

Zur periglazialen Sedimentbildung in mitteleuropäischen Höhlen

Von Josef Kerekes, Acassuso (Argentinien)

Die Forschungsergebnisse der äußerst mannigfaltigen Glazialbildungen und -formen werfen heute in ziemlich harmonischer Synthese ein klares Licht auf das bunte Mosaik des mitteleuropäischen Pleistozäns. Die Glazialbildungen der vereisten, sowie die Periglazialgebilde der diese umsäumenden Gebiete sind durchweg Erscheinungen einer die Vereisung hervorrufenden Klimaänderung, also klimatische Bildungen. Mit dem, aus den Einzelergebnissen dieser Studien gewonnenen Klimabild stimmen die Ergebnisse einer objektiven Flora-, Fauna- und Kulturforschung einigermaßen überein. Eines der erfolgreichsten Forschungsgebiete solcher Studien sind die Höhlen mit ihren verschiedenen Eiszeitgebilden.

Der Verfasser untersuchte während seiner geomorphologischen Studien im westlichen Bükkgebirge auch die Höhlenablagerungen, die durch die Untersuchungen archäologischer und paläontologischer Art von Kadič und Maria Mottl (1937) erschlossen wurden. Das Heranziehen der daraus gewonnenen Ergebnisse lieferte während der von der Ungar. Geologischen Anstalt, Budapest, betriebenen Phosphatforschungen 1943 in Siebenbürgen neue, interessante Angaben. Zuletzt schien es auch notwendig, das aus anderen ungarländischen und österreichischen Höhlen stammende Beobachtungsmaterial in den Rahmen dieser Studien miteinzubeziehen.

Das Gebiet des Karpathenbeckens war schon aus rein orographischen Gründen ungeeignet für das Zustandekommen einer, der alpinen gleichwertigen Vereisung. In den höheren Regionen der Karpathenkette können zwar Spuren einer insularen, kappenförmigen Vereisung vielerorts festgestellt werden, doch wird dem eiszeitlichen Donaubecken sein markantes Gepräge nicht von diesen lokalen Erscheinungen, sondern von den mannigfaltigen Periglazialbildungen aufgedrückt. Dieses markante Bild wird von den alpinen und nordeuropäischen Eisdecken umrahmt, während der herrschende Farbton von den eiszeitlichen Lößdecken der ariden Beckenteile und Hügellandschaften, sowie dem, aus höher gelegenen, feuchteren Gegenden stammenden Lößlehm (Nyirok) bestimmt wird. Dieses interessante, bunte Bild wird überdies durch die Schotterterrassen der Flußtäler, durch Flugsandflächen, durch die defladierten Dolomitwüsten des transdanubischen Mittelgebirges, durch die Dauerfrostböden der durchnäßten Alluvionen und dem ausgedehnten Schuttkegelgelände endlich durch Frostspalten (Eiskeile) und an den Gehängen durch das Phänomen der Solifluktion, ferner durch die frosterzeugten Schuttmassen der Berghänge und durch die Blockströme der Felsengebiete ergänzt. Mit diesem, von Geologen und Morphologen erklärten Bild, stimmt nun auf Grund der in den letzten 10 Jahren getätigten Forschun-

gen erfreulicherweise jenes andere, das aus den prähistorischen, paläontologischen und anthrakotomischen Ergebnissen der ungarländischen systematischen Höhlenforschungen gewonnen wurde, immer mehr überein. Es ist aber mehr als verwunderlich, wie wenig Beachtung man bisher den fundführenden Höhlenablagerungen geschenkt hat.

Bei der Interpretation der Bildungsweise und -wege ungarischer Höhlen und Höhlensedimente übten lange Zeit hindurch die damals in vieler Hinsicht bahnbrechenden „Höhlenstudien“ Cholnoky's einen großen Einfluß aus. Seiner Auffassung nach ist der Kalkschutt der Höhlensedimente ein infolge physikochemischer Einwirkung der Atmosphärien und dynamischer Wirkung der Deckenspannungen abgebröckelter Gesteinsschutt, der sich mit dem, bei der Verwitterung des Kalksteins zurückbleibenden Lösungsprodukt, mit dem Lehm der „Terra rossa“ vermengt hat. Cholnoky's Arbeitshypothese wurde von den, sonst sehr erfolgreichen, ungarischen Höhlenforschern leider größtenteils kritiklos übernommen, so daß wir, trotz der Beobachtungen bei Ausgrabungsarbeiten, nur äußerst schwach über die Bildungsstände der Höhlensedimente unterrichtet sind.

1. Die ungarländischen, mittels Ausgrabungen erforschten Höhlen sind großräumige, trocken gewordene Reste alter Karstwassersysteme. Der überwiegende Teil ihrer Ausfüllungen ist ein, mit verschiedenfarbigem Lehm vermengter Kalkschutt. Bach- oder Flußablagerungen sind in ihnen seltener anzutreffen. Die paläontologischen und urgeschichtlichen Einschlüsse der ungarischen Höhlen kamen fast ausschließlich aus solchen kalkschuttführenden Höhlenlehmen zum Vorschein. Die Erscheinungsform des mit Kalkschutt durchschossenen Höhlenlehms ist immer eine einfache oder zusammengesetzte Schutthalde, deren größte Mächtigkeit sich gewöhnlich unter einem Schacht bzw. unter sich nach oben entwickelnden Deckenpartien oder in der Nähe des sich zumeist verbreiternden Höhleneinganges findet. Das Kalkschuttmaterial des Höhlenlehms besteht zumeist aus unabgerollten, eckig-kantigen Gesteinsstücken, die sich mit dem Lehm meistens ungeschichtet vermischen. Auf Grund dieser Eigenschaften ergibt sich die Annahme, daß der Kalkschutt, — laut Cholnoky's Auffassung, — ein Verwitterungsprodukt der Höhlenwände und der Decke sei. Die überraschende Ähnlichkeit dieser Gebilde mit dem pleistozänen Gehängeschutt der Karstgebiete zwingt uns jedoch zu der Annahme, daß wir es mit einem analogen Gebilde zu tun haben. Und wahrlich, die Fauna der kalkschuttführenden Höhlenlehme ist immer eine pleistozäne. Es handelt sich also offensichtlich um ein Produkt der periglazialen mechanischen Verwitterung, die die kahle, oder nur dünn bedeckte Gesteinsoberfläche angreifend mit ihrer sprengenden Frostwirkung zu einer beträchtlichen Anhäufung von Gehängeschutt am Fuße der Kalkgebirge geführt hat. Die Erweiterung der Höhleneingänge wurde ebenfalls überwiegend durch die eiszeitliche Frostwirkung verursacht.

2. Das Bindematerial des Höhlenkalkschuttes ist im Karpathenbecken im allgemeinen ein gelber, brauner, rotbrauner oder grauer plastischer Lehm, nach Cholnoky ein größtenteils tertiärer Lösungszustand des die Höhle einschließenden Kalksteins. Auch Knebel vertritt in seiner Höhlenkunde eine ähnliche Auffassung. Die-

ser Annahme widerspricht jedoch außer dem Umstand, daß dieser Lehm mit periglazialen Verwitterungsschutt vermengt ist, auch die Tatsache, daß die im Höhlenlehm gemachten reichen Funde, vom geologischen Alter der Höhlen selbst völlig unabhängig, sich überall als eiszeitlich, und zwar mit wenigen Ausnahmen als würmeiszeitlich erwiesen haben. Die scharfkantige Beschaffenheit des mit dem Lehm vermengten Kalkschutts deutet darauf hin, daß zur Ablagerungszeit des Höhlenlehms die chemische Verwitterung nur eine untergeordnete Rolle hatte. Die Annahme der Bildung von Lösungsprodukten muß schon im Hinblick auf die großen Mengen als unbegründet abgelehnt werden.

Der Lehm häuft sich unter den Tropfstellen der Seitenklüfte stellenweise an. Diese halbkegelförmigen Anhäufungen schmiegen sich den zerklüfteten Wandpartien an, was den Anschein erweckt, als sei der Lehm von außen her, durch die Spalten und Klüfte in den Höhlenraum eingeschwemmt worden. Diese Annahme könnte durch die, in 31 Höhlungen des Kalktales (Mészvölgy) im Bükkgebirge in Oberungarn gemachte Beobachtung unterstützt werden, wonach dieser lehmige Absatz in allen diesen Höhlen, die sich unter der kahlen Karstoberfläche befinden, anzutreffen ist. In Höhlen aber, die unter Oberflächenpartien liegen, die ihrerseits mit pannonischem Abrasionsschotter bedeckt sind, fehlen sie!

Die Karstoberfläche der ungarländischen Mittelgebirge und Kalkplateaus wird im allgemeinen von einem gelben oder rotgefärbten Lößlehm (Nyirok) bedeckt, oder dieser vermengt sich mit dem Kalkschutt der Gehänge. Die ersten Erforscher dieses Lößlehms haben ihn als vulkanischen Tuff beschrieben und für ein unter tertiärem, warm-feuchten Klima entstandenes Verwitterungsprodukt des Rhyolittuffs gehalten. Während seiner eingehenden Periglazialstudien hat der Verfasser indes gegen diese eingewurzelte Auffassung Stellung genommen und konnte nachweisen, daß dieser Lößlehm ein, unter kalt-trockenem Klima entstandenes, auf das Randgebirge des ungarischen Lößbeckens gefallenes, eiszeitliches Staubmaterial darstellt, welches, abgesehen von seinem mangelnden Kalkgehalt, vollkommen mit dem Löß übereinstimmt, nur eine verschiedene Diagenese durchlaufen hat. Der Höhlenlehm pflegt bei der Tagöffnung am mächtigsten zu sein, auch in seiner Struktur poröser und seinem Kalkgehalt höher, so daß manche Autoren von einem „Höhlenlöß“ sprechen.

Auf Grund der oben angeführten Angaben ist also der in unseren Höhlen zur Ablagerung gekommene kalkschuttführende Höhlenlehm zum Teil ursprünglich ein subaerisches Staubmaterial, das mit dem Löß bzw. mit dem Lößlehm als äquivalent anzusprechen ist. Es wurde größtenteils noch während der Periglazialzeit durch Sickerwässer in die inneren Teile der Höhlen eingeschwemmt oder durch die feuchtere Luft der Eingangsabschnitte aus der in die Höhlen eindringenden Luft der Staubstürme abgesondert.

Bei dem kalkschuttführenden Höhlenlehm handelt es sich also im ganzen genommen um ein charakteristisches Periglazialgebilde! Die Klärung seiner Entstehungsweise ist um so wichtiger, da sich obige Angaben auf mindestens 90 Prozent der Raumerfüllungen unserer inaktiven alten Höhlen beziehen.

3. Beim Erforschen der Höhlen begegnen wir oftmals der paradoxen Erscheinung, daß, obzwar die ursprünglichen Korrosionsgebilde der Decke und Wände bis heute gut erhalten geblieben sind, darunter der Höhlenboden doch mit einer mächtigen kalkschuttführenden Lehmschicht erfüllt ist. Von wo und auf welche Weise kam diese große Menge Verwitterungsschutt unter solche intakten Deckenpartien? Eine ähnlich eigenartige, aber noch häufiger zu machende Beobachtung ist, daß oberhalb von fast horizontal abgelagerten, jungen eiszeitlichen Höhlenausfüllungen auffallend ungleich verwitterte Deckenabschnitte anzutreffen sind. Es fragt sich, weshalb unter diesen konkaven Formen (Avens, Kuppel) keine, der Menge des offensichtlich herabgefallenen Schutts entsprechende konvexe Anhäufungsformen, Schutthalden u. ä. zu finden sind.

Bei der Mehrheit der ungarischen inaktiven Höhlen konnte beobachtet werden, daß die Oberfläche des eiszeitlichen kalkschuttführenden Höhlenlehms — entsprechend der Höhlensohle — von einem oder mehreren Schutthaldengipfeln ausgehend zunächst ein steileres, dann ein immer sanfteres Gefälle zeigt, so daß, besonders in langen Tunnelabschnitten geräumiger Höhlen, das Gefälle kaum 2—5° ausmacht.

Die höchst gelegenen Punkte derartiger Höhlenausfüllungen, d. h. die Gipfel der Schutthalden, befinden sich größtenteils unter den stärkst verwitterten Deckenteilen, unter Spaltenkreuzungen usw. An diesen Stellen zeugen die im Kern der Schutthalden steckenden Felsblöcke von Felsstürzen während der Schuttbildung. Anderenorts lehnen sich die Schutthaldengipfel an irgendein Gangende. Hier hat man den Eindruck, als wäre die ganze, den Gang erfüllende Schuttmenge von hier aus „geflossen“. Viele Raumerfüllungen „fließen“ bergwärts, um die inneren Höhlenabschnitte gänzlich auszufüllen.

Die heißersehnte Antwort auf diese, den Ausfüllungsvorgang der Höhlen betreffende Frage gab uns die Erforschung der *L ö k t a l e r h ö h l e* im Bükkgebirge in Oberungarn. Diese ist eine kurze, sackförmige, unter dem levantinischen Terrassenniveau des Lökbaches mündende Evakuation in 367 m ü. d. M. Ein auffallendes Charakteristikum dieser Höhle bildet der Umstand, daß trotz der mit intakten Evorsionsformen spitzförmig korrodierten Höhlendecke, der Höhlenboden mit mächtigem, lehmigen Kalkschutt angefüllt ist. Die Oberfläche der durch Ausgrabungen gut erschlossenen Ausfüllung sinkt mit gleichmäßiger, kaum merkbarer Neigung, vom Eingang bis zum Ende der sackartigen Höhle abwärts. Bei der Tagöffnung waren unter dem Schutt mit gleichmäßiger Korngröße auch große Felstrümmer anzutreffen. Die eingehendere Untersuchung des Höhleninhaltes hat dann den Beweis für schon seit langem gehegte Vermutungen gebracht. Aus dem lehmigen Kalkschutt kamen nämlich, — außer den Resten einer würmeiszeitlichen „kalten“ Fauna und den Steingeräten einer Protosolutréenkultur, — flache Tonschiefergeschiebe und in Horizont „B“ auf Waldboden hinweisende Pizolithe zum Vorschein. Auf Grund dieser Einschlüsse muß angenommen werden, daß die Ausfüllung von außen her in die Höhle gelangte, d. h. daß der Gehängeschutt des oberhalb der Höhle liegenden Abhanges nach der Eröffnung der ursprünglich geschlossenen Blindhöhle in die inneren Teile gelangte und die Höhle bis zum oberen Niveau der Tagöffnung ausfüllte.

Auf Grund der Lagerungsverhältnisse des auf der Gemarkung der naheliegenden Stadt Eger auffindbaren Lößlehms ist es gelungen, auch die Erscheinung der eiszeitlichen Solifluktion nachzuweisen, was auch die Anwesenheit der würmeiszeitlichen Polygon-Tundrenstruktur im älteren Terrassenschotter des Egerbaches bekräftigt. Doch auch die intakte Deckenbeschaffenheit der Löktalerhöhle, die Lagerungsverhältnisse, die Kiesel- und Pisolitheinschlüsse ihrer Ausfüllung, ferner der angehäuften, gelblehmige Gehängeschutt des Abhang- und Bachbettabschnittes unter der Höhle zwingen uns zur Annahme, daß das Anfüllen der Löktalerhöhle durch die periglaziale Solifluktion verursacht wurde. Selbst die Eröffnung der Höhle kann dem periglazialen Klima zugeschrieben werden.

Damit hat sich das Problem des Ursprunges, der Entstehungszeit und -weise, sowie die Frage der eigenartigen Lagerungsverhältnisse der kalkschuttführenden Höhlenlehme gelöst. Die Bedeutung des Fragenkomplexes wird dadurch erhöht, daß sich unsere Beobachtungen auf Hunderte von Höhlen im nicht vereist gewesenen Gebiet beziehen. Nachfolgend sollen einige bezeichnende Beispiele erwähnt werden:

Die *Névtelenhöhle* (Unbekanntenhöhle) in der Vargyas-Felsenge in Siebenbürgen, ist eine entlang sich kreuzender Klüfte ausgewaschene Evakuation mit breiter Tagöffnung. Der höchst gelegene Punkt der Raumerfüllung befindet sich im Endteil der Höhle. Von hier aus führt die Sohle vorerst in stärkerer, dann in sehr sanfter, fast horizontaler Neigung durch die ganze Höhle, sie „strömte“ sogar durch den Eingang den Abhang hinunter. Während den Vermessungen hat es sich herausgestellt, daß beim Höhepunkt des Fließlehms das Kluftsystem in einem naheliegenden Taleinschnitt gerade die Oberfläche erreicht. Es ist offensichtlich, daß der auf der Talsohle weiterkriechende frosterzeugte Gehängeschutt durch diese Öffnung in die Höhle gelangte, diese „durchfloß“ und beim heutigen Höhlentor sie wieder verließ! Bei ihrem Anfüllen besaß also die Höhle zwei Öffnungen in verschiedenen Niveaus. Das Fehlen einer eiszeitlichen Fauna in diesen Ablagerungen kann wahrscheinlich durch die, infolge dieses Windrohrcharakters hervorgerufenen rauhen höhlenklimatischen Verhältnisse erklärt werden.

Tatarenlöcher (Vargyas-Felsenge). Drei nebeneinander liegende, tunnelförmige Durchgangshöhlen. Der Andesitgeschiebe enthaltende Kalkschutt des Berghanges „durchfloß“ die Höhlen und stürzte dann von 40 m Höhe gerade ins Trockenbett des Vargyas-Baches. Die Oberfläche der eiszeitlichen Ablagerungen ist in der mittleren Tunnelhöhe nahezu horizontal.

Die *Homoródalmásér-Höhle* (auch Orbán Balázs-Höhle genannt) ist das größte zusammenhängende Hohlraumssystem der Vargyas-Felsenge. Ihr Inhalt ist eine mächtige zusammengesetzte Schutthalde, als deren wichtigste Höhepunkte die gigantischen Felsstürze der Hauptgänge betrachtet werden können. Von diesen ausgehend fällt die Ausfüllung sanft nach außen, gleich einem sich langsam bewegenden Gletscher, der auch die aus den Nebengängen zufließenden Schuttmengen aufnimmt und verschlingt. Die einstige gletscherförmige Bewegung der gesamten Ausfüllung beweist am schönsten die Tatsache, daß in jene Nebengänge, die aus verschiedenen Ursachen über keine genügenden, eigenen Schuttmassen verfügten, der durch den Haupt-

gang hinziehende, gehobene Schuttstrom einwärts-abwärts hineinfließ. In den hintersten Abschnitt der Höhle, in den Bärenang, kroch der in der Schutthalde eines Versturzes wurzelnde Schuttstrom nach rückwärts, dem heutigen Höhlenende zu und nach Zeugnis der Forschungsschächte, erfüllte er diesen Gang hoch an, verstopfte sogar allem Anschein nach noch beträchtliche Hohlräume. Die vorzüglich erhaltene Korrosionsfläche der Höhlengänge steht hier in krassem Gegensatz zu der 4—6 m mächtigen, lehmigen Kalkschuttablagerung.

Außer den angeführten Beispielen konnten verschiedene Abarten der Solifluktion noch in der Locsür-Höhle (Vargyas-Felsenge), in der Igric-Höhle bei Körösbarlang, im Tale der Sebes-Körös, Siebenbürgen und in der St. Stefan-Höhle bei Lillafüred, Bükkgebirge, festgestellt werden. Der Rauminhalt des „Fledermausganges“ der riesigen Aggteleker-Tropfsteinhöhle (Gömörer Karst, Oberungarn) ist auch nichts anderes, als ein vom Berghang einwärts gekrochener, mächtiger Schuttstrom.

Von den dem Verfasser bisher bekannten ostalpinen Höhlen scheint die Ausfüllung der Lettenmayerhöhle bei Kremsmünster ähnlichen Ursprunges zu sein. Diese Höhle wurde durch die seitliche Erosion der Kremsgewässer in der Sandlasse des Steilhanges ausgewaschen. Der Hügelrücken und die Hänge sind von einem, dem ungarischen Lößlehm (Nyirok) wahrscheinlich gleichwertigen braunen Lößlehm bedeckt. Dieser Lößlehm hat sich während des Periglazialklimas mittels Solifluktion den Hügelhang abwärts gezogen und auch die Höhle erreicht. Der Fließlehm strömte durch die ganze Breite der Öffnung in die Höhle und hat diese auch bald versperrt. Die Ausfüllung zeigt ein Gefälle von etwa 10° bergwärts. Da die Höhlendecke vollkommen intakt ist, gelangte auch der spärliche beigefärbte abgerollte Kalkschotter wahrscheinlich vom Abhang in die Höhle.

Die Form der phosphathaltigen jungeszeitlichen, durch mächtige Verstürze unterbrochenen, doch im ganzen sanft abfallend nach außen ziehenden Ausfüllung der steiermärkischen Drachenhöhle bei Mixnitz, wurde ebenfalls vom Phänomen der Solifluktion bestimmt. Für solchen Ursprunges müssen wir auf Grund des Höhlenprofils von Frodl, auch den Inhalt der Vypustekhöhle in Mähren halten.

Die obenerwähnten sind bestimmt nicht die einzigen Beispiele für den Beweis eiszeitlicher Solifluktion in den Höhlenausfüllungen Mitteleuropas. Mit Hilfe genauer Beobachtungen muß sie auch an anderen Stellen des gesamten, mit Löß und Lößlehm bedeckten Periglazialgebietes der Alpen und Mitteleuropas festzustellen sein. Verweisen sei dabei auf die Veröffentlichung K. Rode's in der Geologischen Rundschau 1928, S. 62, in der Rode selbst zum Schluß kommt, daß die Füllung mehrerer Höhlen von außen, oben her durch Rutschen und Fließen in die Hohlräume gelangte. Bei der Ablagerung des Höhlenlehms müssen von den heutigen abweichende Verhältnisse bestanden haben. Eine günstige Bedingung dafür war das Glazialklima. Aber auch die rezenten Formen der Solifluktion werden bestimmt noch zum Vorschein kommen und zwar in den Höhlen der auch heutzutage von mechanischer Verwitterung beherrschten Hochgebirgsregion der Alpen.

Um Mißverständnisse und die Gefahr der Verallgemeinerung der hier geschilderten Vorgänge zu vermeiden, halte ich es für ratsam zu erwähnen, daß die Erscheinung

der Solifluktion sich nicht allein auf subpolare oder Periglazialgebiete beschränkt, weshalb wir mit ihren verschiedenen Erscheinungsformen auch in Höhlensedimenten anderer Klimagebiete rechnen dürfen. Hier wurde ausschließlich die pleistozäne, periglaziale Sedimentbildung behandelt.

4. Das Profil des im Eingangsabschnitt der *Homoródalmáser-Höhle* abgetieften, 6 m tiefen Probegrabens Nr. 1 zeigt nur eine 15 cm dicke humöse, neolithische, darunter aber eine 2,5 m mächtige würmeiszeitliche, phosphathaltige, kalkschuttführende Lehmschicht. Diese Lehmschicht wird in ihrem unteren Drittel von zahlreichen Kleinrissen durchwebt, welche mit weißlichgrauen Brushit erfüllt sind. Dieses netzförmige Brushitvorkommen ist nicht neu in phosphathaltigen Sedimente, es wurde von *Göttinger* schon aus der *Csoklovinaer-Höhle* und von *Schadler* aus der *Mixnitzer Drachenhöhle* beschrieben. Das Eigenartige in unserem Falle liegt darin, daß diese knollig-netzförmige Brushitausfüllung zeigende Lehmschicht in den darüber liegenden gelblichbraunen Lehm wahrhaftige Äste, 10-30 cm lange Fühler schickt. In diesen föhlerförmigen Gebilden ist der Brushit in Form dicht angeordneter winziger Knollen vorhanden. Diese in 2 m Tiefe befindlichen, voneinander 30-80 cm entfernten emporsteigenden Gebilde gleichen vollkommen den *Pestszentlörincer* (bei *Budapest*), den *Bükker* (bei *Eger*) und den westungarischen fossilen Strukturbödenprofilen. Der Brushit hatte also die Kontraktionsrisse des einstigen Höhlentundrabodens ausgefüllt. Mit diesem Brushit enthaltenden Phosphatlehm vermengt sich eigenartigerweise das Material des darunter liegenden, in seinem obersten Teil mit lehmigen Schlammstreifen-Zwischenlagerungen versehenen *Andesitgeschiebes*. Die Schlammplättchen stehen sehr steil, sehr häufig sogar vertikal im gelben, lehmigen Sediment. Im brushitführenden Tundrasediment verschwinden die Knochenreste, auch die Menge des Kalkschutts ist bedeutend weniger und die einzelnen Kalkstücke sind abgerundet. Alles das deutet auf einen erhöhten physikalischen und chemischen Verwitterungsvorgang im Tundrenprofil.

Die Feststellung der fossilen Höhlen-Flachtundra verblüfft nur im ersten Augenblick. Wenn wir aber bedenken, daß wir die eiszeitliche Höhlensolifluktion gerade in der *Homoródalmáser-Höhle* in klassischer Entwicklung angetroffen haben, so ist das Erscheinen der *Polygontundra* in der Ausfüllung des sehr oft extremen Temperaturschwankungen ausgesetzten Eingangsabschnittes etwas selbstverständliches. In den Profilen der in den inneren Höhlenabschnitten abgetieften Schächte ist der Brushit in der bezeichnenden Form nicht vorhanden, an seiner Stelle finden sich dunkelgefärbte, huminhaltige *Scharizeritschichten*. Es wäre also recht schwer, auf Grund der oben erwähnten, die engste genetische Verbindung des netzförmigen Brushits mit der Flachtundra nicht zu erkennen. Eingehender möchte ich dieses Thema in dem zusammenfassenden Bericht über die Phosphatforschungen behandeln. Hier soll nur noch die Vermutung geäußert werden, daß die ähnlichen Brushittypen aus der *Csoklovinaer* und *Mixnitzer Höhle* wahrscheinlich ähnlichen Ursprungs sind.

Das eiszeitliche Klima der ungarischen Tiefebene war laut Zeugnis seiner Florenreste ungefähr mit dem heutigen alpinen Hochgebirgsklima in etwa 2000 m Höhe übereinstimmend. Der, das Eiszeitklima empfindlich indizierende Charakter der *Pe-*

riglazialbildungen wird durch das Übereinstimmen der fossilen Tundrastrukturen des Alföld mit den ähnlichen hochalpinen Bildungen, wie auch durch die Gleichwertigkeit der Flachtundrabildungen der Homoródalmáser - Höhle mit den von Schädler beschriebenen rezenten Strukturböden der Eislueg-Höhle im Toten Gebirge (1450 m ü. d. M.) am eindringlichsten ausgedrückt.

Schriften

- Abel, O., u. Kyrle, G.: Die Drachenhöhle bei Mixnitz, I-II. *Spelaeol. Monogr.* VII-IX, Wien 1931.
- Andersson, J. G.: Solifluktion, a component of subaerial denudation. *Journal of Geology*, 1906.
- Büdel, J.: Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung in ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. *Petermanns Geogr. Mitt. Erg. Heft. Nr. 229*, 1937.
- Bulla, B.: Der pleistozäne Löß im Karpathenbecken. *Földt. Közl. Budapest* 67-68, 1937-38.
- Cholnoky, E.: Die Spitzberge. *Geol. Mitteil. Budapest* 39, 1911, p. 301-345.
- Höhlenstudien. *Barlangkutató*, Budapest 1917, p. 137-174, 195-210.
- Frodl, Fr.: Die Höhlen des mährischen Karstes als Lagerstätten von Höhlenphosphaten Brunn 1923.
- Göttinger, G.: Die Phosphathöhle von Czoklovina in Siebenbürgen. *Mitt. Geogr. Ges. Wien* 62, 1919.
- Führer zur Exkursionen d. III. internat. Quartärkonf. in Wien, I-II, 1936.
- Högbom, B.: Beobachtungen aus Nordschweden über den Frost als geol. Faktor. *Bull. Geol. Inst. of Upsala* 20, 1927, p. 243-280.
- Kadić, O., u. Mottl, M.: Felsötárkány vidékének barlangjai. (Die Höhlen der Umgebung von Felsötárkány.) *Barlangkutató* Budapest 16, 1938, p. 8-88.
- Kerekes, J.: Die Entwicklung des Höhlengebietes von Eger. *Barlangkutató* Budapest 16, 1938, p. 90-139.
- Die fossilen Tundragebiete von Pestszentlőrinc. *Földt. Közl. Budapest* 69, 1939, p. 90-139.
- Hazánk periglaciális képződményei. (Die periglazialen Bildungen Ungarns.) *Beszámoló a m. kir. Földt. Int. vitaüléseinek munkálatairól* 1941, 4. füz. p. 97-149, Budapest 1941.
- Kessler, P.: Das eiszeitliche Klima und seine geol. Wirkungen in nicht vereisten Gebiet. Stuttgart 1925.
- Kéz, A.: Flußterrassen im Ungarischen Becken. *Petermanns Geogr. Mitt.*, 83, p. 253-256, 1937.
- Kinzi, H.: Beobachtungen über Strukturböden in den Ostalpen. *Petermanns Geogr. Mitt.* 74, 1928, p. 261-265.
- Kyrle, G.: Grundrisse der theoretischen Speläologie. Wien 1923.
- Lais, R.: Über Höhlensedimente. *Quartär* 3, 1941, p. 56-108.
- Lozinski, W.: Die periglaziale Fazies der mechanischen Verwitterung. *Compte Rendu du XI.-e Congrès Géol. Internat.* 1910, p. 1039-1058.

- Salomon, W.: Arktische Bodenformen in den Alpen. Sitzungsber. d. Heidelberger Akademie d. Wissenschaften, 1929.
- Schadler, J.: Die Ablagerungen. In: Abel-Kyrle: Die Drachenhöhle bei Mixnitz. Wien 1931, p. 169-223.
- Strukturböden (Steinnetze) im Eislug, Stodertal, Oberösterreich. Verh. d. Geol. Bundesanstalt Wien 1931, p. 205-206.
- Soergel, W.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion. Berlin 1921, p. 74.
- Szádeczky-Kardoss, E.: Pleistozäne Strukturbodenbildung in den ungar. Tiefebene und im Wiener Becken. Földt. Közl. Budapest 66, 1936, p. 213-223.
- Woldstedt, P.: Das Eiszeitalter. Stuttgart 1929.