch-mineralogisch besonders interessant, hierüber sei anschließend berichtet.

V.

Im September 1927 haben wir gelegentlich eines Besuches der Nagysomlyóer Höhle im „inneren Raum“ Phosphatkrusten gesammelt, die an der Grenze zur lehmigen Höhleneinlagerung den liegenden Dachsteinkalk überziehen. Hier haben aus dem Fledermausguano stammende Phosphatlösungen — soweit sie mit dem Kalkstein in Berührung gekommen sind — zu einer oberflächlichen Phosphatisierung desselben geführt. Da sich in der Literatur nur verhältnismäßig wenige Angaben über die Zusammensetzung solcher Phosphatkrusten vorfinden, so mögen hier die Resultate der chemischen Untersuchung eines solchen Materials bekanntgegeben werden.

Die Phosphatkruste, die in etwa $\frac{1}{2}$ —2 mm Dicke den Kalkstein überzieht, hat eine gelartige Beschaffenheit. Im Querbruch zeigte sich eine geringe Bänderung. Die Farbe war auf der Außenseite dunkelrotbraun, in den inneren Partien mehr gelblich. Über dieser Kruste befand sich auf der einen Seite des Handstückes noch die weitere Ablagerung eines Minerals von gelblich-weißer Farbe und mehlartiger Beschaffenheit, das ebenfalls analysiert wurde. Die Phosphatkruste ließ sich leicht von der Kalksteinunterlage entfernen. Die bloßgelegte Oberfläche des auf frischen Bruchflächen bläulich-grau schimmernden Kalkes zeigte ein weißliches pockennarbiges Aussehen, also deutliche Spuren einer Anätzung des Dachsteinkalkes durch die Phosphatlösungen. Die chem. Untersuchung erstreckte sich sowohl auf eine Analyse der Phosphatkruste (I) als auch auf das über derselben befindliche Mineral von mehlartiger Beschaffenheit (II).

	I	II
Salzsäure unlösl. Anteile	0,27	0,70
Eisenoxyd Fe_2O_3	0,04	} 0,34
Aluminiumoxyd Al_2O_3	0,08	
Manganoxyd MnO	0,15	
Calciumoxyd CaO	44,06	32,84
Magnesiumoxyd MgO	0,64	
Alkalien	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Phosphorsäureanhydrid P_2O_5	33,68	24,85
Kohlensäure CO_2	2,49	
Schwefelsäureanhydrid SO_3	1,78	11,09
Wasser bis 120°	8,56	13,60
chem. geb. H_2O + org. Substanz	7,99	16,94
	<hr/> 99,74	<hr/> 100,36

Probe I enthält ferner geringe Mengen von Ammonsalzen.

Durch Umrechnung erhält man:	I	II
Calciumphosphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	73,52	30,18
Calciumcarbonat CaCO_3	5,66	
Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3,23	23,83
Brushit $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	—	26,73
Wasser bis 120°	8,56	13,60
chem. geb. H_2O + org. Substanz	7,31	4,97
Restbestandteile	1,46	1,04
	<hr/> 99,74	<hr/> 100,35

Bei einer Betrachtung der Analysen fällt auf, daß beide Proben, welche ja lufttrocken waren, einen verhältnismäßig hohen Gehalt an bis 120° flüchtigem Wasser besitzen. Auch die Menge des chem. gebundenen Wassers übersteigt trotz des noch in den Werten enthaltenen Gehaltes an org. Substanzen in beiden Fällen diejenige, die dem dreibasischen Kalziumphosphat zukommen würde, wenn man es als Kollophan mit der Zusammensetzung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$ berechnen

würde. In neuester Zeit hat sich nun Machatschki mit der Zusammensetzung des Kollophans und insbesondere mit der Frage seines ihm zukommenden Wassergehaltes beschäftigt und festgestellt, daß dieses gelartige Mineral überhaupt kein einheitliches Kristallwasser besitzt und daß man nach den Beobachtungen von Lacroix und seinen Untersuchungen alle in der Natur vorkommenden amorphen Kalziumphosphate mit wechselnden Mengen von Wasser als Kollophan bezeichnen muß. Wir schließen uns den Meinungen der beiden Forscher an und bezeichnen daher die Phosphatkruste als Kollophan. Erwähnenswert wäre noch, daß die äußerliche Rotbraunfärbung dieser Kruste nicht durch Eisenverbindungen, sondern durch geringe Mengen organischer Substanzen hervorgerufen wird, da sich dieselbe beim Glühen zunächst dunkelgrau, dann vollkommen weiß trennt.

Was die Probe II anbelangt, so haben wir hier kein einheitliches Mineral vor uns, sondern ein Mineralgemenge. Da nach der Umrechnung des Calciums als Sulfat und Phosphat noch Phosphorsäure übrig blieb, so muß man annehmen, daß die letztere in Form eines sauren Phosphates, wahrscheinlich als Bikalziumphosphat vorhanden ist. In der Natur findet sich diese letztere Verbindung als Brushit von der Zusammensetzung $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ vor und wir glauben daher nicht fehl zu gehen, wenn wir die gefundene überschüssige Phosphorsäure auf dieses Mineral umrechnen. Jedenfalls geht aus der Analyse hervor, daß diese mehlartige Ablagerung ein Mineralgemenge von II und III-basischem phosphorsaurem Kalk und Gips darstellt. Der letztere läßt sich natürlich nicht auf einen eventuell vorhandenen Gipsgehalt des Dachsteinkalkes zurückführen, sondern stammt ebenfalls aus den Exkrementen der Fledermäuse.

Benutzte Literatur.

- Doelter*, Mineralchemie Bd. III p. 386, 389.
- Harrison, J. V.*: The gypsum deposits of South Western Persia Econ. Geology 1924 Bd. 19 p. 259—274.
- v. Hauer*: Die Kraus-Grotte bei Gams in Steiermark. Österr. Touristen-Zeitung Bd. IV, 1885 Nr. 2 und 3.
- Haushofer, A.*: Verlöbte Gebirge. Sonderband d. Zeitschr. der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1928, S. 284—295.
- Hillebrand, E.*: Die Erforschung der Bajóter Jankovichöhle in den Jahren 1914 und 1915. Barlangkutató 1915, S. 173—179.
- Hofmann, K.*: Bericht über die auf der rechten Seite der Donau zwischen Ószöny und Piszke im Sommer 1883 ausgeführten geol. Spezial-Aufnahmen. Jahresbericht d. k. ung. geol. Anstalt 1883 S. 25.
- Kadić, O. und Kretzoi, N.*: Vorläufiger Bericht über die Ausgrabungen in der Csákvárer Höhlung. Barlangkutató 1926—1927 S. 41 und Mitt. über Höhlen- und Karstforschung 1928 S. 1—6.
- Loczy, L. v.*: Die geologischen Formationen der Balatongegend und ihre regionale Tektonik. Wien 1916 (Resultate der wiss. Erf. des Balatonsees Bd. I Sekt. 1).