

Möge die kurze Rückschau auf L. v. Höhnels Lebenslauf, wie sie der Verfasser selbst gibt, nicht den Abschluß seiner literarischen Tätigkeit bilden, sondern noch eine Ausfüllung der vorangedeuteten Lücken erhoffen lassen. Wiewohl Ludwig v. Höhnel kürzlich sein 70. Lebensjahr vollendet hat, können wir uns den wettergestählten Forschungsreisenden und Seemann auch dann noch nicht als in dem Maße „patriarchalisch“ geworden vorstellen, daß er in der Geruhsamkeit des „letzten Ankerplatzes seines Lebensschiffs“ nebst seiner Flinte und den wissenschaftlichen Instrumenten auch seine Feder der Verrostung verfallen lassen sollte!

Das Tote Gebirge als Hochkarst.

Von **Otto Lehmann.**

Mit 6 Abbildungen im Text und 8 Bildern auf Tafeln 6—8.

I. Einleitung.¹⁾

In der Reihe stockförmiger, von rauhen Hochflächen gekrönter Gruppen der österreichischen Kalkalpen, die so gestaltet vom Quertale des Inns bis zum Semmeringpaß reichen, ist das noch vergletscherte Dachsteingebirge mit seinem über 2900 m hohen Hauptgipfel überhaupt am höchsten, das Tote Gebirge am ausgedehntesten: wurde doch seine unterirdisch entwässerte Fläche von M. Hoffer²⁾ zu 300 km² gemessen. Diese besonders großartigen Gruppen sind noch dazu einander nahe benachbart, indem das Tote Gebirge etwas nördlicher liegt als der Dachstein, jedoch zugleich ein Stück gegen E gerückt erscheint; so gewinnen die Kalkhochalpen hier, an der Grenze zwischen Oberösterreich und Steiermark, 35 km Breite, ein Betrag, der sonst nur westlich des Quertales der Salzach erreicht und auf eine kurze Strecke unwesentlich übertroffen wird. In die Breite von 35 km eingerechnet ist die zweimal beckenartig erweiterte Durchgangslandschaft des steirischen Salzkammer-

¹⁾ Was die Angabe der Himmelsrichtungen betrifft, kürze ich auch hier „Ost“ stets mit „E“ ab (East und Est). Ebenso kürzen vereinbartermaßen Franzosen und Italiener Ouest und Ovest mit „W“ ab, wenn sie Mißverständnissen fremder Leser sicher entgehen wollen. — Im übrigen ist mein fortlaufender Text auch ohne Lektüre der Fußnoten verständlich.

²⁾ Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 1906, S. 491, und 1909, S. 240. Demnach haben die Übergossene Alm, Hagengebirge mit Hohem Göll und das Steinerne Meer mit Watzmann zusammen nicht viel mehr Karst, nämlich 340 km², aber bei weitem nicht in so geschlossenem Zusammenhang.

gutes mit den Hauptorten Altaussee, Bad Aussee und Mitterndorf. Sie ist meist weiträumig genug, so daß die gewaltigen Bergmauern auf fast allen Seiten gelegentlich nur als kühn gestalteter und duftiger Hintergrund wirken für wahrhaft liebliche Landschaftsbilder des hügeligen Beckengrundes.

Um so größer ist der Gegensatz, wenn man die steilen Flanken der benachbarten Kalkstöcke erstiegen hat und in den Hochkarst eingedrungen ist. Dazu ist fast überall zunächst ein Höhenunterschied von rund 800 m zu überwinden. Die Hochflächen sind von beiden Seiten sanft gegen die Beckenlandschaft von Aussee geneigt, so daß die größten Höhen und höchsten Außenabstürze in der Dachsteingruppe im S und W zu finden sind, im Toten Gebirge nach N und E schauen, wo sie in jener 1500 m, in diesem 1200 m gewöhnlich und auch erheblich überschreiten.

Gehörte der Dachstein zu den in geographischer Beziehung am gründlichsten durchforschten Alpentteilen, seit ihm Friedrich Simony sein gediegenes, bilderreiches Hauptwerk geweiht hat, so muß vom Toten Gebirge das Gegenteil gesagt werden.

Hingegen ist seine geologische Aufnahme und Darstellung 1:75.000 durch ~~Gey~~^{Gey} Geyer, die Frucht jahrelanger ausgedehnter Begehungen, nicht nur im Hinblick auf die hohen bergsteigerischen Ansprüche an den Forscher, sondern auch an sich eine hohe Leistung. In Geyers geologischen Schriften³⁾ sind es nur wenige tektonische Auffassungen, die heutzutage nicht mehr so hingenommen werden können, und auf seiner Karte nur einzelne Stellen, wo die farbige Fläche eine zu einheitliche Gesteinszusammensetzung vortäuscht.

Die Erdkunde hat das Tote Gebirge ungewöhnlich vernachlässigt, weshalb das, was die Länderkunde der österreichischen Alpen von N. Krebs darüber berichtet, alles in allem nur 1 $\frac{1}{2}$ Seiten füllt und wenig mehr bietet als ein Auszug aus verschiedenen Aufsätzen G. Geyers.⁴⁾ Inzwischen hat die Zahl der unbewirtschafteten und bewirtschafteten Hütten im Toten Gebirge zugenommen und die Gefahren im Gefolge von Erschöpfung wurden in gleichem Maße herabgesetzt. Machatschek

³⁾ Besonders Jahrb. d. Geol. Reichsanst. 1884 S. 335 ff. und 1886 S. 215 ff.

⁴⁾ Jahrb. d. Österr. Touristenklubs 1878, Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1887.

hat 1922, im Rahmen räumlich weitergreifender Studien,⁵⁾ eine Anzahl orographischer und morphologischer Züge des Toten Gebirges mit topographisch-geologischen Angaben in Beziehung gesetzt. Wer das Tote Gebirge hinreichend kennt, vermag seinen Ausführungen meist leicht zu folgen. Seine Darlegungen erstrecken sich auch auf die Außenabfälle und den Süden des Gebirges.

Diese Verhältnisse erfordern für alle Leser, die unser Gebiet höchstens nach der genannten Literatur kennen, eine

II. Geographische Übersicht über das Tote Gebirge.

Der allseits steil aufstrebende Kalkstock hat einen, in der Luftlinie gemessen, an 30 km langen Nordabfall. Dieser ist so großartig, daß er ungeachtet der vier tiefen und steilwandig eingefassten Sacktäler, die ihn gliedern, schon von den nächsten Gipfeln der Kalkvoralpen als eine geschlossene Mauer wirkt. Die Südseite wird durch drei Sacktäler zerlegt, die aber weniger tief einwärts dringen. Der 12 km lange Ostabsturz hat im nördlichen Teil einen gestuften Aufbau, an dessen großer Stufenform auch die dort vorhandenen Sacktäler teilhaben. Gegen Sonnenuntergang, besonders nach NW, sind dem Toten Gebirge kleinere Plateaustöcke vorgelagert und hängen zum Teil mit ihm zusammen. Bemerkenswert sind ferner die kammförmigen Anhängsel an der Nordost- und Südostecke. Dort zieht vom Großen Priel (2514 m), dem Hauptgipfel, bis zum Kleinen Priel (2134 m) ein scharfer Kamm aus sehr steil aufgerichteten und sogar überkippten Schichten, an dessen S-Seite sich Kar an Kar reiht. Sein N-Absturz war in den vorhin genannten 30 km inbegriffen. Der geologische Bau dieses Kammes wiederholt sich in unserem Gebirge nur an einzelnen Stellen der Steilabfälle in E und W einigermaßen; doch handelt es sich hier um das Saigerstehen der Schichten an steil hinabtauchenden Flexuren.

Von den beiden langgestreckten Kämmen im SE hat nur der nördliche ausgebildete Gratformen, der südliche ist ein Zug rundlicher Aufragungen. Der Grat ist streckenweise etwas ungleichseitig als erhöhter Plateaurand ausgebildet. Die zwischen beide Kämmen eingebetteten vier Seen entbehren des ober-

⁵⁾ Morph. Untersuchungen in d. Salzburger Kalkalpen. Ostalpine Formstudien. Abt. 1, H. 4, S. 229—237.

irdischen Abflusses. Landschaftlich ist diese Seenkette im grünen Hochtal zwischen 1450 und 1650 m Höhe gelegen, unter den eigenartigen Gipfeln des formenreichen Nordgrates, weit berühmt.

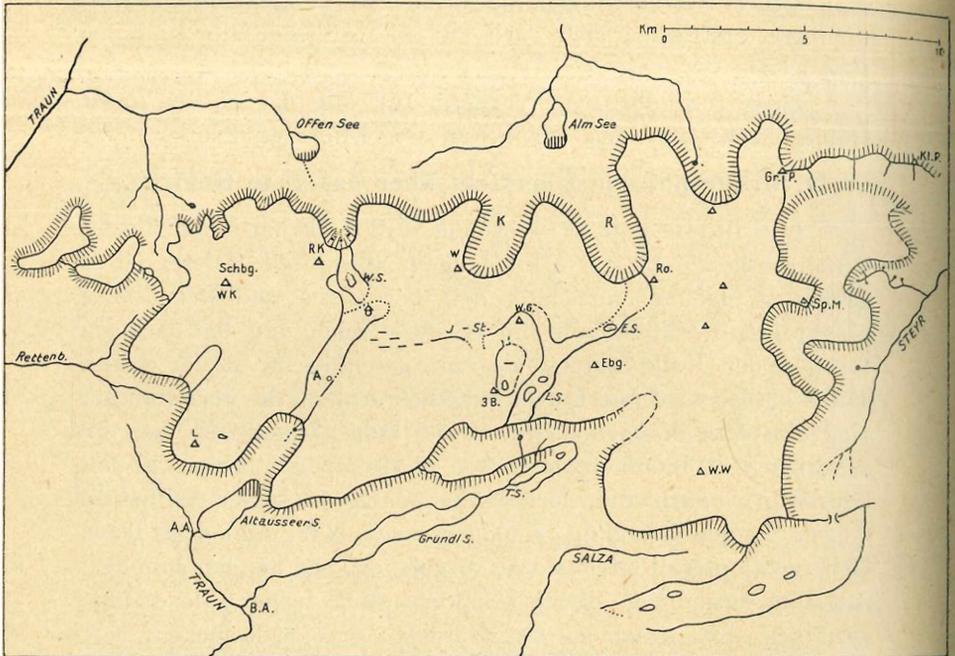


Abb. 1. Orientierungsskizze vom Toten Gebirge.

AA: Altaussee; A: Augstwiesen (Polje); BA: Bad Aussee; 3B: Drei Brüder, 1919; Ebg: Elmberg, 2124; ES: Elmsee, 1670; Gr.P.: Großer Priel, 2514; J.-St.: Jura-Stufe; K: Kohlenkar; Kl.P.: Kleiner Priel, 2134; L: Loser, 1836; LS: Lahngangseen; R: Röll; Ro: Rotg'schirr, 2257; RK: Rinnerkogel, 2008; Schbg.-WK.: Schönberg (Wildenkogel), 2193; Sp.M.: Spitzmauer, 2446; TS: Toplitzsee; W: Woising, 2061; WG: Wilder Gößl 2090; WS: Wildensee, 1554; WW: Weiße Wand, 2189; Südöstl. v. Wildensee die WS.-Alm. Δ Einige auffällige Gipfel. Senkrecht schraffiert in den Seen am Fuß des Gebirgsstockes: Kaltes klares Wasser durch Auftrieb oder Zusickerung. Schwarze Ringlein: Karstquellen, — : geschlossenes Polje mit dem Drei-Brüdersee.

Vollständigkeit dieser Skizze liegt nicht in ihrem Sinn.

Die zwei durchgreifenden Furchen auf der Oberseite des Gebirgsstockes.

Das Kerngebiet des Toten Gebirges zerfällt an zwei Furchen in drei höhere Teile. Der Boden dieser Furchen liegt 250 bis 400 m niedriger als die Nachbarschaft. Der höchste Punkt der östlichen Talung, über 1700 m, liegt dicht über dem

Steilabfall zum tiefen nördlichen Sacktal, der „Röll“. Im S endet die Furche beim Vorderen Lahngangsee (1555 m), hoch über dem Toplitzsee. Sie läuft fremdartig über den Flanken des Sacktales ins Leere, in dessen Tiefe, wenig über 700 m, der Grundlsee und fast ebenso niedrig der Toplitzsee spiegeln. Die westliche Furche hat ihren höchsten Punkt schon südöstlich vom Wildensee, über 1600 m. Sie ist dort übrigens als Talung wenig eingetieft und stellt eine verkarstete breite Paßsattelung dar mit großen und vielen Dolinen.

Ein derartig durchgreifendes Furchenpaar ist aus keinem kalkalpinen Stock bekannt geworden. Der Gedanke, es handle sich um alte Täler, die einst Gewässern der Zentralalpen zum Abfluß quer durch das Kalkgebiet dienten, ist zwar die erste Vermutung, die sich aufdrängt, wenn man daran denkt, daß sich seit einigen Jahren die Deutung der rundlichen quarzigen „Augensteine“ als Gerölle durchgesetzt hat. Solche wurden auch im Toten Gebirge von Geyer an etlichen Stellen gefunden. Immer noch vermehren sich solche Funde auf den Kalkalpenstöcken, besonders in deren Karsthöhlen, und dazu gesellen sich zentralalpine Sande. Sobald man aber die östliche Talung begeht, muß man die Beobachtungen Geyers bestätigen, daß Bruchstufen und steile Flexuren sie auf der einen Seite begrenzen. Auf der anderen, westlichen Seite sind es Bruchlinienstufen. Diese werden bis nördlich von den Lahngangseen von Jurakalken gebildet, jene (im E und SE) überall von Dachsteinkalk. Nur im höchsten Teile der östlichen Furche, zwischen dem Elmsee und der Röll, dürfte meine Auffassung etwas von jener Geyers abweichen. Nach seinem Profil durch „das Elmtal“ (Jb. 1884, S. 361), wahrscheinlich im SW des Sees gezeichnet, liegt eine tiefe, vom S her fast überkippte Schichtmulde vor, mit mergelig-kieseligen Juraschichten im Kern; nach meiner Auffassung stößt beim Elmsee und besonders auch im E davon das Nordgehänge in sanfter tektonischer Schiefstellung an den Bruch der etwas zurückgewitterten Wand des Südgehänges an. Das Becken des Elmsees liegt hier in einer wohl glazialen Erosionsform, ausgehöhlt in jenen rotlehmig zerfallenden Juraschichten. Diese Erosion entfaltete sich in einer tektonisch vorgebildeten Rinne mit kleinen Querstörungen. Das ist morphologisch die Hauptsache. Unwesentlich ist für uns der Unterschied in der tektonischen Deutung dieser Rinne zwischen

Geyer und mir. Die westliche Furche ist in der Verlängerung des Sacktales hinter dem Altausseer See (717 m), ein am Grunde zunächst sehr enger tektonischer Graben, durch tiefe Dolinen mit schmalen Scharten dazwischen un-
 bequem gekammert. Dann aber folgt nach NE die eingemuldetete Karstwanne der Augstwiesen (1340 m), wo auch der periodische Bach mit Höhlenquelle und Ponor nicht fehlt. Beim Wildensee (1544 m) liegt diese Furche in einem ziemlich kalkreichen Dolomit, der als Hauptdolomit kartiert ist. Er unterteuft beiderseits den Dachsteinkalk der höheren Gehänge. Nur sein Endzipfel südlich von der Karstwanne mit dem See verschwindet nach Geyer an Brüchen. Im übrigen ist der Dolomit hier durch die Außenkräfte angeschnitten. Diese Furche ist also nahe ihrem N-Ende deutlicher als die andere ein Tal, durch Ausnagung erzeugt. Das Talstück verwandelt sich freilich noch vor dem N-Abfall durch jüngere Brüche und Flexuren wieder in eine tektonische Senke. Der Dolomit setzt aus, indem er in die Tiefe taucht und abweichend von der geologischen Karte bilden nur Dachsteinkalk und ein kräftig grauer, etwas mergeliger Kalk den Grund der Furche. Kurz nach dem Verschwinden des Dolomits versiegt für gewöhnlich auch der einzige ständige Bach in der ganzen Talung und ihrer Nachbarschaft. Er ist nicht etwa der Abfluß des Wildensees, der ein echter Karstsee ist, vielmehr speisen Schutt- und Regengerinne von den grünen Dolomitgehängen jene ständige kurze Wasserader. Hervorzuheben ist die immerhin merkliche Gletscherwirkung auf längeren Strecken der westlichen Talung in der Form verkarsteter Rundhöcker und einer gewissen U-förmigen, noch schuttarmen Ausweitung.⁶⁾

⁶⁾ Das letzte über dem Nordabsturz wieder merklich verkarstete Stück der westlichen Furche heißt „Rinnerboden“. Der Bach, der ihn nur periodisch überschreiten kann, muß dann, bevor er zur Tiefe des Sacktales beim Offensee hinabstürzt, eine seichte, etliche hundert Schritt lange Schlucht durchmessen. Nahe ihrem Südenende verstärkt ihn eine zeitweilige Karstquelle von links. Diese Schlucht liegt im neuerlich hervorgetretenen Dolomit, dessen Schichten hier rasch 70–80° Neigung gewinnen, indem das Streichen ebenso rasch in eine fast nördliche Richtung einschwenkt. Diese auffällige Veränderung im gar nicht einfachen Bau dieser Gegend hat nichts mit der Anlage der Furche zu tun und ist in Bezug auf sie vormorphologischen Alters. Ich erwähne diese geognostische Einzelheit, weil die kurze Schlucht auf ihrer flachen Strecke manche bequemen Einblicke in die Arbeitsweise des Wassers bietet, wo es im Streichen sehr steilstehender Felsbänke kräftig einschneidet.

Die östliche Talung hingegen ist von steileren Wänden begrenzt, vor denen zum Teil gewaltige Schutthalden liegen, und zwar besonders dort, wo die brüchigen Jurakalke gerade die höchsten Wandabstürze bilden; das ist auf der W-Seite von den Lahngangseen bis hinein in das eigentümliche, trockene Seitental der Furche der Fall. Die Wände des Dachsteinkalkes haben weniger Schutt, aber an zwei Stellen große Bergsturzböcke geliefert: über dem S-Ufer des Elmsees und in dem erwähnten Seitenzweig der Talung. An dessen NE-Seite liegt über einer Steilwand von kaum 100 m Durchschnittshöhe eine glatte Talterrasse. Von ihrem Boden leitet ein hohl gerundeter Übergang zum höheren Gehänge. Dieser alte Talboden schneidet die steil zum Tale hinabgebogenen Schichten einer Flexur ⁷⁾ glatt ab, er ist also jünger als die Verbiegung. Andererseits ist er älter als der rauhe niedrige Wandabsturz, der ihn vom heutigen Talgrund trennt. Diesen verlegen große Schuttmassen und beträchtliche Trümmerstürze. Gerade das grobe Trümmerwerk stammt aber größtenteils von der niedrigen Bruchwand unter der Terrasse. Hier ist eine nacheiszeitliche Verwerfung mehr als wahrscheinlich. Möglicherweise sind solche junge Verschiebungen auch auf anderen Strecken in der östlichen Furche eingetreten. Dies würde den Mangel an Gletscherwirkungen in ihr erklären helfen; nicht einmal alle Seebecken kann man hier im Karst ohneweiters der Eisarbeit zuschreiben.

Landschaftlich wäre noch ein Unterschied zwischen der östlichen Furche und der westlichen hervorzuheben: In jener liegt der freundlichste Abschnitt beim Vorderen Lahngangsee. Aber schon von da aus sieht man im NE das ernsthafte Rotg'schirr den Horizont abriegeln. Hingegen ist die westliche Talung gerade an ihrem Süden düster, wie sonst nirgends, und bildet zwischen felsigen Harnischen eine hohle Gasse, aus der man erst in die offeneren Augstwiesen hinabsteigt.

Die drei Hauptabschnitte des Gebirgsstockes.

Wer aber nun glauben würde, daß zwischen diesen Furchen und den Außenabfällen nur wenig gegliederte Plateauhorste stünden, wäre vom vereinfachten Bilde der Zeichnung

⁷⁾ Die knieförmige Abbiegung des Dachsteinkalkes in dieser Gegend nach SW hat schon Machatschek (S. 234) erwähnt. Nach ihm ist sie örtlich auch nach W gerichtet.

irregeleitet. Im Gegenteil bietet das Tote Gebirge, aus gleicher oder größerer Höhe gesehen, an einigen Stellen auch von unten, einen durch einzelne klotzige Aufragungen lebhaft und jäh gestalteten Aufriß. Hier gibt es nicht das, was A. Penck „Gipfelflur“ genannt hat, ebensowenig wie in den viel niedrigeren, aus Schollen und Schuppen zusammengeschobenen Kalkvoralpen. Diese Gipfelfluren sind vielmehr den einst vom Wasser dicht zertalten Zentralalpen eigen als ein Niveau, das in leichter Krümmung die höchsten Gipfel aller wichtigen Kämme berührt. Deren Aufragungen bleiben dieser gedachten Fläche ebenso regelmäßig nahe wie ferne Meereswogen dem Horizont. Solche Gipfelfluren bilden sich am schönsten heraus, wo eine weitgespannte ruhige Großfalte ein von gleichmäßig dichter Talbildung durchfurchtes Rindenstück zur Gebirgsgruppe aufwölbt. Das Tote Gebirge und mindestens auch die östlichen Kalkvoralpen sind eine lebhaft abmahnung, sogenannte Gipfelfluren über Gebiete hinweg zu spannen, für welche die erwähnten Voraussetzungen nicht zutreffen.⁸⁾ Betrachten wir die drei Stücke unseres Gebirges, in die es von den durchgehenden Furchen zerlegt wird.

Im östlichen Teil erreicht das Tote Gebirge seine größte Breite, 17 km. Hinter den wilden Bergen, die mit und neben dem Großen Priel, längs des N-Randes bis zur Röll, am Ostrand bis zur scharfen Ecke der Spitzmauer aufspringen, drängt sich eine zweite Gruppe und alle zusammen bilden, furchtbar verkarstet, eine abweisende und drohende Gesellschaft, zwischen der hindurch sich gleichwohl überaus kostspielige Weganlagen, besonders von SW her, zum beliebten höchsten Gipfel durchkämpfen. Das sind aber die einzigen Wege in dieser Gegend. Südlich davon neigt sich sanft gegen Mittag eine weite Karsthochfläche mit sehr seltenen Spuren von Pfaden der Hirten und Jäger. Sie wird nur von wenigen, aber tiefen Gruben unterbrochen und von vereinzelt hellen Klötzen, so von der Weißen Wand, die im Bereiche tückischer, meist krummholz-

⁸⁾ Daß es möglich ist, auch in den Kalkalpen Gipfelhöhen in ihrer Verteilung auf Karten mit unechten Isolinien erfolgreich zu veranschaulichen, ist kein Beleg dafür, daß wirklich eine Gipfelflur vorliegt. Meine Auffassung dieses Begriffes, die von der A. Pencks, der ihn geschaffen hat, nur darin abweicht, daß ich die wirkliche Gipfelflur nicht als festgelegtes oberes Denudationsniveau ansehe, habe ich 1922 in diesen „Mitteilungen“ genau umrissen.

besäter Karrenfelder emporgepreßt erscheint. Im E und S ist der Rand dieser Hochfläche noch von mancher ansehnlichen Berggestalt besetzt.

So ausgedehnt dieses höchste Teilstück unseres Gebirges ist, so einförmig besteht es aus Dachsteinkalk, der, von einzelnen Schollen abgesehen, im N nach S fällt, im S aber nordwärts. Im S-Flügel dieser Synklinale bezeichnet die Bevölkerung die an der Oberfläche schräg auslaufenden Schichten als die „Steinbretter“. Wir werden dieser Landschaftsart auch noch an anderen Stellen der Gruppe begegnen. Die höchsten Lagen des Dachsteinkalkes stehen oft schon in engem Verbande mit roten und feurgelben Jurakalken (der von den Geologen so bezeichneten „Hierlatzfazies“).

Der mittlere Teil des Toten Gebirges besteht hingegen in der südlichen Hälfte aus mächtigen Ablagerungen der Jurazeit. Ihre braunroten Mergel und dunklen verkieselten Tongesteine sind gekrönt von immer heller werdenden, zum Teil hornsteinreichen Kalken, die nie so dickschichtig sind wie der Dachsteinkalk. Diesen überragt der Jurakalk mit einem wirkungsvollen nordwärtigen Abfall, der eine Strecke weit noch die reine Form einer Härtestufe hat, den Landstufen Süddeutschlands entsprechend.⁹⁾ Gegen die östliche Furche ist der Abfall des Jura ebenfalls wandförmig, aber noch großartiger; das Gegengehänge sind meist niedrigere Wände aus Dachsteinkalk. Er liegt größtenteils in derselben Höhe wie die Schutthalden der Jurawände und die älteren Juraschichten, die der Schutt verhüllt. Der Dachsteinkalk gehört also einer verhältnismäßig gehobenen Scholle an. Dies spricht dafür, daß die Jurakalke hier nicht einfache Härtestufen, sondern — um mit Davis-Rühl zu sprechen — obsequente Bruchlinienstufen sind. Im S reichen gerade die jungen Jurakalke und solche der Kreidezeit (Tithon) meist bis zum Grundlsee und Altausseer See hinab. Die Oberseite der Jurastufe darf man sich auch keineswegs eben vorstellen. Immerhin birgt nicht sie die gedrungenste Berggestalt

⁹⁾ Dieselbe Auffassung finde ich schon in den Worten Machatscheks (S. 233/4): „Die ganze Schichtstufenlandschaft ist vermutlich in noch wesentlich tieferem Niveau als dem heutigen unter Mitwirkung fluviatiler Erosion angelegt worden.“ Doch schon 1 km westlich vom Wilden Gößl ist die Stufe im Streichen so verändert, daß sie keine einfache Schichtstufe mehr ist, obwohl Machatscheks Profil (S. 233) durch den Bruderkogel sie dort noch so darstellt.

im Mittelstück der Gruppe, sondern der Dachsteinkalk, der sich gegen den N-Abfall des Gebirges unter den roten Mergeln und kieselligen Schichten hervor rasch zu fast mittlerer Neigung aufschwingt und der dort über dem Nachbartal der Röll, dem Kohlenkar, im Woising (2061 m) nur wenig hinter der höchsten Anschwellung der Jurastufe, dem oben welligen Wilden Gößl (2090 m), zurückbleibt. An dem einseitigen N-Abfall der Jurastufe bleibt der Unterschied zwischen Strecken mit großen Schutthalden und solchen ganz ohne Schutthalden zu untersuchen. Nach W wird der Abfall gestaffelt und mit Blattverschiebungen hängt es zusammen, daß die hellen Jurakalke nicht allein Oberseite und Abfall der hier an Höhe und Steilheit geminderten Stufe bilden, sondern auch ziemlich ausgedehnt vor ihrem Fuße liegen. Die Kalke dieser Formation tauchen dann im Polje der Augstwiesen bis zum Grunde der westlichen Furche hinab. Die ziemlich wechselvoll gewellte Lagerung als solche stimmt damit freilich nicht überein. Sie ist entweder älter oder jünger als die vermutete kräftige Abbiegung. Findet sich doch fast in der Mitte des großen Wiesengrundes der Karstwanne in der Furche ein nicht schlecht aufgeschlossenes, geradezu modellartiges periklinales Gewölbe. Die weitere Gliederung des Mittelstückes unseres Gebirges, besonders im S, ist, abgesehen von etlichen interessanten Mitteilungen Geyers und Machatscheks, noch heute nicht erforscht. In der Jurastufe ist nahe der östlichen Furche eine der größten, rings geschlossenen Hohlformen der Gegend besonders zu erwähnen. Im tiefsten Teile liegt ein kleiner See (1660 m), den die gewaltigen Zinnen der „Drei Brüder“ teils pyramidenförmig, teils prismatisch aufragend, am späten Nachmittag großartig beschatten. Man sieht ihre Gipfel links im Hintergrund auf Abb. 5, T. 7. Von keiner Seite führt ein markierter Weg in die Einsamkeit dieses wunderbaren Fleckes inmitten großartig wilder Öde.

Anhangsweise darf ich wohl eine geologische Bemerkung hinzufügen, obwohl sie den v o r m o r p h o l o g i s c h e n Bau betrifft und obwohl die vorgebrachten Erklärungen der Formen auch ohne sie gestützt werden konnten. Ich weiche von den bisherigen Ansichten geologisch insofern ab, als m. E. im Mittelteil des n. Toten Gebirges der Dachsteinkalk einer i n v e r s e n Juraserie aufgeschoben ist. Schon die Aufschlüsse um den Elmsee entsprechen dieser Deutung besser als jeder anderen. In den dort gegeneinander verstellten Schollen (vgl. oben) liegt das ältere Gestein auf dem jüngeren. Dieses ist

beim Elmsee durch Erosion aufgedeckt. Meine Auffassung wurde erhärtet, als ich nordöstlich vom Fuß des Wilden Gößls im Dachsteinkalk ein geologisches Fenster fand, durch welches eine rote Kalkbank des Jura und die jüngeren mergelig-kieseligen Gesteine darunter entblößt waren. Es stößt also längs der Bruch- und Flexurlinie, der das Tal vom Wilden Gößl zur Elmgrube (sw. vom See) folgt, eine inverse Lagerung, die meist der Dachsteinkalk bedeckt, an eine normale, wo im hohen Abfall des Jura nach oben über den roten Gesteinen immer jüngere und hellere Kalke auftreten. Schaltet man die unwahrscheinliche Annahme aus, daß unter solchen Umständen der im gesunkenen Flügel hoch aufragende normale Jura-Abfall als eine zufällig so verlaufende Härtestufe entstanden war, so bleibt auch aus diesem Grunde nur die Deutung als obsequente Bruchlinienstufe übrig, die erst im Zurückwittern das Profil einer gewöhnlichen Härtestufe mit weichem Fuß angenommen hat. Leider beruht das Gesagte nicht auch auf eigenen Fossilfunden.

Der westliche Teil des Gebirgsstockes besteht wieder größtenteils aus Dachsteinkalk. Nur im Abschnitt über Altaussee und westlich des großartigen Sacktales hinter dem See bilden oben Jurakalke einen wasserscheidenden Kamm. Ihre eigenartigen Formen — auch zwei Kare mit See und Moor öffnen sich nach E — fallen in fast allen Fernsichten des Toten Gebirges aus dem Rahmen der übrigen (Bild 4, Taf. 7, ganz rückwärts). Der vorderste Juragipfel, der Loser (1836 m), beherrscht die vielfach abgebildete Landschaft von Altaussee mit seinem Umriß eines riesigen felsigen Ohres; ohne daß ich den Namen „Loser“ mit Bestimmtheit darauf zurückführen könnte oder wollte. Das übrige Gebiet im W ist wenig bekannt.¹⁰⁾ Besonders unmittelbar neben der westlichen Furche liegt, bis auf die Umgebung des Wildensees, ein Karstgebiet, dessen Unannehmlichkeiten durch dichtes Krummholz im unteren Teil aller Anstiege ungemein verschärft werden. Vom Wildensee führt bloß eine markierte Richtung, aber größtenteils weglos nach W, wo der Schönberg oder Wildenkogel (2093 m) als höchster Gipfel dieses Gebietes aufragt. Ein Jagdrevier des Kaisers Franz Josef in der Vorkriegszeit ist hier durch die Hütte der „Naturfreunde“, nördlich vom Wildenkogel, erschlossen. Die mehr-

¹⁰⁾ Neue geologische Profile vom Loserzuge und seiner nördlichen Nachbarschaft bei der unwirtlichen hochgelegenen Trogmulde des Schaßbodens (s. vom Schönberg) enthält ein Aufsatz L. Waagens (Verh. Geol. Bundesanst. 1924). Darin wird gelegentlich der Würdigung von Manganfunden auch der Karrenbildungen des Dachsteinkalkes vor Ein- und Auflagerung der roten und braunen Jurakalke gedacht.

stündige, selten ausgeführte Wanderung von da zum Wildensee, den der Rinnerkogel (2008 m) mächtig überragt, sollte man ohne Not trotz der von den „Naturfreunden“ gut markierten Richtung nicht allein unternehmen. Die Gefahr, die Füße schwer zu verletzen, ist nicht ganz gering. Ist der Loser ein von Ausflüglern fast überschwemmter Berg und wird jetzt auch der Schönberg von W und N her häufiger bestiegen — zwischen beiden stellt kein Pfad die Verbindung her. Hier herrschen etwas verkleinert Verhältnisse wie im SO-Plateau.

Bemerkenswert ist in der NW-Ecke des Gebirgsstockes das Eingreifen kleiner, aber tiefer, zum Teil auch gestufter Sacktälichen, über denen eine Reihe auffällig absonderter schlanker Riesenkegel und -säulen aufragen. Diese wurden als harte Kalkmassen, die in mürberen Gesteinen staken, herausgearbeitet. Dabei bewirkte die in den kleinen Sacktälern zum Hochland hinaufgedrungene Erosion und der beschleunigte Abtrag — wie es scheint im Bunde mit einem Niederbiegen des Gebirgsrandes — das saubere und jähe Hervortreten des über 200 m aufragenden „Hangenden Kogels“ und seiner würdigen Brüder, der „Rauchen“. Der Wildenkogel, der hinter diesen geradezu architektonisch angeordneten Spitzsäulen in mächtiger Steigerung seinen hohen Umriß ausspannt, heißt im Bereiche der Gemeinde Ebensee der Schönberg. Ob aus diesem Grunde, sei dahingestellt. Besonders bequem war der Aufstieg bis zur jüngsten Vergangenheit von keiner Seite. Das war also nicht der Anlaß, ihn „schön“ zu finden.

Damit sei diese lückenhaft bleibende Beschreibung des Toten Gebirges beendet, die mit einigen guten Querschnitten weniger Raum beansprucht hätte. Aber die Kartenunterlagen samt der Aufnahme 1:25.000 machen das unmöglich und lassen nur grobschematische Profile zu, deren ausreichende Erläuterung keine Raumersparnis bedeuten würde.

III. Die Karsterscheinungen im nördlichen Teil des Toten Gebirges.

a) Die drei verschiedenen Landschaftsgattungen.

Die bisherige Betrachtung der Großformen erfaßt nur einen Teil der Landesnatur des Toten Gebirges. Es fehlt da noch die Vorführung der ausschlaggebenden Rolle, welche die

Verkarstung auf großen Flächen spielt. Bezüglich der Karstformen ist ein gewisser Unterschied zwischen N und S.

Die südlichen Teile des Toten Gebirges überzieht — freilich nicht lückenlos — eine Decke von Matten, Krummholz und Wald. Die Karsterscheinungen der Oberfläche drängen sich daher dem Besucher jener Gegend nicht überall so stark auf wie im nackten oder nur sehr schütter bewachsenen N. Gleichwohl sind sie auch im S wohl allenthalben vorhanden. Die beiden genannten Querschnitte stellen besonders in ihren höheren Teilen grüne Oasen in öder Umgebung dar; in ihren niedrigeren südlichen Hälften sind sie inmitten der Vegetation stark verkarstet und dolinenreich. In der Tiefe der westlichen Furche spielen dabei im S felsige Entblößungen eine größere Rolle als in der östlichen Furche bei den Lahnangseen. Wo aber die Pflanzendecke schütter wird oder ganz ausläßt, wie im hohen Nordteil des Gebirges, beherrschen Karren und Dolinen auf Schritt und Tritt in sehr fühlbarer Weise die Landschaft. Wir wollen die Kenntnis des Toten Gebirges durch Feststellung der Eigenheiten seines Hochgebirgskarstes fördern. Mit welchem Recht hier von solchen Eigenheiten gesprochen werden darf, soll eben durch diesen Aufsatz dargelegt werden.

Daß eine Karstoberfläche durch Karrenbildungen, Karstrichter oder Dolinen gekennzeichnet ist und was darunter zu verstehen sei, ist heute weiten Kreisen bekannt. Aber wir stoßen sogleich auf ungelöste Fragen, wenn wir die Beobachtung machen, daß im nördlichen Toten Gebirge Dolinenlandschaften und Karrenflächen zum Teil ganz getrennt vorkommen, andererseits wieder in gewissen Teilen eigenartig vereinigt auftreten. Manchmal sind die Grenzen zwischen diesen Gebieten sogar sehr scharf. Es ergeben sich im nördlichen Toten Gebirge daraus drei ganz verschiedene Landschaftstypen des Karstes, die später getrennt behandelt werden sollen: 1. die Karrenflächen, auf denen Dolinen fehlen oder in denen sie nur sehr vereinzelt vorkommen; 2. die Flächen, auf denen Dolinen und Karren zugleich vorkommen, wobei jene von den Karren offenkundig beherrscht werden; 3. die Dolinenlandschaften, in denen Kluffkarren meist fehlen oder von der Vegetation verhüllt sind und Rillkarren nur eine bescheidene Nebenrolle spielen, auch

ganz fehlen können. Die Verteilung dieser Landschaften im besuchten, beziehungsweise eingesehenen Gebiet zeigt Abb. 2.

Ebenfalls ohne Erklärung gelassen, ja nirgends als Problem betont, ist die im Toten Gebirge, aber auch in anderen Stöcken

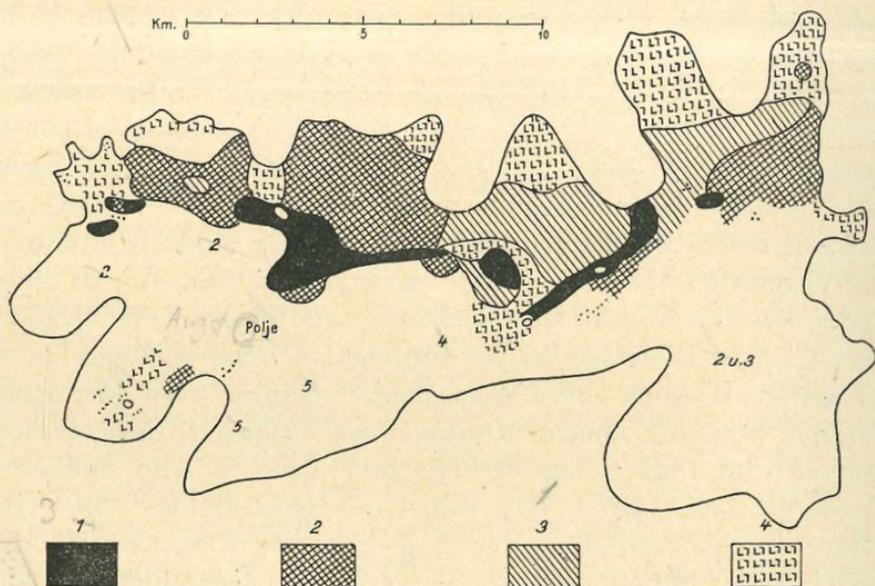


Abb. 2. Die morphologischen Landschaftsteile im Kerngebiet des Toten Gebirges.

1. Typische Dolinenlandschaften. 2. Vorherrschend Karrendolinen. 3. Karrige Plattenlandschaft („Steinbretter“). 4. Fehlen oder Zurücktreten der Karstformen auf größeren Flächen, dafür Grate, Wände, Schutt, Kare oder überhaupt undurchlässige Gesteine. Was weiß gelassen ist, wurde bisher vom Verfasser nur auf zwei Strecken gequert. Die Ziffern 2 u. 3 darauf, vgl. oben, sind nach der Literatur und nach Fernsichten eingetragen. 4. (Isolierte Ziffer.) Mehrere große Einsturzdolinen nach Art des Tiergartenloches am Dachstein. Sie liegen hier im „Finsterkar“ (gemäß den Angaben G. Geyers). 5. Dolinen in grüner Wald- und Weidegegend nach Geyer. Einzelne Punkte: Dolinen und Dolinengruppen in andersartiger Umgebung. Die Dolinen in der Gegend 2—3 km ost-südöstl. vom Wildensee, wo der Boden der Karsthohlformen öfter aus den undurchlässigen mürben Juraschichten besteht, sind meist in die typische Dolinenlandschaft einbezogen.

der Kalkhochalpen überaus häufige Tatsache, daß viele Dolinen — auf manchem Quadratkilometer ist es die Mehrheit — nicht selbständige Trichter und Schüsseln bilden, sondern von größeren rundlichen Hohlformen umschlossen werden. Die Einheimischen nennen die größeren Dolinen „Gruben“, auch wenn sie keine kleineren umfassen. Das Ausmaß solcher Gruben über-

steigt manchmal nicht oder unwesentlich jenes großer einfacher Einzeldolinen mit ≥ 100 m Durchmesser. Die kleinen Karstrichter mit meist 2 bis 4 m oberem Durchmesser, selten aber 6 bis 8 m, sind — ganz gleich, ob sie frei und vereinzelt auftreten oder in einer Grube vergesellschaftet — Schlucktrichter für Schnee- und Regenwasser.

Die wenigen Bäche auf der Höhe des Toten Gebirges verschwinden in Schlundlöchern, die aber mit einer Ausnahme bis heute eine enge, noch nicht zur Doline erweiterte Öffnung haben. Auch ist nicht anzunehmen, daß heute noch öfter Höhlengerinne nahe genug unter der Oberfläche fließen, um bei hohem Wasserstand durch steigendes Druckwasser Erdfälle und Dolinenformen zu erzeugen. Meterweite Einsturzdolinen, Höhlenschächte, verkarstete Gletschertöpfe und große Karrenbrunnen kommen überall vor, in Karrenfeldern sowohl als auch im Umkreise durchaus begrünter Dolinen in Wald und Weide; überall ungefähr gleich selten, bilden diese Löcher tückische Fallen für Vieh und Menschen. Mit der Dolinenbildung der Nacheiszeit haben sie nichts zu tun, und wenn je einst ihre Öffnungen zu Trichtern erweitert waren, so hat diese der Gletscherschurf beseitigt. Soweit diese Schächte echte Karstformen sind, sind sie also uralte Gebilde, die seither von der abgeschliffenen Oberfläche hartrandig angeschnitten wurden.

Die oben erwähnte Dreiteilung des Landschaftsbildes verdient näher geschildert und mit Bildaufnahmen veranschaulicht zu werden.

Die reinen Karrenflächen sind im Toten Gebirge meist nicht die Flächen dichtester Karrenbildung, sondern sie sind eine karrige Plattenlandschaft. Bei der Dicke der Schichten des Dachsteinkalkes stehen die Schichtfugen voneinander oft meterweit ab. Die kräftige schräge Neigung der Schichtflächen führt das Regenwasser rasch in eine solche Fuge. Die Kluffkarren senkrecht auf die Schichtfugen sind dabei fast spärlich. Rillenkarrren kommen gewöhnlich vor. Von weitem sieht man einer solchen Landschaft nur den Schichtbau, nicht die Karsterscheinungen an, wie Bild 6, T. 8, lehrt. Aus der Nähe sehen die dem Schichtenbau geradezu untergeordneten Karsterscheinungen so aus, wie es Bild 1, T. 6, zeigt. Darauf sehen wir noch etwas anderes: könnte man alle Karrenklüfte abdichten, so würde das Regenwasser vor den mächtigen Schichtköpfen, wo diese zurückspringen, in etwa dreieckigen geschlossenen Hohlformen sich ansammeln, deren Umriß so sehr von allem Trichter- oder Schüsselförmigen abweicht, daß sie wohl niemand

morphologisch als Korrosionsdoline¹¹⁾ ansprechen wird, noch angesprochen hat. Damit ist nicht gesagt, daß aus solchen Formen nicht Dolinen werden könnten, wofür im Toten Gebirge jedoch die Voraussetzungen nicht zutrafen. Eine „plattige Karrenlandschaft“ kommt auch in den höchsten Jurakalken an den Gehängen des Poljes mit dem Dreibrüdersee nordnordöstlich von ihm vor. Dies sind die Gebiete, die im N des Toten Gebirges ebenfalls den Namen „Die Steinbretter“ verdienen. Große Dicke bei nicht zu flacher Neigung der Schichten sind die Bedingungen, unter denen sie auftreten.

Was im Gegensatz dazu eine Dolinenlandschaft ist, zeigt Bild 5, T. 7, vom selben Standpunkt wie Bild 6 aufgenommen. Die Karstrichter sind hier die herrschende Kleinform. Die Bestimmung ihrer Dichte in verschiedenen anderen Dolinenlandschaften, bezogen auf 1 ha, ergab, daß dort die Zahl der einzelnen Trichter nur selten unter 1 bis 2 auf 1 ha herabsinkt, andererseits 5 auf 1 ha kaum überschreitet, sobald man die Zählung auf Flächen von 20 ha aufwärts vornimmt. Über die Art und Weise dieser Ermittlung legt der nächste Abschnitt Rechenschaft ab. Bild 5, T. 7, das an die Aufnahmen von Granattrichtern erinnert, deren Bilder ja durch Jahre einer größeren Menschenzahl vorgezeigt wurden als jene von Naturerscheinungen, stellt Dolinen in Jurakalken dar, in 1900 bis 2000 m Höhe. Obwohl diese Kalke offenkundig den Graswuchs gegenüber dem Dachsteinkalk begünstigen, gehört diese Dolinenlandschaft zu den vegetationsärmeren der Gruppe. Die Dolinen haben meist erheblich unter 5 m oberen Querschnitt. Die dabei vorkommenden Rillenkarrn und Kluffkarrn, die den Wasserabzug nach unten besorgen, sind nur eine Begleiterscheinung. In besser bewachsenen Dolinenlandschaften treten sie ganz zurück, wo Karrn, wenn überhaupt, so nur unter der Erde das Gestein anfressen. Die schon recht gut gerundeten Dolinen des Bildes 5 sind meist etwas asymmetrisch, indem sie auf der Seite der Schichtköpfe steiler begrenzt sind als auf jener der Schichtflächen. Im Vergleich zu Bild 1, T. 6, läßt sich ermessen, wieviel günstiger ein sanfteres Schichtfallen und erheblich geringere Dicke der Schichten für die Dolinenbildung ist. Die Bilder 7 und 8, T. 8, stellen den Beschauer mitten in ausgezeichnete, tiefer gelegene Dolinenland-

¹¹⁾ Korrosion = chemische Erosion.

schaften hinein, in Höhen zwischen 1550 und 1650 m. Es sind Beispiele für die erwähnten „Gruben“ zu sehen. Die auf Bild 8 dargestellte liegt höher und umfaßt bei Erstreckungen von etwa 35×70 m vier Regenschlucktrichter, die grasige auf Bild 7, T. 8, enthält ihrer zwölf und ist entsprechend ausgedehnter. Im großen ganzen ist alles, was hier einfach Doline genannt wurde, eine rundliche Hohlform mit verhältnismäßig glatten Böschungen.

Eben diese Eigenschaften mangeln einer Gruppe geschlossener Karstvertiefungen von Dolinengröße gänzlich. Man sieht sie auf den Bildern 3 und 4, T. 7. In der Nähe betrachtet, überwiegen nicht selten Kluffkarren, dichter geschart als in der karrigen Plattenlandschaft, die wir schon kennen. Darum wird man sich vor lauter Spalten gar nicht gleich der tatsächlich vorhandenen seichten Hohlformen inne, deren Eigenheit ein ganz unregelmäßiger, irgendwie zackig polygonaler oder auch schachtelartiger Umriß ist. Nur wenn Schneeflecke sich darin gehalten haben, läßt sich schon von weitem unschwer das Vorhandensein dieser Art von Dolinen feststellen, welche den dritten Karsttypus des Toten Gebirges, die Flächen der „Karrendolinen“ bilden, wie wir sie nennen wollen. Die von ihnen eingenommenen Gebiete liegen überall nur zwischen den wohl ausgebildeten Dolinen und den bloß karrigen Plattengebieten, außer dort, wo diese beiden unmittelbar aneinanderstoßen. Die Verteilung der drei Landschaftsgattungen im größten Teil des nördlichen Toten Gebirges zeigt Abb. 2. Wilde Karrenbildung und das häufige Vorkommen zweifellos typischer, rundlicher Dolinenformen schließen sich nicht überall so auf derselben Fläche aus wie im Toten Gebirge. In dem Hochland der Kriwoschije nördlich der Bucht von Cattaro, hinter dem Orjen, in rund 1000 m Höhe, findet man auf derselben Fläche eine ungeheure Karrenentwicklung mit großartigen Dolinentrichtern, die bis etwa 300 m tief vorkommen. Derartiges ist aber noch von keinem unserer Kalkalpenstöcke gemeldet, noch von mir gefunden worden.

b) Die Fragestellung.

Die Bedingungen für die Entstehung der karrigen Plattengebiete sind so auffällig, daß sie sich in der Hauptsache leicht feststellen ließen. Woher aber der Unterschied zwischen den

typischen Formen der Karsttrichter und den Karrendolinen kommt, muß erst untersucht werden.

Wollen wir die Ursache davon finden, so ist zuerst zu bedenken, daß im Toten Gebirge sowohl Karrendolinen als auch wohlgerundete Hohlformen in der Form von „Gruben“ mehrere ausgeweitete Regenschluckstellen umschließen. Ist die Herkunft dieser mehrteiligen Gruben einmal aufgeklärt, so wird sich auch die Antwort auf die obige Frage ergeben.

Zusammengesetzte Dolinen, wie viele Gruben des Toten Gebirges, sind in den niedrigen Teilen des adriatischen Karstes gewöhnlich nicht vorhanden. Nur so kann ich mir das Schweigen der Literatur erklären, seit eigene Wanderungen die Seltenheit solcher Hohlformen im „klassischen“ Karst bestätigten. Überprüfen wir immerhin den hier eingenommenen Standpunkt: die Tatsache, daß überhaupt größere Hohlformen kleinere umschließen, kommt allerdings auch dort vor. Jede Schrift, viele Wanderungen bestätigen ja das Vorkommen von Poljen und Uvalas. Aber die kleinsten Poljen, die bisher mit diesem Namen belegt wurden, sind viel größer als unsere Gruben und haben nur ganz ausnahmsweise eine Fläche von weniger als 100 ha.

In der 49 Poljen enthaltenden Liste Ballifs, die sicherlich neun Zehntel aller so bezeichneten Becken in Bosnien und der Herzegowina erfaßt, haben die kleinsten drei nur Flächen von 30, 100, 200 ha. Natürlich können Gebilde, deren Größenordnung meist 1 km^2 übersteigt, viele Schlucklöcher und auch trichterförmige Dolinen umfassen, ganz gleich, wie sie entstanden sind. Aber sie würden auch für eine Mehrzahl der umfänglichen Gruben unseres Gebietes Raum bieten. Von ihnen unterscheiden sich die Poljen nicht nur durch die Größe, sondern auch durch die Umrißformen, die bei den Gruben doch einigermaßen rundlich zu sein pflegen, besonders in den Dolinenlandschaften. Es wurde schon erwähnt, daß auch im Toten Gebirge Poljen vorkommen — zwei haben sogar periodisch überschwemmte Flächen —, aber man ist nicht in Gefahr, sie mit den Gruben zu verwechseln, die kleine Dolinen umschließen. Die Uvalas wiederum gehen nach der herrschenden Hypothese aus der Verschmelzung benachbarter Dolinen hervor. Meist sind zwei bis drei Dolinen durch die Erniedrigung des Zwischenriegels mehr oder weniger verwachsen. Diese Hypothese kann einleuchten,

wo solche Dolinen einander von Haus aus näher liegen als jenen in der Umgebung oder wo sie samt den Riegeln dazwischen aus welchem Grund immer eine raschere Vertiefung erfuhren. Aber nicht so annehmbar ist diese Erklärung der Uvalas, wenn sich in den Dolinen Aufschüttungsböden finden, die dann den trennenden Riegel mehr und mehr bedecken sollen. Jedenfalls ist eine Uvala schließlich auch eine längliche Grube; sie birgt zwei bis drei Dolinen in einer Reihe und verrät ihre Herkunft durch die Einschnürung des sie umschließenden Isohypsenzuges. Ich habe im Toten Gebirge vergeblich nach einer regelrechten Uvala gesucht und dafür nur selten das gefunden, was Cvijić¹²⁾ als Doppeldoline in elliptischer Umrahmung bezeichnet hat, die er wie die Uvalas zu den „Abweichungen von den normalen Größen und Formverhältnissen“ der Dolinen rechnete. All das bekräftigt nur den früher eingenommenen Standpunkt, daß Gruben, die mehrere kleine Trichter umfassen, in den klassischen Karstgebieten so gut wie ganz fehlen.

Nur Katzer¹³⁾ berichtet, daß kleinere Trichter von 10 m Durchmesser und darunter als Tochterdolinen auf dem Boden großer Mutterdolinen vorkommen, von denen einzelne mittlere Durchmesser von etwa 600 m haben. Die Art, wie Katzer dies berichtet, zeigt jedoch klar, daß er nicht eine regelmäßige oder gar vorherrschende Erscheinung damit beschreiben will. Zudem berichtet er, daß er solche große Dolinen, welche übrigens die im Toten Gebirge vorwaltende Größenordnung überschreiten, auf der Ravna planina und am Mokriško brdo bei Serajewo gesehen habe, wo man sie auch mit der Spezialkarte wiederfinden kann — aber in Höhen von 1300 bis 1500 m! Es ist daher eine begründete Folgerung, daß das häufige, manchmal überwiegende Auftreten zusammengesetzter Gruben eine Eigenheit des Hochgebirgskarstes sei.

Eine von mir gelegentlich beobachtete, auch auf einem Dolinenplan im neuen Werke von Cvijić¹⁴⁾ sichtbare Tatsache ist das Vorkommen von zwei bis drei Dolinen auf dem Grund einer größeren, der von Anschwemmungen oder Schuttanreicherung aufgehört wurde. Wenn dadurch der bisherige

¹²⁾ Pencks Geogr. Abh. V. 3. S. 230.

¹³⁾ Zur Kunde der Balkanhalbinsel, H. 8, S. 19.

¹⁴⁾ Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst, Grenoble 1918.

Abzug zeitweilig verstopft wird, übernimmt eine andere Kluft seine Rolle und endet nach oben erweitert. Später verjüngt vielleicht ein Erdfall wieder den älteren Abzugstrichter, indem er Teile der Verstopfung entführt. Ein solcher Vorgang ist natürlich in allen Karstgebieten denkbar, aber die verhältnismäßige Seltenheit dieser Art von „Tochterdolinen“ hat bewirkt, daß ihrer in allen mir bekannten, einschlägigen Werken nicht einmal nebenbei Erwähnung geschieht.

c) Theorie der zusammengesetzten Gruben.

Alle die in der Literatur behandelten Fälle gelegentlich eingeschachtelter Dolinen sind im Hochgebirge besonders selten und unterscheiden sich deutlich von den zusammengesetzten Gruben, die geradezu eine Eigenheit des Hochkarstes bilden. Besonders deutlich läßt dies ein Querschnitt wie jener der Abb. 3

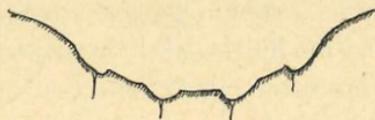


Abb. 3.

Schnitt durch eine zusammengesetzte Doline mit den von ihr umschlossenen, als kleine Trichter, Schüsseln oder Kessel ausgestalteten Schluckstellen für das Niederschlagswasser. Die kleinen Hohlformen pflegen nicht nur in einer Reihe zu liegen. Die Konkavität des Bodens der großen Grube zwischen den kleinen Dolinen ist nur ausnahmsweise so deutlich erhalten. (Vgl. Bild 7, T. 3.)

betrachten, wo man zwischen den kleinen Dolinen statt Rücken heute Stücke des ausgehöhlten Grubenbodens sieht. So schön ist ein solcher Schnitt nur in einzelnen Fällen zu finden. Da er aber in dieser Gegend vorkommt, darf seine Erklärung den Verhältnissen der Hochgebirgslandschaft nicht widerstreiten. Dabei muß im Auge behalten werden, daß ein Schnitt normal auf den gezeichneten ebenfalls öfter ein gleichartiges Bild liefert, da die kleinen Dolinen nicht nur in einer Reihe liegen.

Die höchstgelegenen Gruben des Toten Gebirges, die ihrerseits kleinere Hohlformen umfassen, finden sich zahlreich unter den Karrendolinen. Ob groß ob klein, entbehren sie der Rundung und Glätte, und im Hinblick auf die wohl ausgebildeten Trichter und Schüsseln unterhalb der Waldgrenze empfiehlt es sich, den Gedanken zu prüfen, ob nicht die Karrendolinen die

noch unvollkommeneren Vorläufer der gut gerundeten Hohlformen darstellen. Dem entspricht die nun folgende Ableitung:

Bei dichter Zerklüftung müssen die Kämme der Karren rascher erniedrigt werden als bei weitständiger. Dies erläutert Abb. 4. Man braucht sich nur vorzustellen, daß die darin geschnittenen Klüfte sich mit anderen Büscheln von Sprüngen kreuzen, und erhält dann Flecke besonderer Zerstörbarkeit. In der „Eisriesenwelt“-Höhle des Tennengebirges befinden sich noch 300—500 m unter seiner Oberseite an den Kreuzungsstellen der Klüfte regelmäßig röhrenförmige Deckenschlote.

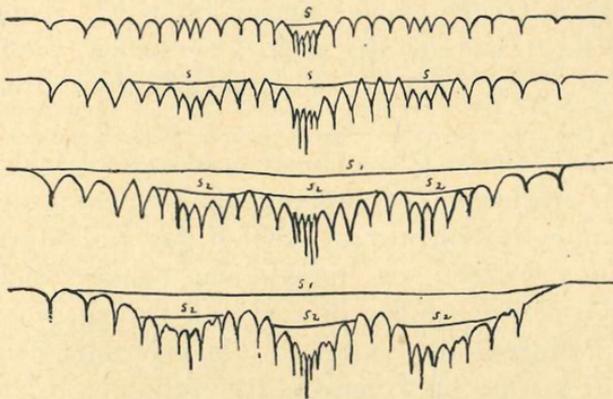


Abb. 4.

Bildung einer zusammengesetzten Doline durch das Schrumpfen erst im Sommer zerfallender Schneeflecke auf der Unterlage von Haus aus ungleicher Klüftigkeit und Zerstörbarkeit des Kalkes.

S = Schneefleck; S₁ vor und S₂ nach dem Zerfall.

Im Bereiche stärkerer Zerklüftung läßt die lösende Wirkung der Niederschläge die Oberfläche rascher sinken, innerhalb jenes Bereiches eilt die Tieferlegung an den Stellen der dichtesten Karrenbildung der Nachbarschaft noch voraus. Es entstehen rauhe, zerfressene kleine Kessel und Mulden, die sich in manchen Fällen zu engen Karrenbrunnen verlängern. Der Schnee bleibt in solchen Gebieten zuerst als großer Fleck über der ganzen Hohlform liegen, später zerfällt er, wie man beobachten kann, in mehrere kleine Schneeflecke. Diese Schneeflecke ermöglichen es erst, daß nicht jede noch so kleine Niederschlagsmenge sogleich in die nächstbeste Karrenklüft fließt, und bewirken, daß das Schmelzwasser auf die ohnehin am meisten zerklüfteten Kalkteile am längsten einwirkt. Das ist die Art, wie das Gestein nach dem Maße der Zerklüftung niedergebracht

wird. Die große Karrengrube entsteht also auf die gleiche Weise, nur langsamer als die kleine Karrendoline auf ihrem Grunde. Der Zerfall der allgemeinen Schneedecke in einzelne bedeutende Flecke wird gefördert, wenn die ungleiche Verteilung der Karstklüfte an kleine glaziale Erosionswannen zwischen Rundhöckern anknüpft, aus denen allmählich etwas vertiefte Gruben werden können. Aus der Entwicklung nach Abb. 4 kann nicht immer ein Schnitt wie der in Abb. 3 folgen. Dies ist leichter möglich, wenn die dichtesten Kluftstellen weiter voneinander entfernt sind, besonders aber dann, wenn die zusammengesetzte Grube glazial ausgehöhlt wird. Hingegen muß wohl ein Schnitt wie der der Abb. 3 entstehen, wenn die große Doline älter ist als die eingeschachtelten Regenschlucktrichter.

Das Auftreten der hier angenommenen Striche und Kreuzungsstellen stärkerer Zerklüftung als Vorläufer der Schlucktrichter konnte freilich nur in Höhlen der Kalkalpen unmittelbar beobachtet werden, da die kleinen Schneeflecke oft ganzjährig liegen bleiben, außer in geringen Höhen, wo jedoch eine Erd- und Pflanzenhülle ausapert, die ebenfalls den Fels verbirgt. Dafür konnte im Toten Gebirge selbst beobachtet werden, daß in schneefreien Gebieten ohne Pflanzenwuchs inmitten allgemein stärkerer Zerklüftung und Karrenbildung Eilande verhältnismäßig guter Gangbarkeit wie etwas rissige Tanzböden lagen.

Mit der ungleichen Verteilung der Klüfte können ferner gerade bei dem tektonisch stark beanspruchten Hochgebirgskarst auch junge gegenseitige Verschiebungen stattgefunden haben. So gibt es in der großen Eishöhle des Tennengebirges eine Unzahl Rutschflächen, welche diese Unterwelt in Abständen von 150 bis 200 m queren, während andere die Längswände bilden. J. P i a hat diese Harnische näher untersucht.¹⁵⁾ In einigen Fällen ließ sich durch die Striemen feststellen, daß es sich um Blattverschiebungen handelte mit nur schwachem senkrechtem Anteil. Auch an der Außenseite des Stockes im Bereiche des Höhleneingangs fallen derartige bloßgelegte Gleitflächen auf. Das Tennengebirge scheint in ansehnlichen Teilen aus riesigen, gegeneinander bewegten Quadern zu bestehen. Die Bewegungen waren zum Teil jünger als die Austrocknung der untersuchten

¹⁵⁾ Speläol. Jahrb., IV., Wien 1923, S. 48.

Höhle.¹⁶⁾ Der senkrechte Anteil solcher geringen Verschiebungen kann sich an der Oberfläche nur in Form gleich unbedeutender Vertiefungen und Erhöhungen äußern. So entsteht eine Art kleinsten Schollenreliefs mit geschlossenen Hohlformen, welche wohl Raum für mehrere gewöhnliche Dolinen bieten, als tektonische Gebilde jedoch zu den kleinsten ihrer Art gehören. Dies veranschaulicht Abb. 5.

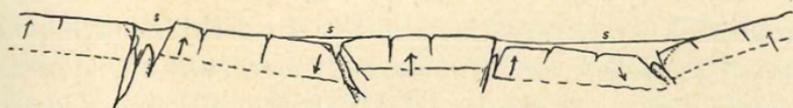


Abb. 5.

Bildung der Ausgangsformen mehrteiliger Dolinen durch tektonische Kleibewegungen, bes. durch den lotrechten Anteil bei Blattverschiebungen. s: Angedeutete Weiterbildung durch einzelne Schneeflecke.

Das Eingreifen zerfallender Schneeflecke bei wechselnder Klüftigkeit hat dann die schon beschriebenen Folgen. Da schließlich in der Natur oft alle Bedingungen ineinander greifen, so erleichtert stärkere Zerklüftung auch dem Gletscherschurfe die Erosion kleiner Wannen.

Die in Abb. 5 erläuterte Hypothese stellt die größeren Dolinen des Toten Gebirges geradezu als kleinste tektonische Poljen dar, deren Umriß nur von der Gletscherarbeit oder von der periodisch wechselnden Schneedecke freilich sehr unvollkommen gerundet oder geglättet wurde. Dies und die Kleinheit unterscheidet die poljenartig angelegten, aber anders weitergebildeten Vertiefungen von dem, was man sonst als Polje benennt. Es ist gewiß eine Unvollkommenheit der vorgeführten Erklärung der größeren Dolinen, daß mehrere Hypothesen als anwendbar nebeneinander hingestellt werden mußten, ohne daß für jedes einzelne Gebilde dieser Art Merkmale aufgezeigt werden konnten, die es erlauben anzugeben, welche Hypothese oder welche Verknüpfung solcher gerade im vorliegenden Fall die einzig berechnete ist. Leider liegen für so viele morphologische Erscheinungen schon seit manchen Jahren mehrere Erklärungen vor, die sich sogar bekämpfen und ausschließen, ohne daß die nun viel wichtigere Forschung nach der sichtenden Methode endlich vorwärts gekommen wäre. Auf dem Gebiete der Hohl-

¹⁶⁾ Den Nachweis hierfür erbrachte ich ebenda. III. Jahrg., 1922, S. 65 ff.

formen des Karstes ist es schon längere Zeit gelungen, durch vorgeschrittene Verfeinerung der Forschung die Einsturz- und Korrosionsdolinen usw. genau und für fast jeden Einzelfall zwingend auseinanderzuhalten. In diesem Aufsätze handelt es sich nun um die weitere Gliederung der Gruppe der Korrosionsdolinen. Daß ihre Unterschiede sogar innerhalb des Toten Gebirges gar nicht nebensächlich sind, lehren die Bilder 2, 5, 7, 8 aus der Nähe. Obwohl also für die zusammengesetzten Karrendolinen zunächst mehrere Hypothesen zur Erklärung angeboten wurden, so schließen sich diese doch nicht aus und stehen einander auch nicht im Wege. Die Wahrscheinlichkeit ihrer allgemeinen Brauchbarkeit wird dadurch erhöht, daß alle Bedingungen ihrer Entstehung im Hochgebirge begünstigt sind, so die Rundhöcker zwischen kleinen Wannsen, die nackten Karren und die starke tektonische Beanspruchung, in deren Gefolge sich besonders dichte Kluftscharen einschalten und selbst junge geringe Verschiebungen in nahe verwandten Gebirgen erwiesen wurden.

Die Dolinenlandschaften des Toten Gebirges, welche begrünt, oft jedoch nur lückenhaft mit Erde bedeckt sind, haben mit den Karrendolinen die große Häufigkeit zusammengesetzter Gruben gemeinsam, mit all den Aushöhlungen der Karstgebiete in milderem Klima jedoch eine regelmäßiger gerundete Trichter-, Kessel- oder Schüsselform, wenn auch ihre rundlichen Umrisse und einheitlichen Böschungen oft nicht ganz so glatt erscheinen. Diese Annäherung der Dolinen des Toten Gebirges in dessen niedrigeren Teilen an die Gestaltung der adriatisch-dinarischen Karsttrichter ist nicht nur eine äußerliche Folge der Erd- und Pflanzenhülle, die von selbst überall jeder Form, die darunter liegt, ein weicheres, glatteres Aussehen gibt; vielmehr sind auch die Felsformen unter dem Pflanzenkleid ebenmäßiger als die Hohlformen der nackten Karsthöhen unseres Hochgebirges.

**d) Hinweis auf die Theorie der typischen Dolinenformen von
K. v. Terzaghi.**

Hier ist nun Gelegenheit, die Theorie K. v. Terzaghis, die er zunächst für die Dolinen des Kroatischen Karstes 1913 ver-

¹⁷⁾ Mitt. aus d. Jahrb. d. kgl. Ungar. Geol. Reichsanstalt. XX. 1912/13.

öffentlich hat, anzuwenden.¹⁷⁾ Dieser Forscher hat mit ausführlichen und in der Hauptsache überzeugenden Gründen eine Humus- und Erdhülle als Vorbedingung für die Entstehung der glatten Gehänge typischer Trichterformen seines Arbeitsgebietes vertreten. Dieser Hülle schreibt er mit Recht in vollem Maße die Wirkungen zu, welche sich unter den Schneeflecken nur langsam und nicht so schön einstellen. Die Theorie v. Terzaghis behält schon durch die Art ihrer hier nicht näher darzulegenden chemisch-quantitativen Begründung auch außerhalb des kroatischen Karstes ihren Wert. Überdies habe ich die ausgleichende Wirkung eines bewegten Schuttkleides auf die Talgehänge schwacher Schuttgerinne näher untersucht, zwei bis drei Jahre, bevor mir v. Terzaghis Arbeit bekannt wurde, und habe gefunden,¹⁸⁾ daß die ebenmäßigen Böschungen sich dem anstehenden Fels unter der Erde aufprägen, ohne daß er jemals vom fließenden Gerinne berührt wurde. Ich habe sogleich in Vorlesungen empfohlen, diese Ergebnisse auf die Dolinenformen anzuwenden, vor denen die herrschende Theorie meist versagt. Denn ließ sich jene Glättung im Kerne felsiger Gehänge an schwer löslichen Gesteinen nachweisen, so ist sie in den leichter löslichen Karbonatgesteinen noch viel eher zu erwarten. Die von Terzaghi schon seit Jahren berechnet gewesenen chemischen Umsätze stützen das in nachdrücklichster Weise. Auf seine Überlegungen hat meines Wissens außer Walter Penck in seiner „Morphologischen Analyse“ (1924) niemand hingewiesen.

Wurde oben gezeigt, warum im nackten karrenreichen Karst höchstens zusammengesetzte Dolinen von wenig regelmäßiger Gestalt entstehen können (vgl. Abb. 4, T. 7), so ist jetzt zu untersuchen, was für Dolinen in einem nicht minder kluftreichen Kalk entstehen, dessen Karren eine Hülle von Erde und Schutt überzieht. Das Folgende findet man nicht in den Ausführungen K. v. Terzaghis, sondern es ist eine den Umständen angepaßte Begründung des Kernes seiner Lehre. Ich habe dazu Abb. 6 entworfen.

Zunächst wird wieder nur der am meisten zerklüftete Fleck des Untergrundes niedergebracht, aber das Schuttkleid, in dem sich diese Einmündung abbildet, sammelt das Regenwasser überwiegend im nächsten Umkreis der tiefsten Stelle an; denn die

¹⁸⁾ Penck, Festband 1918.

Erdhülle bietet ihm gewissermaßen eine Brücke über manche Kluft hinweg, in die es im nackten Karst verschwunden wäre. Ist das Wasser nun an die Unterseite der Erdhülle gesickert, so greift es, säurebeladen, den Kalk viel kräftiger als Schneewasser an. Was die karrenbesetzte Kalkpartie an dieser Stelle an rascher Vertiefung gewinnt, verlieren die ebenfalls etwas mehr zerklüfteten Nachbarstellen, wo sich daher keine kleineren

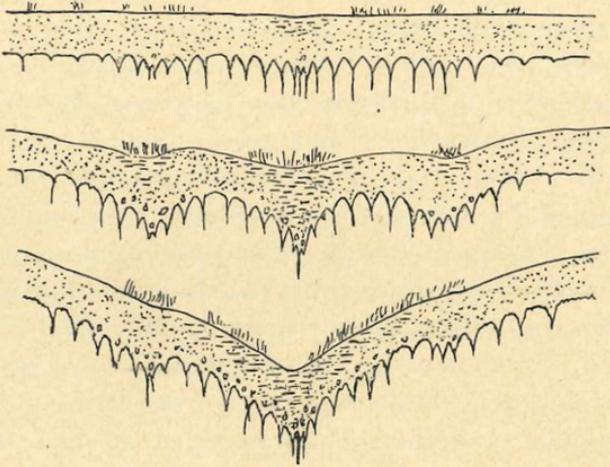


Abb. 6.

Bildung einheitlicher Dolinen bei wechselvoll zerklüftetem Gestein unter einer Schutt- und Erddecke, wenn eine Stelle ganz besonders starker Zerklüftung und raschester Zerstorbarkeit vorhanden ist. Die Doline wächst über ihr auf Kosten benachbarter, sich langsamer entwickelnder, indem sie den Schutt und einen immer größeren Teil des Regenwassers an sich zieht und so die Abtragung um den Abzug herum beschleunigt. Die Erde bildet die Brücke, mit deren Hilfe das Niederschlagswasser die Nachbarklüfte in wachsendem Maße in der Richtung auf die stärkste Schluckstelle überschreitet. Wagrechte Strichelung: Wasseranreicherung im Schutt.

Dolinen selbständig begünstigt entwickeln können. Denn das Schuttkleid zerfällt nicht wie die Schneedecke in einzelne Flecke. Die Trichterbildung greift allseits von der begünstigten Schluckstelle aus, auf Kosten der Nachbarschaft. Die abgebröckelten Karrenschneiden treten in den beweglichen Verwitterungsschutt über und so nimmt die Felsunterlage ungefähr seine Haldenböschung an (vgl. Abb. 6). Solche gleichmäßige Trichtergehänge findet man nach der Entwaldung und nach der Ausblasung der Erde durch die Bora im dinarischen Karst noch allenthalben. Selbst wenn die Karrenbildung wieder aufgelebt

sein sollte, ist die gleichmäßig kreisförmige oder höchstens elliptisch gestreckte Doline immer noch erhalten.

Solche Dolinen brauchen die am meisten ausgeweiteten Schluckstellen durchaus nicht in der Mitte zu haben, sie sind deshalb manchmal asymmetrisch. Mehrere Gründe wirken zusammen, daß also eine einheitliche Doline unter Erde und Schutt auch rascher an Breite und Tiefe wächst als eine Karrendoline, welche nicht dazu gekommen ist, die Entwicklung ihrer etwas schwächeren Nachbarinnen im Keime zu ersticken. Als die häufigsten Dolinendurchmesser im Dinarischen Karst bezeichnet Katzer solche von 20 bis 50 m. Als äußerste untere Grenze bezeichnet Cvijić für die Dolinen im allgemeinen 10 m. „Typische“ (also doch wohl häufige) Trichter- und Schüsseldolinen haben nach Cvijić einen Durchmesser von 50 m. Örtlich gehen schüsselförmige auf 3 bis 4 m Durchmesser herab, sind dann aber nur 0,5 m tief! Als trichterförmige Dolinen kleinsten Ausmaße erwähnt der Forscher solche von 3 bis 10 m Durchschnitt. Dem gegenüber haben in den Dolinenlandschaften unseres Gebietes die überwältigende Mehrzahl aller Regenschluckstellen im nördlichen Toten Gebirge, seien sie nun selbstständig oder in „Gruben“ eingeschachtelt, im nackten oder bedeckten Karst gelegen, einen Durchmesser von nur 2 bis 6 m und im Vergleich dazu bedeutende Tiefen von > 1 bis 3 m. Hingegen sind Durchmesser zwischen 10 und 20 m schon eine seltene Ausnahme und das Maß von 50 bis 60 m ist im Toten Gebirge bereits die Größenordnung kleinerer Gruben, die andere Dolinen umschließen.

e) Beantwortung der gestellten Fragen.

Nun ist zu bedenken, wie nach jeder Eiszeit das Pflanzenleben und die Erd- und Humusbildung von untenher eine solche Gruppe der Kalkhochalpen erst erobern mußte und daß auch bei dichterem Pflanzenwuchs der Erdboden recht dünn und schütter sein kann. Vorher aber, besonders im Dachsteinkalk, war nur Gelegenheit zur Bildung von Karrendolinen. Sie wurden im Gefolge der Klimaänderung in den tieferen Lagen unter dem Schutt noch etwas vertieft und erhielten eine merkbar größere Regelmäßigkeit der rundlichen Gestalt, aber die Grundanlage wurde in fast allen untersuchten Teilen des Gebirges unverändert gefunden, sie besteht eben in der Ein-

schaltung kleiner Regenschlucktrichter von recht einförmigen Ausmaßen in weiteren Dolinen wechselnder Größen. Nur in demjenigen Teil der östlichen Furche, dessen „Boden“ unmittelbar nordöstlich der Lahngangseen von einem verhältnismäßig dichten Waldkleid mit Unterholz und Graswuchs überzogen wird, haben auch einfache Regenschlucktrichter zwei- bis viermal so große Ausmaße wie sonst, und übergeordnete Grubenformen treten zurück. Das ist aber nur eine Bestätigung der vorgetragenen Theorie. Eine andere Bestätigung liegt in dem Auftreten eines großzügigen „typischen“ Dolinenkarstes im Dolomit, wo er westlich vom Wildensee eine Art kurzes Hängetal oder weites Kar bildet. Seine Umrahmung sind Wände oder steile Hänge mit unentwickelten Karrendolinen im Dachsteinkalk. Der „Boden“ dieses Kares ist jedoch eine Art Gebirge mit ringförmigen Kämmen zwischen einer Anzahl meist ganz einheitlicher Dolinen, welche die größten sind, die sich im Toten Gebirge gefunden. Dieser Dolomit zeigt sich nicht nur überall frei von Karrenbildungen, in seinem Bereiche steigen Baum, Strauch und Matten höher hinauf als in der Nachbarschaft. Wahrscheinlich ist ihm auch eine gewisse Weitständigkeit bedeutenderer Abzugsfugen für das Wasser eigen. Denn durch den Mangel vorangegangener Karrendolinen allein könnte man es vielleicht doch nicht ganz erklären, daß die mustermäßigste Trichterlandschaft im Toten Gebirge im Dolomit und nicht im Bereiche der Kalke gefunden wurde.

Im Gegensatz zu diesen schönen Trichtern und Schüsseln zeigt die auf Bild 8, T. 8, festgehaltene tiefe Grube im Dachsteinkalk noch deutlich ihre Abstammung von Karrendolinen, obwohl sie tief ausgehöhlt ist. Zirben, Lärchen und Wacholdergestrüpp können aber hier schon wachsen und Lattichblätter verhüllen die zarte schwarze Erdschicht auf dem Dolinengrund. Dieser steilwandige Kessel zeigt in der Mitte einen ansehnlichen Höcker, der aus einem undeutlichen Querriegel aufspringt. Solche steile kleine Hügel sind im Innern der Kalkdolinen des Toten Gebirges recht häufig. Während eine Doline, die von Haus aus unter dicker Erdschicht sich entwickelt, regelmäßig nach einer tiefsten Stelle hin sich zuböschet, braucht das bei einer Karrendoline nicht der Fall zu sein. Die für ihre erste Anlage ausschlaggebenden Klüfte brauchen sich nicht in Knotenpunkten zu kreuzen, sie können auch mehr oder weniger ringförmig

klüftärmeren Fels umziehen. In der Nähe unterscheidet man in dieser Grube zwei niereenförmige Dolinen vor und hinter dem baumtragenden Höcker und zwei ganz kleine rundliche Trichter auf den Sätteln des Riegels links und rechts davon.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdient die große kraterförmige Doline, die das Bild 2, T. 6, darstellt. Scheinbar ist hier das Gesagte auf den Kopf gestellt. Inmitten der schrecklichsten Karst- und Karrenwüste eine unerhörte Regelmäßigkeit der Form und eine Breite von 40 m, soviel wie sie nicht leicht eine zweite einheitliche Kalkdoline im Toten Gebirge besitzt. Die Tiefe bis zum Schneeboden ist schätzungsweise 7 bis 8 m. Hier wird die herangezogene Theorie v. Terzaghis auf eine eigenartige Probe gestellt. Diese Doline liegt als größte einer Gruppe von drei ähnlich gestalteten in einer Gegend, wo in weitem Umkreis nicht einmal bessere Karrendolinen vorkommen. Aber auch die Zerklüftung überschreitet hier das Maß, an das eine regelmäßige Ausprägung der Karren geknüpft ist. Die Gegend heißt bei Jägern und Hirten das „Aufg'hackert“, ein Ausdruck, der wohl von dem Anbau der Hackfrüchte übernommen ist.

Den Namen meldet eine geschützt angelehnte Tafel des Zweiges Wels des DÖAV. dem Wanderer, welchem im Toten Gebirge noch andere derartige Inschriften das Zurechtfinden erleichtern.

Die Zerhacktheit einer Karrenlandschaft ist hier in einer auffallenden Art noch übersteigert, was im Toten Gebirge immerhin etwas heißen will. Die bloße Aufsuchung eines dreißig Schritt vom gebahnten Wege liegenden Standplatzes für die Kamera erfordert ein minutenlanges Umhersteigen. Der Dachsteinkalk ist im Umkreise der Dolinen bei ganz flacher Böschung einfach in ein Trümmerwerk, örtlich sogar in groben Grieß aufgelöst. Wir sind im Zuge einer tektonischen Störung, die gegen ENE gut drei Stunden weiter bis an den Paß zwischen Spitzmauer und Brodfall reicht, also südlich unter dem Großen Priel durchzieht. Man zögert hier gleich mit Recht, eine örtlich so gesteigerte Verwitterung anzunehmen, der nur eine Zerklüftung der gewöhnlichen Art den Weg gebahnt hätte.

Ich kenne nur eine gleichartige Erscheinung: in der Tiefe des Höhlenreichs der „Eisriesenwelt“ im Tennengebirge, 400 m unter Tag, ist entlang einer Störung der Dachsteinkalk auch

in ein Riesentrümmerwerk zerdrückt, das aber wieder mit rostrotem Zement verkittet wurde. Die so beschaffene Höhlenstrecke ist dort etwa 150 m lang. Das Trümmerwerk um die kraterähnliche Doline liegt hingegen an der Oberfläche, wo es stark aufgelockert ist; alles Gelöste und der ja viel geringfügigere Lösungsrückstand werden in viel tausend Fugen in die Tiefe geschafft. Die Verwitterung besorgte nur die weitere Verkleinerung der durch und durch zerrütteten Kalkbänke; ihre Dicke ist hier auch nicht so groß wie sonst.

Die Heranziehung einer verwandten Tatsache aus dem Tennengebirge macht einem zwar den Zustand dieses Gesteins vertrauter, hat aber noch nicht die Gruppe derartiger Dolinen erklärt. Hier muß in einiger Tiefe weniger gelockerter Fels mit einigen steilen Hohlräumen liegen, ganz gleich welchen Ursprungs, ob sie nun z. B. Schlote eines Höhlendaches sind oder Schlundstrecken für den Abzug uralter ehemaliger Wasserläufe waren. Auch heute noch benutzen Regen und Schneewasser diesen Abzug, mit der Verwitterung an seiner Ausweitung arbeitend. Da aber der Fels um diese Öffnungen gewöhnlichem groben Verwitterungsschutt an natürlicher Beweglichkeit nicht wesentlich nachsteht, rieselt er immer wieder nach und verleiht dem Gehänge der so entstehenden Doline eine ausgezeichnete Haldenböschung nach dem Maße der Gesteinszerrüttung. Es bildete sich hier im nackten Karst, in einem durch die besonderen Umstände vorwiegend mechanisch zertrümmerten, ein überaus ebenmäßig gerundeter Trichter, also gerade das, was nach v. Terzaghis Theorie in dem von Erde und gewöhnlichem Schutt bedeckten Karst entsteht, bei vorwiegend chemischer Art des Zerfalles und der Auflockerung. Es kommt eben nur auf die Fähigkeit von Lockermassen überhaupt an, Halden und verwandte Schuttböschungen zu bilden. Eine bessere Stütze als den scheinbaren Widerspruch dieser Dolinen hätte man zugunsten der hier vertretenen Lehre gar nicht erdenken können.

Es ist sehr auffällig, daß die zerrütteten Lockermassen eine schwache und sogar begrünte Aufhöhung bilden, so daß man im ersten Augenblick denken könnte, hier hätten mächtige Moränen eine Vertiefung erfüllt, in deren Grunde Löcher sind, die den Gletscherschutt hinabsacken lassen. Abgesehen von dieser, näherem Zusehen nicht standhaltenden Vermutung zeigt sich nur, daß

ein Karren Gelände, dessen Fugen einmal erweitert sind, mit der Zeit mehr abgetragen wird als ein solches Trümmerwerk, dessen Fugen sich durch Nachsetzungen der ganzen Packung wieder verengen und dadurch die Lösungskraft des Sickerwassers frühzeitig erschöpfen.

IV. Anhang.

Stichproben der Dolinendichte und ihre Gewinnung.

Was hier ausgesprochen wurde, gilt zunächst nur für das Tote Gebirge; darüber hinaus ist es nur dann sicher, wenn nicht bloß einige, sondern alle gleichartigen Stöcke der Kalkhochalpen dieselben Unterschiede gegenüber den tieferen Karstgebieten aufweisen, andererseits mit den dinarischen Hochgebirgen, soweit sie nach der Eiszeit über die Waldgrenze ragten, gewisse Ähnlichkeiten aufweisen. Da es sich hier manchmal nur um ein Vorherrschen gewisser Formen handelt, gewinnt deren Statistik nicht nur eine landeskundliche Bedeutung zur Kennzeichnung der Landschaftsbilder, sondern auch eine theoretische zur Überprüfung der vorgetragenen Ansichten. Ich habe nun, wohl erstmalig, auf einigen Flächenstücken der Dolinenlandschaften die Dolinen nicht nach Karten gezählt, sondern im Gelände. Der Karte wurden nur die Flächengrößen entnommen. Es geschah dies an vier verschiedenen Stellen. Das Ergebnis zeigt die Übersicht auf S. 232.

Die Dolinen, die beiderseits an eine begangene Wegstrecke grenzten, wurden gezählt und die Breite des von ihnen eingenommenen Streifens geschätzt. Die Luftlinie zwischen den Endpunkten der Wanderung wurde nach der Karte gemessen und mit der durchschnittlichen Breite des Dolinenstreifens multipliziert. Schließlich wurde die Breite des Streifens einheitlich auf 200 m abgerundet, was überwiegend eine Abrundung nach oben bedeutet. Die sich ergebende Dolinendichte ist gleichwohl eine überaus hohe. Genauere Werte wird man natürlich bekommen, wenn man mit einem Handlanger arbeitet und Fähnchen zum Ausstecken mit hat, nicht unter 50. In einem Fall übrigens, nördlich vom Schönberg-Wildenkogel, konnte die dolinenbesetzte Fläche auf der Karte umgrenzt und genau gemessen werden; innerhalb von ihr wurde durch Begehung eine vollkommene Auszählung aller Dolinen angestrebt und mit einem erlaubt kleinen Fehler sicherlich erreicht.

Übersicht über die Ergebnisse der Dolinenzählungen in vier herausgegriffenen Teilen der Dolinenlandschaft des nördlichen Toten Gebirges.

Gegend und Fläche	D o l i n e n , g e z ä h l t				b e r e c h n e t			
	e i n z e l n	zusammen	selbständige Dolinen ¹⁾	Regenschluck-trichter	auf 1 km ² Regenschluck-trichter	zusammen-gesetzte Gruben	Ein Regen-schluck-trichter auf n ha, n =	Eine zu-sammengesetzte Grube (c) auf n ha, n =
Hochtälchen nördlich von Schönberg 0·36 km ²	a) freie einfache	28	a + b =	69	192		0·5	
	b) umschlossene	41	a + b =					
	c) umschließende	12	a + c =			33 c		3
Zwischen Wildensealpe und Wildensee 0·25 km ²	a) freie einfache	26	a + b =	112	448 ²⁾		0·2—0·25	
	b) umschlossene	86	a + c =			28 c		3·5
	c) umschließende	7	a + c =					
Zwischen Elmsee und Elmgrube (ausschließlich) 0·3 km ²	a) freie einfache 30 [29] ³⁾		a + b =	41 [44] ⁴⁾	137 [147] ⁵⁾		0·73 [0·67]	7·5 [6]
	b) umschlossene 11 [15] ⁴⁾		a + c =			13 [17] c		
	c) umschließende 4 [5] ⁴⁾		a + c =	34 [36]				
Zwischen Wildensealpe und Hennarwiesen 0·2 km ²	a) freie einfache 5 [6] ⁶⁾		a + c =			60 [65] c		2·5 [2·8]
	b) umschlossene							
	c) umschließende 13 [12]		a + c =	18				

¹⁾ Die Umfassung größerer zusammengesetzter Gruben durch Poljen galt nicht als Hindernis für die Zurechnung dieser Gruben zu den selbständigen Dolinen.

²⁾ Diese Zahl entstammt der ersten Zählung als ich noch keine Übung hatte und nach einem starken Tage diese Arbeit fälschlich für eine leichte Sache ansah. Es wurde damals schon bei beginnender Dämmerung offenbar eine umschließende Hohlform übersehen, so daß die Zahl der in sie eingeschlossenen Regenschlucktrichter zwischen die der freien, einfachen und damit der selbständigen Triichter geriet.

³⁾ Nimmt man an, diese sehr hohe Zahl beruhe auf einem groben Schätzungsfehler der Breite des Flächenstreifens, die nicht 200 m betrage, sondern 250 m, so tritt an die Stelle der Zahl 448 die Zahl 370, die man für den praktischen Gebrauch auf 400 für 1 km² abrunden mußte.

⁴⁾ Zwei Zählungen, darunter nur eine am späten Nachmittage, ergaben übereinstimmend die linken Zahlen. Bei einer dritten Begehung entstand in mir doch der Verdacht, mir seien beidemal 4 umschlossene kleine Regenschlucktrichter entgangen. Dadurch vernehrte sich die Zahl der umschließenden Dolinen um eine die der freien einfachen verminderte sich um eine. Dem tragen die eingeklammerten Zahlen Rechnung. Die berechneten Vergleichszahlen zeigen gleichwohl, daß bei einiger Übung die Irrtümer der Zählung ein sehr erträgliches Maß einhalten.

⁵⁾ Würde bei dieser verhältnismäßig niedrigen Zahl ein Schätzungsfehler der Breite des Streifens derart in Rechnung gezogen, daß sie nur 150 m statt 200 m betrage (der umgekehrte Fall der Anmerkung ³⁾, so stiege die Zahl der Regenschluckstellen für 1 km² von 140 auf 180, was auch noch in die Dichte von 1—2 auf 1 ha fele. Obwohl so grobe Schätzungsfehler sicher nicht gemacht wurden, sei gezeigt, daß ihr theoretischer Einfluß durchaus nicht überwältigend wäre.

⁶⁾ Das Ergebnis zweier am gleichen Tage und bei vollem Lichte nacheinander vorgenommener Zählungen hin und zurück. Der Weg ist aber hier der schlechteste gewesen.

Wo in der Tabelle eingeklammerte Zahlen vorkommen, nehmen sie auf eine Wiederholung der Zählung an einem anderen Tag bei anderer Beleuchtung und bei umgekehrter Marschrichtung Bezug. Man muß auf diese Art die subjektiven Fehlergrößen besonders dann ermitteln, wenn Zählungen auf den Schluß eines Marschtages fallen, weil dann in diesem Gebirge die Ermüdung der Beobachtungsgabe sich als beträchtlich erwies.

Es wurden für sich gezählt: a) die einfachen freien Dolinen, meist kleine Regenschlucktrichter und -kessel; b) dieselben Formen, im Innern einer Grube verteilt, also von ihr umschlossen; c) die Anzahl dieser umschließenden Gruben. Die Summen $a + c$ addieren also alle selbständigen, sonst aber nicht wesensverwandten Dolinen, ob sie nun einfach oder zusammengesetzt sind. Diese Summe ungleichnamiger Größen wurde dennoch ausgewiesen, weil sie beim Wandern am schnellsten zu gewinnen ist und daher sogleich jedem eine rohe Überprüfung meiner Zahlen ermöglicht. Nicht ganz der Willkür zu entrücken ist die Zuweisung, bzw. die Anerkennung umschlossener Trichter und umschließender Gruben. Wenn auf einem Riegel zwischen zwei sonst gut getrennten Dolinen sich eine dritte genügend tief eingefressen hat, so gibt es schließlich Isohypsen, die alle drei Hohlformen umschließen. Ähnlich zwingen kleine Dolinen zu „wählen“, wenn sie nicht genau auf dem Scheitel einer Dolinenumwallung stehen, sondern ein wenig seitwärts verschoben sind, sei es gegen das Innere oder hinter einer tiefen Einschartung des Riegels nach außen. In jedem Fall kann in gemeinsamer höherer Umrahmung eine Doppeldoline entstehen, selbst dann, wenn die kleinere als äußeres Anhängsel der größeren erscheint. Da mir die Häufigkeit der zusammengesetzten Dolinen als Eigenheit des Hochgebirgskarstes erscheint, habe ich Riegeldolinen, wo es irgend ging, so behandelt, daß möglichst wenig zusammengesetzte Dolinen im Sinne meiner Ansicht herauskamen. Wenn es dann gleichwohl viele sind, steht meine Auffassung desto fester.

Über einige sonst gebrauchte Vorsichten legen die Anmerkungen zur Tabelle Rechenschaft ab. Es ergibt sich, daß die geringste Dichte der Schluckdolinen auf 1 km^2 mit 100 anzusetzen ist, was sonst in der Literatur als ein höchster Wert gilt, und daß sie auf 400 steigen kann. Dies gilt aber nur in den Dolinenlandschaften. Nicht wenige Dolinen liegen abseits von

ihnen einzeln oder in Gruppen, nicht nur jene, von denen Bild 2 eine zeigt, sondern auch weniger auffallende Gebilde. Eine Gattung für sich sind darunter die ziemlich einsamen, meist großen und mehr als 30 m tiefen Dolinen auf Gipfflächen oder in hoch gelegenen breiten Pässen.

Was die einzelnen Flächen der Zählung betrifft, so liegt das Hochtal, das den Nordfuß des Schönbergs begleitet, größtenteils im Dachsteinkalk und an zwei Stellen im Dolomit. An der einen im Unterlauf ist er stark gequält und verwittert auffallend rostgelb. Dort liegt darin eine besonders große Doline von über 30 m Tiefe bei etwa vierfacher Breite, so daß die Gruppe kleiner Sondervertiefungen am Grunde erst bei näherem Zusehen auffällt. An der anderen Stelle im Oberlauf ist der Dolomit fest und grau. Die größte Doline dieses Tales im Kalk hat auch 120 m Durchmesser, ihr Grund war mit Schnee bedeckt. Vielleicht ist darunter ebenfalls eine Anzahl kleiner Trichter verborgen. Da aber die andere große Doline im Dolomit vielleicht mit Unrecht zu den typischen zusammengesetzten Gruben gerechnet wurde, wenn ihre Trichter auf der Sohle sich erst nachträglich darin bildeten, so würden sich beide etwa vorgekommenen Fehler für die Statistik aufheben.

Zwischen der Wildenseetalpe und dem See liegen die Dolinen vorwiegend im Dachsteinkalk, ein kleiner Teil in Hierlitzkalken, in welchem Falle Grasboden die Karrenbildungen überwiegt. Die größte Grube umfaßt hier nicht weniger als 20 kleine Trichter in ziemlich gleichmäßiger Verteilung. Fast ausschließlich im Dachsteinkalk liegen die Dolinen zwischen der Wildenseetalpe und den Hennarwiesen in einer nach Ost merklich ansteigenden Gegend (1:10) der Plateaulandschaft. Der kräftige Anstieg wirkt wie ein Gehängestück der westlichen Furche, allerdings ist er im Vergleich zu allen anderen das flachste. Ganz im Dachsteinkalk liegen die Dolinen zwischen Elmsee und Elmgrube. Ihre geringere Zahl auf 1 km² geht mit bedeutenderer Größe und öfter mit beträchtlichen Tiefen Hand in Hand.

V. Zusammenfassung und Schlußbemerkungen.

1. Landeskundliches.

Der Hochgebirgsstock des Toten Gebirges umfaßt mit 300 km² die größte in sich geschlossene Karstlandschaft der Ost-

alpen. Eigentümlich ist der Gruppe die schräge Durchquerung durch zwei hoch gelegene, teils tektonisch, teils durch Erosion angelegte Furchen, die jünger sind als die von ihnen in drei Teile zerlegte Hochfläche. Im mittleren Teil nehmen die Jurakalke den ganzen Süden ein und überragen die Triaskalke des Nordens mit einer ausgeprägten Stufe. Ein so maßgeblicher Anteil des jüngeren kalkreichen Mesozoikums am Landschaftsbild eines Hochgebirgsstockes wiederholt sich kein zweites Mal in den östlichen Kalkalpen. Die Hochfläche ist keine Hochebene, sondern in allen Teilen reich an bedeutenden, steil 300 bis 400 m aufstrebenden Erhebungen, deren Anordnung sich keinerlei Gipfelflur anpaßt. Sie häufen sich besonders an den Nord- und Ostabstürzen und in deren Nähe an.

Die Art der Verkarstung schafft in den höheren Teilen des Toten Gebirges dreierlei deutlich verschiedene Landschaften.

1. Die karrige Plattenlandschaft im Bereich sehr dickbankiger Schichten von 20 bis 30° Neigung. Sie ist besonders im Dachsteinkalk von 1700 bis über 2000 m ausgeprägt.

2. Die Karrendolinen, unregelmäßig und seicht, vereint mit dichten Kluftkarren. Sie finden sich häufig mit eingeschachtelten kleineren Hohlformen schon von 1600 m an, vorwiegend auch im Dachsteinkalk, der an sich flächenhaft überwiegt und selbst in Lagen bis unter 1600 m nur von Legföhrengestrüpp bei sehr lückenhafter Erdbedeckung überzogen ist. Wo diese Landschaftsart gestrüppbewachsen ist, gehören ihr die unbekanntesten Teile des Gebirges an.

3. Die Dolinenlandschaften mit regelmäßig gerundeten, tiefer geformten Trichter- und Schüsselformen, in denen das häufige Vorkommen eingeschalteter Zwergdolinen in größeren Gruben auffällt. Die südlichen wald- und almreichen Teile des Toten Gebirges wurden nach diesem Gesichtspunkt nicht untersucht. Die stichprobenweise erhobene Dolinendichte auf 1 km² ergab in dieser Landschaftsgattung für die kleinen, nur zum Teil selbständigen Regenschlucktrichter 140 bis 450 auf 1 km², für die Gruben mit eingeschachtelten Trichtern 12 bis 60 auf 1 km². Die Dolinenlandschaften werden besonders von den mehr grasigen Juraschichten bis 2000 m und darüber emporgetragen. Im Dachsteinkalk finden sie sich meist nur unter 1750 m. Bei ausgesprochener, deutlicher Mitwirkung von offen liegenden Verschubflächen im Felsgefüge und Schneelagern,

die förmlich eingekeilt sind in eine Wüste gegeneinander verrutschter Schollen, finden sich im Dachsteinkalk auch bei 2000 m Höhe kleine Dolinenlandschaften. Sie bestehen aus unförmlichen tiefen Kesseln und stehen so zwischen den Karrendolinen und den typischen, zu denen sie das Kärtchen Abb. 2 stellt. (Auf der SW-Seite des Schönbergs und im „Schneetal“ am Wege zwischen Rotg'schirr und Gr. Priel.) Am schönsten sind die Dolinenlandschaften in den Furchen ausgebildet, wo diese nicht Poljen bilden. Dolinen gibt es auch außerhalb dieser eigentlichen Dolinenlandschaften einzeln oder in Gruppen. Im übrigen sei landschaftskundlich auf die in den Kartenskizzen festgehaltenen Züge verwiesen.

2. Karstmorphologisches.

Die Karstformen des nördlichen Toten Gebirges zeigen sich auffällig beeinflußt von jeder nacheiszeitlichen, nicht ganz durchgeführten Einbeziehung in die Schutt- und Vegetationsdecke. Wo diese nicht hingelangt ist, herrschen die karrigen Platten ohne Dolinen oder die Karrenfelder mit Karrendolinen, die unter dem Einfluß zerfallender Schneeflecken zur Einschachtelung kleiner rauher Mulden in größere führen. Wo hingegen die Schutt- und Vegetationsdecke hingelangt ist, hat sich die mit ihrem Auftreten gesetzmäßig verknüpfte Ausbildung regelmäßig und ziemlich glatt gerundeter Trichter und Schüsseln durchgesetzt, wie man sie aus den klassischen Gebieten des adriatischen Karstes kennt. Dabei blieb die Dolinenbildung deutlich von dem Vorhandensein oder Fehlen von Karren abhängig. Im karrenlosen Dolomit, der freilich nur an einer Stelle der Hochfläche einige Quadratkilometer zusammensetzt, erreichen die regelmäßigen Dolinenformen auch die Größe und Einfachheit der typischen Dolinen der südlichen Karstgebiete in geringer Meereshöhe. Im Kalk des Hochgebirges hingegen zeigen selbst die unter Schutt mehr oder weniger ausgeglätteten und gerundeten Dolinen fast überall noch die Einschaltung klein gebliebener Trichter in einer umschließenden größeren Grube, als-Erbe der Zeit, da die Karrenbildungen auch tiefer hinab nackt oder nur vom Schnee bedeckt waren. Nur in dem dichten Wald der östlichen Furche zwischen 1500 und 1600 m sind die sehr typisch gerundeten Trichterformen auch schon einheitlich ausgebildet. In einzelnen Fällen ist es nicht ausgeschlossen, daß

zusammengesetzte Gruben nichts anderes sind als ältere, einheitliche, im Hochgebirgsklima zerlegte Dolinen.

Soweit für die erste Entstehung der zusammengesetzten Gruben die Verteilung der Karrenklüfte und die Art der Schneebedeckung nicht ausreicht, wurde empfohlen, die Bildung der geschlossenen Wannern zwischen den Rundbuckeln des Gletscherschurfes mit ins Auge zu fassen und selbst die Beteiligung kleinster Krustenverschiebungen zu erwägen. Die daraus sich ergebende Folgerung, daß im tektonisch kräftig durchbewegten Hochgebirge sich der Unterschied von tektonischen Poljen und Dolinen manchmal verwischen könnte, hat nichts Abschreckendes. Vielmehr ist es immer gut, der Naturbeobachtung durch einen Blick hinweg über die Schranken von noch so wichtigen und guten wissenschaftlichen Begriffen verbunden zu bleiben.

Die im kroatischen Karst gefundene Lehre des Technikers und Geologen R. v. Terzaghi, daß die typischen Korrosionsdolinen sich einst unter dem Erd- und Humusboden eines Waldkleides entwickelten, hat sich in ihrer Anwendung auf das Tote Gebirge glänzend bewährt und sei hiemit der ihr bis jetzt nicht zuteil gewordenen allgemeinen Aufmerksamkeit dringend empfohlen.

Ausblick und Umblick.

Nach einem Vortrag über das Tote Gebirge hat mein Freund, Herr Prof. Dr. H. Slanar, als Folge meiner Gedankengänge einen Gegensatz ans Licht gestellt, der knapp gefaßt etwa so lautet: Im Toten Gebirge und vielleicht überhaupt in unseren Kalkhochalpen hat eine Eroberung ihrer Oberfläche durch die typische Dolinenform und eine teilweise Umbildung zu Dolinenlandschaften stattgefunden, im Zuge des Wiedervordringens des Pflanzenkleides nach jeder Eiszeit. Denn damit hat die Erdkrume gleichzeitig die Karrenformen nicht bloß bedeckt, sondern auch vereinfacht und abgeschwächt. Im adriatischen Karst hingegen trat insoferne das Umgekehrte ein, als, mit der Entwaldung fortschreitend, die Karrenbildung ein Dolinengelände in immer schärferer Weise durchfurcht und ebenfalls teilweise umgestaltet hat.

Nichts liegt mir ferner als einer solchen Folgerung auszuweichen, die durch den Einklang der physikalisch-geogra-

phischen Ergebnisse R. v. Terzaghis und der geschichtlichen Einsichten in die Veränderungen der adriatischen Küstenstriche so vollkommen gestützt ist. Die stärkste Entwicklung von Karren sah ich ¹⁹⁾ nördlich der Buchten von Cattaro in 1000—1100 m Höhe in der Kriwoschije. Dort sind riesige Karsttrichter von rund 1 km Durchmesser und entsprechender Tiefe von Kluftkarren ganz zerrissen und von abgründtiefen Karrenbrunnen hundertfach durchsiebt. Über deren schwarzen Schlünden wiegen sich niedrige Buchenbüsche, deren Wurzeln aus Fugen und Ritzen des Gesteins kümmerliche Nahrung ziehen. Vor dem Bau der Militärstraße waren, wie uns erzählt wurde, öfter Strickleitern nötig, um Böschungen selbst unter 30° „begebar“ zu machen. Im Velebit gibt es vielleicht ähnliche Landschaften.

Diese ungeheure Karrenentwicklung ist im Zusammenhang damit zu erwägen, daß hier, unweit der eiszeitlichen Gletscherspuren des Orjen, nicht erst in historischer Zeit eine Wald- und Bodendecke gefehlt hat, sondern schon in prähistorischer Zeit. Tiefer unten, im eigentlichen Adriakarst, findet man so ungeheure Karrenbildungen auch im selben Kalk nicht wieder. Wir lernen daraus, daß sie wohl in stande sind, im äußersten Fall die große Form eines Karsttrichters zu durchsieben, ihn aber nicht seines runden Gesamtumrisses berauben können, und daß hundert Röhren der Karrenbrunnen noch nicht eine eingeschachtelte Doline bedeuten. Damit soll nicht gesagt sein, daß Karrenbildung im Bunde mit dem Schwinden der Humusdecke unter keinen Umständen zur Einschaltung kleiner Schucktrichter in die große Hohlform geführt habe. Im Gegenteil, es ist dies sogar zu erwarten, wenn die großen Dolinen in der Mitte einen Boden haben. Die erwähnten Beispiele aus der Kriwoschije schienen mir keinen deutlichen Boden zu haben, sondern an seiner Stelle gerade die größten Abzugschlünde des Riesentrichters unter Buchengebüsch zu verbergen.

Die Tatsache, daß eine so innige Durchdringung großartig-typischer Dolinenformen und vorgeschrittenster Karren im Toten Gebirge völlig zurücktritt und vielleicht ganz fehlt, rückt ein besonderes Problem in den Vordergrund, nämlich die

¹⁹⁾ Gemeinsam mit Herrn Dr. Stanar unter Führung unseres Lehrers Herrn Prof. Brückner. 1914.

Frage nach den Dolinenformen des Toten Gebirges vor der Eiszeit. Es ist doch nach sehr verbreiteter und auch begründeter Ansicht die Verkarstung der nördlichen Kalkalpen und die Einleitung der Höhlenentwässerung schon tief im Jungtertiär noch bei einem Waldklima eingetreten! Die voreiszeitlichen Dolinen des Toten Gebirges müssen dann den allerdings miteinander im Kampf liegenden Einflüssen der Gletschererosion und starker Karrenbildung nach Entblößung anheimgefallen sein, wenn sie für die ersten nicht zu tief waren oder zu hoch auf Gipfeln lagen.

Indem wir aber an den gewonnenen Ergebnissen festhalten, müssen wir aus ihnen folgern, daß vor der Eiszeit das Tote Gebirge sich keineswegs mit einer Dolinenlandschaft überzogen hatte. Denn sonst wäre es nicht möglich gewesen, die Beobachtungen zu machen, auf welche eine räumliche und zeitliche Zerlegung jeder postglazialen Dolinenbildung gestützt wurde. Nun gibt es ja im Toten Gebirge verstreut verhältnismäßig große Dolinen mit ziemlich einheitlicher Grundform, deren Schneefüllung vielleicht in der Mitte des Grundes zusammengedrängte, nachträgliche Schlucktrichter verhüllt. So kommen sie vor im Bereich breiter Gipfelhöhen und hoher Paßsättel, z. B. auf dem Schönberg, auf dem Rinnerkogel u. a. Wo ich sie sah, waren diese Dolinen 20—40 m tief. Eine solche große Doline im Hochtal nördlich vom Schönberg, bei nicht viel über 1600 m Höhe zeigte den Fels bereits mit viel Grün überzogen und mehrere unscheinbare Schlucktrichter in der Mitte zusammengedrängt. Die größten Gipfeldolinen mit Schnee darin hat Geyer²⁰⁾ von dem Rücken des Feuertalberges gemeldet (2370 m, zwischen Elmburg und Spitzmauer). Da bei diesem Gewährsmann kein wesentlicher Schätzungsfehler anzunehmen ist, so nähert sich das Ausmaß dieser Dolinen bereits dinarischen Riesengebilden. Den gewöhnlichen ansehnlichen Gipfeldolinen (die übrigens auf mehreren Bergen fehlen) kommen einzelne tiefe Gruben in den unerforschten Flächen der Karrendolinen des Südostens und selbst in den beiden großen Furchen mindestens gleich. Hieher gehört zum Beispiel die Elmgrube in der östlichen und die auf Bild 7, T. 8, vorgeführte Grube in der westlichen Talung, wobei auf einen

²⁰⁾ Jahrbuch des Österr. Touristenklubs, 1878, S. 20: „ . . an 200 m tief“.

Block von Brekzie hingewiesen sei, der höchstwahrscheinlich verkitteten Moränengrus darstellt. Er wurde am Rande dieser Doline festgestellt. Noch eine andere Doline dieser Talung ganz im S enthält nach Geyer Ablagerungen feinsten Gletscherschlammes. Vielleicht handelt es sich in diesen Fällen nur um Dolinen glazialen Alters. Schließlich sind wohl einige besonders große Dolinen auch in den bewaldeten Teilen des südlichen Toten Gebirges verstreut. Wir haben es hier mit einer Anzahl formverwandter Gebilde zu tun, die, von der Höhenlage ganz unabhängig, recht schütter im Gebirge verteilt sind. Freilich sind diese Dolinen nicht so vereinzelt wie die Erdfälle auf den breiten Scheiteln des Paderborner Karstes, wo ein Hügelland mit oberirdischer Entwässerung seine Wasserläufe im Lichte der Geschichte durch ebenfalls dolinenförmige Schwalglöcher der Flußbetten an unterirdische Hohlräume verliert, bzw. verloren hat.²¹⁾ Immerhin:

Im ganzen macht das, was man im Toten Gebirge als vor-eiszeitliche Verkarstung mehr vermuten als nachweisen kann, im Hinblick auf Verbreitung, Größe und Tiefe der Dolinen einen sehr wenig entwickelten Eindruck. Die Ausnahmen auf dem Feuertalberg können daran nichts ändern, denn da er als Horst emporstieg, war dem örtlichen Tiefwerden der Trichteressel seines Rückens stark Vorschub geleistet.

Woran kann es nun gelegen sein, daß im Toten Gebirge die Zeit gefehlt hat, daß eine nach Verbreitung, Größe und Tiefe der Hohlformen weiter entwickelte Dolinenlandschaft schon vor der Eiszeit entstanden wäre? Folgende Erklärung ist zur Hand: Das Tote Gebirge wurde erst spät, zum Teil sogar erst während der Eiszeit, auf weiten Flächen nach und nach von der Decke undurchlässiger Juraschichten entblößt, so daß die Verkarstung nur mit Verspätung einsetzte. Dieser Jura zog sich gegen seine Stufenränder zurück und herab.

Damit das Gewicht dieser Erklärung überprüft werden könnte, wären eingehende vergleichende Untersuchungen des Karstes der anderen Kalkstöcke nötig, bei denen undurchlässige Schichten schon vor der Eiszeit nicht eine solche Rolle spielten wie im Toten Gebirge heute noch.

²¹⁾ Ich hatte Gelegenheit, dieses Gebiet 1923 unter der Führung von Herrn Prof. Mecking (Münster in W.) zu besuchen.

Sollten darunter solche Gruppen sein, wo die Verbreitung der Dolinen und deren Tiefe heute noch bescheidener ist als in den gleichartigen Gebirgen des dinarischen Karstes, so ist dafür eine andere Erklärung heranzuziehen. Sie wird besonders bei den seit der Eiszeit längst wieder mit bewachsener Erde und Schutt überzogenen Kalkstöcken heranzuziehen sein. Dementsprechend müßte diese Erklärung die Hebung des Gebirges zu Höhen, bei denen eine Verkarstung mit tieferen Dolinen möglich ist, knapp vor die Eiszeit verlegen, so daß selbst der verhältnismäßig bald wieder hergestellte Überzug mit Humus und sein säurereiches Wasser den überhaupt erst spärlich entstandenen Dolinen eine nur bescheidene Tiefenentwicklung erlaubte. Dabei ist nicht zu vergessen, daß die niedrigeren Stöcke, zuletzt nur den geringeren Beanspruchungen der Gebirgsbildung unterworfen, nicht so kluffreich und daher auch nicht so dolinenreich werden konnten, sowohl in den Alpen als auch auf der westlichen Balkanhalbinsel.

Sollten hingegen unter den übrigen besonders hohen Stöcken unserer Kalkalpen solche sein, wo eine zwar lückenlose Verbreitung voreiszeitlicher Dolinen als wahrscheinlich anzunehmen wäre, wo aber deren Tiefe und Weite hinter den Ausmaßen der Dolinen in dem gleichartigen Dinarischen Hochgebirge zurückstehen, so wäre für den Unterschied als nächstfolgende Erklärung die Voraussetzung zu prüfen, daß das Aufsteigen zu Höhen, welche eine sehr tiefe Dolinenbildung erlauben würden, zugleich in eine Klimazone führte, welche Pflanzen- und Erdhülle schwinden ließ und deren besonders säurereiches Wasser, den wirksamsten Arbeiter an der Dolinentiefe, ausschaltete.²² Dies konnte auf zweierlei Weise eintreten, indem entweder abermals die ausschlaggebende Hebung knapp vor das Eiszeitalter fiel, bei einem Hochgebirgsklima, das nicht besser war als das gegenwärtige, oder indem schon lange vorher tief im Pliozän das alpine Hochgebirgsklima mindestens trockener war als jetzt und als damals im dinarischen Karst.

Die hier empfohlenen Arbeitshypothesen, an denen sogar der Zustand der Karstoberfläche im Tennengebirge, Hagen-

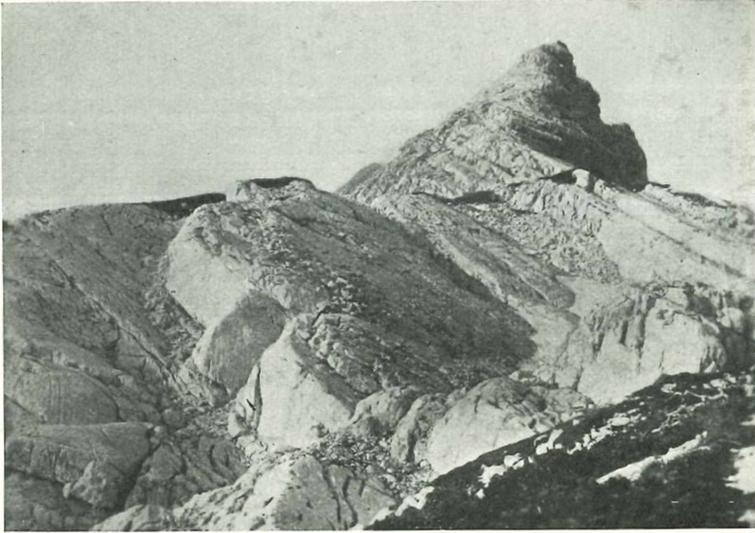
²²) Die veralteten Theorien von der chronischen Verschmierung der Dolinen des normalen oberirdischen Karstphänomens werde ich an anderer Stelle ausführlich bekämpfen.

gebirge, Steinernen Meer usw., auf den sie sich beziehen, nur hypothetisch eingesetzt werden mußte, könnten vielleicht einmal auf die für das Tote Gebirge gegebene Erklärung der geringen Entwicklung seines präglazialen Karstes zurückwirken, doch erst dann, wenn Untersuchungen vorliegen, nach denen man schon in der nächsten Nachbarschaft nicht mehr so im Dunklen tappt wie jetzt. Wer derartige Forschungen plant, soll sich von fruchtbarer Arbeit nicht etwa abschrecken lassen, falls wieder einmal in einer referierenden Diskussion von „Problemen“ ziemlich mystische „Gesteinseinflüsse“ entmutigend in den Vordergrund geschoben werden sollten.

Was uns hier als Unterschiede zwischen Karstgebirgen recht verschiedener räumlicher Entfernung entgegentrat, hat das Wirkungsmaß geologischer Zeiträume. Die Vorgänge bei der Verkarstung jedoch, besonders jene bei der Dolinenbildung gehören zu den raschesten morphologischen Wandlungen überhaupt. Das beweisen die höchst bemerkenswerten Fortschritte, die sie, seit Menschengenerationen verfolgbar, in dem schwachen Hügelrelief des mergeligen Kreidekarstes östlich von Paderborn machen. Auch die beträchtlichen Umgestaltungen beweisen es, die in der Entwicklung der Karstformen des Toten Gebirges um sich griffen, erst in jenem Stadium nach jeder Eiszeit, als die Vergletscherung der Oberseite wich. Bloße Verschiedenheiten im Fortschreiten so rascher Wandlungen des Karstes und damit die Verschiedenheiten unserer Karstgesteine kommen für jene tiefgreifenden Unterschiede erst in allerletzter Linie — vielleicht in Betracht.

Schwierigkeiten sind nicht aufzutürmen, sondern wegzuräumen. Sie sind gar nicht so groß: Ein Monat Arbeit, allerdings bei gutem Wetter, hat genügt, um vom Toten Gebirge deutlichere und vertiefte geographische Vorstellungen festzuhalten. Durch drei Wochen davon erhielt mich eine Beihilfe des Hauptausschusses des DuÖAV. Für diese namhafte Unterstützung spreche ich meinen aufrichtigen Dank aus.

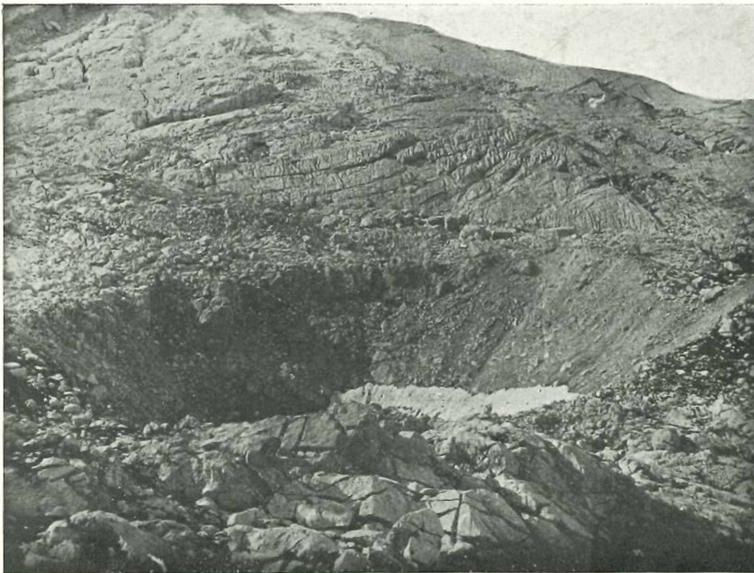
Tafel 6.



Lehmann.

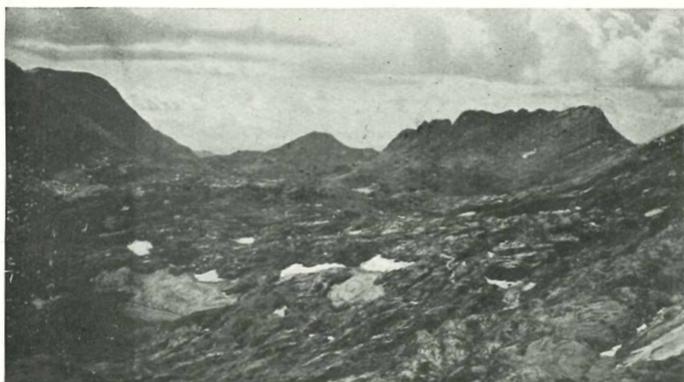
Bild 1. Rotg'schirr (2257 m) von der Scharte nördlich der Roten Kögel. Karrige Plattenlandschaft in dickbankigem Dachsteinkalk.

I Manneshöhe
im Ver-
gleiche zu
der nach links
aufsteigen-
den „dünnen“
Schicht.



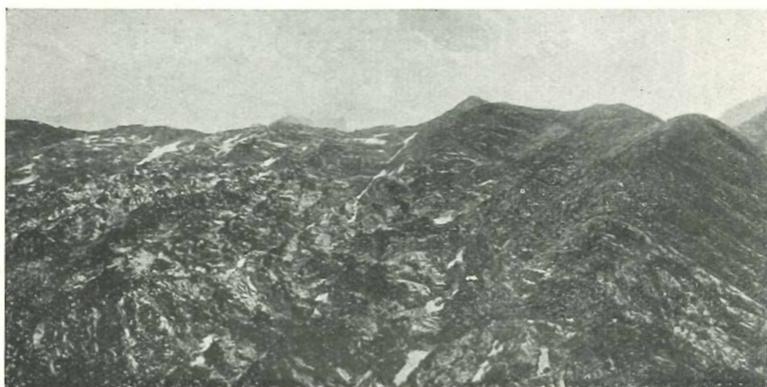
Lehmann.

Bild 2. Karsttrichter mit rund 40 m Durchmesser (über 1900 m), der größte einer kleinen Dolinengruppe im „Aufg'hackert“: Tektonisch zerrüttete Karranlandschaft östlich vom Rotg'schirr.



Katolický.

Bild 3. Blick vom Fleischbanksattel am Westfuß des Gr. Priels nach Südwest auf die Karrendolinen in flachem Karstgelände über 2000 m. Im Hintergrund Elmberg und Rotg'schirr. Links: Feuertalberg (Dachsteinkalk).



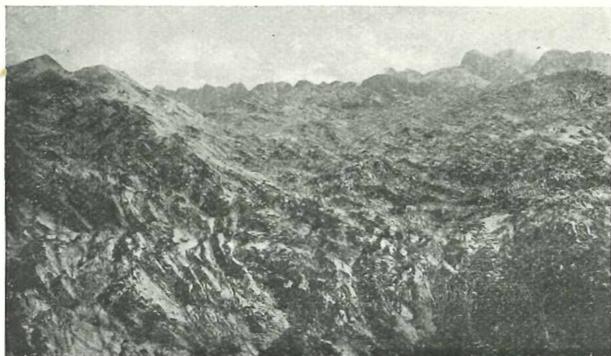
Lehmann.

Bild 4. Blick vom Rinnerkogel (2008 m) nach Süden auf die Karrendolinen an den steilen Gehängen des Kleinen Augstkogels. Fast in allen Karrendolinen Schneeflecke.



Lehmann.

Bild 5. Blick vom Wilden Gößl (2090 m), dem nördlichen Vorsprung der Jurastufe nach Südwest auf die Dolinenlandschaft im Jurakalk mit schütterem Graswuchs. Links: Drei Brüder; rechts: Reichenstein (1866 m) mit Absturz zum Grundlsee.



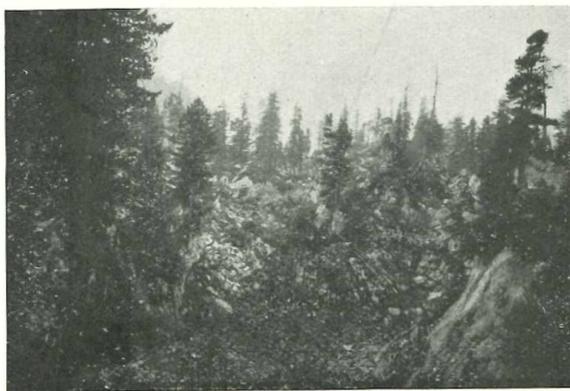
Lehmann.

Bild 6. Blick vom Wilden Gößl nach Nordost auf den Nordrand des Toten Gebirges. Ganz rechts: Schermberg (2319 m), Gr. Priel (2514 m) und Rotg'schirr. Karrige Plattenlandschaft von weitem.



Lehmann.

Bild 7. Begrünte Karrgrube im Dachsteinkalk mit (12) eingeschachtelten kleinen Dolinen zwischen dem Wildensee und der Alm, gegen 1600 m hoch. Blick nach Südost.



Lehmann.

Bild 8. Tiefe Doline im Dachsteinkalk zwischen Elmsee und Elmgrube, über 1650 m hoch, Ausmaß 70×35 m (geschätzt). Die Doline umfaßt vier kleine Karrstrichter. Mitwirkung von Karren in einzelnen deutlich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: [70](#)

Autor(en)/Author(s): Lehmann Otto

Artikel/Article: [Das Tote Gebirge als Hochkarst. 201-242](#)