

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu **München.**

Band XXXIV. Jahrgang 1904.



München.

Verlag der K. Akademie.
1905.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Erdpyramiden und Büsserschnee als gleichartige Erosionsgebilde.

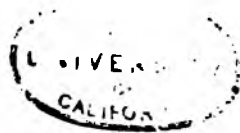
Von Siegmund Günther.

(Eingelaufen 5. November.)

Die Herausmodellierung von isoliert aufragenden Säulen und Obeliskten aus einer leicht zerstörbaren Masse vollzieht sich nach ganz bestimmten Gesetzen — einerlei, welches der Stoff ist, aus welchem die Gebilde bestehen. In einer früher erschienenen Abhandlung des Verfassers ist bereits darauf hingewiesen worden,¹⁾ dass die Analogie zwischen den aus Schutt- oder Lehmauflagerungen entstandenen Erdpyramiden und dem sogenannten Büsserschnee der Kordillere eine sehr grosse ist. Wenn an jener Stelle bemerkt wurde, die neueren Untersuchungen, die Hauthal in Argentinien anstellte, schienen der Übereinstimmung beider Gattungen von Denudationsfiguren einigermaßen den Boden zu entziehen, so bezog sich diese Andeutung nur auf eine kurze Ausführung des genannten Gelehrten.²⁾ Später ist derselben jedoch eine umfassendere Arbeit aus seiner Feder nachgefolgt, auf die weiter unten einzugehen sein wird, und welche tatsächlich zugunsten des behaupteten Sachverhaltes ins Gewicht fällt. Die einschlägigen Beweismomente konnten damals nur gestreift werden, während nunmehr die prinzipielle Seite in den Vordergrund treten soll.

¹⁾ Günther, Glaziale Denudationsgebilde im mittleren Eisacktale, Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch., math.-phys. Kl., 32. Band, S. 471 ff.

²⁾ Hauthal, Gletscherbildung aus der argentinischen Kordillere, Globus, 67. Band, S. 37 ff.



Wie notwendig dies ist, erhellt namentlich daraus, dass nicht nur die alte Lyell'sche Theorie noch vielfach in gemeinverständlichen Werken vorgetragen wird,¹⁾ sondern dass die richtige Auffassung des Wesens der viele Erdpfeiler krönenden Blöcke auch in fachwissenschaftlichen Arbeiten vermisst wird. Nach dieser Seite hin ist sehr belehrend die eingehende Beschreibung, welche Salmoiraghi²⁾ den Schutt-

¹⁾ Eine zutreffende Würdigung der Rolle, welche die in die lockere Masse eingebetteten Steinfragmente zu spielen haben, ist, wie ausdrücklich betont sein möge, zuerst angebahnt worden von Ratzel (Über die Entstehung der Erdpfymiden, Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. zu München, 1884, S. 77 ff.). Das Beweismaterial hat sodann ansehnlich vermehrt und kritisch gesichtet C. Kittler (Über die geographische Verbreitung und Natur der Erdpfymiden, Münch. Geogr. Studien, 3. Stück, München 1897). Neuerdings hat sich mit der Sache ebenfalls eingehend beschäftigt L. Sauer (Die Erdpfymiden in den Alpen und verwandte Bildungen, Stettin 1904). Zu den bereits bekannten Vorkommnissen fügt er mehrere neue hinzu, vorab aus dem Bereiche der Westalpen (Vorder- rheintal, Montblancgebiet, Dauphiné) und von der Riviera. Beiläufig wird auch der später zu besprechenden Rügener Gebilde Erwähnung getan. Viele Sorgfalt wurde der Frage zugewandt, ob das Material auf die Entstehung und Erhaltung der einzelnen Säulen einen namhaften Einfluss ausübt; kohlensäurehaltigem Wasser scheint sich danach eine gewisse Bedeutung insofern zuschreiben zu lassen, als da, wo sich dasselbe findet, die Herausschälung der Erdpfymiden leichter erfolgt, als wenn kein Kohlensäuregehalt nachzuweisen ist. Auf eine früher wohl noch nie bemerkte Entstehung verwandter Gebilde machte Lorenzi aufmerksam (La collina di Buttrio nel Friuli, Udine 1904, S. 53). Im Innern einer Grotte im Talgehänge des Natisone erheben sich aus dem den Boden überdeckenden Höhlenlehm neben echten Stalagmiten kleine, ein paar Zentimeter hohe, regelmässige Kegel und Zylinder. Trockene Blätter auf dem Boden wirken als Deckkörper, und während ringsum das herabtropfende Wasser sich eingräbt, bleiben jene kleinen Aufragungen bestehen. Am nächsten scheint der Hinweis auf die Analogie der Gletscher- tische zu liegen.

²⁾ Salmoiraghi, Le piramidi di erosione e i terreni glaciali di Zone, Bollettino della Società Geologica Italiana, 4. Band, S. 117 ff. Die „Muschel von Zone“, welche durch einen grossen Giessbach entwässert wird, ist angefüllt mit glazialen Residuen, welche durch zahlreiche Bäche durchfurcht wurden. Mit welchem Rechte die Entstehung der Erdpfymiden als „Umkehrung des Vorganges, durch welchen sich die Riesen-

kegeln in der Moränenlandschaft des Brescianergebietes, östlich vom Iseo-See, zuteil werden lässt. Seine Abbildungen zeigen, dass Blockpfeiler mit blossen Zacken — südtiroler und nordtiroler Typus nach der in Anregung gebrachten Nomenklatur¹⁾ — bunt miteinander wechseln, aber der genannte Autor hält dafür, die zackigen Protuberanzen hätten ebenfalls dereinst einen solchen Kopfschmuck getragen und seien desselben beraubt („decapitati“) worden. Das wird wohl ab und zu der Fall sein, aber in der Hauptsache ist daran festzuhalten, dass die aufgelagerten Felsblöcke eine mehr zufällige Beigabe sind und zwar konservierend wirken, auf den Bildungsprozess selbst dagegen nur einen ganz sekundären Einfluss üben. Auf die Überschätzung dieses Einflusses wird gleich nachher, und zwar unter einem ganz anderen Gesichtspunkte, zurückzukommen sein.

Als eine wichtige Erkenntnis wurde ferner die hervorgehoben, dass sich Erdpyramiden erst dann in embryonalen Formen zu zeigen beginnen, wenn vorher eine Zerlegung der Ablagerung, in welcher sich die Tiefenerosion betätigen soll, eingeleitet worden war. Erst müssen gewisse Kämme, Grate, Kulissen vorhanden sein, ehe die Detailarbeit, welche die schlanken Formen schafft, kräftiger einzusetzen vermag. Eine hierauf bezügliche Wahrnehmung auf graubündtischem Terrain²⁾ hat ihrerzeit Erwähnung gefunden, allein sie ist nicht

töpfe (Auswaschkessel) am Fusse eines Wasserfalles bilden“, hingestellt wird, ist nicht klar, denn beide Male hat man es doch mit unmittelbaren Wirkungen der in die Tiefe arbeitenden Zerstörung zu tun, die das Wasser ausübt. Die Begleitumstände sind freilich sehr verschieden, aber von Gegensätzlichkeit ist keine Rede. Vgl. für die Erdpfeiler von Cislano auch die treffliche Abbildung Baltzers (Geologie der Umgebung des Iseo-Sees, Geolog. u. Paläontolog. Abhandlungen, herausgegeben von Koken, (2) 5. Band, 2. Heft, Tafel IV).

¹⁾ Günther, a. a. O., S. 473 ff.

²⁾ A. Ludwig, Drei Wochen im Klubgebiet, Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, 27. Jahrgang, S. 16 ff. Auch in der allerdings erst 1904 veröffentlichten, oben angeführten Abhandlung von Sauer wird (S. 11) eine kurze Andeutung in diesem Sinne gemacht. Gerade aus den französischen

die einzige, sondern es ist Pflicht, darauf aufmerksam zu machen, dass ein piemontesischer Geologe, wenn auch nur am besonderen Falle, das Bildungsgesetz erkannt und zutreffend interpretiert hat.¹⁾ Die fluvioglazialen Sande Piemonas, aus denen die Erdpfeiler herauspräpariert wurden, stellen sich als ein ausserordentlich geeignetes Substrat für die meteorische Abtragung dar; allenthalben ziehen sich tiefe Erosionsfurchen mit steilen Böschungen durch die wenig widerstandsfähigen Hügel hindurch, und auf den Kämmen sitzen die nicht selten äusserst sonderbar gestalteten Auswüchse.²⁾ Nirgendwo ist auf ihnen der angeblich charakteristische Schutzkörper („masso protettore“) zu erblicken. Als erste Vorbedingung wird die vorhergehende Herausbildung der schmalen Kulissen

Alpen lassen sich eben ausgezeichnet schöne Belege für die Verzahnung der Gratwände und ihre Steigerung, die Entwicklung der Erdpyramiden, herholen. In Fig. 1 sehen wir solche Gebilde aus dem — zum Gebiete der Durance gehörigen — den Alpinisten wohl bekannten Val Jauria vor uns. Der Verf. verdankt das gelungene Photogramm der Güte des Herrn Professors Deecke.

¹⁾ Capeder, Sui fenomeni di erosione nei dintorni di Bra e di Castellamonte (Piemonte), Boll. d. Soc. Geol. Ital., 18. Band, S. 309 ff. Die Gegend, welche hauptsächlich ins Auge gefasst ist, hat zuerst Sacco (I colli Braidesi, Annali della Reale Accademia d' Agricoltura di Torino, 12. April 1888) einer geologischen Analyse unterzogen. Bra liegt einige 30 km südlich, Castellamonte einige 20 km nördlich von der piemontesischen Hauptstadt. Auf die sehr merkwürdigen Formationen im Vorlande der Cottischen Alpen war von uns bei jener früheren Gelegenheit bereits nach De Marchi (Trattato di geografia fisica, Mailand 1901, S. 242 ff.) bezug genommen worden. Anscheinend stammen die zerstörten Geschiebe bei Bra von der Grundmoräne des grossen Pogletschers, wogegen nächst Castellamonte, einem Städtchen am Rande des berühmten Moränen-Amphitheatrs von Ivrea, fluviatile Schotter das Material bilden.

²⁾ Als ein Unikum darf vielleicht eine solche Erdpyramide angesehen werden, die in Wirklichkeit diesen Namen sehr zu Unrecht trägt. Der aufragende Körper weist nämlich gar keine Verjüngung auf, sondern strebt ganz parallelepipedisch empor. Es wäre von Interesse, zu ermitteln, wie es kommen kann, dass, umgeben von lauter ganz anders gefalteten Figuren, ein solcher wahrer „Turm“ sich bilden konnte. Wahrscheinlich ist dies eine der wenigen Möglichkeiten stärkerer Mitwirkung der stofflichen Faktoren.

bezeichnet, und dass dies mit vollem Rechte geschieht, kann nicht bezweifelt werden. Das Wort „lamina d'erosione“ soll hier, unter Anwendung eines bekannten Ausdruckes der alpinen Terminologie, mit Erosionssporn wiedergegeben werden.



Fig. 1.

Die vom Verfasser als wesentlich bezeichnete neue Auffassung des Zustandekommens der Erdpyramiden ist demnach von Capeder bereits richtig formuliert worden. Dagegen geht derselbe wohl zu weit, wenn er die Beschaffenheit der Materie, welche von den Tagewässern erodiert wird, und die ja auch gewiss nicht ganz gleichgültig ist, geradezu als massgebend für den Typus der Erosionsgebilde erachtet. Ob die der Zerstörung unterliegende Masse homogen oder ungleichartig, steinfrei oder von Blöcken durchsetzt ist, kommt nur ganz nebensächlich in Betracht; dies stellt man fest, wenn man eine grössere Anzahl solcher Vorkommnisse in vergleichende Betrachtung zieht. Man wird folglich, wie das von uns bereits früher geschehen ist, Capeders Ansicht entsprechend zu verallgemeinern haben, und es wird sich alsdann die Gesamtheit der Ereignisse, welche sich abgespielt haben müssen, ehe eine Erdpyramidenkolonie entstanden ist, in folgender Weise kennzeichnen lassen.

Die Elemente, deren Walten die Oberfläche einer leicht zerstörbaren Masse ausgesetzt ist, bringen zuerst eine geringfügige Rillenbildung zuwege, und nachdem einmal dem Regenwasser so bestimmte Wege angewiesen sind,¹⁾ sucht sich der-

¹⁾ Klar ist, dass auch andere Kräfte gelegentlich ihre Unterstützung leihen können. Finden sich z. B. Erdpfeiler in sehr regenarmen Regionen, so liegt es nahe, statt der Korrasion die Deflation oder Winderosion als das Agens anzunehmen, welches Lücken in die Mauer gemacht hat. Im Sommer 1904, während dessen es in fraglicher Gegend fast gar nicht regnete, fand Deecke die elegantesten Miniaturpyramiden in einer Schottergrube bei Anklam (Vorpommern); jede hatte ungefähr doppelte Fingerlänge und trug oben ein Steinchen. Alle waren aus der nämlichen, an der Peripherie 1 Fuss breiten und nach innen sich immer verschmälernden Kuliase gewissermassen aufgesprosst. Da erst im Frühling die Abstechung der Wände erfolgt war, so blieb nur an Winderosion zu denken übrig, die sich in den Ostseeländern ab und zu ganz kräftig manifestiert (vgl. z. B. R. Credner, Die Moënfahrt der Greifswalder Geographischen Gesellschaft am 4. – 6. Juni 1895, Greifswald 1895, S. 6 ff.). Nach Deeckes an einem Tage lebhafterer Windgeschwindigkeit gewonnener Autopsie ist die bewegte Luft wohl imstande, wenn erst die krönenden Steinchen blossgelegt sind, den zwischenliegenden Sand herauszufegen.

selbe zu immer tieferen Horizonten durchzuarbeiten. Das erste Ergebnis dieser nie rastenden und immer im gleichen Sinne ausgeführten Angriffe wird somit die Freilegung einer Anzahl von Erosionssporen sein, die durch schmale, sich unausgesetzt vertiefende und verbreiternde Einschnitte voneinander getrennt sind. Dass sich schon primär während dieser Periode auch echte Pyramiden bilden, ist wohl nicht ausgeschlossen, jedenfalls aber nicht die Regel. Erst jetzt nämlich, wenn die Zerlegung in Grate ihren vorläufigen Abschluss gefunden hat, setzt als ein sekundärer Akt, indem jede einzelne Kulisse nun ihrerseits wieder dem Auflösungsprozesse anheimfällt, die Auszackung der schmalen oberen Randfläche ein. Dieselbe ist niemals absolut glatt, wird vielmehr unter allen Umständen eine gewisse Rauhigkeit aufweisen, und jede kleinste Unregelmässigkeit setzt dem Ablaufe des meteorischen Wassers ein gewisses Hindernis entgegen, so dass ersteres nunmehr seine lösende und gleichzeitig denudierende Tätigkeit zu entfalten vermag. Kleine Effekte summieren sich; eine winzige Erhöhung wird allmählich zur selbständigen Protuberanz. Nach einiger Zeit erscheint der Erosionssporn, der von Hause aus eine Mauer darstellte, oben gezahnt und mannigfaltig differenziert, und wenn die Tiefenerosion nahezu bis zur Talsohle vorgedrungen ist, sieht man an Stelle der schroffen Wand von ehemals eine Anzahl ebenso schroff aufstrebender Erdpyramiden. Fig. 2, der früher beschriebenen Kolonie des Eisacktales entnommen, lässt diese Etappen des Erosionswerkes deutlicher als Worte erkennen; vor allem sieht man auch, dass jenes nicht etwa halt macht, wenn eine ganz neue Schichtfolge angeschnitten werden muss. Ebenso ist dieses Bild als Beleg gegen den zweiten Teil von Capeders Anschauung zu verwerten. Die talabwärts schon grossenteils abradierten groben Schotter, die aus einer Fülle von Steinbrocken verschiedener Provenienz bestehen, werden genau ebenso von der Zerstörung beansprucht, wie die unter ihnen liegenden, nahezu homogenen Verwitterungslager.

Ob also Felsblöcke eingeschlossen sind oder nicht,

tut sehr wenig zur Sache. Zuzugeben wird sein, dass gekrönte Pyramiden etwas längeren Bestand als ungekrönte haben werden, und dass, wie Capeder hervorhebt, die Gestalt des Deckkörpers auch bis zu einem gewissen Grade diejenige der darunter befindlichen Säule, soweit der schützende Bereich des ersteren sich äussern kann, mit bestimmen wird. Unter allen Umständen gilt der Erfahrungssatz: Ohne vorgängige Spornbildung kommt es nicht zur Herausbildung einer grösseren Ansammlung von Erdpyramiden.



Fig. 2.

Die Existenz der ursprünglichen Kulisse ist fast immer noch erkennbar, selbst wenn sie auf einen schwachen Rest zusammengeschmolzen ist.¹⁾ Sollte sie aber auch ganz geschwunden

¹⁾ Jene beiden wunderbar schönen Erdpyramiden aus dem Himmelsgebirge, welche bei den eingeborenen Kirgisen als „heiliger Stein“ verehrt werden, zeigen dieses Verhältnis mit wünschenswertester Deutlichkeit an (M. Friederichsen, Forschungsreisen in den zentralen Tiënschan und Dsungarischen Ala-tau (Russisch-Zentralasien) im Sommer 1902,

sein, so dass also die Erdsäulen ganz vereinzelt auf einem Boden von ganz heterogener Zusammensetzung sich erheben, so würde an ihr einstiges Vorhandensein doch immer noch die



Fig. 3.

Hamburg 1904. Tafel 41). Mächtige Klötze schützen die beiden gedungenen Träger, die von der Denudation aus den Schuttmassen der Hanhai-Bildungen an der rechten Talseite des Flusses Chorgos heraus-

lineare Anordnung der Fusspunkte erinnern.¹⁾ Eine Erdpypamide verdeckt dem Auge des Beschauers regelmässig eine Anzahl ihresgleichen, wenn jenes in die Medianebene des verschwundenen Erosionsspornes gebracht ist.

Auffallend wenig ist in der Fachliteratur nach dieser Seite hin die Rede von einer Erdstelle, welche hervorragend dazu geeignet ist, Studien über das Werden und Sein der verschiedenen Modalitäten anzustellen, unter welchen sich der Erosionsakt zu betätigen vermag. Dies ist der Steilabfall der Küste von Jasmund auf Rügen. Die grossartigen, von Feuersteinbändern durchzogenen Kreidefelsen dieser Küste, die ihre höchste Entfaltung im „Königsstuhl“ auf Stubbenkammer finden, mussten selbstverständlich von Naturforschern und Naturfreunden gleichmässig beobachtet werden, aber neben ihnen hat man weniger Gewicht gelegt auf die Formenschönheit der über der Kreide lagernden Diluvialgebilde, und sogar in wissenschaftlichen Werken wird hievon nur kurz gehandelt. Es

geschält wurden. Die Wand, die sich zuvor hier erhob, ist zwar weggefeht, aber aus der Basis der beiden Pyramiden lässt sich die ursprüngliche Lage und Streichungsrichtung des Spornes auch jetzt noch unschwer rekonstruieren. Das hervorragendste Vorkommen von Erdpypamiden im Himalaya dagegen, dasjenige von Spiti, lässt, obwohl die Konglomeratmasse Steine genug enthält, Decksteine bei den etwas plumpen Erdpypamiden gänzlich vermissen (s. Fig. 3). Sehr klar tritt (orographisch) links von der Pyramidenmauer eine andere noch kompakte Wand hervor, die der Krenelierung erst entgegenharrt.

¹⁾ Auf seiner Forschungsreise durch den südamerikanischen Staat Bolivia hat Pompeckj neuerdings, wie früher auch Mosbach (Streifzüge in den bolivianischen Anden, Globus, 72. Band, S. 27), charakteristische Erdbebenkolonien angetroffen, und zwar in Fluvioglazialschottern, die mindestens altdiluvial waren, in tertiären sandigen Tonen, in sehr alten, mindestens mesozoischen Sandsteinkonglomeraten und im Löss. Am Alto de la Paz erheben sich Säulen bis zu 150 m; anderwärts sind es geriefte Kegel, wie auch solche in Peru bei Lima gefunden wurden. Jener „Wald“ schlanker, bis 80 m ansteigender Säulchen, dessen der genannte Geologe nächst der Hauptstadt La Paz ansichtig wurde, liess deutlich erkennen, dass dieselben, deren Grundfläche zumeist eine ovale ist, früher Bestandteile von dünnen Mauern und Graten alter Schotterterrassen gewesen waren. Decksteine fehlten.

ist deshalb wohl am Platze, gerade diesen Wissower Klinten ¹⁾ eine besondere Berücksichtigung angedeihen zu lassen.

Abgesehen von den Küsten besteht die Oberfläche der Insel Rügen grösstenteils aus diluvialen, der grossen nordischen Übereisung entstammenden Ablagerungen. Man kann ein oberes und ein unteres Diluvium unterscheiden, und der Grenzfläche zwischen beiden Schichtfolgen entspricht allem Vermuten nach eine Interglazialzeit. Diese hinwiederum ist gekennzeichnet durch ziemlich starke tektonische Veränderungen, welche zwar auf das ältere, nicht aber auch auf das jüngere Diluvium sich erstreckt haben, denn ersteres liegt konkordant, letzteres hingegen diskordant auf der Kreide.²⁾ Durch diese Lagebeziehungen, die u. a. auch zur Folge haben, dass man vom Meere oder Strande aus den steil landeinwärts einfallenden unteren Geschiebemergel nicht zu Gesichte bekommt, wird der Erosionstätigkeit der abfliessenden Tagewasser ihr Weg vorgezeichnet.³⁾ Die Erosionsrinnen erweitern sich

¹⁾ Auf die aus verschiedenen Sprachkreisen sich rekrutierende Küstenbezeichnung der Bewohner Rügens geht E. Boll (Die Insel Rügen, Reiseerinnerungen, Schwerin s. a. S., 75 ff.) näher ein. Die Steilküste zwischen Sassnitz und Stubbenkammer ist in vier „Huuks“ (niederdeutsch) gegliedert. Dem dritten Huuk gehören an die „Wissower Klinten“; unter „Klint“ (nordgermanisch) versteht man einen steilen, schroffen Abhang überhaupt. Eine Ortschaft Wissow gibt es nicht, sondern es ist hier aus der Zeit der wendischen Besiedelung die slavische Wurzel „wisoki“ = hoch (Vyšehrad bei Prag und in Ungarn, soviel wie „Hochschloss“) erhalten geblieben.

²⁾ Die stratigraphischen und morphologischen Angaben stützen sich wesentlich auf R. Credners schöne Monographie (Rügen, eine Inselstudie, Stuttgart 1893). Den allgemeinen Darlegungen (S. 36 ff.) folgen später (S. 103 ff.) diejenigen, welche die Küste von Jasmund und die aus der Eigenart der dort bemerkbaren Schichtung folgende Formenmannigfaltigkeit betreffen.

³⁾ Schon vor Credner hat der verdiente baltische Naturforscher G. A. Boll (Geognosie der deutschen Ostseeländer zwischen Eider und Oder, Neubrandenburg 1846, S. 54 ff.) die Bedingungen, welche die Küstenbildung des am weitesten gegen Nordosten vorspringenden Inseltheiles beeinflusst haben, ganz richtig erkannt. Er tut dar, dass hinter den wenig mächtigen Kreideschollen sich überall in der aus Gerölle und Lehm sich zusammensetzenden Hauptmasse der Insel „ein halbtrichter-

kesselartig, und die Kreideschollen werden langsam, aber stetig von dem Zusammenhange mit ihrem Hinterlande losgelöst. „Von allen Seiten den Einflüssen der Atmosphärien ausgesetzt, verfallen dieselben nunmehr in erhöhtem Masse der Verwitterung und Abtragung; die ursprünglich geschlossen zusammenhängende periphere Kreidemauer löst sich durch Erosion und Denudation in eine Reihe isolierter, frei aufstrebender Felspfeiler, Pyramiden, Klinte und Grate auf.“ Obwohl diese Charakteristik des Vorganges an sich ganz zutreffend ist, öffnet sie doch für den Fernerstehenden, mit den örtlichen Verhältnissen weniger Bekannten leicht die Türe zu einem Missverständnis. Man kann nämlich auf den Gedanken kommen, die Pyramiden u. s. w. gehörten selbst der Kreideformation an. Es soll auch nicht in Abrede gestellt werden, dass einzelne kretazische Felsen selbst hart mitgenommen und zerstört sind,²⁾

förmiger Kessel“ bilde. Hier sammle sich das Wasser und nehme die dünne vorliegende Wand anstehenden Gesteines in Angriff. „Am Grunde des Kessels steht nun diese Kreidewand, zuweilen kaum ein Klafter dick, ganz frei und gewöhnlich in mehrere Stücke zerrissen da und bildet die abenteuerlichen Türme und Pyramiden, welche Stubbenkammer so wunderbar ausschmücken.“

²⁾ Anomale Formen der Kreideklinte können sogar ohne namhafte Unterstützung erosiver Tätigkeit in die Erscheinung treten, wie dies — gleichfalls nach Credner — Fig. 4 ersichtlich macht. Die Fläche

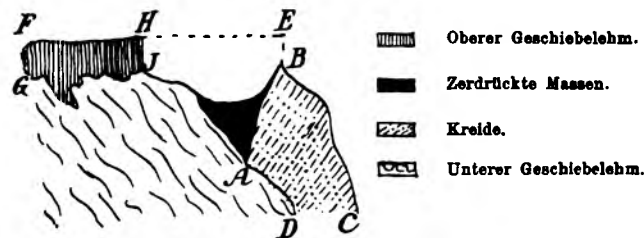


Fig. 4.

AB der abgerutschten Kreidescholle $ABCD$ war ursprünglich horizontal; letztere sank später infolge ungenügender Pilotierung ein und erlitt dabei eine Drehung. Von der überlagernden Lehmschicht $BEFG$



Fig. 5 a.



Fig. 5 b.

aber die eigentlich pittoresken Formen gehören doch nur dem diluvialen Geschiebelehm an. In Fig. 5 sehen wir ein paar ausgezeichnete Klintpartien vor uns, darunter das im Volksmunde diesen Namen führende „Vogelnest“. Dieses ist dargestellt in Fig. 5 a; eine Probe typischer Turmzerstücklungen des Erosionsspornes bietet Fig. 5 b. Am ersten Orte haben einige Bäume, wie man dies ja auch in Tirol ab und zu beobachten kann, die Rolle des Decksteines übernommen, so dass ein ungewöhnlich schöner Zacken unmittelbar am Vorsprünge gegen die See hin erhalten blieb.

Im Anschlusse an Credner soll Fig. 6 die Entstehung eben dieses Musterbeispieles von Erosionsfigur erläutern; die Signaturen sind die nämlichen, wie bei Fig. 4. Anfänglich lag über dem aus seiner ursprünglichen Lage geratenen unteren Mergel in völlig ungestörter Lage, mit parallelen Grenzflächen *AB* und *CD* der obere Mergel, dessen lockere Fügung dem Regenwasser leichten Eintritt verstattete. Der prismatische Körper,

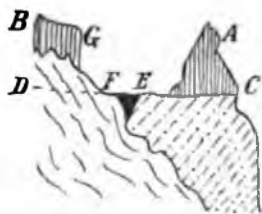


Fig. 6.

wurde der vordere Teil *BEHJ* weggebeizt, und so ragt jetzt bei *B* ein Kreidezinken empor, der allerdings nur dann, wenn man ihn von der Seite sieht, sich als solcher darstellt und tatsächlich als Randstück eines kompakten Gesteinskörpers anzusehen ist. Selbstredend aber unterliegt auch die ziemlich weiche Kreide, wenn sie nicht mehr durch die Diluvialgeschiebe einigen Schutz erhält, der Auflösung in Kämme und Auszackungen. Neben den eigentlichen Atmosphärrillen spielt der Spaltenfrost eine gewichtige Rolle (Deecke); das in die Ritzen eingedrungene Regenwasser dehnt sich, wenn seine Temperatur von 4° gegen 0° sinkt, gewaltig aus und sprengt selbst festen Fels auseinander. Zumal im Vorfrühling kann man Studien über diesen Zerstörungsmodus machen. Dass in ganz ähnlicher Weise auch hartes Gestein in bizarre Protuberanzen aufgelöst werden kann, beweisen bekannte Vorkommnisse der Sächsischen Schweiz, des Fichtelgebirges und, vielleicht besonders drastisch, die im friulanischen Dialekte „Lis Vinadiis“ genannten Felszacken bei Rivo (G. Marinelli — G. Gortani — L. Gortani — Lazzarini — O. Marinelli, Guida della Carnia, Udine 1895, S. 56).

dessen vertikaler Querschnitt durch *AEFG* angedeutet ist, wurde weggeschwemmt; grosse Wahrscheinlichkeit besteht dafür, dass auch er zuvor in eine Reihe von Protuberanzen aufgelöst war, und dass von diesen *CEA* die letzte ist. Einstmals wird auch für sie der ihr von der Gipfelvegetation gewährte Schutz sich als nicht mehr zureichend erweisen, und schliesslich wird sie fallen und das Schicksal ihrer Genossinnen teilen. Vorläufig jedoch stellt sie uns, während anderswo als auf Jasmund die grosse Insel dazu keine Gelegenheit bietet,¹⁾ den erdgeschichtlichen Prozess, dessen Stadien wir hier festzulegen unternommen haben, mustergültig klar vor Augen. Wenn wir nochmals kurz die den Spezialfällen entnommenen und mit den allgemeinen Gesetzen der physikalischen Geographie in bestem Einklange stehenden Erkenntnisse zusammenfassen, können wir den Satz als bewiesen betrachten: Regenrinnen zerlegen lockere Massen in Kämme und Grate, und jeder einzelne so entstandene Erosionssporn wird wiederum durch die Tiefenerosion des meteorischen Wassers in ein Aggregat von Erdpyramiden zerfällt, welche sich aus gemeinsamer Basis

¹⁾ Insofern es auch sonst auf Rügen und den benachbarten Inseln an jäh abfallenden Hängen nicht fehlt, möchte es eine gewisse Verwunderung erregen, dass ähnliche Landschaftsbilder, wie an den Wissower Klitten, nicht häufiger dem Auge begegnen. Namentlich die westlich sich lange hinziehende Insel Hiddensee käme dabei in Betracht, und auf ihr wiederum der „Dornbusch“, das nordwestliche Vorgebirge, dessen dem Meere zugekehrte Seite unter einem sehr steilen Winkel sich absenkt und noch dazu ganz aus diluvialen Mergeln und Geröllen besteht. Die in einer Schrift von A. Günther (Die Dislokationen auf Hiddensee, Rostock 1891) enthaltenen Abbildungen lassen uns indessen leicht einsehen, dass Erdpyramiden entweder ganz fehlen oder (S. 31, Tafel VI) doch nur zu schwächerer Entwicklung gelangt sind. Die Ursache dieser mangelhaften Ausbildung wird sicherlich in den zahlreichen Abstürzen zu suchen sein, denen die am meisten dem Wellenschlage ausgesetzte Küste durch die stets fortschreitenden Unterwaschungen ausgesetzt sind. Solch energischen Kraftleistungen gegenüber ist die im stillen arbeitende Aktion der denudierenden Agentien nicht recht imstande, sich geltend zu machen.

erheben. Bei der — an sich natürlich langsamer vor sich gehenden — Herausmodellierung von Pyramiden aus festem Gesteine gilt ein Gleiches, wie man aus den Jasmunder Turmfelsen und ihrer Krenelierung ansehen kann.

Mit Ausschliesslichkeit wurden bisher nur Gerölle-, Geschiebe-, Sand- und Lehm Massen der Erörterung unterzogen, wie sie entweder durch den Transport des fliessenden Wassers und der Gletscher an sekundärer oder durch Verwitterung und Zersetzung an primärer Lagerstätte gebildet worden sind. Körper von loser Struktur gibt es aber auch sonst, und insbesondere wird auf das festgewordene Wasser unser Augenmerk zu richten sein. Der gewöhnliche Schnee zwar wird, weil in ihm Auflösungsprozesse jeder Art viel zu rasch fortschreiten, kaum ernstlich in Frage kommen; es wäre an sich ja gar nicht undenkbar, dass auch eine Schneeanhäufung sich in Türme und Zacken auflösen könnte, aber jedenfalls wären diese viel zu kurzlebig, um an ihnen Gesetzmässigkeiten zu erforschen. Das einzige Vorkommnis, welches in dieser Hinsicht eine Analogie darbieten zu können scheint,¹⁾ ist zwar

¹⁾ Derselben gedenkt der Lawinenforscher Sprecher (Grundlawinenstudien, Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, 35. Jahrgang, S. 279). Der am Fussende einer habituellen Lawenstrasse, der „Vidameidaleue“, aufgeschüttelte Staukegel schmilzt selbst im Sommer nicht gänzlich ab. Während dieser Jahreszeit stürzt ein kleiner, aber ziemlich konstanter Wasserfall auf den Schneehügel herab und höhlt darin ein Loch aus, um dadurch seinen Weg ins Tal zu nehmen. Jede Lawine ist erfüllt mit kleinen Fremdkörpern, und wo ein solcher eingebettet ist, wird das auftreffende Wasser abgelenkt. „So entstehen um den Trichter herum zahlreiche Schneepfeiler, deren Querschnitt durch die Form der Schutzdecke bestimmt ist. Bei der fortschreitenden Erweiterung des Trichters durch Einwirkung der Wärme und des Wassers verschwinden diese zierlichen, oft 1 m hohen Türmchen wieder.“ Die Ähnlichkeit zwischen diesen Schnee- und den Erdpyramiden liegt nach der bloss morphographischen, wie auch nach der kausalen, morphologischen Seite auf der Hand. Trotzdem ist für die Frage, welche Bildungsgesetze den Prozess regeln, nur wenig zu lernen, denn erstens ist die mechanische Kraftleistung des kontinuierlichen Wasserstrahles eine unverhältnismässig stärkere, als sie sonst irgendwo bemerkbar wird, und fernerhin ist Schnee ein so leicht zer-

durchaus interessant, vermittelt aber gerade keine tieferen Einsichten. Ungleich bedeutsamer ist das Phänomen, welches die Argentinier unter dem Namen „Nieve penitentes“ kennen, und welches oben bereits kurz berührt wurde. Die erste positive Nachricht über diese bizarren Figuren erhielt die gelehrte Welt von Darwin,¹⁾ und es scheint nicht, dass von irgend jemand in früherer Zeit auf dieselben aufmerksam gemacht worden wäre. Wenn Darwin selbst, der übrigens in der Erklärung der Erscheinung nicht glücklich war, auf gewisse Aussprüche von Scoresby und Jackson hinweist, so scheint er dieselbe in einem viel zu engen Sinne zu interpretieren. Einen zuverlässigen Bericht verdankte die Folgezeit den ausgedehnten Wanderungen Güssfeldts,²⁾ und nicht viel später trat Brackebusch mit einer monographischen Schilderung³⁾ des Büsserschnees hervor, welche fürs erste als normativ hinzunehmen war. Gegen die Meinung, welche sich dieser Geologe von der Sache gebildet hatte, wandte sich nun aber neuerdings Hauthal,⁴⁾ dessen einschlägige Abhandlung jedenfalls auch deshalb besondere Beachtung erheischt, weil ihr Autor über ein ungewöhnlich reiches Beobachtungsmaterial gebieten kann.⁵⁾ Die

störbarer Stoff, dass Dauerbildungen in ihm kaum möglich sind. Man muss sich also damit begnügen, die jedenfalls merkwürdige Wahrnehmung Sprechers, welcher bei genauerer Prüfung alter Lawinenreste gewiss noch manch andere zur Seite gestellt werden könnte, als solche zu registrieren, aber für das uns hier beschäftigende, immerhin verwickelte Problem ist aus der verhältnismässig einfachen Entstehung der ganz regellos eine Öffnung umstehenden Schneefiguren nicht viel zu lernen.

¹⁾ Ch. Darwin, Reise eines Naturforschers um die Welt, deutsch von Carus, Stuttgart 1893, S. 353.

²⁾ Güssfeldt, Reise in den zentralen chileno-argentinischen Anden, Gaea, 20. Band, S. 582 ff.

³⁾ Brackebusch, Die Penitentesfelder der argentinischen Cordilleren, Globus, 63. Band, S. 1 ff.

⁴⁾ Hauthal, Büsserschnee (Nieve penitentes), Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins, 34. Band, S. 114 ff.

⁵⁾ Auch der berühmte Hochtourist Conway, der die südamerikanische Gebirgswelt vielleicht am genauesten kennt, hat sich nach Mitteilungen von Stange und Hauthal zugunsten der Auffassung der letzteren ausgesprochen.

Kontroverse, ob man, wie von uns früher vorgeschlagen worden war,¹⁾ einen eigenen argentinischen — nach Brackebusch andinen — Gletschertypus zu unterscheiden habe, bleibt hier ausser dem Spiele; auch die weitere Streitfrage, inwieweit zwischen dem Büsserschnee und den Karrenbildungen der Gletscher prinzipielle Übereinstimmung bestehe, hat nur geringe Bedeutung, obwohl wir nicht ganz an ihr vorübergehen dürfen. Die hier zu erledigende Frage lässt sich dahin präzisieren: Ist die Art der Herausbildung der Penitentesfiguren und der Erdpyramiden aus der kompakten Grundmasse in der Hauptsache die gleiche? Um hierüber Klarheit zu erhalten, bedarf es vor allem des Eingehens auf die äussere Ähnlichkeit beider Gebildetypen, die sich gleich von Anfang an als eine sehr grosse herausstellt.

Hauthal selbst knüpft an die Beschreibung Habels²⁾ als

¹⁾ Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 728. Seitdem es zur Gewissheit erhoben ist, dass Ansammlungen von Nieve penitentes sogar auf horizontalem Untergrunde stehen und jeder Bewegung bar sind, muss ihre Identifizierung mit wirklichen Gletschern aufgegeben werden. Sie können als solche ebensowenig gelten, wie etwa das „Steineis“ Alaskas und der Neusibirischen Inseln, oder wie die in Mulden eingelagerten sibirischen „Tarinne“ (ebenda, 2. Band, S. 758), die sich sonst ganz wie Gletscher ausnehmen.

²⁾ Habel, Aus den argentinischen Anden, Zeitschr. d. d. u. öst. Alpenver., 27. Band, S. 43. „Der Büsserschnee, diese sonderbare Bildung, scheint nur den Anden eigentümlich zu sein. Vorzüglich tritt sie auf Schneeflächen auf, aber auch auf Eis und seltener auf Erde. Meist besteht sie aus nadelförmigen, wohl durch die Sonne und besonders den Wind hervorgerufenen Modellierungen. Man trifft Schneefelder an, auf denen die über 1 m hohen Nadeln so enge zusammenstehen, dass man gerade Platz findet, um sich auf den konkaven Furchen zwischen ihnen hindurchzuwinden. Einige dieser Nadeln, aus dichtem Schnee bestehend, fallen bei der geringsten Berührung um, einen Stumpf zurücklassend; andere weichen nur einer gewissen Kraftanstrengung. Es gibt ausgedehnte Felder von Penitentesschnee, die sich an den Bergen hinabziehen; andere, weniger umfangreiche, liegen in Talsenkungen und auf ebenen Stellen der Hänge. Dünnere Schneelagen an Halden und auf Hochflächen zeigen diese Bildung nicht, ebensowenig tiefer in den Tälern lagernde, grössere Reste von Lawinenschnee.“

eines der sehr wenigen an, welche mit echtem Büsserschnee Bekanntschaft geschlossen haben. Deren Richtigkeit anerkennend, fügt er, was für uns an diesem Orte als das Wichtigste gelten darf, die Bemerkung hinzu, die Säulen seien immer in parallelen Reihen, „wie ein Regiment Soldaten“, gerichtet. Zumeist sind sie an der Basis „durch niedere Eiswülste“ verbunden; ganz dasselbe sagt, mit etwas anderen Worten, auch Habel. Die Grundfläche stelle sich als ein Oval dar, dessen Hauptachse mit der geraden Linie, welche die Zacken einhalten, zusammenfalle. Mit Unrecht spreche man, wie es die Landessprache tut, von Büsserschnee, denn der Stoff der Säulen sei reines Eis. Dieses sei nur im Windschatten der Gebirgsketten zu erwarten, und da im Westen Südamerikas Westwinde vorherrschten, deren Leeseite also mit dem Ostabhange der Anden identisch ist, so dürfte man sich nicht wundern, Penitenteskolonien so gut wie ausschliesslich in Argentinien zu finden; auf der chilenischen Seite seien dieselben, wenn überhaupt, doch nur ganz sporadisch nachzuweisen. Als Gletscher könne man solche Eisfelder schon um deswillen nicht ansprechen, weil es keinen Gegensatz zwischen Nähr- und Ablationsgebiet gäbe, und weil das Eis nirgends die bekannten Eigenschaften des Gletschereises besitze. Gewiss bestehe zwischen den Gletscherkarren, deren Beziehungen zu den Karren- und Schrattenflächen verkarsteter Felsflächen den Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung von Sieger¹⁾ bilden, und den Penitentesfeldern manche Übereinstimmung, aber dass dieselbe keine durchgreifende sei, erhelle aus der Tatsache, dass auf ein und demselben Gletscher Karren und Büsserschnee getrennt, in geringer Entfernung voneinander, vorgefunden werden. In hohem Grade bemerkenswert ist nun dieses vereinigte und doch wieder geschiedene Auftreten der beiden in Rede stehenden Formengruppen allerdings, aber für völlig zwingend möchten wir desungeachtet den Schluss Hau-

¹⁾ Sieger, Die Oberflächenformen der Gletscher, Mitteil. d. d. u. öst. Alpenver., 1896, Nr. 20—22; Die Karstformen der Gletscher, Geographische Zeitschrift, 1. Band, S. 182 ff.

thals nicht erachten. Denn wenn man, wie dies beispielsweise H. Meyer¹⁾ tut, in den Penitentesfiguren das letzte und fortgeschrittenste Stadium des die Karrenbildung im Eise bedingenden Auflösungsprozesses betrachtet, kann man Hauthal den Einwand machen, dass eben der eine Teil des Gletschers schon weit stärker, als ein anderer, von der Zerstörung betroffen worden wäre. Die Berechtigung, dass den Büsserfiguren als solchen die Eigenschaft, unter allen Umständen zu den Gletschern gerechnet zu werden, von vornherein abgestritten wird, bleibt auch dann bestehen, wenn gelegentlich einmal solche Gebilde in den Randpartien eines wirklichen Gletschers bemerkbar sind.

Die Art und Weise, wie sich die Orts- und Landeskundigen mit der Erklärung des sich oft in so seltenen Bildern offenbarenden Phänomens abgefunden haben, ist eine sehr verschiedene. Darwins noch etwas von der herrschenden Naturphilosophie beeinflusster Hinweis auf eine „metamorphische Tätigkeit“ der im Eise wirksamen Kräfte ist sehr wenig fassbar. Bei Brackebusch spielt natürlich die von ihm gehegte Überzeugung eine gewisse Rolle, dass die in Penitentes zerlegte Eismasse nicht einer, wenn auch langsamen Bewegung nach abwärts entbehre.²⁾ Güssfeldt und Habel denken an die Sonnen- und weit mehr noch an die Windrichtung, während

¹⁾ Die in Hans Meyers Reisewerke (Der Kilimandjaro, Berlin 1900) enthaltenen Abbildungen des sehr stark verkarsteten und zerschnittenen Drygalski-Gletschers erinnern allerdings unwillkürlich an ein Penitentesfeld, und deshalb ist es begreiflich, dass der genannte Reisende, was Hauthal nicht zuzugeben in der Lage ist, den andinen Gletschertypus verallgemeinern und ihm einen tropischen substituieren will.

²⁾ Dem blossen Aussehen nach stellt Brackebusch den Büsserschnee in Parallele zu jenen Eistrümmern, in welche sich (Die Nordpolreisen Adolf Erik v. Nordenskiölds 1859—1879, Leipzig 1880, S. 147 ff.) ein Gletscher häufig spaltet, wenn er genötigt wird, in einen engen Fjord sich hineinzuschieben. Solange man von der Ansicht ausgeht, auch eine Penitenteskolonie sei in langsamem Abrutschen begriffen, lag es nicht eben ferne, an die Entstehung von Sprüngen im Eise, den Lithoklasen vergleichbar, und an eine Loslösung der von Sprungflächen umgebenen Teile zu denken. Einer immobilen Eismasse gegenüber muss diese Art der Deutung versagen.

Hauthal¹⁾ der Insolation die einschneidendste Tätigkeit zuzurechnen will. Die Luftwärme kann, das ist unbedingt zuzugestehen, zwar Schicht auf Schicht zu langsamem Abschmelzen bringen, aber eine nach unten sich betätigende, einzelne Teile isolierende Aktion ist von ihr, die ja niemals selektiv wirkt, nicht zu erwarten. Auch der Wind ist bei der Bildung der Auszackungen nur vorbereitend, nicht jedoch aktiv beteiligt; er sorgt dafür, dass an geschützten Stellen sich Schnee anhäuft, der nach und nach zu Eis versintert, aber die Herauspräparierung der Säulen und Nadeln überlässt er einem anderen Faktor. Als solche könne einzig und allein die direkte Sonnenstrahlung in Frage kommen.

Dass die Hauthal'sche Hypothese in einem Hauptpunkte den Tatsachen sich am besten anpasst, scheint nicht geleugnet werden zu können. Sie gibt auch von dem nicht gleichgültigen Umstande Rechenschaft, dass den Eisobelisken eine gewisse Orientierung eigen ist, indem nämlich dieselben durchweg ihre Schmalseite nach Nordwesten kehren, von welcher Weltgegend aus die Sonne am kräftigsten zu wirken vermag. Gegen die, wie die Anschauungen anderer Forscher beweisen, zunächst sich darbietende Annahme, dass auch der Wind bei der Auflösung der Eismasse in Büsserfiguren das Seinige getan habe, sprechen zwei von Hauthal betonte Begleiterscheinungen; der Ort der Penitentes befindet sich zumeist, wie wir erfuhren, auf windgeschützten Abhängen und Talsohlen, und die Richtung, nach welcher die einzelnen Eisnadeln aufgereiht sind, stimmt nicht mit der herrschenden Windrichtung überein. Die Bestrahlung der Sonne ist sonach ohne Zweifel als das gewichtigste Moment bei der Bildung der Kerzenfelder — auch diese Bezeichnung ist den Neuspaniern geläufig — in Rechnung zu ziehen, aber Hauthal macht sich selbst einen gewichtigen Einwurf: Woher kommt der Parallelismus der einzelnen Reihen? Gerade das Kennzeichen also, welches für die innere Zusammengehörigkeit der Penitentesfiguren mit den Eräpyra-

¹⁾ Hauthal, a. a. O., S. 122 ff.

miden am deutlichsten spricht, bleibt einstweilen noch unerklärt, denn wie die Insolation eine derartige Auslese der Richtungen bewirken sollte, lässt sich nicht absehen. Wie auffällig aber die Geradlinigkeit der Reihen erscheint, ersieht man am besten dann, wenn die Vernichtung eines Kerzenfeldes weit vorgeschritten und die Anzahl der übrig gebliebenen Individuen nur noch eine geringe ist. Fig. 7 mag nach Hauthal¹⁾ ein Bild von einer solchen dünn gewordenen Reihe gewähren. Ob freilich nur das Residuum eines dereinst reicher bestellten Feldes vorliegt, oder ob von Anfang an dasselbe nur aus einer einzigen Reihe bestand, was aus dem Fehlen sonstiger Reste geschlossen werden könnte, muss eine offene Frage bleiben.



Fig. 7.

Jene Kämme, aus denen die Tagewasser die eigentlichen Erdpyramiden herausmeisseln, sind durch Schluchten, die selbst wieder das Ergebnis energischer Niederschläge darstellen, voneinander getrennt. Ähnliche Schluchten müssen auch die Erosionskulissen, die sich unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung in Penitenteszacken auflösten, voneinander geschieden haben, ehe die Insolation mit voller Kraft einsetzen konnte. Und gerade die Tatsache, dass die Gletscherkarren mitunter so scharfe Schneiden aufweisen,²⁾ wie man sie etwa im Kalkgesteine des Steinernen

¹⁾ Hauthal, a. a. O.

²⁾ Von seiner Besteigung des Mount Shasta berichtet C. Sulzer (Bergfahrten im Far West, Jahrbuch d. Schweiz. Alpenkl., 26. Jahrgang,

Meeres oder des Hohen Ifen zu überschreiten hat, würde sich der Hypothese, dass in letzter Linie auch Gletscher sich in Penitentesansammlungen auflösen können, nicht ungünstig erweisen.¹⁾ Dass aber die Regenverteilung sich ebenfalls mit jener Voraussetzung in Einklang bringen lässt, erhellt aus den von Hann²⁾ gemachten Angaben über die meteorologischen Verhältnisse des Ostabhanges der Anden.

Weder im eigentlich tropischen, noch im eigentlich gemässigten Klimagürtel der südlichen Halbkugel begegnen wir der uns beschäftigenden Erscheinung in ausgeprägter Reinheit, sondern wesentlich nur in der subtropischen Zone. Die Wolkenbrüche der Tropen, die gleichmässig über das ganze Jahr verteilte atmosphärische Befeuchtung unter höheren Breiten würden gleichmässig der versinternden Schneemasse derart zusetzen, dass sie ihre Konsistenz verlöre und der Möglichkeit, sich in Nadeln und Obelisksen aufzulösen, beraubt würde. Die Winter-, resp. Frühlingsregen indessen, welche die Regel bilden,³⁾ setzen durch verhältnismässig kurze Zeit den durch die Winde zusammengewehten, in stetem Ver-

S. 300): „Einige Firnfelder hielten uns beträchtlich auf. Sie waren durch sehr schmale, tiefe Furchen zerrissen, und zwischen diesen waren hohe, schmale Kämme übrig gelassen, deren obere, etwas geneigte Ränder messerscharf zugespitzt und hart gefroren waren. Über solches Terrain zu spazieren und mit heiler Haut davonzukommen, war ein wirkliches Kunststück, und mancher Schweisstropfen wurde darob vergossen. Nie habe ich solche eigentümliche Eisgebilde gesehen; dieselben können wohl kaum anders, als durch intensive Windwirkung, entstanden sein.“

¹⁾ Wir sagen ausdrücklich können, nicht müssen. Die von Hauthal beschriebenen Kerzenfelder sind in ihrer grossen Mehrzahl etwas ganz anderes als Gletscher, allein die Frage, ob die auf Gletschern beobachteten Penitentesbildungen nicht doch als integrierender Bestandteil zu den Gletschern gehören, aus ihnen durch Ablation von verschärfter Intensität direkt hervorgegangen sind — diese Frage kann noch nicht als entschieden betrachtet werden.

²⁾ Hann, Handbuch der Klimatologie, 3. Band, Stuttgart 1899, S. 431 ff.

³⁾ Der erwähnten Quelle zufolge entfallen in Mendoza 32, am Uspallatapassee sogar 38 Prozent der Jahresniederschläge auf das Frühjahr.

festigungszustande befindlichen Schneelagen heftig zu und bahnen sich jene Runsen, die von schmalen Wänden getrennt werden. Diese letzteren beginnt hiernächst die Insolation zu bearbeiten, zu krenelieren und schliesslich in jene abenteuerlichen Eisfiguren zu zerlegen, in denen die lebhafteste Phantasie der Eingeborenen betende, zum Himmel aufschauende Menschen erblickte.¹⁾

Damit wäre denn also die Analogie in der Bildung von Erdpyramiden und Eiszacken endgültig festgestellt. Beide Male werden Massen von lockerer Struktur durch den Regen — und hie und da wohl auch durch den Wind und Angriffe von unten her — in spornartig vorspringende Grate gespalten, und diese unterliegen erneuter Zerstörungsarbeit durch Regen und Sonnenstrahlung. Als Resultat tritt wiederum übereinstimmend die lineare Scharung der Erosionsgebilde zutage.²⁾

¹⁾ In allerjüngster Zeit suchte Facilides (Beitrag zur Lösung der Frage, wie die als „Büsserschnee“ bezeichneten Schneebildungen entstehen, Mitteil. d. deutschen u. österreich. Alpenver., 1904, Nr. 21) die eigenartige Anordnung dieser Figuren auf die „Schattenwirkung“ zurückzuführen. Die Tatsache, dass die Gesamtmasse zuvor in Einzelwände zerlegt sein muss, bleibt davon unberührt.

²⁾ Der Verfasser möchte nicht schliessen, ohne zwei Kollegen herzlich zu danken, die ihn durch ihre Mitteilungen bei der Verwirklichung seiner Absicht wesentlich gefördert haben: Herrn Professor Pompeckj (Hohenheim) und Herrn Professor Deecke (Greifswald), welcher letzterer insonderheit auch durch seine Übermittlung von Abbildungen aus dem seiner Leitung unterstellten Universitätsinstitute dieser Arbeit seine Unterstützung zuteil werden liess.
