

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

1911. Heft II

Mai- bis Julisitzung

München 1911

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Durchlöcherzte Berge und orographische Fenster.

Von **Siegmond Günther.**

Vorgetragen in der Sitzung am 1. Juli 1911.

Seit längerer Zeit darauf ausgehend, solche Oberflächenformen auf ihr geographisches Vorkommen und auf ihre genetischen Verhältnisse zu prüfen, welche durch die Besonderheit ihrer äußeren Erscheinung, durch ihren malerischen Charakter ins Auge fallen, hat der Verfasser derartigen Gebilden eine Reihe von Abhandlungen¹⁾ gewidmet. Zu diesen ungewöhnlichen Naturformen kann man nur ausnahmsweise auch die Höhlen rechnen, denn zumeist liegen diese verborgen und müssen besonders aufgesucht werden, wenn man sich über ihre Eigenart näher unterrichten will. Immerhin gibt es unter ihnen auch einzelne Exemplare, welche jedem Beschauer sich sofort bemerklich machen und ein Recht darauf haben, als pittoreske Naturphänomene angesprochen zu werden. Das sind in erster Linie jene Hohlräume, welche ein ganzes Bergmassiv durchsetzen und somit ganz zutreffend als orographische Fenster²⁾ bezeichnet werden können.

¹⁾ Glaziale Denudationsgebilde im mittleren Eisacktale, Sitzungsber. d. K. Bayer. Akad. d. Wissensch., Math.-phys. Kl., 1902, S. 459 ff.; Erdpyramiden und Büßerschnee als gleichartige Erosionsgebilde, ebenda, 1904, S. 394 ff.; Neue Beiträge zur Theorie der Erosionsfiguren, ebenda, 1906, S. 477 ff.; Ein Naturmodell der Dünenbildung, ebenda, 1908, S. 139 ff.; Wackelsteine, ebenda, 1910, S. 316 ff.; Pittoreske Erosionsgebilde, Wissenschaftl. Rundschau, 1911, S. 157 ff.

²⁾ Das Beiwort dürfte unerläßlich sein, weil bereits die Stratiographie auf das Hauptwort die Hand gelegt und den Begriff Geologi-

Von ihnen, die im Zusammenhange anscheinend noch niemals betrachtet worden sind, soll im folgenden gehandelt werden¹.) Allerdings muß dabei noch einer Einschränkung gedacht werden, weil sonst das Gebiet einerseits zu ausgedehnt werden würde, und weil zweitens auch eine Klasse von Vorkommnissen mit einzubeziehen wäre, deren Wesen doch in mancher Hinsicht ein sehr verschiedenes ist. Diese Klasse umfaßt die sogenannten Felsentore und Naturbrücken.

Was zunächst die ersteren anlangt, als deren klassischer Vertreter das berühmte Prebischtor der Sächsischen Schweiz gelten kann²), so ist ja eine gewisse Analogie zu den uns be-

sches Fenster geprägt hat. Wir lesen bei Alb. Heim (Der Bau der Schweizer Alpen, Neujahrsblatt d. Naturforsch. Gesellsch. auf das Jahr 1908, Zürich, S. 17): „Ein Erosionsloch, durch das die junge Unterlage unter einer Decke älterer Gesteine herauschaut, heißt ein Fenster.“ Ebenso gebraucht dieses Wort W. Paulcke (Beitrag zur Geologie des „Unterengadiner Fensters“, Verhandl. d. Naturwissensch. Ver. zu Karlsruhe, 23. Band, S. 31 ff.). Die Darstellung des Unterengadins als Fenster in solchem Sinne geht diesem Autor zufolge zurück auf P. Termier (Les nappes des Alpes Orientales et la synthèse des Alpes, Bull. de la Soc. Géol. de France, (4), 2. Band, 1909). Während das Wort hier mithin bloß figürlich gebraucht wird, nehmen wir es in buchstäblichem Sinne, sowie das auch, wovon später, die spanische Sprache tut. Das Gebirge hat eine Öffnung, durch welche, wenn die Umstände sonst günstig gelagert sind, das Firmament hindurchschaut, durch welches man, wie durch ein künstlich hergestelltes Fenster, auf die andere Seite hinüberblicken kann.

¹) Bei der Sammlung des sehr zerstreuten und, wie erwähnt, noch nicht umfassend dargestellten Materiales haben dem Verfasser zwei mit der wissenschaftlichen Alpinistik besonders vertraute Forscher ihre Unterstützung geliehen, Prof. Dr. Albert Heim in Zürich und Professor Eberhard Fugger in Salzburg. Beide wiesen auf minder bekannte Literatur und auch auf überhaupt noch nicht beschriebene Fälle hin. Ihnen beiden sei deshalb verbindlicher Dank für ihre Mitwirkung ausgesprochen. Solchen schuldet der Verfasser auch Herrn Professor Belar (Laibach).

²) Von der Bildung solcher Naturbogen, besser Felstore, handeln A. v. Gutbier (Geognostische Skizzen aus der Sächsischen Schweiz, Leipzig 1858, S. 98 ff.) und A. Hettner, Gebirgsbau und Oberflächen-gestaltung der Sächsischen Schweiz, Stuttgart 1887, S. 294 ff.). Die all-

schäftigenden Gebilden unverkennbar, aber es ist bei ihnen die Entstehung, bei welcher die Korrasion eine entscheidende Rolle spielt, so einfach zu erklären, daß eine spezielle Untersuchung kaum am Platze erscheint. Ein Musterbeispiel, das man ebensowohl als Felsentor, wie auch als Naturbrücke aufzufassen berechtigt ist, liegt unmittelbar dem Gollinger Wasserfalle vor; man kann da den Auswaschungsvorgang auf das genaueste verfolgen¹⁾. Auch gewisse litorale Höhlen, die eine Felsmasse vollständig durchdringen, seien bloß kurz berührt, denn auch bei ihnen ist es zweifellos, daß die Bran-

gemeinen Fragen, auf welche es ankommt, hat in sehr gedrängter, aber allen wichtigen Punkten gerecht werdender Darstellung behandelt J. Früh (Über Naturbrücken und verwandte Formen mit spezieller Berücksichtigung der Schweiz, St. Gallen 1905). Als besonders beachtenswerte Formen nennt er nach P. Egli (Beitrag zur Kenntnis der Höhlen in der Schweiz, Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich, 1905, S. 296) die Naturbrücke im Hölltobel (Kanton Schwyz), die „Pierre Pertuis“ bei Tavannes (Schweizer Jura), die „Kärpfbrücke“ (Kanton Glarus), den „Pont d'Arc“ (Martel, Les Cévennes, Paris 1890, S. 291; Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Band, Stuttgart 1894, S. 73; im Dép. d'Ardèche) und je ein interessantes Beispiel aus dem Tale Toggenburg (bei Krummenau), bei Rapperswil („Martinsbrünneli“), bei Gondo an der Simplonstrasse und im nordamerikanischen Staate Arizona. Beigefügt zu werden verdient aus der Schweiz noch der „Pont mystérieux“ aus der Klamm Gouffre de la Tête-Noire zwischen Martigny und Chamonix. Es leuchtet ein (Früh, a. a. O., S. 12), daß die örtliche Nomenklatur für derartige Gebilde eine sehr reichhaltige sein muß; zumal für verkarstete Länder gilt dies (vgl. W. v. Knebel, Höhlenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Karstphänomene, Braunschweig 1906). So kann man dergleichen schon im Bereiche des manche charakteristische Karstform aufweisenden Fränkischen Jura konstatieren; es sei nur an die bekannte Riesenburg erinnert.

¹⁾ Verwiesen sei auch auf das in seiner äußeren Gestalt einem künstlich hergestellten Durchlaß überaus ähnliche Felsentor Claforat (furlanisch = *pietra forata*, durchbohrter Fels) in der Nähe von Enemonzo. Von einem Falle im Kl. Walsertale berichtet Förderreuther (Die Allgäuer Alpen, Kempten 1907, S. 76), von einem zweiten (bei Unteremmendorf in der Oberpfalz) eine vom Nordbayerischen Verkehrsverein herausgegebene Ortsbeschreibung (Das Altmühltal, Nürnberg, s. a., S. 64).

dungswoge, welche durch ungemessene Zeiträume das zermürbte und in seiner Struktur Verschiedenheiten aufweisende Felsgestein am Strande bearbeitete, dem fensterbildenden Faktor gleich zu achten ist. Die Insel Helgoland¹⁾ und die nor-

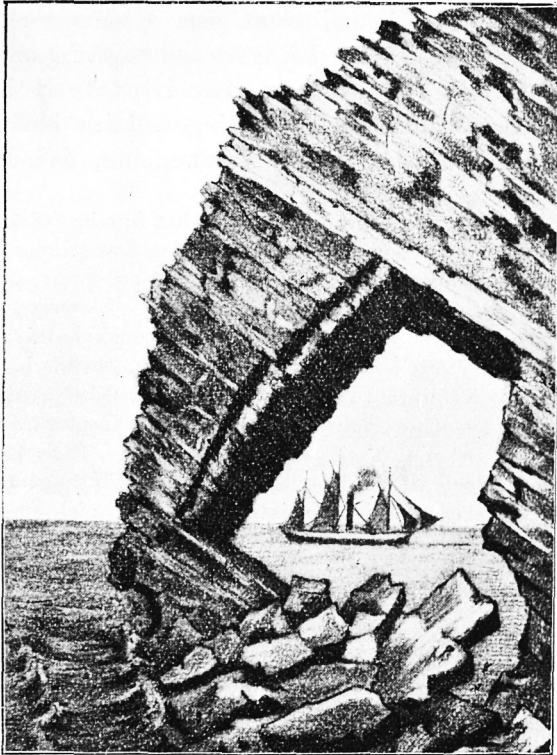


Fig. 1a.

¹⁾ Als zuverlässige Berater für den die früheren und gegenwärtigen Zustände der einsamen Insel Studierenden können die folgenden Veröffentlichungen genannt werden: K. M. W. Wiebel, *Die Insel Helgoland: Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart vom Standpunkt der Geschichte und Geologie*, Hamburg 1848; E. Lindemann, *Die Nordseeinsel Helgoland in topographischer, geschichtlicher, sanitärer Beziehung*, Berlin 1890; Tittel, *Die natürlichen Veränderungen Helgolands und die Quellen über dieselben*, Leipzig 1894.

mannische Küste Frankreichs¹⁾ gestatten die Verfolgung des Prozesses, und zwar enthält vorzugsweise die erstere zahlreiche Zerstörungen in verschiedenen Stadien; tiefe Löcher sind in den Uferfels hineingespült, und endlich klappt das breite

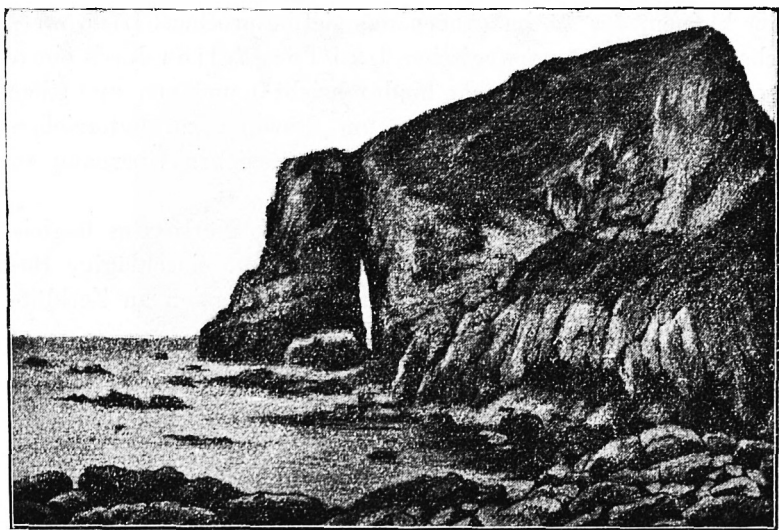


Fig. 1 b.

Tor, welches jedoch nur selten eine längere Lebensdauer besitzt und zuletzt zusammenbricht. Das im Jahre 1865 eingestürzte Mörmersgatt (Fig. 1a) gibt einen vortrefflichen Beleg in dieser Beziehung²⁾; ein hinsichtlich der Breitenausdehnung sehr verschiedener tritt in die Erscheinung in Fig. 1b, welche wir nach einer Photographie von E. Chaix wiedergeben. Der schmale Felsenspalt findet sich im Granit der Kanalinsel Jersey. Weit dauerhafter wird allem Vermuten nach der „Arco naturale“ (Fig. 2) auf der Insel Lacroma nächst

¹⁾ Vgl. G. v. Zahn, Die zerstörende Arbeit des Meeres an Steilküsten nach Beobachtungen in der Bretagne und Normandie in den Jahren 1907 und 1908, Halle a. S. 1909.

²⁾ Wiebel, a. a. O., S. 205.

Ragusa¹⁾ sich erweisen, weil er etwas über der normalen Wasserlinie liegt und angesichts des fast gänzlichen Fehlens von Ebbe und Flut im Adriatischen Meere die Brandung nur ausnahmsweise und gelegentlich ihr Zerstörungswerk fortzusetzen vermag. Was diese Durchbohrung einer Küstenwand im kleinen, das ist im großen das viel besprochene Loch, welches sich auf der norwegischen Insel Torghatten durch einen recht stattlichen Bergklotz hindurchzieht²⁾ und von uns einer eingehenden Erörterung schon um deswillen zu unterziehen ist, weil wir auf diese Weise einen natürlichen Übergang zu unserem Hauptprobleme erhalten.

Die nördlich von Trondjem die Küste Norwegens begleitenden Felseilande sind nach Vibe, dessen einschlägige Beschreibung³⁾ wohl die beste vorhandene ist, reich an Zerklüf-

¹⁾ Als Resultat der Klippenbrandung kennzeichnet ihn richtig Band (Dalmatien, das Land der Sonne, Wien-Leipzig, s. a., S. 87 ff.). Wohl genau ebenso verhält es sich mit dem „Bürgermeistertor“ auf der nördlich von Norwegen gelegenen Bäreninsel (O. Torell-A. E. Norden-skiöld, Die schwedischen Expeditionen nach Spitzbergen und Bären-Eiland in den Jahren 1861, 1864 und 1868, deutsch von L. Passarge, Jena 1869, S. 391). Andere einschlägige Beispiele zitiert Fröh (a. a. O., S. 24 ff.) von Neu-Seeland und Irland, sowie von der Normandie („Roche percée“ bei Lorient). Hierüber gibt auch Aufschluß F. Ratzel (Die Erde und ihr Leben, 1. Band, Leipzig 1902, S. 378 ff.). In Kalifornien, China, Japan, überall, wo die Brandungswooge einer Steilküste stark zusetzt, lassen sich Felstore nachweisen, deren Familienähnlichkeit mit denen von Helgoland unverkennbar ist.

²⁾ Das Wort würde deutsch durch „Markthut“ wiederzugeben sein. Die Etymologie wird beim Betrachten der Abbildung verständlich; auf ziemlich flachem Grunde, der die Krempe des Hutes abgibt, erhebt sich der Fels einem Bienenkorbe ähnlich. Er ist mehrfach angebrochen und in der Mitte ganz durchlöchert. Zahlreiche kleine Scheren umsäumen den Inselfuß.

³⁾ A. Vibe, Küsten und Meer Norwegens, Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 1, Gotha 1860, S. 6 ff. Vom 65. Parallel an ändert sich das Aussehen der vom Festland losgelösten Inseln; die Böschung wird steiler, die Basis der spitz aufragenden Berge kleiner, das Gesamtbild großartiger. „Torgatten bietet eines von diesen wunderbaren Naturschauspielen dar, das wegen seiner riesenhaften, im-



Fig. 2.

ponierenden Dimensionen umsoviel größeres Erstaunen bei dem Beschauer erweckt“. Aus weiterer Entfernung geht der Anblick des Vorlandes verloren, so daß der Fels direkt aus dem Wasser aufzusteigen und auch viel höher zu sein scheint, als er in Wirklichkeit ist. So hat ihn denn auch L. v. Buch (Reise durch Norwegen und Lappland, 1. Teil, Berlin 1815, S. 273) gewaltig überschätzt, nämlich auf 2000 Fuß, während die Höhe nicht ganz 1000 Fuß beträgt. Es ist dies deshalb begreiflich, weil er die Insel nur aus weiter Ferne sah, wie er denn auch von der Durchbohrung gar nicht spricht. Nachstehend seine eigenen Worte: „Nun zeigt sich die sonderbare Gestalt Torghalten (sic!), die schon von sehr weit Helgelands Grenzen bezeichnet; das ist ein Berg wie eine Pyramide steil und prallig, bis vielleicht 2000' Höhe. Man sieht ihn

tungen; eine solche geht auch Ridoehullet¹⁾ auf Moskenäsö (68° 2' n. Br.) quer durch den Inselkörper hindurch. Alle diese Höhlen treten aber weit in den Hintergrund, wenn man sie (Fig. 3) mit Torghatten (65° 24' n. Br.) vergleicht. Eine hohe, gewölbte Öffnung durchdringt in der Horizontalen — der Meeresabstand der beiden Mundlöcher des Stollens ist nahezu gleich — den ganzen Felskoloß; die Wände steigen senkrecht an und sind geglättet, so daß man fast versucht wäre, an eine menschliche Tätigkeit zu denken. „Es ist ein unbeschreiblich schöner und erhabener Anblick, durch dieses

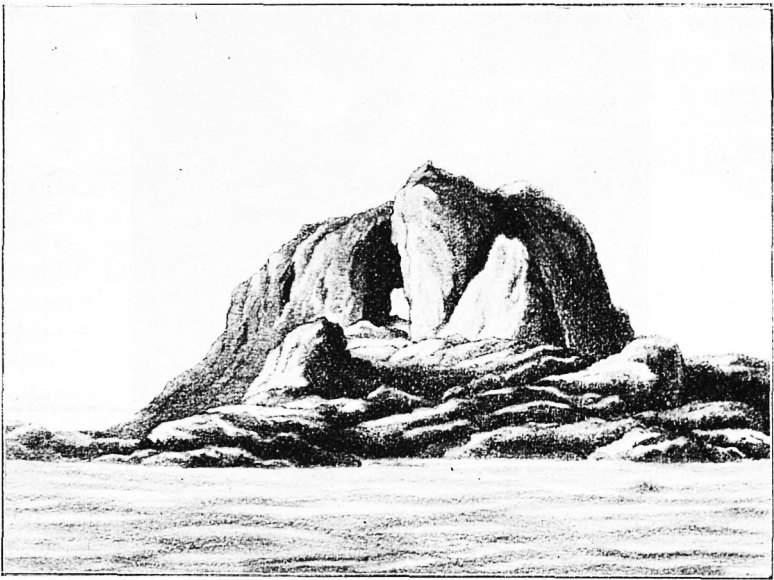


Fig. 3.

auf viele Meilen im Meer und er dient häufig den Schiffen zum Merkzeichen“. Früh (a. a. O., S. 26) erwähnt, daß da ein guter Beleg negativer Strandverschiebung vorliegt.

¹⁾ „Hullet“ ist gleichbedeutend mit Loch. Die anderen Höhlen reichen nicht bis zur gegenüberliegenden Bergwand, obwohl sie zum Teil auch eine beträchtliche Länge haben und Vibe einmal 250 Schritte weit in eine solche eindrang, ohne bis an das Ende zu gelangen.

Riesenteleskop das außen liegende Meer mit den unzähligen Inseln, Scheren und den davor sich brechenden Wellen zu beschauen, wenn dies alles von der Sonne beleuchtet erscheint.“ Nach v. Knebel¹⁾ beträgt die Seehöhe des Tunnelbodens 124 m, seine Länge 160 m, seine durchschnittliche Breite 17 m, und die Höhe des Hohlraumes schwankt zwischen 20 m und 75 m.

Darüber, daß die Wellen durch eine allerdings eigenartige Abrasion die Höhle gebildet haben, kann ein Zweifel kaum herrschen. Heutzutage wären sie hiezu freilich nicht mehr imstande, da ja, wie wir sahen, die Brandung jetzt nur noch den Sockel des Inselberges bespült. In früheren Zeiten dagegen war das anders, und wir haben ja gerade an der norwegischen Küste die allerbeste Gelegenheit, uns über die stetige negative Veränderung in der Lage der Küstenlinie zu orientieren, weil die bekannten, von vielen Reisenden beschriebenen Strandlinien nichts anderes als Wassermarken der Vergangenheit sind. Die auf sie bezüglichen Arbeiten der Norweger Mohn, Pettersen, Hansen, Kjerulf usw. hat Lehmann, verbunden mit eigenen Beobachtungen, in Deutschland bekannt gemacht²⁾, und in einem Einzelfalle wurde von Bravais dargestellt³⁾, daß ein Blasentanghorizont zur Bestimmung einer vorzeitlichen Strandlinie ebensogut wie eine von den Wogen herausgebrochene Hohlkehle verwendet werden kann. Es ist zwar nicht in Abrede zu stellen, daß die uns zugänglichen Einschnitte und Terrassen durchschnittlich niedriger als der Durchbruch am Torghatten gelegen sind und im wesentlichen mehr an den Steilküsten der Fjorde als an der freien Meeresküste vorkommen⁴⁾. Gleichwohl wird an der Abrasionshypothese

¹⁾ W. v. Knebel, Höhlenkunde, S. 174.

²⁾ R. Lehmann, Zur Strandlinienfrage, Zeitschr. f. d. ges. Naturwissenschaften, 53. Band, S. 280 ff.; Über ehemalige Strandlinien im anstehenden Fels in Norwegen, Halle a. d. Saale 1879.

³⁾ Vgl. hiezu Martin s-C. Vogt, Von Spitzbergen zur Sahara 1. Teil, Jena 1872, S. 152.

⁴⁾ Auf diese bemerkenswerte Tatsache lenkte unsere Aufmerksamkeit, wie es scheint, zuerst A. Penck (Morphologie der Erdoberfläche, 2. Band, Stuttgart 1894, S. 566).

nicht zu zweifeln sein, weil die Örtlichkeit allzu entschieden für sie spricht, und weil für sie auch ein von Vibe (a. a. O.) hervorgehobenes Moment ins Gewicht fällt. Der Boden des Tunnels ist so gut wie eben und von feinem Sande bedeckt, was in jedem Falle auf eine ausgiebige Arbeit des Wassers hinweist. Aber selbstverständlich muß das bewegte Wasser eine Stelle gefunden haben, an der es seinen Destruktionseffekt leichter als anderswo betätigen konnte, und insofern sind die Betrachtungen, welche demnächst über Durchstoßungshöhlen überhaupt anzustellen sein werden, auch für diesen Grenzfall maßgebend. Genau das gleiche muß für je eine ähnliche Höhlenbildung gelten, welche in dem zitierten Werk v. Knebels (a. a. O.) von Island und den Fär-Öern angeführt werden. Hier zeigt sich die Torhöhleninsel, die somit ihr auszeichnendes Merkmal im Namen erkennen läßt, dort erscheint die Nadelinsel von einer perforierenden Strandhöhle durchschnitten. Grundsätzlich sind solche Strandhöhlen nicht verschieden von anderen bekannten Naturspielen dieser Art, wie wir sie etwa in der Fingalshöhle der Basaltinsel Staffa oder in den wegen charakteristischer Farbenphänomene diesen Namen führenden blauen Grotten von Capri und Busj (Dalmatien) kennen. Die Stoßkraft des brandenden Meeres war entweder nicht groß genug oder die Mächtigkeit der Gesteinsmasse war zu groß, und so bildete sich nur jene Hohlform heraus, für welche neuerdings das Wort Halbhöhle¹⁾ gebräuchlich geworden ist.

Wir wenden uns nunmehr der Bergdurchbohrung im engerem Sinne zu, den Naturtunnels, die sich in größerer Höhe befinden, bei deren Aushöhlung andere Kräfte, als die bisher in Betracht gezogenen, als hauptsächlich tätig anzunehmen sind. Das Material, welches zur Entscheidung der einschlägigen morphologischen Fragen zu Gebote steht, wird sich wahrscheinlich noch sehr vermehren lassen; für den Augen-

¹⁾ Über Halbhöhlen und die Formen, welche sich diesem Gattungsbegriffe einordnen lassen, verbreitet sich v. Knebel (a. a. O., S. 171 ff.).

blick indessen sind es die folgenden Erscheinungen, auf deren Studium unsere Erklärung der orographischen Fenster beruht. Im ganzen handelt es sich um siebzehn Örtlichkeiten:

1. Breitenstein in Oberbayern,
2. Drachenloch am Untersberg,
3. Nixlöcher an der Drachenwand im Salzkammergut,
4. Teufelslöcher am Hochkönig in den Berchtesgadener Alpen,
5. Melkerloch am Birnhorn im Mitterpinzgau,
6. Prestrelenik und Prisanig in den Grenzgebieten von Krain, Kärnten und Venetien,
7. Martinsloch an den Tschingelhörnern (Grenze von Glarus und Graubünden),
8. Säntisgruppe mit mehreren Fenstern,
9. Wildkirchlihöhle im Kanton Appenzell (Innerrhoden),
10. Mürtchenstock am Walensee,
11. Hochloch am Kistenpaß (Grenze von Glarus und Graubünden),
12. Böser Faulen im Kanton Glarus,
13. Chriesiloch am Pilatus,
14. Martinsloch am Eiger (Berner Oberland),
15. Aiguilles Rouges in der Montblancgruppe,
16. Monte tafonato in Korsika,
17. Sierra de la Ventana in Argentinien.

Ehe wir in die Besprechung der Einzelheiten eintreten, wollen wir uns mit den Möglichkeiten beschäftigen, von denen a priori die Fensterbildung abhängen kann. Es ist leicht einzusehen, daß petrographische, tektonische, erosive Bedingungen gegeben sein müssen, wenn in namhafter Entfernung vom Erdboden die Agentien, von deren Vorhandensein jedwede Höhle abhängig ist, mit hinreichender Kraft einsetzen sollen, um die Durchlochung eines vielleicht nicht einmal besonders mächtigen Felsrückens zuwege zu bringen.

Daß die Gesteinsbeschaffenheit nicht gleichgültig ist, bedarf keines Beweises. Denn, wenn der Fels ganz homogen

ist, wird sich weit weniger leicht ein Ansatzpunkt zur Herausschälung einer zunächst nur geringfügigeren Menge von Materie ergeben, als wenn sich die betreffende Wand aus Substanzen von abweichender Widerstandskraft gegen äußere Einwirkungen zusammensetzt. Weiches Gestein, in härteres eingebettet, wird rascher und leichter erodiert, und es ist bekannt, daß es in ähnlichen Fällen zu ganz merkwürdigen Halbhöhlen- und sogar Seebildungen kommen kann¹⁾. Für minder wahrscheinlich möchten wir es hingegen halten, daß einzig und allein die Verschiedenartigkeit der Gesteine, aus denen ein Gebirgsglied besteht, die Entstehung eines wirklichen Tunnels zu veranlassen imstande war. Es müssen da vielmehr noch jene anderen Ursachen mitwirken, auf welche vorhin hingewiesen ward. Daß tektonische Veränderungen hier weit einflußreicher sind, als man vielleicht auf den ersten Blick zu glauben geneigt sein könnte, wird eine Durchmusterung der obigen Tabelle außer Zweifel stellen. Diejenigen Bewegungen, welche sich radial vollziehen und Sprünge, Verwerfungen, Horst- und Grabenbildung im Gefolge haben, werden nicht viel zu bedeuten haben, wie denn auch in Massengebirgen, die unter dem Zeichen solcher Vertikalkräfte stehen, durchgehende Naturhöhlen nicht vorkommen. Desto bedeutsamer sind die tangentialen, in Lateralschub sich auslösenden Bewegungsimpulse, welche den Faltengebirgen zum Dasein verholfen haben, und gerade in diesen letzteren sind auch die

¹⁾ Als ein typisches Beispiel möge der kleine Telpssee im Karwendelgebirge dienen, der von R. Schaefer (Über die geologischen Verhältnisse des Karwendels in der Gegend von Hinterriß und um den Scharfreiter, München 1888, S. 27) als reines Erosionsbecken definiert worden ist. Eine Reihe von Schichten, die unter ungefähr 45° fallen, streicht am steilen Bergabhänge zutage aus, und unter jenen der Triasperiode ist der Plattenkalk den Kößener Schichten an Widerstandsfähigkeit gegen die Ausnagung durch die Atmosphärrillen weit überlegen. Deshalb bildet er einen festen Rand um die Aushöhlung, welche in den obersten Triasbänken und auch noch in dem darüber liegenden untersten Jura vor sich ging, und als die so präformierte Mulde sich nach und nach mit Wasser füllte, war die Seebildung vollzogen.

durchbohrten Berge zu Hause. Fallen doch von unseren vierzehn Vorkommnissen nicht weniger als zwölf auf die Alpen, das klassische Gebirge des Faltungsprozesses. Es ist denkbar, daß ein Loch unmittelbar aufgequetscht wird¹⁾; zumeist allerdings wird nur jene Stelle einer Falte, bei welcher die stärkste Materialbeanspruchung zu konstatieren ist, den Angriffen der zerstörenden Kräfte am meisten ausgesetzt sein. Wenn eine gewöhnliche Höhle in der Nähe eines Berggipfels entstanden ist, so wird gewiß an eine nicht unerhebliche Mitwirkung der geodynamischen Einflüsse zu denken sein²⁾. Und so gut man gewisse Seen als tektonische Bildungen, nämlich als durch Aufspaltung einer Antiklinale entstanden sich denken kann³⁾, ebensowohl wird man sich die Vorbereitung einer Durchlochung in solcher Weise zurechtlegen können. Freilich aber wird gewöhnlich der dritte der oben genannten Faktoren notwendig sein, um zu Ende zu führen, was durch

¹⁾ Die früher vom Verfasser (Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 900) ausgesprochene Ansicht, daß die Geotektonik mit der Höhlenbildung nicht allzuviel zu tun haben möge, ist derselbe einigermassen zu modifizieren geneigt. Gerade die Höhlen, insbesondere auch diejenigen des Karstes, für welche Gebirgsformation jene ja eine so gewichtige Rolle spielen, legen die Überzeugung nahe, daß die Erosion, so wichtig sie in Karstregionen sich nach der mechanischen wie chemischen Seite betätigt, nicht ausreicht, um der Vielgestaltigkeit der bezüglichen Phänomene gerecht zu werden.

²⁾ Speziell für die in sehr großer Höhe gelegene Höhle an einem der bekanntesten bayerischen Aussichtsberge ist eine tektonische Entstehungsursache bestimmt in Anspruch genommen worden (J. Baumann, Eine Höhle im Wendelstein, Mitteil. d. Deutsch-Österreich. Alpenver., 9. Jahrgang, S. 261 ff.). Den Gedanken scheint zuerst Buckland (Über die Entstehung der Höhlen, N. Jahrb. f. Mineral., Geol. und Paläontol., 1837, S. 74) angedeutet zu haben.

³⁾ So erklärt Desor die bekannten Kombenseen im Schweizer Jura (Sur l'origine des lacs Suisses, Annales des sciences physiques et naturelles, 1870, S. 182 ff.). Man hat wohl, wie dies zumal durch O. Peschel (Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde, Stuttgart 1883, S. 165 ff.) geschah, die Desorsche Seenklassifikation zu sehr schematisch verallgemeinert, und deshalb hat sie manch begründeten Widerspruch erfahren, aber ein gesunder Kern liegt ihr allem Anscheine nach doch zu Grunde.

die beiden anderen begonnen und vielleicht bis zu einem gewissen Grade schon vollendet worden war.

Welche Modalität der Erosion dabei in Betracht kommt, wird in jedem Sonderfalle Gegenstand einer selbständigen Untersuchung sein müssen. Natürlich wird auch ein Zusammengreifen verschiedener Formen des Auftretens destruktiver Kräfte nicht ausgeschlossen sein. Im folgenden sollen also jetzt die

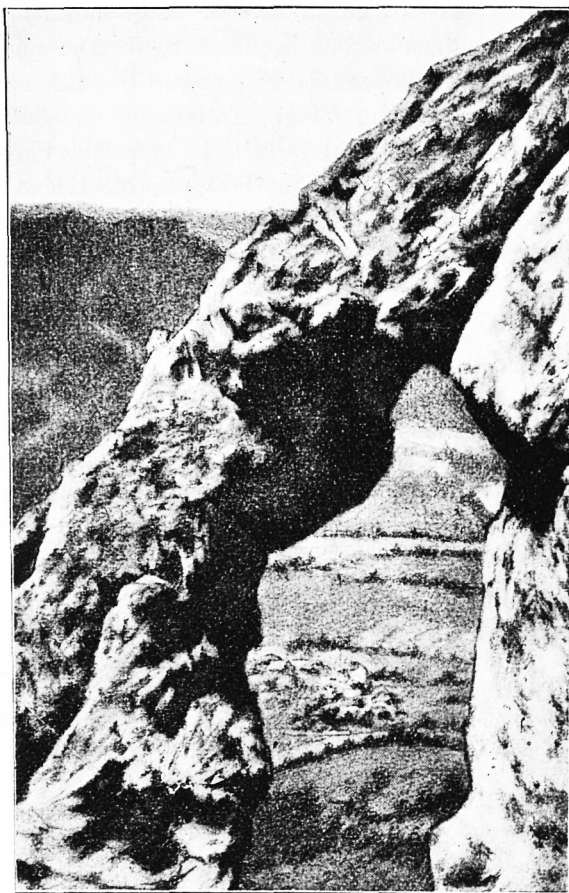


Fig. 4.

vorhin aufgezählten Fälle auf ihre individuelle Eigenart geprüft werden.

1. Die Höhlung am Breitenstein, einem Nachbarberge des Wendelsteins, erweist sich als ein Randfenster, so daß auf der einen Seite der Wand nur eine sehr geringe Dicke zukommt. Auch die Tiefe der Lücke ist nur eine geringe, und es wird deshalb angenommen werden dürfen, daß das rinnende Wasser eine durch Verwitterung gelockerte Stelle in der vorspringenden Bergflanke allmählich erweitert und in eine Höhle umgewandelt hat, deren gegenüberliegende Wandung zuletzt ebenfalls zermürbt und endlich entfernt worden ist. Unsere Abbildung (Fig. 4) wird genügen, um die Wahrscheinlichkeit einer solchen Deutung des genetischen Vorganges darzutun.

2. Der die oberbayerische Ebene beherrschende, sagenreiche Untersberg ist überaus reich an Höhlen, von welchen diejenigen, in deren Innerem sich Eis das ganze Jahr hindurch erhält, einer sorgfältigen Untersuchung und Beschreibung durch Fugger¹⁾ teilhaftig geworden sind. Von ihnen abgesehen, zeichnet sich das sogenannte Mausloch durch stattliche Dimensionen aus; es durchsetzt in einer Höhe von 689 m den Berg weithin, endet jedoch schließlich in einem vertikalen Schlunde, der in größerer Tiefe Wasser enthält. Für uns ist wichtiger das Drachenloch²⁾, welches indessen auch mehr nur als Randfenster zu betrachten ist. Nur befindet es sich nicht an der Seite, sondern nahe dem Kamme des Berges. Es ist etwa 6 m hoch, 3 bis 4 m breit. Von einem geeigneten Punkte der Landstraße zwischen Grödig und St. Leonhard aus kann man durch

¹⁾ Fugger, Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges bei Salzburg, Salzburg 1888.

²⁾ Die Tradition verlegt mit Vorliebe in Berghöhlen die Wohnstätte der Fabeltiere, deren Realität noch bis in die neuere Zeit hinein kaum ernsthaft angezweifelt wurde (Goethe: „In Höhlen wohnt der Drachen alte Brut“). Im Zusammenhange hat, was sich über die verächtlichen Örtlichkeiten erkunden ließ, dargestellt Frey lauff (Salzburger Volkssagen, Wien-Pest-Leipzig 1880).

das Loch den blauen Himmel wahrnehmen. Früher existierte ein ähnlicher Felsbogen unmittelbar vor den sogenannten „Windlöchern“, allein derselbe ist seit dem Jahre 1875, aus welchem Fuggers Zeichnung¹⁾ stammt, in sich zusammengebrochen.

3. Zwischen den drei Seen Fuschl-, Mond- und St. Wolfgangsee erhebt sich ein Gebirgsstock, der in etwa 800 m Höhe einen teilweise vertorften Grund, das „Wildmoos“, umschließt. Nördlich begrenzt die Mulde die bis zu 1169 m ansteigende Drachenwand, und an dieser befinden sich zwei Fenster, deren eines vom Marktflecken Mondsee aus gesehen werden kann. Das andere, das Nixloch im engeren Sinne²⁾, liegt ungefähr 10 m unter der Kammhöhe an einem Orte, wo die Felswand 60 m Dicke aufweist. Die Durchbohrung schien früher keine vollständige zu sein, indem Trümmergestein den jenseitigen Ausgang verstopfte, aber bei nochmaliger Begehung des Terrains fand sich, daß eine allerdings schmale Öffnung existierte, durch welche Wasser auslief. Nach Fugger hatte sich hier der alte See, von dem jetzt im tiefer gelegenen Eibensee nur noch ein schwacher Rest zu erkennen ist, einen Durchgang durch das ihn umgebende Gestein erzwungen; an dem benachbarten Feldberg seien alte Strandmarken, Aushöhlungen, die nur von dem Wellenschlage des bewegten Wassers herrühren können, deutlich zu unterscheiden. Das petrographische Moment macht sich bei dieser Höhlenbildung sehr deutlich geltend. Die Basis der Drachenwand wird gebildet von Raibler Schichten, die an der Nordseite anstehen und sehr undurchlässig sind, während die Perforation sich gerade an der Trennungsfläche zwischen

¹⁾ Fugger, a. a. O., S. 74.

²⁾ Hierüber gibt Aufschluß eine Abhandlung von Fugger (Salzburgs Seen, VI., Mitteil. d. Gesellschaft f. Salzb. Landeskunde, 43. Band, S. 91 ff.). Eine anderweite Schilderung der offenbar sehr interessanten Gegend scheint es nicht zu geben, auch nicht in den alpinen Fachzeitschriften. „Nix“ ist in der Volkssprache einerlei mit jener emailartigen Überkleidung der Wände und Böden vieler Tropfsteingrotten („gours“ im Französischen), welche anderwärts auch „Bergmilch“ genannt und von den Landleuten als Spezifikum gegen Menschen- und Viehkrankheiten angesehen wird.

jenen und dem darüber gelagerten Hauptdolomit befindet. Wenn Fuggers Vermutung zutrifft, so wäre, was die Durchgrabung des Felsens anlangt, eine gewisse Ähnlichkeit zwischen dem Loche der Drachenwand und dem der Insel Torghatten (S. 378) unverkennbar.

4. Der Weg auf die Wetterwand am Hochkönig, der höchsten Erhebung des unter dem Namen Übergossene Alp bekannten, in das Salztal vorspringenden Massivs führt zu zwei Felslöchern, bei denen statt des Drachen der Teufel Namensgeber war. Man kann dieselben auch von geeignetem Standpunkte im Tale aus sehen. Die Angabe des Trautweinschen „Führers“, daß nur das eine der beiden Teufelslöcher passierbar sei, ist in den späteren Ausgaben des Buches weggeblieben. Eine wissenschaftliche Charakteristik der beiden Öffnungen, die wohl auch noch mehr in die Klasse der Felstore gehören, dürfte bis jetzt noch nicht versucht worden sein.

5. Mit den Drachen- und Teufelslöchern konkurrieren als Schauplätze alter Märchen die Melkerlöcher¹⁾; sie kennzeichnen einen Ort, an dem der Böse einen Sennen geholt hat, der mit der seinem Herrn gehörenden Milch unredliche Manipulationen vorgenommen hat. Als Naturfenster ist nur eines von diesen Löchern zu bezeichnen, und zwar gehört dasselbe dem Mitterhorn des Birnhornstockes an, welcher südlich gegen das Tal von Leogang, westlich gegen die Ebene von Lofer abfällt. Nach Norden hat der Tunnel nur eine große Öffnung, nach Süden öffnen sich zwei Mundlöcher, ein kleines oberes in Kreuzform, ein größeres unteres von mehr länglicher Gestalt²⁾. Da der Gang sehr hoch (2150 m) gelegen ist, so genießt man eine prächtige Aussicht in das Salztal- und Saalachtal, sowie auf die Kette der Großen Tauern. Die Dimensionen sind: Länge gegen 6 m, Breite 3 m, Höhe über 2 m. Die Literatur kennt

¹⁾ Vgl. hiezu Frey lauff (a. a. O., S. 359 ff.).

²⁾ Diese Einzelheiten hat (s. o.) der Verfasser Herrn Prof. Fugger zu danken; bei Trautwein ist von dem Melkerloch nur als von „gewaltigem natürlichem Durchgang“ die Rede.

zwei Aufsätze über das Pinzgauer Melkerloch¹⁾. Daß das letztere seine Eigenschaft, ein richtiges orographisches Fenster geworden zu sein, in letzter Linie nur der Erosion der Atmosphärien verdankt, erhellt aus dem Umstande, daß die Bergwand am südlichen Steilabsturze nur höchstens 20 cm dick gewesen ist. Die Höhle als solche wird, da angesichts der Homogenität des Triaskalkes Ungleichheiten der Struktur nicht ins Gewicht fallen dürften, tektonisch präformiert und durch fortgesetzte denudatorische Eingriffe zu dem gemacht worden sein, was sie heute ist.

6. Der nördliche Gipfel der Kaningruppe, der Prestrelenik, wird, wie Gstirner²⁾ berichtet, von einem Naturtunnel durchsetzt, der selbstredend auch zu einem Volksmythus den Anlaß gegeben hat. Was den Bergnamen betrifft, so soll das Wort auf Deutsch „der Durchschossene“ heißen³⁾. Eine Skizze der Durchbohrung hat auch der ältere Marinelli, der hochverdiente Erforscher der Friauler Berge — zu denen als Grenzgebiet auch der Kanin zu rechnen ist — in seiner Beschreibung der Täler des oberen Tagliamento und seiner Nebenflüsse gegeben⁴⁾. Auffallen mag, daß die Lücke in zweien unserer besten Alpenführer, bei Trautwein und in dem von Frisch auf bearbeiteten, sonst nie versagenden dritten Bande der Meyerschen Reisebücher („Deutsche Alpen“) unerwähnt geblieben ist. Wohl aber ist hier (Leipzig 1887, S. 245) namhaft gemacht das „große Felsloch“ am 2555 m hohen Prisanig, welches auf die Station Kronau der Tarvis-Laibacher Eisenbahn herabschaut. Die „Internationale Mono-Gesellschaft“ in München hat für ihr Mono-Album auch eine hübsche Abbildung dieses Ortes herstellen lassen (Fig. 5), und im Begleittexte heißt es:

1) Zeitschr. d. Deutsch. u. Österreich. Alpenver., 8. Band, S. 236; Tourist (herausgeg. von G. Jaeger), 15. Jahrgang, S. 2.

2) A. Gstirner, Die Julischen Alpen, Zeitschr. usw., 36. Band, S. 373.

3) Der Stamm des Wortes ist wahrscheinlich das serbokroatische *prestrici*, welches „durchschneiden“ bedeutet. Der Prestrelenik wäre dann „der durchschnittene Berg“.

4) G. Marinelli, Guida del Canal del Ferro, Udine 1894, S. 111.

„Wer von Kronau auf dem vielbenützten Übergange über den Verschetzsattel in das sagenberühmte Trentatal wandert, wird im Aufstiege zur Voßhütte nicht allzu schwer an der rechten Gipfelkante des Prisanig ein Loch entdecken, durch welches nicht selten „der Nebel gar neckisch hervorquillt“; es ist das berühmte „Fenster des Prisanig“, welches übrigens nur mittelst einer schwierigen Felskletterei erreicht werden kann.

7. Weitaus zu den bekanntesten Naturfenstern gehört das Glarner Martinsloch, und es bietet somit auch dem, der sich mit der Entstehung dieser Bildungen beschäftigen will, aus dem Grunde ein höheres Interesse, weil die Bedingungen des Vor-

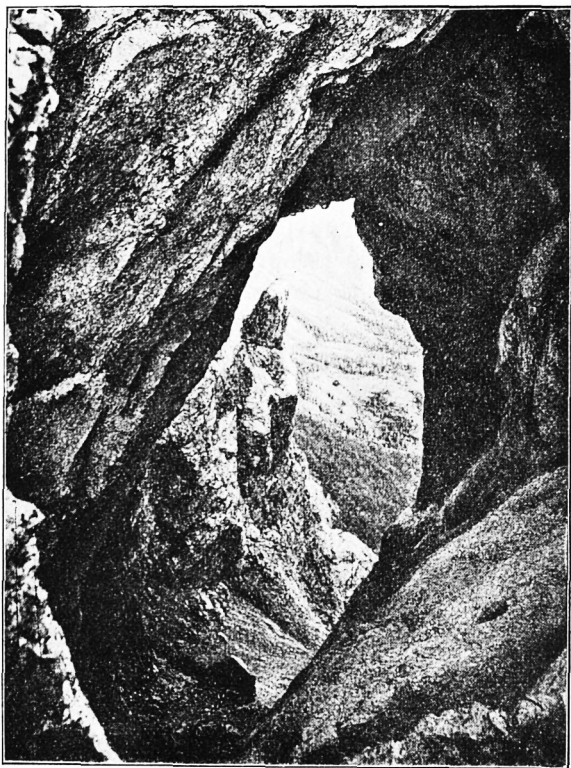


Fig. 5.

ganges, an sich ziemlich kompliziert, durch eine ganze Reihe von Untersuchungen, welche zwar an sich ein anderes, höher liegendes Ziel hatten, indirekt aber doch auch die uns angehenden kausalen Fragen klärten, weit besser zu übersehen sind, als dies in vielen anderen Fällen möglich ist. Was das Loch einem größeren Publikum merkwürdig macht, ist seine Eigenschaft als Gnomon oder Sonnenzeiger; an zwei Tagen des Jahres, am 12. März und am 1. Oktober, bescheint durch dasselbe die Sonne die Kirche des durch die Bergsturzkatastrophe von 1880 nur zu berühmt gewordenen Dorfes Elm. Gerade hier ist, wie unsere Figur 6 ausweist, eine ganz besonders interessante Stelle tektonischer Umgestaltung. Wir befinden uns nämlich im Bereiche der vielgenannten Glarner Doppelfalte, deren wahre Natur zuerst 1884 von M. Bertrand erkannt, in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aber durch Schardt und Lugeon vollständig erschlossen worden ist¹⁾. Wir wissen jetzt, daß wir es in diesen Gebirgstteilen, deren Vertikalgliederung zuerst gar nicht erschlossen werden zu können schien, nicht sowohl mit einer Überschiebung, als mit einer Überfaltung („nappe de recouvrement“) zu tun haben. Paläozoische, mesozoische und tertiäre Schichten wurden in merkwürdigster Weise in einander hinein „gewalzt“, so daß der permische Verrucano über den eozänen Flysch zu liegen kam. „Die Tschingelspitzen sind von der Verwitterung aus dem Verrucanoschiefer herausmodelliert, der selbst nur die Basis eines höheren abgewitterten Gebirges war. Der helle Kalkstein unter der weithin auffallenden ebenen Überschiebungsfläche ist der verknetete Jurakalk des verkehrten Mittelschenkels der Glarner Faltendecken. Ein Keil der unterliegenden Flyschschiefer ist in den Kalk hineingewalzt und hat, zusammen mit einem kleinen Vertikalbruch, die Auswitterung des Martinslochs veranlaßt“²⁾. Man wird sich kaum einen treffenderen Beleg dafür denken können, daß die Lochbildung gelegentlich fast

1) Alb. Heim, a. a. O., S. 5 ff.

2) Ebenda, S. 25.

ausschließlich auf tektonischem Wege¹⁾, mit nur geringfügiger Hilfsaktion von Verwitterung und Denudation, vor sich gehen kann, indem allerdings der Umstand, daß der Kontraktionsprozeß der Erdrinde sehr verschiedenartige Gesteinsarten miteinander in innige Berührung gebracht hat, dss seinige beitrug.

8. 9. 10. 11. 12. 13. Alle diese Vorkommnisse, auf welche Heim unsere Aufmerksamkeit hinlenkte, gehören der gleichen tektonischen Region an, sind also mutmaßlich auch durch die inneren Bewegungen der Gebirgsteile vorbereitet worden und haben nachher allmählich die Fensterform der Gegenwart angenommen. Die Säntisgruppe zeigt sie da, wo der Schratten-

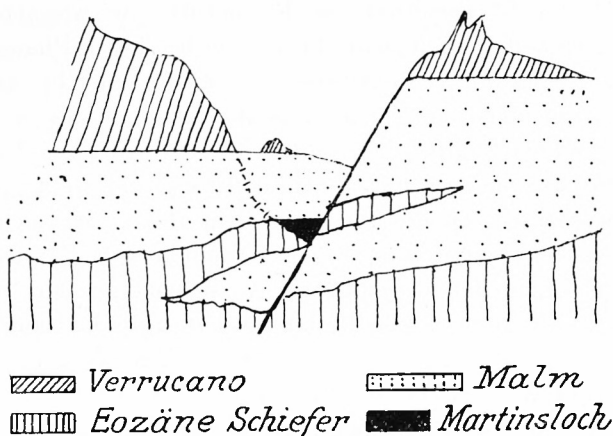


Fig. 6.

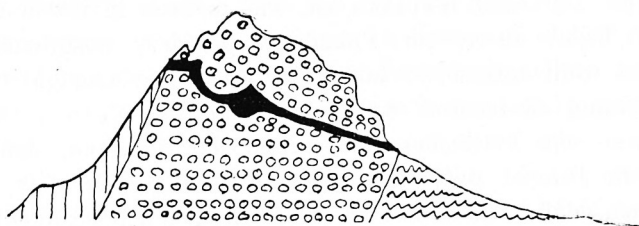
¹⁾ Über die mechanische Seite des geologisch gelösten Auswalzungsproblems hat sich Heim an anderem Orte des näheren ausgesprochen (Geologie der Hochalpen zwischen Reuß und Rhein, Beitr. z. Geolog. Karte d. Schweiz, 25. Lieferung, Bern 1891, S. 172 ff.). Vgl. auch dessen großes Werk (Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, Basel 1878, Atlas, Tafel II), bei dessen Abfassung allerdings die erst seitdem gewonnenen neuen Einsichten über die Erweiterung des Faltungsbegriffes, wie sie sich seit 20 Jahren durchgesetzt haben, noch nicht zur Geltung hatten gelangen können. Der erwähnte Begriff ist indessen davon unabhängig.

kalk, von Hause aus horizontal abgelagert, eine Senkrechstellung erfahren hat, wo mithin auch das sichtbare Zeichen einer großartigen Erdrevolution gegeben ist. Die 150 m lange Felshöhle, welche die Wildkirchli-Grotte mit dem Hochplateau der Ebenalp verbindet und im Roman „Ekkehard“ eine gewisse Rolle spielt, gehört den Außenbezirken des Sämtissystemes an und unterlag also wohl auch analogen Entstehungsgesetzen, indem hier nur die Auswaschung des rinnenden Wassers unentbehrlich war, wenn der gewundene Gang zustande kommen sollte. Der Nordgrat des Mürtschenstocks weist im Malm mehrere Löcher auf; durchlocht ist auch der Nordgrat des Bösen Faulen, wie man sich von Richisau im Klöntal aus überzeugen kann¹⁾. Das „Hochloch“ perforiert den Kreidekalk; ein Anzeichen für die Möglichkeit, daß jedwede Formation bei diesen Phänomenen beteiligt sein kann. Das „Chriesiloch“ dürfte einer literarischen Erwähnung zuerst in der Pilatus-Monographie des wackeren Alpenforschers Cappeler²⁾ teilhaftig geworden sein. Es findet sich ebenfalls im erwähnten Schrattenkalk und stellt sich dar als überdeckter Kamin von 6 bis 7 m Höhe, der sich ganz nahe an der Spitze (nur wenige Minuten von Pilatus-Kulm entfernt) eines der besuchtesten Aussichtsberge der Schweiz befindet. Aus Figur 7 erhellt, daß der unterirdische Gang gegen den Horizont geneigt ist; es führt der übliche Weg vom Hotel „Klimeshorn“ zum höchsten Gipfel hindurch, und zwar müssen 52 Stufen überwunden werden. Daß nicht die Erosion allein diese Felsdurchbohrung bewirkt haben kann, ist wohl ebenso einleuchtend, wie etwa bei der oben (S. 385) genannten Höhle auf der Höhe des Wendelsteins.

14. Früh, der anhangsweise auch der Bergdurchbohrungen in engerem, d. h. in unserem Sinne gedenkt, erinnert (a. a. O.,

¹⁾ Ob die Lokalbezeichnung „Dreckloch“ sich auf diese Gratöffnung oder auf eine andere Höhlenbildung des Faulenmassivs bezieht, muß hier unentschieden gelassen werden.

²⁾ Marci Antonii Cappelerii Pilati Montis Historia, ab amico in lucem protracta atque Academicis Helvetiae Societatibus sacra, Basel 1767. Dort ist den Höhlen ein besonderer Abschnitt eingeräumt.



 *Alttertiär*
  *Schrattenkalk*
 *Untere Kreide*
 *Chriesiloch*

Fig. 7.

S. 127) daran, daß am Eiger, dem mächtigen Nebenberge der Jungfrau, ein schon vom alten J. J. Scheuchzer (*Oὑρεσιποίτης helveticus* sive *Itinera per Helvetiae alpinas regiones facta annis 1702—7 et 1709—11*, 1. Band, Leiden 1723, S. 482) erwähntes Martinsloch sich befindet. Am 13. März und 11. Oktober wird durch dasselbe Grindelwald beschienen. Wir möchten auf die volkskundlich bemerkenswerte Tatsache aufmerksam machen, daß uns in dieser Besprechung schweizerischer Naturmerkwürdigkeiten einer ganz bestimmten Art das Wort „Martinsloch“ bereits zweimal, daneben aber auch ein „Martinsbrünneli“ (S. 375) begegnet ist.

15. Nur mit wenigen Worten gedenkt der bekannte Montblancforscher Favre¹⁾ einer Stelle, die zweifellos ebenfalls der von uns hier behandelten Gruppe angehört. Er sagt nämlich von der — durch ihre wilde Zerrissenheit auch dem Talwanderer auffallenden — Aiguille Rouge, sie sei „perçée à jour“. Da, wo diese Durchlochung sich findet, ruhen mesozoische Schichten unmittelbar auf dem Gneis auf; es ist folglich auch da eine tektonisch-petrographische Ursache anzunehmen, welche das Terrain für die zerstörenden Kräfte zugerichtet hat.

¹⁾ A. Favre, *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Montblanc*, 2. Band, Paris-Genf 1867, S. 323.

16. Die Insel Korsika ist, am meisten in ihrem nördlichen Teile, durch ein Phänomen geradezu ausgezeichnet, welches wohl nirgendwo anders in solcher Großartigkeit und Verbreitung beobachtet wird. Das sind die Tafoni (franz. Tafons) oder Felslöcher, und schon der Umstand, daß der korsische Dialekt dafür ein eigenes Wort geprägt hat, läßt erkennen, daß man es mit einer spezifischen Eigentümlichkeit des Landes zu tun habe. Penck hat¹⁾ sogar den Vorschlag gemacht, diese Provinzialbezeichnung direkt der wissenschaftlichen Terminologie einzuverleiben, und es würde sich das auch empfohlen haben, weil damit ein scharfer Begriff verbunden gewesen wäre. Natürlich kommen solche Tafoni nicht bloß da vor, wo sie zuerst diese ihre Benennung erhalten haben, sondern sie sind u. a. auch für die Sächsische Schweiz charakteristisch. Die früher viel umstrittenen „Opferkessel“ des böhmisch-schlesischen Grenzgebirges gehören in dieselbe Kategorie²⁾, mag auch der genetische Vorgang nicht durchaus der nämliche gewesen sein.

Überraschend spärlich ist die literarische Ausbeute, welche man beim Durchmustern der von Korsika handelnden Schriften bezüglich der Tafonis macht. Das überaus fleißig gearbeitete Verzeichnis, welches Prinz Bonaparte seinem Prachtwerke über die Insel beigegeben hat³⁾, liefert den Beweis, wie stiefmütterlich überhaupt die geologisch-morphologische Seite der korsischen Landeskunde gegenüber der historisch-ethnographischen weggekommen ist. Auch in jenem Werke selbst geschieht der so auffälligen Felsbildungen keine Erwähnung, wengleich der Autor die Route Bastia – Saint-Florent kennt⁴⁾, und gerade

¹⁾ A. Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, 1. Band, Stuttgart 1894, S. 214 ff.

²⁾ Diese Hohlformen wurden zusammenhängend abgehandelt vom Verfasser (*Zur Frage der durch Verwitterung entstehenden Gesteins-aushöhlungen*, Prometheus, 1909, 20. Jahrgang, Nr. 21 und 22).

³⁾ Prince Roland Bonaparte, *Une excursion en Corse*, Paris 1891, S. 147 ff.

⁴⁾ A. a. O., S. 52.

bei einer Wanderung über den Col de Teghime ergibt sich eine überraschende Gelegenheit zu Tafoni-Studien; ist doch einmal eine Felswand mit solcher Regelmäßigkeit durchlöchert, daß man unwillkürlich den Eindruck eines Kolumbariums bekommt. Das war auch schon dem sonst gar nicht geologisch fühlenden Landschaftsmaler Lear aufgefallen ¹⁾, der die male-
rische Großartigkeit solcher Felspartien richtig erfaßt hat. Sehr

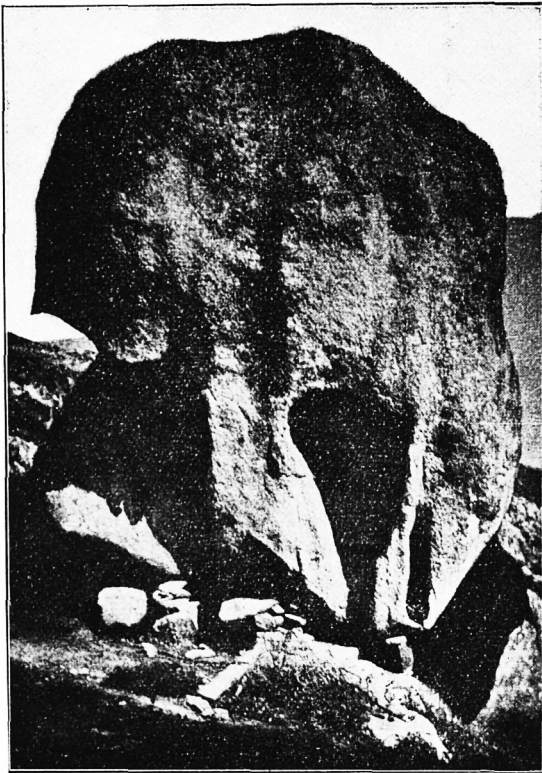


Fig. 8.

¹⁾ E. Lear, *Journal of a Landscape Painter*, London 1870, S. 211: „This pass of picheresquely overhanging rocks, with immense hollows or caves below them, is very fine.“

zu bemerken ist das Nichtgebundensein an bestimmte Formationen; die Tafonis kommen im Sandstein (Elbsandsteingebirge), Kalk, Schiefer, Granit gleichmäßig vor. Unsere Abbildung¹⁾ (Fig. 8) macht uns mit einem „tafonierten“ Urgesteinsfels bekannt, der von geradezu abenteuerlichen, tief einschneidenden Höhlungen durchsetzt ist.

Im Nordosten Korsikas erhebt sich der Monte dei tafoni, im Nordwesten der Monte tafonato. Deutet der Name des erstgenannten Berges darauf hin, das derselbe eine Fülle von solchen Löchern trägt, so ist vom anderen schon etymologisch vorauszusetzen, er sei ein perforierter Berg. Und so verhält es sich auch in der Tat. In großer Höhe zieht sich durch den Bergkörper eine angenähert horizontale Öffnung, in welcher, wie die Bevölkerung behauptet, ab und zu Mouflons, die jetzt nur noch auf den beiden westlichen Mittelmeerinseln sich aufhaltenden Wildschafe, eine Zuflucht suchen. Genauer ist vom Monte tafonato nicht bekannt, weil seine Besteigung als eine ausnehmend schwierige angesehen wird.

Daß in der Entstehung dieses Naturtunnels nicht ein Sonderfall, sondern lediglich eine quantitative Steigerung der Krafterleistungen zu erkennen ist, welche überhaupt die Tafonibildung veranlaßt haben, bedarf keines Beweises, so daß also auch bloß die generelle Frage hier erörtert zu werden braucht. Penck denkt, indem er sich auch auf die einschlägigen Untersuchungen eines norwegischen und eines amerikanischen Gelehrten bezieht²⁾, an eine reine Verwitterungserschei-

¹⁾ Dieselbe stammt von der von Ajaccio aus viel besuchten „Bergerie“.

²⁾ H. Reusch, *Jagtaggelser over iskuret Fjeld og frevitret Fjeld*, Vedenskap Selbskap Forhandlingar, Kristiania 1878, Nr. 7; M. E. Wadsworth, *Some Instances of Atmospheric Action in Sandstone*, Proceedings of the Boston Society of Natural History, 1883, S. 207 ff. Reusch widmet den „Tafonier“, wie sie in der dänisch-norwegischen Sprache heißen, mehrere Seiten desjenigen Teiles seiner Abhandlung, welcher die Verwitterungserscheinungen des archaischen Gesteines behandelt (S. 24 ff.). Die Abbildungen (zumal bei Punto di Lisa und Niolo) erinnern sehr an unsere achte Figur. Als Anfangsstadium der Tafonibildung zeigen sich gewöhnlich längliche Einschnitte nach Maßgabe der



Fig. 9.

nung. Nun kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die gewöhnliche Verwitterung bei der Ausarbeitung derartiger Hohlformen primär in Betracht zu kommen hat; die Tatsache jedoch, daß eine ganz typische Regionalverbreitung der Tafoni unverkennbar ist, legt den Gedanken nahe, daß da, wo eine geographische Konzentration der Erscheinung zutage tritt, doch noch an ein anderes Agens gedacht werden muß. Als ein solches dürfte in Korsika die Deflation, die Erosion der bewegten Luft, in erster Linie Beachtung verdienen. Die Exposition der besonders stark „tafonierten“ Felshänge scheint dafür zu sprechen, daß West- und Südwestwinde es

hierfür sehr bezeichnenden Fig. 9, welche dem K. Reallehrer Dr. F. Fischer in Fürth verdankt wird und den im Bette des Regenflusses (bei Nittenau im Bayerischen Wald) gelegenen Granitblock Schoberstein darstellt. Eine auch mit trefflichen Bildern ausgestattete Charakteristik pfälzischer Tafonis, welche auch der Ansichten von R. Beck und O. M. Reis über den Einfluß der Winderosion Erwähnung tut, ist in allerjüngster Zeit von D. Haeberle gegeben worden (Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes, Heidelberg 1911).

sind, welche an der Auskolkung der kleineren und größeren Löcher im Gesteine sich vorwiegend beteiligen, und die Wucht der Weststürme ist allenthalben auf der Insel wohl bekannt. Anemologische Beobachtungen gibt es für Korsika leider nur in geringer Anzahl, aber angesichts der großen Übereinstimmung, welche sich im physischen Verhalten der beiden Westinseln offenbart¹⁾, kann man sich einigermaßen an das halten, was durch Eredias Eifer²⁾ für Sardinien ermittelt worden ist. Das Regime westlicher Luftströmungen ist ohne Zweifel das vorherrschende und maßgebende³⁾. Und demgemäß wird wohl dem heftigen Anpralle der Luft an die Felswände eine energischere Bearbeitung der schon an sich durch Verwitterung und Erosion des Regenwassers stark beanspruchten Stellen zuzuschreiben sein. Die Durchbohrung des Monte Tafonato insbesondere wäre ohne Rekurs auf eine durch lange Zeiträume stetig in gleichem Sinne wirkende Aktion kaum zu verstehen.

17. Das einzige außereuropäische Beispiel, welches diese in jeder Hinsicht nur den Charakter einer ersten, vorläufigen Zusammenstellung tragende Liste namhaft zu machen vermag, gehört dem Staate Buenos Aires der Argentinischen Republik an; das Mittelgebirge, welches in Frage kommt, enthält den höchsten Gipfel der Provinz (1280 m) und führt seinen Namen Sierra de la Ventana⁴⁾ eben von dem

¹⁾ Der darauf aufmerksam gewordene Beobachter nimmt auch auf Sardinien oft genug richtige Tafoni wahr, wenn auch nicht in so merkwürdiger Scharung, wie auf der nördlichen Nachbarinsel.

²⁾ F. Eredia, J venti in Sardegna — nello Stretto di Messina, Rivista maritima, 1907, 2. Heft; 1908, 3. Heft.

³⁾ Wir lesen bei J. Hann (Handbuch der Klimatologie, 3. Auflage, 3. Band, Stuttgart 1911, S. 128 ff.): „Der nördliche und mittlere Teil von Italien liegt auf einer Zugstraße von Barometerminima, die im Winterhalbjahre häufig, vom Golf von Genua oder vom westlichen und südlichen Mittelmeer kommend, nach Osten und Nordosten weiterziehen und zu Regenstürmen Veranlassung geben . . . Der Golf von Genua, das Ligurische und Tyrrhenische Meer, sowie namentlich auch die Adria sind der Ort fast ständiger Barometerminima.“

⁴⁾ Ventana, spanisch = Fenster (englisch Window).

Naturspiele, welches uns hier angeht. Die ernstere Beachtung eines Naturforschers hat das Gebirge anscheinend erst damals gefunden, als Darwin auf seiner Weltreise sich kurze Zeit in der Nähe der argentinischen Hauptstadt aufhielt¹⁾. Später hat dann Aguirre eine Beschreibung des Berglandes gegeben²⁾, und an diese knüpfen die Veröffentlichungen von

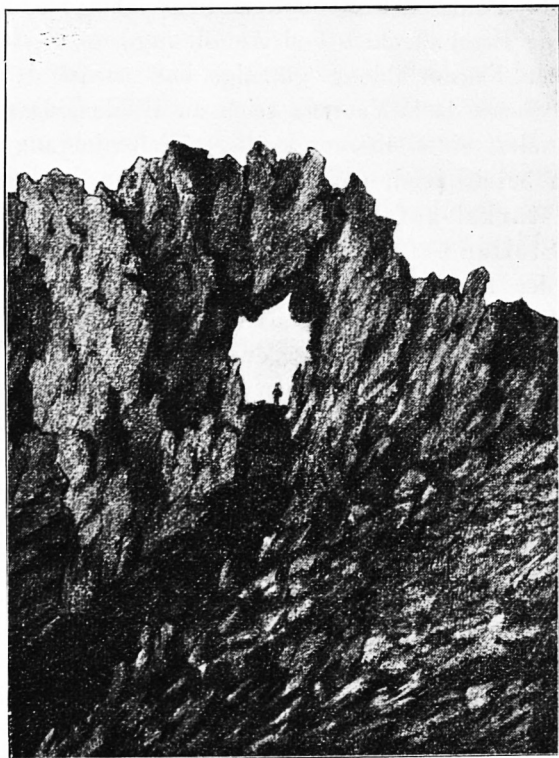


Fig. 10.

¹⁾ Ch. Darwin, Voyage of a Naturalist round the World, London 1870 (2. Auflage), S. 170.

²⁾ E. Aguirre, La geología de las Sierras Bayas, Anales de la Sociedad Científica Argentina, 8. Band, Buenos Aires 1879.

Hauthal¹⁾ an, welche für uns selbst die Führerrolle übernehmen.

Das Fenster, welches dem Gebirgszuge zu seiner Bezeichnung verhalf, ist in dessen höchstem Kämme durchgebrochen; es hält eine genaue meridionale Richtung ein, und in Figur 10 erkennen wir es so, wie es von der Südseite gesehen erscheint. Der Fuß der Partialerhebung, die es umschließt, liegt 1140 m, der höchste Punkt der Kammlinie liegt 1190 m über dem Meere. Die Beschaffenheit und Anordnung des Gesteines ist an sich der Fensterbildung günstig, und so ist denn auch die ganze Sierra de la Ventana reich an Höhlen. Das Gebirge ist das Resultat einer überaus kräftigen Faltenbildung, und da ist es nun bezeichnend, daß sämtliche Höhlen da liegen, wo sich die stärkst gefalteten, also mindest widerstandsfähigen Stellen befinden, wo demzufolge auch die Erosionsfähigkeit der Atmosphärien die geeignetsten Angriffspunkte findet. Mit Aguirre hält Hauthal dafür²⁾, daß es hauptsächlich das fließende Wasser gewesen ist, welches die eben durch den Faltungsprozeß in den Sätteln der stark geneigten Falten entstandenen Hohlräume weiter vertiefte und in einem Einzelfalle das einseitige zum durchgehenden Loch erweiterte. Ein nach Süden abfließender Bach ist jetzt noch vorhanden, und die Felsen in der Nähe des Fensters erweisen sich als derart geglättet, daß man deutlich erkennen kann, es sei hier Wasser herabgelaufen. Das Grundmotiv der Fensterbildung war ein tektonisches; die Detailausgestaltung war korrasiver Natur. Ob man für diese letztere auch jetzt noch an die eigenartige Glazialhypothese von Aguirre³⁾ appellieren oder

¹⁾ R. Hauthal, La Sierra de la Ventana, Revista del Museo de La Plata, 1892, III, S. 7 ff.; Excursión á la Sierra de la Ventana, Contribuciones al conocimiento de la geología de la provincia de Buenos Aires, Nr. 1, Juli 1901.

²⁾ Hauthal, Excursión etc., S. 16.

³⁾ Derselbe nahm an, es sei dermaleinst der Berg von einer Eishaube bedeckt gewesen, und deren Schmelzwasser habe am meisten dazu beigetragen, das Gefüge der Felsen zu lösen. Daß es auch in Ländern,

einfach an die in dieser subtropischen Gegend sehr ergiebigen Herbstregen¹⁾ denken soll, wird subjektivem Urteile überlassen bleiben müssen. Jedenfalls kann sich das argentinische Gebirgsfenster, was sein Interesse für die uns hier beschäftigenden Fragen anbelangt, mit allen seinen europäischen Konkurrenten vollauf messen, sowie sie uns im Verlaufe dieser Abhandlung bekannt geworden sind. —

Daß es deren noch sehr viel mehr geben wird, ist gewiß. Schwerlich aber wird ein neues Vorkommen der Betrachtung unterstellt werden, auf welches unsere Erklärungsweise, deren Spielraum sich als ein sehr weiter ergeben hat, nicht gleichfalls Anwendung fände. Je nach Umständen darf eine Kombination, welche auf strukturelle Abweichung, Gebirgsbau und Gesteinsauflösung gleichmäßig Rücksicht nimmt, das Recht beanspruchen, für die Entstehung der orographischen Fenster den Kausalzusammenhang ermitteln zu können.

welche sich gegenwärtig eines warmen Klimas erfreuen, früher eine „Eiszeit“ gegeben haben kann, ist nicht in Abrede zu stellen. Mannigfaltige Zeichen einer solchen Periode will Siemiradzki (Eine Forschungsreise in Patagonien, Petermanns Geogr. Mitteil., 39. Band, S. 56) in einer nicht sehr viel südlicher gelegenen argentinischen Gegend aufgefunden haben.

¹⁾ Im Küstengebiete ist der März, der auf der Südhalbkugel mit unserem September übereinstimmt, der niederschlagreichste Monat (Hann, a. a. O., S. 538).