

Der voralpine Karst und seine Gesetzmäßigkeiten

(Mit 4 Tafeln und 5 Figuren.)

Von **Gustav Götzing**, Wien.

I. Karstformen auch in den Voralpen nicht selten.

Beziehungen zur Morphologie des Geländes.

Altflächen der Kalkhochalpen sind bekanntlich an Karsterscheinungen sehr reich, die auch z. T. eine gute kartographische Aufnahme gefunden haben — wenigstens in den Hauptzügen in Anbetracht der großen Fülle von Kleinformen dieses Hochkarstes.

In den nördlich vorgelagerten Voralpen waren Karsterscheinungen bis vor kurzem nur in beschränktem Maße beschrieben worden. Nach den ersten Angaben von J. MAYER (1915) hat der Verfasser 1916 (2) und 1917 (3) wieder von einigen Karstformen in den Voralpen berichtet und eine systematische Durchforschung daraufhin in Vorschlag gebracht.

Vornehmlich von 1951 ab konnte ich, dank der Bemühungen der Höhlenkommission, bzw. des Speläologischen Institutes beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Leiter Sektionschef R. SAAR), nebst den Höhlen auch dem Karst eingehende Forschungen zu widmen, eine Bestandsaufnahme des Karstes in Angriff nehmen. Dabei wurde eine bedeutende Anzahl von Karstformen in den Voralpen festgestellt [G. GÖTZINGER und F. BAUER 1952; G. GÖTZINGER 1952, 1954, 1956¹⁾]. Schon die ersten 1951 gemeinsam mit F. BAUER durchgeführten Begehungen ergaben an 50 neue Karstgebiete in verschiedenen Voralpengruppen. Der nunmehr auf Grund der eigenen Untersuchungen der späteren Jahre angelegte Karstkataster der Voralpen verzeichnet heute bereits über 200 Karstgebiete. Daneben laufen auch in den Voralpen Untersuchungen zur Karsthydrographie, worüber später zu berichten ist, zumal von verschiedenen Seiten vereinzelt Angaben stammen.

Es erwies sich im Bereiche der ziemlich gleichmäßig steilgeböschten Kalkvoralpen als aussichtsreich, die von den heutigen jungen Erosionssystemen verschont gebliebenen Altflächen zu begehnen, wo sich vielfach auch Karstformen erhalten haben und wo die Wahrscheinlichkeit bestand,

¹⁾ In dieser Zusammenstellung soll vor allem auf die Ergebnisse der Begehungen in Niederösterreich Bezug genommen werden.

auch ältere Karstformen aufzufinden. Es kommen also in Betracht alte Kuppenlandschaften mit Flachbängen, alte Sattelflächen, Verebnungen einer älteren Tal- und Kuppengeneration, sowie Hochniveaus, Terrassen und lokale Verebnungen jüngerer Tal- und Kuppengenerationen, welche aber immerhin noch hoch über den eiszeitlichen Tal- und Schotterniveaus durchziehen. (Die geologische Eingliederung dieser verschiedenen Altflächen kann uns in diesem Rahmen nicht beschäftigen.) Einige Beispiele aus dem eigenen umfangreichen Beobachtungsmaterial aus den Talgebieten der Traisen, Pielach, Erlaf und Ybbs seien angeführt²⁾.

Im Ursprungsgebiet der Traisen im Bereiche des Traisenbörges (1236 m), ober St. Ägyd a. N., befindet sich im Wettersteinkalk auf der Schachneralm (S. H. ca. 1100 m) eine Karstmulde mit einer frischen Schachtdoline. Die Karstmulde besteht für sich aus vier flach ineinandergeschachtelten Mulden (I—IV) (Fig. 1).

In der alten Kuppenlandschaft mit kleineren Verebnungen des Tirolerkogels (1386 m) und der Kalten Kuchl (1307 m) ist auf der Kalten Kuchl eine große Karstmulde von 150—200 m Länge und Breite eingesenkt, die sich mit einer Steilböschung gegen die flache Kuppenlandschaft absetzt.

Im NW-Einzugsgebiete der Traisen in der Umgebung von Türnitz finden sich auf Altflächen, so auf dem flacheren Südhang des Eisensteins (1185 m) mehrfach Dolinen, desgleichen auf der flachgewellten Almfläche (N P. 1013) vor dem Steilhang des Hohensteins (1187 m), wo nebst mehreren Halbdolinen einige Dolinen bis 2½ m Tiefe erreichen.

Während die alte Kuppenfläche der Reaisalpe (1398 m) gleich E von der W-Wand tiefgehende offene Risse und Spalten aufweist, was auf eine in Vorbereitung befindliche Bergerreißung hindeutet und eine Doline erst unterhalb der Brennalpe auf dem östlichen Vorkamm zu verzeichnen ist, finden sich mehrere Dolinen auf der Sattelfläche P. 916 zwischen Reaisalpe und dem W davon gelegenen Rothenstein (1116 m). Der W geneigte Verbindungshang vom Rothenstein zur Hinteralpe (1313 m) bringt Beispiele für die Entwicklung von Halbdolinen. In die lokale Verebnungsfläche (ca. 900 m) zwischen Kulmberg (P. 956) und Steinhofberg im NW-Teil der Vorderalpe (S Lillienfeld) ist eine tiefere kreisrunde Doline eingesenkt.

Im Gebiete der Pielach sind folgende Karstformen nennenswert. Auf der S-Seite des Hofstattbörges, oberhalb der Haltestelle Boding der Mariazeller Bahn, sind vier einseitig geneigte Karsthalbmulden untereinander gereiht (GÖTZINGER 1952, Fig. 4).

²⁾ Da das Gahnsplateau östlich des Schneeberges nicht mehr zum Hochkarst gehört, sind auch von dort [nach eigenen Beobachtungen (1916)] die in weiten Karstmulden und Talungen eingesenkten Dolinen NW vom Kienberg (1215 m) und östlich von der „Wanzen Gschuhütte“ gesondert erwähnenswert. Auch vom Altplateau der Hohen Wand, E von der Hinteren Wand (1002 m) wurden Dolinen bekanntgemacht (GÖTZINGER 1916).

W Loich, W vom Gehöfte „Eben“ (S. H. 600—650 m) befindet sich auf einer Altfläche eine breite Karsthalbmulde, in welche eine frische, 7 m tiefe Schachtdoline sich erst kürzlich eingesenkt hat.

Die Hochfläche von Lehen (S. H. 650—680 m), NW Loich im Muschelkalk ist durch mehrere Karsthalbmulden mit einseitiger Öffnung gegliedert, zwischen welchen schmale Hügelreihen durchlaufen. Auch die genannten Karsthalbmulden sind wie obige Halbmulden typische Karstformen und haben nichts mit Quellmulden im Oberlaufe der Täler zu tun.

Auf der charakteristischen Verebnung „Auf der Eben“ (S. H. 600 bis 630 m), über der Soistalmündung (Fig. 2), haben sich mehrere breite und langgestreckte Karstmulden (a, b, c) entwickelt, welche durch Hügelreihen getrennt sind.

Noch weiter nördlich, bei Kirchberg a. d. Pielach, auf der Gipfelfläche der Gaisbichlerhöhe (841 m) sind in S. H. 830—820 m drei in verschiedenen Richtungen orientierte Karsthalbmulden zu beobachten, die man auch als Karsthalbdolinen ansprechen könnte.

Aus dem Talgebiet der Erlaf sei zunächst die Karstlandschaft auf dem Josefsberg (1028 m) erwähnt, wo eine breite, in SE-Richtung langgestreckte Karsthalbmulde über einer tieferen, schmälern Karsthalbmulde mit SSW-Erstreckung und diese wieder über dem tieferen Oberlauf eines in die Mitterbach-Senke laufenden Gerinnes ausstreicht.

Am Sabel-Sattel (1048 m), SSW Annaberg, gerade an der Wasserscheide zwischen dem Erlafgebiet und dem Walstertal (obere Salza) befindet sich eine 30 m lange Doline mit einem frischen Erdfall.

SW Annaberg, im Graben zur Kotenau, sind zwei Karsthalbmulden untereinander, NW Moserkogel (1091 m) zwei Halbdolinen ausgebildet. Auf der „Rotalm“, auf dem Sattel zwischen Moserkogel und P. 1026 ist eine große Karstmulde (40 × 40 m). W Sulzberg (1399 m) liegen auf der westlich vom Gipfel befindlichen Verebnungsfläche in 1300 m mehrere Dolinen.

N Annaberg ist vor allem die Verebnung der breiten Sattelfläche P. 1047 (NE Hennesteck) durch zahlreiche Dolinen und Erdfälle ausgezeichnet.

NW Annaberg am Sattel zwischen Hennesteck und Hochstadelberg ist im Muschelkalk eine Reihe von Dolinen entwickelt, von denen einige noch Felsflächen zeigen (Taf. 2 a).

Hinsichtlich der Karsterscheinungen oberhalb (östlich) von Gösing beim „Wastl am Wald“ „Auf dem Boden“ mit zahlreichen Ponoren im Muschelkalk (Taf. 4 a) kann auf die gemeinsame Veröffentlichung mit F. BAUER (1952) hingewiesen werden.

Im Ostteil der Gfälleralpe N des Steingrabenkreuzes beim Abstieg gegen die Vd. Tormäuer finden sich in der nach N geneigten Karsttalung mehrere Dolinen, darunter auch zwei Schachtdolinen (GÖTZINGER 1916).

Aus dem Gebiet der Ybbs bringe ich nur folgende Beispiele. Am Grubberg, S Gaming, auf der Wasserscheide zwischen Erlaf und Ybbs, besteht die altverebnete Sattelfläche aus zwei durch eine Opponitzer-Kalk-Rippe getrennte Mulden. In der nördlichen ist ein scharf eingeschnittener Dolinentrichter zu beobachten; in der südlichen (mit dem Gehöft Grubwies) befindet sich eine 8 m tiefe Trichterdoline, in welcher ein Bach verschwindet. Beide Dolinen liegen im Dolomit (GÜTZINGER 1917, GÜTZINGER und BAUER 1952).

SW von Lunz ist beim Ertl (ESE Grub) eine längliche, 4 m tiefe Doline im Schichtkopf des Opponitzer Kalkes ausgebildet. E von Grub finden sich mehrere Halbdolinen und eine flache Doline.

Zwischen Lunz und Göstling, im Bereiche der rechtsseitigen (westlichen) Bergketten, sind Dolinen und Karstmulden verschiedentlich vorhanden.

In eine N geneigte Karstmulde, N Scherzlehen 770 m, sind mehrere kleinere Dolinen eingesenkt.

Auch SSW Scherzlehen führt eine Karsthalbmulde mehrere Dolinen. Ein tiefer Trichter öffnet sich bei Poschenreith und W Ubelgraben sind drei frische Erdfalltrichter mit Schlundlöchern eingebrochen.

Auf der Höhe der Steinbachmauer NE Göstling ist der sog. Steinbachmauerboden (ca. 880 m) von mehreren, 3—7 m tiefen Dolinen besetzt, die auch frische Verbrüche zeigen.

Südlich Göstling haben sich im Muschelkalk mehrere Dolinen entwickelt, so S Sallriegel bzw. W Grub, ferner am Vorfuß des Kößelberges (1668 m), oberhalb Seisenbachau in Höhen nahe 1000 m.

W und NW Göstling, auf der linken Talseite der Ybbs, weist die wellige Hochfläche zwischen Pramreith—Sitzenreith—Nestelgrub—Altmaiß (850 m) zahlreiche tiefere Dolinen auf. E von Zwickelreith hat eine Doline 5 m Tiefe; W Pramreith ereignete sich 1952 ein tiefer Erdfall. Die Nestelgrub bezeichnet einen 8 m tiefen Dolinentrichter. N Gehöft Lacken (S Altmaiß) entstanden in einer größeren Karstmulde zwei junge Erdfälle von 4—5 m Tiefe; auf der Altfläche von Altmaiß (S Kogelsbach) bereitet sich in einer flachen Dolinenmulde ein Erdfall vor.

Schließlich erwähnen wir von der SE-Seite des Prochenberges (1125 m) eine größere Doline.

Aus dem Beobachtungsmaterial ergeben sich nun einige allgemeinere Ausblicke.

Die breiteren, geschlossenen Karstmulden und zahlreichen Karsthalbmulden sind im allgemeinen größere Karstformen und besetzen zum guten Teile Flächenelemente der Altlandschaften, was darauf hinweist, daß zu ihrer Ausbildung längere Zeiträume verstrichen sind.

Auf geneigten Hängen bilden Karsthalbmulden Übergänge zu Halbdolinen. Am W-Hang der Hinteralpe und an anderen Bergflanken konnte die Formen-
gruppe der Karsthalbdolinen beobachtet werden. Auch sie sind, im Gegen-
satz zu den Dolinentrichtern und Dolinenmulden, nicht geschlossen, sondern
nach einer Seite geöffnet. Verwitterungs- bzw. Lösungston des Kalkes be-
deckt den seichten Boden, über welchem das Gestein in einem Halbkessel
korrodiert wird. Man könnte dann auch von Karsthalbkesseln sprechen.
Wichtig für die Entstehung und Erhaltung der Halbdoline ist, daß der Ton-
boden nicht durch Sackung in Klüfte verlorengeht.

Wenn dieses eintritt, Korrosion und Sackung unter dem Tonboden über-
hand nimmt, wird die Halbdoline in eine normale Doline (Trichterdoline)
umgewandelt (Skizze Fig. 1 und 2, in GOTZINGER 1952).

Es muß aber betont werden, daß nur manche Dolinen auf diese Weise
aus Halbdolinen entstehen; die meisten Dolinen werden primär durch Kor-
rosion und Sackung in den Klüften und durch Korrosion der Trichtergehänge
hervorgerufen. (Die Typen der Normaldoline und anderer Formen veran-
schaulicht Fig. 4.)

Das Anfangstadium bei letzterem Vorgang bilden die Schachtdolinen,
deren Steilwände erst durch Sackung des Lösungstones in die Hauptklüft
bloßgelegt werden. Übergänge zu Erdfällen sind vorhanden.

Junge Schachtdolinen und Erdfälle sind nicht selten in den älteren
Muldendolinen oder breiteren Karstmulden anzutreffen, wodurch sozusagen
ein neuer Karstzyklus eingeleitet wird. Von Beispielen solcher junger Dolinen
in älteren Karstmulden seien genannt: Schachneralm, die „Eben“ W. Loich,
Sabel-Sattel, Steingrabenkreuz, nördl. Lackner u. a. m.

Die Verkarstung an den Hängen beginnt vielfach mit der Karstgasse,
die auf der Korrosion entlang der Schicht- oder Klüftfugen beruht (Fig. 3).
Es können danach Schicht- und Klüftkarstgassen unterschieden werden.
Solche sind nicht nur im Hochkarst häufig entwickelt. Sie kommen auch im
Grünkarst vor. Sie werden unter der Vegetationsdecke vorbereitet, wenn sie
auch an vegetationsärmeren Stellen besser entwickelt sind. Eine etwa 5 m
tiefe Karstgasse ist z. B. im Muschelkalk auf dem NE-Kamm des Prochen-
berges (1125 m), ober Ybbsitz, zu beobachten.

Andere Felsflächen werden durch Korrosion der Schicht- und Klüft-
fugen in Felspeiler aufgelöst, wobei vielfach die Ausbildung der Klüft-
karren das vorbereitende Stadium darstellt (Mäuerlberg bei Puchenstuben,
SW-Hang der Bürgeralpe bei Mariazell [Taf. 1 e], Fels 815 NNE Lackenhof
[Taf. 1 a], bei Ruine Weißenberg [Taf. 1 c]).

II. Karstformen in ihrer Abhängigkeit vom Gestein.

1. Gestein und Karst.

Kalke verschiedener geologisch-stratigraphischer Zonen der Voralpen sind Träger von Karstformen, aber auch im Dolomit fehlen solche nicht. Zunächst eine kurze Liste aus den niederösterreichischen Kalkvoralpen:

Der Muschelkalk, vor allem der Gutensteiner Kalk, ist auf Korrosion sehr empfindlich. Die größere Zahl von Dolinen überhaupt in den Kalkalpen liegt im Muschelkalk. Der Hangschutt fehlt meist in diesem Gestein. Die Schichtköpfe des Kalkes an den Hängen sind durchaus korrodiert, sie treten bloß mit einer Decke von Verwitterungs- bzw. Lösungston direkt an den Hängen aus. Gute Beispiele dafür bieten die neue Straße von Göstling nach Zwickelreith (Taf. 1d), die neue Straße Göstling—Großsattelbrunn oder der Hang bei der Haltestelle Boding im Pielachtal.

Nach Talgebieten geordnet, liegen im Muschelkalk die meist früher schon beschriebenen Karstformen:

Traisental: Kalte Kuchl, Karstmulde; Hohenstein (1183 m) Dolinen und Halbdolinen; Hinteralpe Halbdolinen; Kulm Doline; Brunnleitenboden ESE Brennalpe, Doline 6—7 m.

Pielachtal: Hofstattberg Karsthalbmulde; W Hof (Loich) 600—650 m; Lehen 650—680 m (Loich); Eben 600—620 m (Sois); Gaisbichlerhöhe bei Kirchberg a. d. P. 830—820 m.

Erlauftal: Josefsberg Karsthalbmulde; Moserkogel; W Sulzberg (1300 m); oberhalb Gösing „Wastl am Wald“; Sabel-Sattel (1048 m); Steingrabenkreuz.

Ybbstal: S Göstling Sallriegl (W Grub); Göstling, Seisenbachau; W Göstling: Pramreith junge Schachtdoline; W Pramreith Erdfall aus dem Jahr 1952, 8 m tief (Taf. 2c); Zwickelreith Doline 5 m tief; Nestelgrub (Taf. 2d) 8 m tief; Lachen 70 m lange Schüsseldoline; Altmaiß (850 m): N Lacken zwei Erdfälle 4—5 m tief.

Im Wettersteinkalk liegt die große Karstmulde der Schachneralm (um 1100 m).

Im untertriadischen Ramsaudolomit befindet sich die frische Doline zwischen Gr. und Kl. Koller (1109 m) (W Haltestelle Annaberg-Reith).

Besonders unterliegt der Korrosion auch der Opponitzer Kalk. Beispiele aus dem Ybbstal: Der lange Zug der Steinbachmauer zeigt (besonders von Haltestelle Stiegengraben übersichtlich zu beobachten) starke Korrosionserscheinungen; ähnlich auch die Hinterleitenwand N des Lunzer Sees. Die starke Klüftigkeit fördert die Auflösung in Pfeiler durch Kluftkorrosion; im Steinbachboden N Göstling mehrere Dolinen mit frischen Ver-

brüchen (S.H. ca. 880 m); E-Seite der Hochau SE St. Georgen a. Reith Dolinen 3—5 m tief; N Scherzlehen (770 m); Ertl (SW Lunz) Doline 4 m tief; E Grub (SW Lunz) mehrere Dolinen und Halbdolinen.

Auch dem Hauptdolomit sind Karstformen nicht fremd. Es sind zwei Grenzfälle möglich bei der Dolinenbildung:

1. Reinerer Dolomit: Erdfallbildung tritt ein nach Korrosion einer Hauptkluft; die dadurch geschaffene Steilwand zerfällt zu Grus, der durch Abschwemmung in die Tiefe geführt wird. Das sind im Dolomit die Schlunddolinen im Anfangsstadium, die Trichterdolinen in der späteren Entwicklung.

2. Mehr dolomitischer Kalk: Sackung erfolgt nach rascher Lösung einer Kluft, dann arbeitet aber die Korrosion an den Wandungen der Schachtdoline und erweitert sie zur Trichterdoline.

Je nach der chemischen Zusammensetzung des Dolomits kann also die Ausgestaltung der Dolinen etwas verschieden verlaufen.

Zahlreichen Dolinenformen begegnet man z. B. auf der Sattelfläche 1047 m NE vom Hennesteck, N Annaberg. Auch frische Erdfälle sind von hier beobachtet (Abb. 4 in GÜTZINGER und BAUER 1952). Aus dem Ybbsgebiet erwähnen wir: Poscheareith Dolinentrichter; SSW Scherzlehen Karsthalbmulde; W Ubelgraben (Taf. 2b); SW Grub; Grub (S Rauschmauer). Hinsichtlich des Vorkommens von Dolinen auch im Dolomit sei auf die Große Bodenwiese am Gahns (Schneeberg) hingewiesen (Notiz GÜTZINGER 1916).

Auch der Plattenkalk (Dachsteinkalk) weist Karstformen auf; das gleiche gilt von den Jurakalken, sofern sie nicht stark kieselig sind. Der Plattenkalk, bzw. Kössener Kalk verursacht mehrfach Dolinen am Eisenstein (1185 m) bei Türnitz.

Anhangsweise noch Beobachtungen aus den Salzburger Voralpen (Osterhorngruppe): Nach GÜTZINGER und LECHNER (1942) wurden folgende Gesteine als Karsträger beobachtet:

Obertriaskalke und Jurakalke tragen besonders auf alten Landoberflächen, alten Talböden u. dgl. Karstformen.

Im Plattenkalk liegen Dolinen am Gaisberg, am Rannberg und Lidaun (Umgebungen von Faistenau). Schachtdolinen am Rannberg zeichnen den Kössener Kalk (Rhätalk) aus.

Dem Liaskalk gehören die Dolinen vom Lidaun (SE-Seite), auf der E-Seite des Rannberges und unter der Mittereckalm an. Bei lagenweiser Einschaltung von Hornsteinen setzt das Karstphänomen aus.

Auch im Adneter Kalk sind Dolinen entwickelt, sowie insbesondere im stark klüftigen Oberalmkalk (Oberjura), so zwischen Pitschenberg und Pitschenbergalm, am Faistenauer Schafberg u. a. m.

2. Die Ponore (Schwinden).

An der Grenze zwischen einem wasserdichten Gestein und Kalk, z. B. zwischen den Lunzer Schichten (Sandsteine und Schiefer) und dem Muschelkalk oder Opponitzer Kalk — je nach Lagerung der Schichtenkomplexe und je nach der Hangneigung — kommt es zur Ausbildung der Ponore, Schwinden. In den Lunzer Schichten fließend, verschwinden die Bäche im Kalk-Ponor. Ein solcher kann mehrere Meter Tiefe erreichen. Auch hier spielt die Korrosion im Kalk bei der Vertiefung eine wesentliche Rolle.

Aber auch schon temporäres Schwemmwasser des Hanges, das sich in einem kleinen Gerinne vereinigt, vermag einen Ponor zu erzeugen. Im Gegensatz zu den ständigen Ponoren gibt es also auch temporäre. Wir haben von berieselten und unberieselten Ponoren gesprochen (1952).

Ponore, besonders die unberieselten, sind oft nicht von den Dolinen zu unterscheiden. Oft stellt auch ein Ponor eine Schlunddoline dar, deren Tonpfropfen ausgewaschen wurde, worauf die Korrosion der Ponorwände einsetzt, um einen Ponortrichter zu schaffen, der wieder einer Trichterdoline gleicht.

„Auf den Böden“ oberhalb Gösing, hat sich im Bereich der Lunzer Schichten durch Ausräumung eine größere Talmulde entwickelt, die gegen W an den Muschelkalk angrenzt. In diesem liegen mehrere Ponore. Verschiedene Äste von Zuflußwasser, meist Abschwemmungswasser, werden von verschiedenen Ponoren (Taf. 4 a) verschluckt (vgl. Skizze von F. BAUER 1952). Die Ponortrichter an der Kalkgrenze liegen tiefer als die Schwemm-
böden der Talmulde.

Eine ähnlich große Talmulde im Bereiche der Lunzer Schichten, der eigentliche Schlagboden (oberhalb Laubenbachmühle), entwässert sich in Ponore an der Grenze gegen den Muschelkalk.

Weitere Beispiele von Ponoren bietet die Grenze der Lunzer Schichten gegen den Muschelkalk SE der Laubenbachmühle. Bei Gugans sind mehrere Ponore vorhanden, davon einer von 10 m Tiefe.

Sind aber die Ponore noch zu schmal und erfolgt die Verschluckung zu langsam, können bei Hochwasser die Talmulden oberhalb der Ponore ganz überschwemmt werden, was an die dinarischen Poljen erinnert.

Im oberen Ybbsgebiet, W Lackenhof, ab Ober-Polzberg gegen SE, besteht eine Talung in den Lunzer Schichten zwischen Muschelkalk und Hauptdolomit. An der Grenze gegen den Muschelkalk sind mehrere Ponore (GÖTZINGER 1917 und GÖTZINGER und BAUER 1952), in welchen bei starken Niederschlägen das Abschwemmungswasser verschluckt wird.

Sogar an der Grenze zwischen Flysch und Oberjura—Klippenkalk bei Scheibbs, unterhalb der Reithkapelle, beobachtete ich einen deutlichen Ponor — wahrscheinlich der orographisch tiefst gelegene des Voralpenges-

bietet. Ein ständiges Gerinne fehlt hier, sonst ist nur Schwemmwasser temporär in Tätigkeit.

Einige Dolinentrichter an der Grenze zwischen Werfener Schichten und Kalk, z. B. Göstling, S Sallriegel (733 m) sind vielleicht auch Ponore für Schwemmwasser; sie haben Tiefen von 1—4 m.

Einige Dolinentrichter an der Grenze Werfener Schichten zum Kalk im westlichen Becken von Puchberg a. Sch. (im Schrottental) könnten auch in diese Kategorie eingereiht werden.

Im Streichen der Grenze zwischen dem wasserdichten Gestein und dem Kalk sind die Ponore in Reihen angeordnet. Man beobachtet aber auch bei einem Karstbach mehrere Ponore, eine Ponorkette, indem der Bach wiederholt verschwindet und dazwischen wiederholt als Karstquelle erscheint. Während ich diese Erscheinung mehrfach im Hochkarst des Dürrensteingebietes, z. B. beim Obersee-Ausfluß, beobachtet hatte, so zeigte sich ähnliches auch in den Voralpen, z. B. bei einem Gerinne bei den Klaushäuseln SE Wienerbruck oder bei Krumpwag im Nattersbachtal S Frankenfels im Pielachgebiet, drei Ponore desselben Baches, der erste und letzte in frischen Einbrüchen (Fig. 5 in GÜTZINGER 1952).

3. Der Gipskarst.

Außer dem Kalk und Dolomit erscheint der Gips der Werfener Schichten als ganz hervorragender Träger von Karstformen. Seine Löslichkeit ist sehr stark. Es genüge der Hinweis auf karrenförmige Auslaugungen des ca. 12 m mächtigen Gipses mit Schloten und Zacken unter dem Verwitterungston im Tagbau Pfennigbach bei Puchberg a. Sch. (Taf. 1 f), oder auf die Korrosion an der Oberfläche und entlang der Klüfte an der neuen Straße von Reith nach Erlafboden (Taf. 1 b). Wenn entlang der Klüfte der Lösungston in die Tiefe sackt, kommt es zur Bildung der Erdfälle und Gipstrichter (STINI, 1942). Solche sind auch an Steilböschungen möglich, wenn der Gips rasch von den Tag- und Grundwässern erreicht werden kann, während Kalkdolinien an Steilböschungen eine Ausnahmserscheinung bilden.

Ganz außerhalb der Altformen und alten Gehängeflächen steht also der Gipskarst. Er kann sich auch auf morphologisch jungen Flächen entwickeln. Selbst unter mächtigeren letzt- und nacheiszeitlichen Schottern entstehen bei Auslaugung des darunter lagernden Gipses durch Einsturz pingentartige Trichter und Kessel.

Es können daher zweierlei Formengruppen unterschieden werden:

- Gruppe 1: Trichter im Gips der Hülschichten (meist Werfener Schichten).
- Gruppe 2: Trichter durch Auslaugung im Gips unter einer Decke von jüngeren Schottern.

Zu Gruppe 1: Gipstrichterfelder im Bereich der Werfener Schichten zeigen mannigfach gestaltete, verschieden große und verschieden tiefe Trichter-

ter (auch Doppeltrichter), an deren Wänden oft kleine parasitäre Trichter aufsitzen oder frische Erdfälle eintraten oder in Vorbereitung sind.

Das Trichterfeld N Annaberg hat außer vier großen und fünf kleineren Trichtern (Fig. 6 nach Aufnahme von F. BAUER 1952) einen großen Gips-trichter (20 m tief, 60—70 m breit, 200 m lang), in welchen ein Gerinne eintritt, um in einem Saugloch in einer Kluft zu verschwinden. Zahlreiche Geländerisse finden sich sonst im Nachbargebiet der anderen Trichter. Sie bereiten frische Niederbrüche vor.

Ein anderes ausgedehntes Trichterfeld befindet sich W von der Haltestelle Annaberg-Reith (Erlafgebiet). Drei größere Karstmulden sind jeweils von mehreren ziemlich frisch aussehenden Dolinentrichtern besetzt. Sie erreichen Tiefen von 5—9 m (Taf. 3 d). Einen großen Einzeltrichter zeigt Taf. 4 b.

Um Preinsfeld bei Heiligenkreuz sind zahlreiche Gipstrichter vorhanden, teilweise auch flachere Dolinenformen (Muldendolinen), sowie Erdrisse und Schlundlöcher, welche Niederbrüche zu Erdfällen vorbereiten.

Von Mayerling ostwärts bis zum Engelkreuzsattel, W Heiligenkreuz (ARNBERGER 1952, GOTZINGER 1956), gibt es die meisten Entwicklungsstadien des Gipskarstes, Schachtdolinen und ganz frische Erdfälle (darunter ein neuer mit ca. 25 m Tiefe), flache Trichter, tiefere, schon ältere, bereits bewaldete Trichterdolinen und im Initialstadium befindliche Einbruchdolinen.

Bei Füllenberg (NE Heiligenkreuz) sind gleichfalls eine Karstmulde mit jungen Erdfällen, ein großer Erdfall (Taf. 3 b) und einige Dolinentrichter wahrzunehmen.

S Güstling (Ybbstal) bei Grub sind in eine alte große Karstmulde mit zwei Teilmulden fünf jüngere Trichterdolinen mit Schlundlöchern und eine 6 m tiefe Ponordoline eingesenkt, letztere mit einem temporären Schwemmwassergerinne (Taf. 3 a). Eine Dolinenreihe im SW-Teil der Mulde zeigt durchaus in gleicher Richtung verstellerte, also asymmetrische Typen, so daß die Annahme einer schrägen Kluft in der Tiefe Wahrscheinlichkeit hat.

SE davon sind in einem bei Gehöft Abfluß befindlichen Trichterfeld gleichfalls drei in einer Reihe gezogene Dolinentrichter (Fig. 5), eine Hangdolins (Taf. 3 c) mit Schlundloch sowie ein Dolinentrichter mit zwei Sauglöchern bemerkenswert (letztere wahrscheinlich im Muschelkalk).

Das langgestreckte Trichterfeld im ausgedehnten Becken von Puchberg a. Sch. liegt teils direkt im Gips der Werfener Schichten (Gruppe 1), teils handelt es sich um Trichter, welche durch Gipsauslaugung unter jüngerem Terrassenschotter (Gruppe 2) erzeugt wurden. Einige dieser Gipstrichter sind in der neuen topographischen Karte des Schneeberggebietes 1:25.000 verzeichnet, einige z. T. andere figurieren auf der geologischen Karte des

Gebietes von H. P. CORNELIUS (1951) als Erdfälle. Eigene Begehungen 1955 ergaben, daß die Zahl der Vorkommen solcher Trichter noch größer ist (GÖTZINGER 1956).

An die anstehenden Werfener Schichten knüpfen sich die Dolinentrichter bzw. Muldendolinen ENE Schneebergdörfel (bei P. 630 der Straße), NW vom Lärchkogel (860 m), (bzw. SE P. 724 Losenheim).

Zu Gruppe 2: Dagegen sind viele andere (über zwei Dutzend) Dolinentrichter auf Lösung des Gipses unter den eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Terrassenschottern zurückzuführen. Auslaugungen und Niederbrüche von Gipshohlräumen unter den Schottern verursachen an der Oberfläche den Bergbaupingen ähnliche Muldendolinen, Dolinentrichter, Dolinenkessel und Schacht- bzw. Schlotdolinen und Erdfälle (Analogien zu den Kalkdolinen der Fig. 4).

Das Becken von Puchberg bietet dafür zahlreiche Beispiele, die hier nicht näher ausgeführt werden können. Während die steilen Dolinentrichter noch ein Schlundloch aufweisen, haben manche Dolinen infolge Schutteeinschwemmung von oben her bereits eine Bodenfläche erhalten (z. B. E Sonnleiten), wodurch die Vertiefung stabilisiert erscheint (Bodentrichter im Gegensatz zu den eigentlichen Trichterdolinen).

Auslaugungen und Niederbrüche von Gipsaushöhlungen machen sich nicht bloß, wie wir gesehen haben, im Bereiche der jüngeren Terrassenschotter bemerkbar, es gibt auch im Gehängeschutt der Steilhänge Gipstrichter, wenn unter dem Gehängeschutt der Gips von den meteorischen Wässern erreicht und gelöst wird (Himberg bei Puchberg, Nordhang gegen Pfennigbach).

Mehrere Dolinen im Bereiche der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Schotteraufschüttungen kennt man auch aus dem Steyrtalgebiet in Oberösterreich, welches unter Führung des Gewerken J. ZEITLINGER (Leonstein) 1951 von F. BAUER und dem Verfasser daraufhin begangen wurde (GÖTZINGER und BAUER 1952).

Ein von einem aufmerksamen Naturbeobachter schriftlich festgelegter plötzlicher Erdfall ereignete sich E Leonstein, nahe der Krummen Steyrling, W des Gehäftes Goldnagel Mitte Juni 1869, wobei in einer früheren schwachen Geländemulde plötzlich ein tiefes Loch entstand, in welches das Grundwasser des benachbarten Flusses eintrat, so daß der Trichter nach Art eines Kratersees nun von einem bis 7 m tiefen Teich eingenommen wurde; die Lokalität wird seither die „Wunderlucke“ genannt (Abbildung in GÖTZINGER und BAUER 1952).

Gleichfalls in der postglazialen Terrasse bei Gstadt E Leonstein findet sich eine Doppeldoline von 15 m Tiefe mit einem frischen Erdfall in deren Boden.

Am Westausgang der Inneren Breitenau der Krümmen Steyring liegt in der mächtigen Postglazialterrasse eine Doppeldoline von 12 m Tiefe. Der Trichter ist schon älteren Datums, da er von 60- bis 70jährigen Bäumen bewachsen ist.

Auch in der höheren Niederterrassenfläche von Leonstein ist beiderseits der Straße nach Agonitz nahe P. 431 je ein Dolinentrichter zu beobachten. J. ZEITLINGER berichtet von einem 3 m tiefen, 1920 plötzlich entstandenen Erdfall N der Haltestelle Agonitz. (Von diesen Karsttrichtern sind die Totislöcher im Moränengelände, z. B. S und W von Molln, zu unterscheiden.)

Nach Mitteilungen von Sekt.-Chef R. SAAR enthalten auch die mächtigen Quartärterrassen des Ennstales bei Altenmarkt und St. Gallen Dolinentrichter von entsprechend großer Tiefe, welche durch Auslaugungen von Gips oder Haselgebirge unter dem Schotter und durch späteres, oft auch heute noch stattfindendes Nachbrechen bedingt sind.

Die Aufnahme der an Gips und Haselgebirge gebundenen Trichter in anderen Gebieten von Oberösterreich (bes. Grundlsee) sowie der aus dem Salzburgischen, besonders aus der Osterhorngruppe (GÜTZINGER und LECHNER 1942, sowie CORNELIUS und PLOCHINGER 1952) bekannten Trichter (letztere Arbeit enthält die Verzeichnung der Gipstrichter auf der geologischen Karte), ebenso der Vorkommen in Tirol und Vorarlberg, die sich an Gips der Raibler Schichten knüpfen, steht in Vorbereitung.

III. Gliederung und Entwicklung der Karstformen.

Nach den obigen Beispielen sind die geräumigen Karstmulden jedenfalls als ältere Formen zu betrachten, die auch Altflächen verschiedenen Alters auszeichnen. Ob sie etwa während der wärmeren Interglazialperioden entstanden oder präquartär sind, ist eine örtliche Spezialfrage. Sie konnten wohl auch durch Zusammenwachsen mehrerer benachbarter Dolinenmulden entstanden sein, deren trennende Rücken gleichfalls der Korrosion zum Opfer fielen. Die Karstmulden haben meist eine größere Bodenfläche, die von Verwitterungs- (Lösungs-) Ton gebildet ist. Die Korrosion unter dem Ton ist aber noch wirksam. So können wieder tiefere Korrosionsmulden sich bilden (Beispiel Schachneralm). Wird aber eine bevorzugte Kluft von den Korrosionswässern erreicht, so können Schachtdolinen jungen Datums sich eröffnen, Erdfälle eintreten, wofür verschiedene Beobachtungen Beispiele bieten.

Auch die Karsthalbmulden sind größere Formen, ähnlich den Karstmulden, es fehlt ihnen nur die Geschlossenheit nach allen Seiten. Sie bleiben nach einer Seite hin geöffnet und es ist daher auch denkbar, daß einige davon sich aus Halbdolinen entwickelt haben, wenn die Korrosion sowohl in deren toniger Bodenfläche wie auch in der halbkreisförmigen Umrahmung eine längere Zeit gleichsinnig wirksam war.

Bei Annahme dieser Entwicklung können auch Karsthalbmulden treppenförmig untereinandergestellt sein (Hofstattberg), wie dies auch bei Halbdolinen an geneigten Hängen beobachtet werden kann. Nicht zu steil geneigte Hänge der Altformen enthalten solche Karsthalbmulden, eventuell auch in einer getrepten Anordnung.

Dagegen sind die Halbdolinen an den Hängen Kleinformen, gebildet durch jüngste Korrosion auf Hangneigungen (Hinteralpe Westhang u. a.).

Die Dolinen sind in den Voralpen gleichfalls noch als Kleinformen anzusprechen, während man im Hochkarst der Kalkalpenstöcke vereinzelt Groß- und Tief-Dolinen (über 50 m Tiefe) nicht mehr als Kleinformen bezeichnen kann. Sie knüpfen sich an bevorzugte bestimmte Klüfte oder Kluftverschneidungen und Kreuzungen und daher ist ihr In-die-Tiefe-Wachsen von denselben abhängig (schräge und senkrechte Schlünde je nach Kluft-richtung). Manche Dolinen können auch aus Halbdolinen hervorgehen, wenn der Ton am Boden der Halbdoline in einer Kluft in die Tiefe sackt. Meist vollzieht sich aus der Schachtdoline die Entwicklung zur Trichter-doline mit dem Schlundloch in der Tiefe, in welchem der Tonpfropf nachgesackt ist, während an den Trichterböschungen die flächenhafte Korrosion wirksam ist. Eine asymmetrische Form der Dolinentrichter ist meist durch Schrägklüfte oder durch das Schichtfallen verursacht (Fig. 4).

Bei Erhaltung des Tonpfropfens und dessen Überschüttung durch zusammengeschwemmtes Tonmaterial aus der Korrosion der Trichterhänge erhält die Trichterdoline sozusagen ein lokales Korrosionsniveau, indem über diesem, also über dem Trichterboden, die Korrosion weitere Fortschritte macht und zur weiteren Verflachung der Dolinenhänge führt. So entwickeln sich aus den Trichterdolinen die Muldendolinen (Wannendolinen).

Einige Beispiele, die aber vermehrt werden könnten, haben gezeigt, daß auch im Bereiche der Karstmulden, wie der Muldendolinen, an gewissen Stellen Erdfälle eintreten können, wenn an einer korrodierten Spalte der Boden infolge Einsackung verschluckt wird.

Auf diese Weise geöffnete Klüfte führen zur Entwicklung der Schacht- oder Schlund-Dolinen.

Wörtlich genommen beruht der Erdfall auf dem Einsacken von Lockermassen (Ton, Lehm oder Schutt) in eine Kluft oder in einen unterirdischen Hohlraum. Im Kalkgebirge sind also Schachtdolinen und Erdfälle einander sehr nahestehende Gebilde.

Daß Erdfälle plötzlich entstehen, lehren mehrere Beispiele. Wir erwähnen aus dem Muschelkalk den von W Pramreith bei Gösling (Taf. 2 c), aus dem Dolomit einige N von Annaberg (zwei Bilder in GOTZINGER 1953), aus dem Gips den nahe dem Engelkreuz bei Heiligenkreuz gelegenen, einen

im Gips bei Füllenberg—Heiligenkreuz (Taf. 3 b). Frische Risse auf Wiesen sind oft einleitende Vorgänge. Die Entwaldung kann Erdfälle fördern, da die betreffende empfindsame Stelle nunmehr eine größere Durchfeuchtung erfährt und die Sackung in die Tiefe beschleunigt wird.

Alle betrachteten Vorgänge der Karstformenentwicklung, durch unterirdische Entwässerung verursacht, bilden zugleich eine Störung der gleichmäßigen Hangabtragung, wie sie in wasserdichten Gesteinen (besonders Sandsteine, Schiefertone, Mergel) sich sonst flächenhaft an den Hängen vollzieht, teils in Form der Abschwemmung, teils in der Form des Schuttkriechens in unserer gemäßigten Klimazone.

Zwar sind bei der Anfangsentwicklung des Steilhanges (Wand und Schutthalde) auch im Kalk und Dolomit ähnliche Vorgänge am Werk, wie in den Nichtkalken. Aber schon in der Phase der Schutthalde des Hanges arbeitet auf den Kalkfelsen und -wänden die Korrosion, Gruben ätzend, Klüfte erweiternd und vertiefend (z. B. Ruine Weißenburg a. d. Pielach, Taf. 1 c). Ist nun einmal die Schutthalde des Kalkhanges auf mechanischem Wege abgeführt, beginnt auch auf dem etwa 35° geneigten Hang die Korrosion zu wirken. In leichter löslichen Kalkgesteinen, besonders im Muschelkalk, werden die Reste der Schutthalde aufgelöst. Gelegentlich erhalten sie sich nur mehr in Schutt-Taschen. Die Korrosion kommt nun der Bildung etwaigen Verwitterungsschuttes zuvor. An Stelle des Schuttes verkleidet der durch Korrosion geschaffene Lösungston den Kalk, zunächst streifenweise in gleichmäßiger Decke über den Schichtköpfen. So kommt es zu einer lokalen Glättung des Hanges, während an anderen Stellen Höcker des Kalkes Durchragungen bilden (Taf. 4 c).

Da der Ton auch die Nässe des Niederschlages länger zu halten vermag, wirkt er ständig, wenn auch langsam, an dem korrosiven Abtrag des Felshanges. Es ist wahrscheinlich, daß durch diese vereinzelt Fetzen des „nassen Tont Teppichs“ des Hanges auch die randlichen und darunterliegenden Partien und infolge des langsamen Abkriechens des Tones wohl auch die hangabwärts gelegenen Partien in die Korrosion einbezogen werden, so daß mit der Zeit der Tont Teppich sich vergrößert. In diesem Stadium ist es ferner möglich, daß am geneigten Hang durch die Wirksamkeit des nassen Tont Teppichs eine geneigte Karsthalbmulde geschaffen wird. Die sonst durchragenden Felshöcker unterliegen inzwischen weiter der Verkarstung (Löcher, Klufterweiterung u. dgl.). Mit der zunehmenden Verflachung des Karsthanges aber kann die örtliche Verkarstung über die flächenhafte Korrosion das Übergewicht erhalten und es kann dann durch Erweiterung der Klüfte die Entwicklung der Erdfälle und Dolinen wieder in Gang gebracht werden.

Schrifttum (in Auswahl).

1. Mayer, J.: Kleinere Karstgebiete in den Voralpen Niederösterreichs. — Kartogr. u. Schulgeogr. Zeitschr. 4, 1915, 107—111.
2. Göttinger, G.: Kleinere Karstgebiete in den Voralpen Niederösterreichs. — Ebenda 5, 1916, 11—15.
3. Göttinger, G.: Weitere ergänzende Beobachtungen über kleinere Karstgebiete in den Voralpen Niederösterreichs. — Ebenda 6, 1917, 5—7.
4. Stini, J.: Das Gipsgebirge in der Ostmark und dessen Nachweis. — Geol. u. Bauwesen 13, 1942, 114.
5. Göttinger, G. und Lechner, J.: Gesteinsgebundene Landformen in ihrer Bedeutung für die Bodennutzung in der Osterhorngruppe. — Mitteil. Geogr. Ges. 55, 1942, 41—54.
6. Cornelius, H. P.: Geologie des Schneeberggebietes. — Jb. Geol. B.-A., Sonderband 2, 1951, 12.
7. Göttinger, G. und Bauer, F.: Karsterscheinungen in den Voralpen. — Mitteil. Geogr. Ges. 94, 1952, 83—91.
8. Göttinger, G.: Weitere Beobachtungen über Karsterscheinungen in den Voralpen. — Mitteil. Höhlenkommission, 1952, 1—6.
9. Arnberger, E. und Wismeyer, R.: Ein Buch vom Wienerwald. — Verlag Jugend und Volk, 1952, 24.
10. Cornelius, H. P. und Plöckinger, B.: Der Tennengebirgs-N-Rand... und die Berge im Bereich des Lammertales (samt Karte). — Jb. Geol. B.-A. 95, 1952, 150.
11. Göttinger, G.: Gefährdete Kulturlächen im Grünkarst. — Die Landwirtschaft, 1953, Nr. 7/8, 128—130.
12. Karst und Höhlen in Niederösterreich in Wien, darin: Arnberger, E., 1954, 35—47.
13. Göttinger, G.: Beobachtungen im Gipskarst der niederösterreichischen Voralpen. — Mitteil. Höhlenkommission, 1956.

Beschreibung der photographischen Tafeln.

(Aufnahmen G. GÖTZINGER.)

Tafel 1.

- a) Korrosion der Klüfte in der Muschelkalk-Wand bei P. 815, NNE Lackenhof.
- b) Gipskorrosion (Pfeiler, Schlote), neue Straße Erlafboden.
- c) Felsbastionen, Auslaugungsklüfte im Kalk, bei Ruine Weißenburg (Pielachtal).
- d) Korrosion im massigen Muschelkalk (kein Verwitterungsschutt), neue Straße Göstling—Zwickelreith.
- e) Pfeilerkorrosion am Hang der Bürgeralpe bei Mariazell.
- f) Gipskorrosion (Zacken, Nadeln, Schlote) Tagbau Pfennigbach (Puchberg).

Tafel 2.

- a) Dolinenreihe Muschelkalk W Hennesteck (Annaberg), Schachtdoline.
- b) Erdfall Dolomit, W Ubelgraben bei Lutz.
- c) Frischer Erdfall, W Pramreith, W Göstling.
- d) Doline im Muschelkalk, Nestelgrub oberhalb Göstling.

Tafel 3.

- a) Steiler Trichter im Gips, S Grub, S Göstling.
- b) Frischer Erdfall, Füllenberg, NE Heiligenkreuz.
- c) Doline SW Ablass, S Göstling.
- d) Gipstrichter, Ostteil des Trichterfeldes W Haltestelle Annaberg-Reith.

Tafel 4.

- a) Dolinentrichter im Muschelkalk, Ponor, W „Auf den Böden“ oberhalb Gösing.
- b) Gipstrichter W Haltestelle Annaberg-Reith.
- c) Karsthang bei Klaus (SE-Hang des Hochklausberges) bei Winterbach, Felsbuckel, glatte Tonhänge (Felder).



a



b



c



d



e



f



a



b



c



d



a



b



c



d



a



b



c

G. Göttinger: Der voralpine Karst und seine Gesetzmäßigkeiten

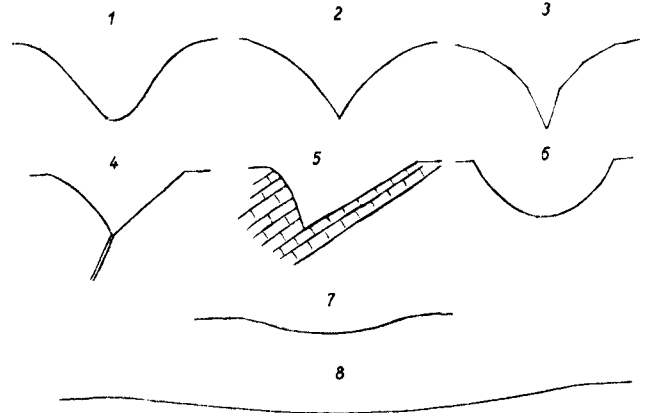
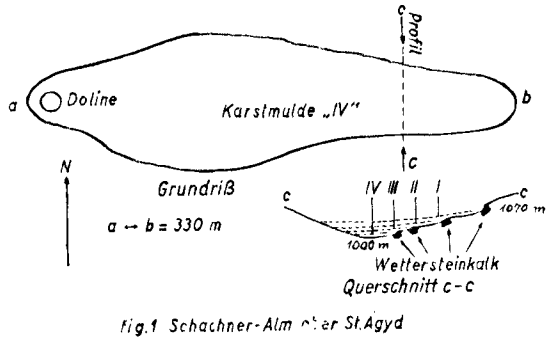


fig. 4 1 = Normal-Doline, 2 = Doline mit konvexen Hängen, 3 = Doline mit geknickten Hängen, 4 = Doline, asymmetrisch nach Kluft, 5 = Doline, asymmetrisch nach Schichtfallen, 6 = Doline mit konkaven Hängen, 7 = Dolmenmulde, 8 = Karstmulde

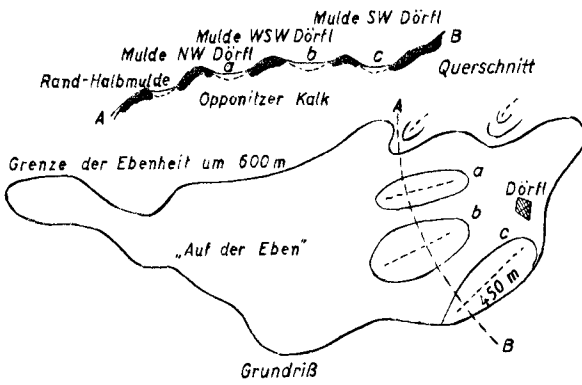


fig. 2 „Auf der Eben“ SE Kirchberg a. P.

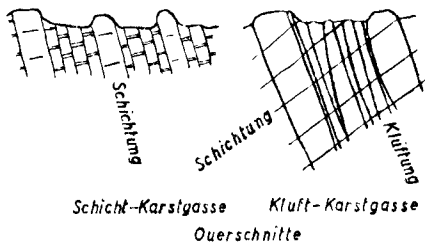


fig. 3 Hinteralpe, Muschelkalk

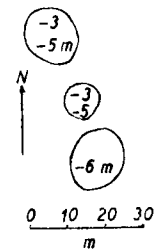


fig. 5 Steile Dolinen WSW AbtaD (Göstling)