

Karstformen im Kristallin der östlichen Alpen

Von Robert Schwinner, Graz

(Mit 1 Fig. i. T.)

Der Formenschatz der Karstlandschaft gilt allgemein »an die oberflächliche Verbreitung eines Gesteines geknüpft, das durchlässig und löslich zugleich ist«¹⁾, an Kalk, weniger gut Dolomit, dann aber auch Gips, Salz, wo das Klima ein Anstehen dieser Gesteine an der Oberfläche duldet. Das mag gelten, wo es sich um eine »Landschaft«, um größere Flächen handelt. In kleinerem Ausmaß, einzeln oder in kleinen Gruppen, finden sich auch im Gebiet anderer Gesteine, so insbesondere im Kristallin der östlichen Alpen, Oberflächenformen, welche auch dem Formenschatz der Karstlandschaft angehören könnten. Die Kleinstformen desselben, die Karren, können sich natürlich auf kristallinem Gestein nicht entwickeln, und von den »Wannen«, die als besonders bezeichnend für Karst angesehen werden (Penck l. c.), Hohlformen, die keinen Abfluß an der Oberfläche haben, können die größten, die Talwannen (Polje), hier nicht Platz finden, wohl aber finden sich die Wannenformen mittlerer Größe vertreten, Dolinen und gelegentlich auch Schlote.

Der Ausgangspunkt dieser Formenreihe ist auf der merkwürdigen schiefen Ebene zu beobachten, welche vom Seckauer Zinken (2398 m) gegen SO mit etwa 10° Neigung absinkt. Es sind runde Plätzchen von 2—5 m Durchmesser, wo mitten in der geschlossenen Grasnarbe nackter Fels erscheint, und zwar Blockwerk und eckige Steine von Spannengröße, in welche der Spaltenfrost die

¹⁾ A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Teil, Stuttgart 1894, S. 269 ff. J. Cvijic, Das Karstphänomen, Geogr. Abh., herausg. v. Penck, Bd. V H. 3, Wien 1893, schließt sich hierin seinem Lehrer an und ebenso W. v. Knebel, Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene (»Die Wissenschaft« 15. H., Braunschweig 1906). Letzterer bezeichnet (l. c. S. 13) es als Pseudoverkarstung, wenn in anderen Gesteinen etwa wegen hoher Zerklüftung karstähnliche Verhältnisse herrschen — ein Werturteil, das nicht leicht zu begründen sein dürfte.

obersten Schichten des anstehenden Gesteines zerlegt, wie sie überall — wahrscheinlich auch unter der Grasnarbe — liegen, ohne Spur von Transport. Bei den kleineren Plätzchen ist eine Einsenkung noch wenig merklich, etwa so viel, als dem Fehlen der Erdkrume und der kleineren Fragmente entspricht; bei den größeren ist die Eintiefung etwa um $\frac{1}{2}$ m²).

Die Entstehung erklärt ein Vergleich mit anderen Blockanhäufungen desselben Gebietes. Am benachbarten Maierangerkogel (2357 m)



Fig. 1. Blockströme in der Südostflanke des Maierangerkogel (2357 m)

ziehen über die etwa 30° geneigte Südostflanke Streifen mit Blockstreuung herab, deren Umgrenzung von ferne aktives Herabfließen erwarten ließe. In der Nähe zeigen diese Blöcke aber unversehrte dicke Kruste aus Flechten und darunter aus verwittertem Gestein, sie liegen auch allermeistens schön in stabiler Gleichgewichtslage, nicht wacklig wie bei Moränen oder anderen frischen Aufschüttungen: sie sind seit

²⁾ Nach Penck (Morph. S. 274/75) wären diese Hohlformen als »Verwitterungssäcke« zu bezeichnen, wie sie sich überall entwickeln, wo das Meteorwasser durch Klüfte den Weg zur Tiefe findet; nur daß sie hier nicht — wie Penck für unlösliches Gestein sonst angibt — mit Verwitterungsmaterial erfüllt bleiben, sondern das eigentlich verwitterte sowie kleinere Fragmente sind hier offenbar entfernt. Stiny, Zur Oberflächengestaltung der Altlandreste auf der Gleinalpe (Steiermark), Centralbl. f. Min. etc. 1931, Abt. B, S. 57), beobachtete in den Gipfelregionen des Gleinalmgebietes hier und da in sanft geneigte Oberfläche seicht eingesenkte »Blockschüsseln«, er vermutet Erosion durch unterirdisch abfließendes Wasser und hat Ähnliches auch sonst beobachtet: Pustertal, Niedere Tauern, Kletschachkogel — »Karsterscheinungen mitten im Kristallin«. Das ist offenbar dasselbe wie am Seckauer Zinken, nur auf der Gleinalpe in 200 bis 300 m tieferer Meereshöhe als dort.

langer Zeit nicht bewegt worden³⁾: nicht ein Blockstrom ist also hier geflossen⁴⁾, sondern ein Streifen aufgelockerten Gesteines ist aus- und durchgespült, vielleicht auch -geblasen worden, so daß nur die Kerne der verwitterten Sprengblöcke zurückgeblieben sind. Ein Teil dieser Blockstreifen geht nach unten in eine Runse über, in der gelegentlich Wasser fließen mag. Beides, die kleinen Versickerungstrichter auf der Verebnung und die Blockstreifen am Steilhang, ist somit auf gleiche Weise entstanden, und zwar in der jüngsten Zeit. Nur daß am Steilhang durch die Ausspülung Rinnen entstehen und nicht Wannen, während auf der ausgedehnten Verebnung die unterirdische Entwässerung wohl nur schwach funktioniert und deswegen die Dolinen im Embryonalstadium stecken bleiben.

Günstiger für die Bildung von Wannen ist's dort, wo eine Verebnung durch Wandabbruch abgeschnitten ist, so daß die dort in die Spalten einsickernden Wässer nach kurzem Weg durch die Enge seitwärts freiabfließen können. Nun ist in den östlichen Zentralalpen ein großer Teil der Gipfel und Kämme durch Zerschneidung von Verebnungen oder Flachreliefs entstanden, und tatsächlich sind auch diese das Verbreitungsgebiet der besser entwickelten Dolinen. Es finden sich da runde Dolinen von verschiedener Größe und alle drei Hauptformen, die Cvijic (l. c. S. 227) anführt. Am häufigsten sind wohl die flach »schüsselförmigen« mit 5—10 m Durchmesser und 1—2 m Tiefe, auch »trichterförmige« sind nicht ganz selten, so ist am Seckauer Zinken, W vom Δ ein solches rundes Loch von 3—4 m Durchmesser und 1½ m Tiefe; am Gipfel des Schoberriegels (SO vom Turracher See) ist eine ovale Vertiefung zu sehen, rundum geschlossen, etwa 6—7 m tief, steilwandig, deren Durchmesser kaum über das Vierfache der Tiefe hinausgeht, was Cvijic als das Extrem dieser Gruppe bezeichnet; am seltensten sind wie überall die »brunnenförmigen Dolinen«, doch findet sich gerade im Kamm Maierangerkogel—Maierstieg (gegen den Seckauer Zinken zu) eine kleine, in einen förmlichen Schlot übergehende Doline⁵⁾. Fast häufiger als kreisrunder oder ellipti-

³⁾ Manche Morphologen schwärmen von Massentransport in trockenen Schuttströmen, die mitgeteilten und viele andere Beobachtungen mahnen, diese theoretische Möglichkeit nicht zu überschätzen.

⁴⁾ Diese Streifen sind auch nicht erhöht wie Ströme und Zungen von Muren, Bergsturz und anderen antransportierten Ablagerungen; diese Blockanhäufungen liegen ungefähr im allgemeinen Niveau oder eher in Hohlformen.

⁵⁾ A. Aigner, Bemerkungen über die Beziehungen zwischen Klüften und Doppelgraten, Zeitschr. f. Geomorph. VII, 1932/33, S. 300, beobachtete am

scher ist länglicher Grundriß, daß die Wannenform dem Kluftsystem folgt, das ihre Entwässerung besorgt. So gehen in dem WNW—OSO ziehenden Kamm Brandstettertörl—Seckauer Zinken die meisten dieser Hohlformen submeridional querüber. Nicht selten liegen nun solche Wannen so nah aneinander, daß sie bei der weiteren Entwicklung zusammenfließen, und aus der Dolinenreihe eine zusammenhängende Furche wird, welche den ursprünglich breiten Bergrücken zerteilt zu einem »Doppelgrat«. Der größere Teil jener Oberflächenformen, welche Paschinger⁶⁾ unter diesem Namen beschrieben hat, ist sicher auf die beschriebene Art entstanden. Nicht selten sind ja die Dolinen, aus welchen die Furche zusammengefloßen ist, noch in Andeutungen zu erkennen. (So in den beiden Bildern, die Paschinger S. 215 gibt; besonders schön das der Berethöhe bei Turrach.) Für solche Entstehung spricht auch, daß die Furche des Doppelgrates unten blind zu enden pflegt, wenn sie nicht durch offensichtlich jüngere rückschreitende Erosion eröffnet worden ist. (Vgl. Paschinger S. 234.)

Wir können daher die Beobachtungen, welche Paschinger über seine Doppelgrate mitgeteilt hat, zum großen Teil übernehmen; ich kenne von meinen geologischen Arbeiten im Nockgebiet Kärntens vieles davon und kann sie bestätigen; wohlverstanden die Beobachtungen, nicht alle Verallgemeinerungen⁷⁾, zu solchen war Paschingers Material nicht zureichend. So ist es nicht richtig, »daß den Kamm entschieden überragenden Gipfeln Doppelgrate fehlen« (Paschinger S. 214). Wir haben: Brandstettertörl 2019 — Brandstetterkarkopf 2242 — unbenannte Scharte ca. 2100 — Maier-

Pietrach (2400 m, Landawierkessel, Schladminger Tauern) eine Doline, die in einen förmlichen Karstbrunnen ausläuft, und A. Thurner, Morphologie der Berge um Innerkrams (Gurktaler Alpen, Kärnten), Mitt. Geogr. Ges. Wien Bd. 73, 1930, S. 121, fand am Kamm zwischen Gaipahöhe und Zechernock und am Pressingnordabfall kleine 2—3 m lange, etwa ½ m tiefe dolinenähnliche Einbrüche, ähnlich Stolleneinbrüchen.

⁶⁾ V. Paschinger, Untersuchungen über Doppelgrate, Zeitschr. f. Geomorphol. Bd. III, 1927/28, S. 204—236. Manches allerdings von seinen Beispielen wird vielleicht anders zu erklären sein. Auf dem Mirnock, den ich wohl nur auf einer Orientierungstour besuchte, hatte ich den Eindruck »alter Verebnung mit Härtlingsrippen«; der Δ ist jedenfalls durch die Widerstandsfähigkeit eines quarzreicheren Gesteinsstriches bestimmt. Genauere geologische Untersuchung wäre zu wünschen.

⁷⁾ Auch den geologischen Ausführungen Paschingers (S. 224 ff.) möchte ich nicht vorbehaltlos zustimmen; doch das macht für unser Problem nicht viel aus.

angerkogel 2354 — Maierstieg 2104 — Seckauer Zinken 2398, also 200 bis 300 m Schartung, und doch finden sich diese Formen auf jedem der drei Gipfel. Auch das Reisseck (2301 m, westlich von Turrach) überhöht die eine Scharte um 200, die andere um 300 m, und doch ist sein Gipfel durch eine mächtige abflußlose Schlucht gespalten. Richtig wird sein, daß solche heraustretende Gipfel sich oft zu Schneiden, Kanten usw. entwickeln, und dann fehlt die Ebenheit, auf der sich Dolinen bilden könnten.

Ebensowenig »fehlen diese Graterscheinungen einigermaßen tief eingescharteten Stellen« (Paschinger S. 216). Im Gegenteil, in den dafür in Betracht kommenden Alpengebieten finden sich sehr häufig in den großen Scharten zwei Rücken und dazwischen eine abflußlose Furche (in der Richtung des Kammes). So in der oben genannten Scharte zwischen Brandstetterkarkopf und Maierangerkogel; bei Turrach in der Scharte zwischen Mühlbacher- und Frauennock und die westlich vom Karlnock; auch in den Sölker Tauern habe ich dergleichen gesehen, die doch sonst, weil meist Schneiden, diesem Phänomen nicht günstig sind. Etwas verschieden scheint allerdings diese Doppelgratbildung in den Scharten von jener oben auf den Gipfelgraten wohl zu sein, es sieht meist so aus, als ob nur der eine Wall gewachsener Fels wäre, der andere aber eine Aufschüttung. Vielleicht spielen dabei die Wächten eine Rolle, die sich ja gerade in die Scharten mit besonderer Stärke hineinbauen.

Es ist auch nicht richtig, daß auf meridionalen Kämmen diese Formen fehlen oder sehr selten sind (Paschinger S. 217). So finden sie sich bei Turrach reichlich auf dem Grat, der vom Törlnock NNO zum Mühlbachernock und dann N zum Steinbachsattel zieht; und an dem Grat, der vom Törlnock gerade N über die Kagleiten zum Knappenriegel zieht, findet sich eine lange Terrasse mit Nischen, Wannern und Lachen⁸⁾, und zwar auf der West-, also der Wetterseite.

Ferner möchte ich nicht zustimmen, daß »alle Formen, bis auf die abgewehten Gratfirsten und die Steiflanken, vom Alpenrasen überkleidet« sind. Das mag stimmen am Goldeck, der Millstädter Alpe, der Gerlitzten, überhaupt dort, wo »die Faktoren der Doppelgratbildung erlahmen« (Paschinger S. 233). Wo aber die »blockerfüllten Furchen«, die auch Paschinger als letztes, dauerhaftestes

⁸⁾ Daß solche Wannernplatten »stets leeseitig dem Grat vorgelagert« sein müßten (Pasch. 220), geht offenbar auf Beobachtungen anderer Größenordnung zurück, auf jene Erscheinung, welche ich in Zeitschr. f. Geomorphol. VII, 1933, S. 285—290 als »Ungleichseitigkeit der Gebirgskämme« beschrieben habe.

Relikt bezeichnet (S. 233), nicht verwachsen sind, funktioniert offenbar die unterirdische Entwässerung, und die Wannernform wird weitergebildet⁹⁾. Ob und wie, hängt daher nicht allein vom Klima ab, sondern ebenso vom Gestein. So finden sich alle die erwähnten Wannernformen ausgezeichnet ausgebildet im Bereich des Turracher Karbonkonglomerates, das fast keine Verwitterungserde liefert und fast keine Vegetation zuläßt. Da bleiben die Klüfte unverschmiert, und die Wannernform kann sich weiter entwickeln. Aber auch der Kamm westlich der Millstädter Alpe, der am Kampelnock so ausgezeichnet zerspalten erscheint (Paschinger S. 210), besteht aus einem fast reinen Quarzit des Priedröfhorizontes, der ebenfalls keine Erde liefert und wenig bewachsen ist.

Zweifellos ist die besprochene Erscheinung an einen klimatisch bestimmten Höhengürtel gebunden¹⁰⁾, etwa die höhere Almzone. Ebenso wie die erwähnten Gesteine gibt Vorherrschen der mechanischen vor der chemischen Erosion wenig Verwitterungserde, mehr Grus, und den bläst dann der Gratwind aus. Die obere Grenze ist dann dadurch gegeben, daß allzulange Schneebedeckung konserviert, nicht erodiert. Das Zusammenwirken von Frostsprengung, unterirdischer Entwässerung und Ausblasung genügt in diesen Höhen immer, »eine ursprüngliche Ebenheit zu zerstören« (Paschinger S. 216), deren Vorhandensein ja die unerläßliche Vorbedingung ist, damit sich Wannernformen überhaupt entwickeln können¹¹⁾. Es ist wohl kaum nötig, besondere klimatische Faktoren oder eigene Angriffsweisen derselben (Paschinger S. 229 ff.) zur Erklärung heranzuziehen. Ebenso ist der Einfluß, welchen die Tektonik auf diese Erscheinung hat, nur ein allgemeiner, indirekter und ziemlich geringer, wie schon Paschinger mit Recht hervorgehoben hat (S. 224 ff.). Hauptsächlich ist es stärkere Klüftung, welche sowohl die Ausräumung als die Entwässerung der Wannern begünstigt¹²⁾. Fälle von

⁹⁾ So sind im Seckauer Gebiet die Blockstreuungen meist von Erde und Rasen frei. Auf die Tümpel und Suhlen in solchen Dolinen ist nicht viel zu geben, sie können leicht künstlich hergestellte Viehtränken sein. Vielleicht sind sie deswegen gerade in Kärnten häufiger als sonst (Pasch. 221), weil dort die Almwirtschaft auch in anderem sorglicher betrieben wird?

¹⁰⁾ Für diesen Zusammenhang ist die Beobachtung wichtig, daß bei Turrach ungefähr in gleicher Höhe wie in dem so günstigen Karbonkonglomerat die Dolinenbildung auch in dem Phyllit vorkommt (der genannte Schoberriegel), der bei der Verwitterung viel Erde liefert und daher weniger günstig ist.

¹¹⁾ Das gilt natürlich auch fürs Kalkgebirge, auch da können Dolinen nur auf Abflachungen entstehen.

¹²⁾ Vgl. dazu Aigner a. a. O. S. 298 ff.

direkter Einwirkung durch junge Verwerfung oder auch nur Absitzen, Felschlupf, habe ich nicht gesehen. Im Gegenteil, am Karlnockgipfel (Turrach) sieht man den Beginn eines Felsbruches: das ist eine Spalte, keine Dolinenreihe, und lange, bevor solche Feinmodellierung zustande kommen könnte, wird der abgesprengte Klotz zur Gänze den Steilhang zur Rosanin hinabgewandert sein. In diese Kategorie könnten vielleicht aber Kleinformen gehören, die etwa wie eine Brustwehr aussehen; oben, wo die Verebnung in den Hang übergeht. Ich kenne sie aus dem Phyllitgebiet bei Turrach (z. B. Schoberriegel — Ostgipfel 2226 m) und aus den Glimmerschiefern von Groß-Sölk (Niedere Tauern). Diese sind immer mit fester Grasnarbe überzogen. Können entstehen durch ein geringes Rutschen im Schieferschutt, das die Grashaut nicht zerrissen, sondern nur zu einer kleinen Falte aufgeschoppt hat. Solche Brustwehren haben keine lange Erstreckung. Sie sollten wohl nicht mit den Doppelgraten im Sinne Paschingers vermischt werden.

Paschinger (S. 234) wirft die Frage auf, ob die »Öfen der Koralm« aus zerstörten Doppelgraten hervorgegangen wären. Dies möchte ich verneinen. »Öfen« sind eine Form der Mittelgebirgsverebnungen, sozusagen Zwergformen von Inselbergen, außerdem Vorzeitformen, viele davon sind heute vom Wald überwuchert, ihr Verbreitungsgürtel liegt viel tiefer als jener der Dolinen, Doppelgrate etc. So beginnen sie in der Oststeiermark schon auf der 1000-m-Verebnung (Buchkogel bei Pöllau und Tommer bei Vorau) und gehen etwa bis 1500 m (Teufelstein bei Fischbach, auch einige Felsgruppen im Ostrücken des Wechsels werden kaum höher liegen¹³⁾: das entspricht genau denen der Variskischen Rumpfflächen; das nächstgelegene Beispiel dürfte der Dreissesselberg, 1312 m, sein. Im Liesinggebiete, wo die Dolinen, Doppelgrate usw. 2100—2300 m hoch liegen (siehe oben), fand ich einen typischen »Ofen« aus söhlig gelagertem Rannachkonglomerat im Kamm Feistererhorn—Seitnerberg in ca. 1500 m auf der Kuppe knapp NO von Kote 1480 (Spez.-Karte), und zwar ganz im Wald.

¹³⁾ Das wird nicht etwa bloß durch die Höhe der Erhebung begrenzt, auf den Kämmen, die dort auch bis über 1700 m gehen (Pretul, Stuhleck, Hochwechsel), finden sich solche Öfen nicht. In der Koralm dürften sie etwas höher liegen, vielleicht von 1400 m aufwärts, aber im eigentlichen Gipfelgebiet kommen sie auch dort nicht mehr vor. Kieslinger (Sitzber. Akad. Wien, math.-nat. Kl. Abt. I, 1927, Bd. 136 — Paschinger zitiert irrig Bd. 135 —) gibt leider keine bezügliche Zusammenstellung; aber er hebt ebenfalls die Verbindung mit alten Verebnungen hervor und verneint (im Anhang) die Verbindung mit Doppelgraten.

Besprechungen

W. H. Bucher, *The Deformation of the Earth's Crust. An inductive approach to the problems of Diastrophism.* Princeton University Press 1933. 518 S. mit 100 Fig. im Text und 6 Taf.

Manche Äußerlichkeiten dieses interessanten Buches werden den europäischen Leser befremden. Besonders, daß genau die Form eines Lehrbuches, wie sie in den Vereinigten Staaten ausgebildet worden ist, festgehalten wird, mit systematischer Kapiteleinteilung, Definitionen und Erklärungen der verwendeten *Termini* — leider auch mit einiger Vermehrung des bezüglichen Wortschatzes — und der ausdrücklichen Zusammenfassung des in jedem Abschnitt gewonnenen Ergebnisses als Gesetz (*»law«*) oder, wenn von geringerer Gewißheit, als Meinung (*»opinion«*) in einigen kurzen einprägsamen Sätzen. Diese Methode mag für Lehrbücher, in Sonderheit elementaren Inhaltes, Vorteile haben, und die Pädagogen sollten die bezüglichen, auf einer langen, wenn auch von unserer Hochschulart verschiedenen, Unterrichtserfahrung beruhenden Gewohnheiten der Amerikaner ernstlich studieren. Aber das Buch, welches Bucher hier vorlegt, ist kein Lehrbuch, und gewiß nicht elementar. Es handelt sich um einen Versuch einer um- und zusammenfassenden Darstellung der Theorie der Gebirgsbildung. B. beschreitet dabei vielfach neue Wege, und bringt neue eigene und eigenartige Gedanken.

Ganz besonders, schon im Untertitel wird der induktive Charakter der mitgeteilten Gedankengänge hervorgehoben. Das ist an sich durchaus zu loben, die Geologie ist ihrem Wesen nach eine induktive Wissenschaft. Aber darüber, wie weit dieses Ziel erreicht wurde, und wie weit es überhaupt erreicht werden kann, scheint der geistreiche Autor sich doch gewissen Selbsttäuschungen hinzugeben. Dergleichen kann leicht vorkommen, und ist auch schon anderen zugestoßen. Es sei hier nur an Davis erinnert, der seine Methode durchaus für rein deduktiv gehalten wissen wollte, während es sich doch nur darum handelte, die Spuren der mühsam induktiven Arbeit, ohne welche Naturerkenntnis nirgend gewonnen werden kann, in der eleganten, für den Schüler bestimmten Darstellung sorgfältig zu verbergen. Umgekehrt ist es aber sicherlich nicht möglich, wirklich rein induktiv ein derart geophysikalisch orientiertes Thema zu behandeln, wenn nicht die Massen des Beobachtungstoffes auf den Ariadnefaden einer anderweit fundierten Grundvorstellung aufgefädelt werden können.

Die Grundlage des Bucherschen Gedankenganges ist die alte »Geosynklinaltheorie der Gebirgsbildung«. Er erkennt aber gewisse Schwierigkeiten