

BERICHTE
über
die wissenschaftlichen Unternehmungen
des D. u. Oe. Alpenvereins.

VII.

Studien
über
Oberflächenformen der Gletscher.

Von

Dr. Robert Sieger.

Wien, 1896.

Verlag des D. u. Oe. Alpenvereins.

Separatabdruck aus den „Mittheilungen des D. u. Oe. A.-V.“
Jahrgang 1896, Nr. 20 und 21.

Wie jede andere Formation der Erdoberfläche werden auch Gletschereis und Firn in ihrer Oberflächengestaltung durch die aufbauenden Kräfte einerseits, die abtragenden andererseits bestimmt. Auf keiner Strecke eines Gletschers kommen die einen oder die anderen vollständig zur Ruhe. Ihr Zusammenarbeiten ist aber von Ort zu Ort sehr verschieden: Gebiete vorherrschender tektonischer, durch die Gletscherbewegung bedingter Veränderungen sondern sich scharf ab von solchen, wo die Gestaltungen der Erosion und der Ablation vorherrschen. Wer z. B. vom Ramolhause auf den Gurglergletscher hinabsieht, gewahrt auf demselben drei Gebiete ausgezeichneter Serac- und Spaltenbildung, in welchen die Gletscherbewegung und die durch sie bewirkte Zerreißung die Formen der Eisoberfläche fast ausschliesslich bestimmt. Zwischen der obersten und mittleren dieser zerklüfteten Gletscherpartien schiebt sich eine flachere Strecke ein, in welcher die Hohlformen der Oberfläche wesentlich durch die verschiedenen Arten der Abtragung hervorgerufen werden und die vom fließenden Wasser eingegrabenen Rinnsale das am meisten hervortretende Element bilden. Zwischen dem mittleren und unteren Spaltengebiete aber finden wir ebenfalls eine flachere Gletscherstrecke, in welcher beide Arten gestaltender Kräfte um die Vorherrschaft ringen. Die Abschmelzung und Abspülung ist hier eifrig an der Arbeit, die von der Gletscherbewegung geschaffenen einfachen, grossen Formen im Detail umzugestalten. So werden die breiten

Rippen zwischen den einzelnen Spalten durch Abschmelzung zu schneidigen Graten von wechselnder Erhebung ummodelliert; Eispyramiden und Thürme werden zerfressen und, wie z. B. am Suldenferner schön zu sehen, von förmlichen Fenstern durchlöchert, die Spaltenränder ausgezackt und unterhöhlt. Völlig fehlt diese umgestaltende Thätigkeit nirgends, und ebenso kann man allenthalben sehen, wie die Producte der Abschmelzung durch neue tektonische Vorgänge, vor Allem das Aufreissen und Schliessen von Spalten, umgestaltet, wie Gletscherbäche unterbrochen, Trichter, Wasserlöcher und Mühlen verquetscht werden. Von rein tektonischen Formen, die den aus dem Innern der Formation wirkenden Kräften ihre Entstehung verdanken, kann also auf die Dauer ebensowenig die Rede sein wie von reinen Bildungen der Abschmelzung und Abspülung, die ihre Gestaltung von der Oberfläche aus erhalten. Immerhin aber herrscht auf grosse Strecken das eine oder andere der beiden formgebenden Elemente vor, und ein Gegensatz der Art, wie er uns am Gurglerferner fesselt, ist an vielen Gletschern in gleich auffälliger Weise zu bemerken, z. B. am untersten Theile des Mittelbergferners, am Mandrongletscher und manchen anderen.

Die formbildende Kraft der Ablation im weitesten Sinne — in dem sie alle gestaltenden Wirkungen der Sonnenwärme, der Luftwärme, des warmen Windes, des fließenden oder stehenden Wassers auf Firn und Eis umfasst — ist es nun, welche dort, wo sie freieren Spielraum findet, Oberflächenformen von ausgesprochener Karstähnlichkeit hervorbringt. Auf Grund von Literaturstudien habe ich im vorigen Jahre diese „Karstformen der Gletscher“ in Hettner's Geographischer Zeitschrift, Augustheft 1895, einer eingehenden Erörterung unterzogen und das Vorkommen von Dolinen und Schloten, Karren, Höhlengängen, Sackthälern, blinden und trockenen Thälern in Eis und Firn nachzuweisen versucht. Den wesentlichen Grund dieser sinnenfälligen Analogien erblickte ich darin, dass infolge der Beschaffenheit beider Formationen „der Gletscher, ganz so wie der Karst, ein Gebiet darstellt, welches der oberflächlichen Entwässerung entbehrt“.

Die Beispiele, auf welchen meine Ausführungen beruhten, waren nur zum allergeringsten Theile dem Bereich der Ostalpen entnommen. Es liess sich aber erwarten, dass man bei systematischem Suchen auch hier Vorkommen der angedeuteten Art in grösserer Zahl werde nachweisen können — und damit verband sich die weitere Hoffnung, durch Beobachtungen an ausgewählten typischen Stellen tiefere Einblicke in das Wesen, die Entstehung, Umgestaltung und gegenseitigen Uebergänge dieser Formen sofort oder nach einer Reihe von Jahren zu gewinnen. Ich erbat und erhielt daher eine namhafte Unterstützung des D. u. Oe. Alpenvereins, für welche ich hiemit dem Central-Ausschusse geziemen den Dank sage, und die es mir ermöglichte, durch Kreuz- und Querzüge in den Oetzthaler-, Stubai-, Ortler- und Adamelloalpen insbesondere Dolinen- und Karrenformen in grösserer Zahl festzustellen und durch einen zweitägigen Besuch des Gornergletschers bei Zermatt die prächtigen Eistrichter kennen zu lernen, welche wohl das berühmteste unter allen einschlägigen Vorkommen darstellen. Im Allgemeinen fand ich dabei meine vorher ausgesprochenen Ansichten bestätigt. Da aber die Untersuchung so veränderlicher Gebilde wie die in Rede stehenden Karstformen der Gletscher von vornherein einen wiederholten Besuch wenigstens der am meisten typischen Gebilde verlangt, scheint es mir noch nicht angezeigt, zur Zeit mehr als einige vorläufige Ergebnisse meiner Begehung mitzutheilen.

Die schlechte Witterung der ersten Augushälfte 1895 und die dadurch bewirkte starke Schneebedeckung behinderte mich zwar bei der Untersuchung mancher Hohlformen des Eises in den Oetzthaler Alpen, verschaffte mir dafür aber Gelegenheit, die vergänglichen Schmelzformen des Hochgebirgsschnees und des Firns genauer kennen zu lernen und ihre vollständige Uebereinstimmung mit jenen der winterlichen Schneedecke festzustellen. Selbst die im Bereiche einer constanten Windrichtung so gewöhnliche, treppenförmige Aufeinanderfolge der Schichten und Schichtköpfe frischen Schnees mit den charakteristischen, scharf absetzenden, bisweilen zum Ueberhang unterschmolzenen, bisweilen zu Wülstchen aufgewehten Rändern fand ich im

Gebirge und sah auch, wie die beginnende Abschmelzung deren so schön geschwungene Contouren in kleine Spitzchen zerfranst, so dass man an angewitterte Schichtenköpfe von Kalk erinnert wird. Die Dünenbildung und die maulwurfshügel- oder ackerschollenartige Anhäufung des Schnees durch den Wind wurde oft wahrgenommen, die zwischen diesen Häufchen unregelmässig verlaufenden Gänge liessen aber nirgends die charakteristische Ausbiegung in der Windrichtung erkennen, welche die Schlagintweit den „Schneegangerln“ zuschreiben. Die Firn- und Schneeschalen, eine Oberflächenform, die an Verbreitung mit den eben genannten wetteifert, sind mit den von Ratzel (Die Schneedecke, S. 206) beschriebenen „Senkungen“ des Schnees beim Thauen identisch. Ich fand solche bis zu 1 m. Länge und nahezu gleicher Tiefe. Meine Beobachtungen bestätigen den von Heim angenommenen Einfluss der warmen Luft auf ihre Entstehung.

Von karrenähnlichen Formen konnte ich die folgenden vier Typen häufig wahrnehmen:

1. Echte Karren, am typischsten beobachtet im Schnee des Hochfeners an der Schwarzseescharte. Sie entstehen auf steiler geneigten Böschungen aus den Firnschalen, indem von deren Randkämmen die längs der Böschung verlaufenden zu zusammenhängenden Linien verschmelzen, während die Quergrate sich erniedrigen und verflachen. Die Längsgrate sind vereist und oft überhängend. Neben dem herabrieselnden Schmelzwasser hat der Wind Antheil an ihrer Bildung (vgl. Ratzel, Schneedecke, S. 207). Die Böschung ist meist auf der Windseite etwas sanfter.

2. Einfache Cannelierungen in Neu- und Altschnee, sowie in Firn (Firnfurchen im Sinne Heim's, Gletscherkunde 102 f). Sie folgen ebenfalls der Böschung und sind von grosser Regelmässigkeit des Verlaufes. Von wenigen Millimetern bis zu mehreren Decimetern Tiefe, zeigen sie noch grössere Unterschiede in Bezug auf die Abstände der einzelnen Furchen. Mitwirkung des Windes war in einigen Fällen zu erkennen, in anderen, wie z. B. an den entgegengesetzten Gehängen einer Einsenkung im Gurgler Ferner

(Neuschnee), ausgeschlossen. Das Herabrieseln der Schmelzwasser scheint die Hauptursache ihrer Entstehung.

3. Mitunter zeigen die Rinnen verwandter Art, welche im Ganzen der Böschung folgen, eine gewundene Form wie Wasserläufe und gehen auch nach Art von solchen auseinander oder zusammen. Sie erinnern an die Wasserrienen an Steilabschwüngen aperi Eises, wie z. B. am Endabschwung des Gurgler und Fernauer Ferners. Im Gebirge ist mir diese im Winter so häufige Form selten entgegengetreten.

4. „Karren zweiter Ordnung“, scharfe, stark zerfressene, oft zu Fenster- oder Pferdekopfformen ausgenagte Grate des Schnees, die aber quer zum Gefälle der Oberfläche verlaufen. Sie entstehen aus der Anhäufung einzelner Schnee- oder Firntrümmer, wie sie bei Lawinen statthat. Das konnte ich aus der Beobachtung von Lawinenresten und Wegausschaukelungen verschiedenen Alters feststellen. Die einzelnen Schollen oder Platten thauen an ihren Rändern am meisten auf und schmelzen durch Regeneration zusammen. Die Richtung der sehr verzweigten Kämme, zwischen welchen oft breite Mulden liegen, hängt von den Stellen grösster Schneeanhäufung ab. In aperi Eise entstehen ähnliche Formen dort, wo Eishügel die Gletscheroberfläche zusammensetzen — auf dem Gornergletscher bis 2 m. hoch — und die Abschmelzung der Grate verschärft und unterhöhlt. Man hat hier mitunter den Eindruck von Dolomitbergen kleinen Maasstabes.

An solchen Eishügeln vollzieht sich auf der Sonnenseite noch ein anderer Process. Sie werden in kleine Säulen und Thürmchen zerfressen, welche an die Auswaschungsformen unter dem Wasserspiegel von Eisseen erinnern. Ein schöner See auf dem Gornergletscher mit einer deutlichen Strandlinie, 2 m. über dem Wasserspiegel, liess an seinen flacheren Ufern unter dem heutigen und bis zu dem ehemaligen Spiegel hinauf eine solche Zernagung trefflich erkennen und ermöglichte den Vergleich derselben mit den eben beschriebenen Formen. Besonders schön sind die letzteren an den Mittagslöchern dieses Gletschers, deren höherer Rand durchaus von solchen Thürmchen flankiert

ist. Nicht selten sind in diese wieder kleine Staublöcher eingefressen, so dass sie hohlhippenartige Röhren darstellen. Sie gehen bis zum Wasser der Mittagslöcher hinab und tragen zwischen sich die Reste glasheller Eisdecken, die einem früheren Wasserstande entsprechen. Auch hier hat also ihre Bildung grossentheils unter dem Wasser stattgefunden.

So herrlich schön die massenhaften, bis zu 2 m. Länge, $\frac{1}{2}$ m. Breite und 1 m. Tiefe reichenden Mittagslöcher des Gornergletschers mit dem malerischen Gegensatze des tiefblauen Wasserspiegels, der weissen Eiswand mit ihren Säulen und den krystallklaren Wassereis-Etagèren an den letzteren sich darstellen, so kümmerlich entwickelt sind die Ansätze zur Bildung ähnlicher Formen auf den besuchten Ostalpengletschern. Hier herrschen die meist flachen Baignoirs und die kleinen, meist runden oder elliptischen Staublöcher vor. Wo die letzteren „honigwabenartig“ mit papierdünnen Wänden zu tausenden nebeneinander sitzen, wie auf dem Mittelbergferner in seiner flachen, aperen Partie, erinnern sie lebhaft an die Regellöcher der Kalkoberfläche. Auch am Winterschnee habe ich sie gelegentlich gesehen.

Unter den Trichtern sind jene in der Moräne von denjenigen in aperem Eise, Firn oder Schnee streng zu unterscheiden. Als mich Herr Dr. Hans Hess an den von ihm („Mittheilungen“ 1895, S. 92, Anmerkung) erwähnten Trichter am Hintereisferner wies, sprach er seine Ansicht dahin aus, dass dieser (gegen 1894 sehr veränderte) steile Schlot seine Entstehung einer Gletscherspalte verdanke. Er machte mich bei einer gemeinsamen Begehung des Hintereisfernens auf zahlreiche Löcher in dessen Moränen aufmerksam, die theils unverkennbar zurückgeschmolzene Spalten darstellten, theils aber alle möglichen Uebergangsformen von solchen zu jener Trichterform bildeten, die Russell vom Malaspinagletscher beschreibt. Indem ich an zahlreichen Gletschern in den schuttbedeckten Partien oder den Moränen diese Uebergangsformen verfolgte und feststellte, dass es sich hiebei durchaus um steile Einsenkungen mit einer Wandböschung von 45° und mehr handelt, gewann

ich die Ueberzeugung, dass sie im Anschlusse an die Auffassung von Russell und Hess zu erklären sind. Reissen im moränenbedeckten Eise Spalten auf, so wird durch sie ein Theil des Eiskörpers blossgelegt und der Abschmelzung ausgesetzt. Diese erweitert den Spaltenrand nach oben hin; herabstürzender Moränenschutt verstopft den unteren Theil der Spalte ganz oder theilweise und staut das Schmelzwasser auf, welches nun durch seine verticale Circulation die Hohlform rasch vergrössert und regelmässiger gestaltet. Rückschmelzung der ursprünglich steilen Wände und oberflächliche Wasserzufuhr hilft die Trichterform mit abgerundeten Contouren ausbilden. Nicht selten sieht man mehrere solche Wasserkammern, durch schmale Eisrippen getrennt, nebeneinander; ich nenne sie „Rippenkammern“. Da die trennenden Rippen von beiden Seiten her untergeschmolzen und immer mehr der schützenden Schuttdecke entblösst werden, sinken sie nach innen zu ein, bilden nur mehr Unterabtheilungen eines grösseren Kessels und verschwinden endlich ganz, wodurch ein mehr runder Umriss des Loches erreicht wird.

Im aperen Eise habe ich wohl auch „Gruben“ und „Cisternen“ im Sinne der Schlagintweit, also unten geschlossene Spalten mit oder ohne Wasser gefunden, aber keinen Beweis dafür, dass aus ihnen in ähnlicher Weise die Trichterformen erwachsen sind wie in der Moräne. Merkwürdig sind runde Seelöcher inmitten von Seracs auf dem Mandrongletscher, wo sie auch die reambulierte Specialkarte bezeichnet; eine nähere Untersuchung dürfte in denselben wohl echte „Cisternen“, den Rippenkammern der Moräne ähnlich, ergeben.

Meine Vermuthung, dass in den Ostalpen trichterähnliche Wannen nicht gar so selten sind, hat sich bestätigt. Abgesehen von Vorkommen, die nur aus der Entfernung oder bei Nebel und Schneefall wahrgenommen wurden, habe ich in meinem beschränkten Reisegebiete solche von sehr verschiedener Grösse und Tiefe beobachtet am Hoch-, Spiegel-, Gurgler-, Hintereis- (3) und Guslarferner (7), sowie das zu nennende Loch im Hochjochfirn. (Andere nach Karten oder der Literatur zu vermuthende Vorkommen sind nicht oder

nicht mehr vorhanden.) Ich bespreche diese Trichter gesondert von jenen des Gornergletschers, weil einerseits an ihnen der verhüllende weiche Schnee manche Feststellung verhinderte — namentlich die entscheidende, ob sie auf das blanke Eis hinabreichen —, dann aber auch, weil sie sich durch einige charakteristische Züge unterscheiden.

Sie liegen fast durchaus (auch mehrere hintereinander) in meist langgestreckten, flachen Mulden zwischen jenen charakteristischen Aufwölbungen, welche verschiedenen Zuflüssen des Gletschers oder der Bodenconfiguration entsprechen und welche in der reambulierten Specialkarte so übertrieben gezeichnet sind. Diese Mulden selbst erscheinen dem Auge als geschlossene Wannen, sind es aber nur ausnahmsweise wirklich, wie z. B. solche auf dem Mandron- und Gurglergletscher. Die Trichter des Guslargletschers liegen an der Grenze zwischen den Bewegungsrichtungen des Grossen und Kleinen Guslarfirns, zum Theile in der unmittelbaren Fortsetzung des trennenden Felsgrates. Die Längsrichtung der Trichter — rund ist nur jener am Hoch- und einer am Hintereisferner — entspricht meist der Bewegungsrichtung des Gletschers. Die Neigung ihrer Wände, stellenweise sehr verschieden, erschien im Ganzen gering, weit unter 45° , wenn auch einzelne Wandpartien steil hervorbrechen. Die Steilseite findet sich zumeist an dem unteren Ende im Sinne der Gletscherbewegung. Doch muss ich angesichts der starken Schneebedeckung über die Gefällsverhältnisse mich zurückhaltend äussern: die sanftere Böschung mag nur scheinbar, durch Hereinwehen des Schnees, entstanden sein. Immerhin scheint sie meist der Seite zu entsprechen, an welcher die grössten Bäche zufließen; an der tiefsten Stelle sammelt sich Wasser, Schlundlöcher kommen mehrfach vor, und mehrere Trichter am Guslarfirn stehen miteinander oberflächlich durch Ab- und Zuflüsse in Verbindung. Es erscheint mir wahrscheinlich, dass die Entstehung dieser Art Trichter an solche Stellen gebunden ist, wo eine langgestreckte Einsenkung des Gletschers das Zusammenströmen des Schmelzwassers an einzelnen Stellen begünstigt. Doch muss erst ihr Verhältniss zu der Bewegungsrichtung und den Spalten des Glet-

schers in jedem einzelnen Falle studiert werden, wozu eine Untersuchung in möglichst ausgeapertem Zustande erforderlich ist.

Es bedarf auch einer solchen, um die wahren Umrisse jenes eigenthümlichen Loches darzustellen, welches ich an derjenigen Stelle des Hochjochfirns beim Saikogel fand, wo die Karte von Hess, der die Oertlichkeit nur von Weitem gesehen, zwei Löcher angiebt. Es lag in 60 m. Länge und 20 m. Breite quer am Fusse einer durch Spalten markierten Steilwand, die einem tiefer unterhalb aus dem Eise hervortretenden Felsrücken zuzuschreiben ist. Das Loch hatte an der Aussenwand 35° Böschung und nahm an Tiefe gegen das. untere nördliche Ende bis zu 20 m. zu. Gerade dort aber war es mit Neuschnee verweht. Eine Firnspalte dürfte Anlass zu seiner Entstehung geben. Der Wind, welcher zur Zeit meines Besuches den lockeren Schnee aus dem oberen Ende herausgeweht und am unteren angehäuft hatte, hat wahrscheinlich bei der Erweiterung dieser Spalte lebhaft mitgewirkt. Auf die mannigfachen Hohlformen, welche der theilweise Einsturz des Schnees über Spalten oder die Unterhöhlung des Firns hervorruft und von welchen sich am Fusse des Corno bianco auf dem Mandronfirn besonders schöne Gebilde zeigen, sei hier nur im Vorbeigehen hingewiesen.

Trichter auf völlig aperem Eise konnte ich nur auf dem Gornergletscher beobachten. Wie an den anderen genannten Oertlichkeiten suchte ich die Lage der einzelnen Gebilde möglichst genau festzulegen, um in folgenden Jahren ihre Orts- und Formveränderungen beobachten zu können. Doch konnte nur ein Theil dieser überaus zahlreichen, schönen Trichter besucht werden: mit Einrechnung undeutlicher Gebilde etwa zwei Dutzend.

Sie liegen nur zum Theile in fortlaufenden Bewegungsfäden, zum Theile aber auch unregelmässig zerstreut in Mulden, wie auf Wölbungen des Gletschers, in spaltenreichen, wie in spaltenarmen Partien desselben. Von den beiden entgegenstehenden Behauptungen, dass die tiefergelegenen steiler und dass sie flacher gebüschet seien als

die höher gletscheraufwärts gelegenen, ist keine in dieser Allgemeinheit richtig. Zwar waren in jenen Fällen, wo mehrere Trichter in einer Reihe hintereinander lagen, die unteren mehr in die Länge gestreckt und sanfter geböschet, also wohl durch die Bewegung verzogen. Die kleineren Trichter sind zumeist steiler. Sonst aber lagen runde und längliche Trichter unregelmässig untereinander vertheilt, und die Richtung ihrer grossen Axe zeigte keine bestimmte Beziehung zu jener der Gletscherbewegung. Wenn sie auch meist einer der sich schneidenden Spaltenrichtungen entsprach, giengen doch in anderen Fällen die Spalten schräge durch die Trichter.

Die Trichterform ist viel regelmässiger als in den zuvor beschriebenen Fällen, die Böschung ziemlich gleichmässig, im Durchschnitt 25—40°; sie ist also steiler als an den Mulden der Oetzthaler Ferner. Der untere Rand liegt häufig mehrere Meter niedriger als der obere. Die Maximaltiefe fand ich schwankend zwischen 6 und 30 m., zumeist betrug sie 10—15 m., der grösste Durchmesser war 30—150 m., der Umfang zweier der grössten Trichter wurde mit 225 und 300 m. gemessen. Die birnförmige Wanne am Spiegelferner ist also weitaus grösser als irgend ein Gornertichter. Wo der Boden flach ist, nehmen ihn Tümpel ein, aber selbst in diesen Fällen ist die Entwässerung durch ein Schlundloch sichergestellt, in welches der Abfluss geht. Die typischen Trichter entleeren sich durchaus durch kleine Mühlen, deren schmale Mutterspalten meist noch klaffen; mehrfach liegen nahe aneinander zwei Mühlen, welche die beiden Hälften des Trichters entwässern.* Spuren eines Einsturzes sind nirgends sichtbar. Blöcke und Schutt sind nur in geringer Menge vorhanden.

Die Trichter selbst lassen also ihre Entstehung nicht mehr unmittelbar erkennen. Wer eine zweifellose Erklärung

* Man kann nicht erkennen, ob man es mit einem Zusammenwachsen zweier ursprünglicher zu einem Doppeltrichter zu thun hat. Doch habe ich in einem Falle zwei kleine benachbarte Trichter gesehen, die eine Umrandung miteinander gemein hatten.

dieses vielumstrittenen Phänomens gewinnen will, muss es im Entstehen so beobachten, wie man die Deformation der fertigen Trichter bis zu ihrem völligen Verschwinden am rechten Arme des Gletschers näher studieren kann. Ich habe daher besonderes Augenmerk auf solche Formen gerichtet, aus denen Trichter entstehen könnten, und gedenke denselben von Zeit zu Zeit einen Besuch abzustatten. Ein paar Eisseen mit sehr interessanten Details seien hier nur erwähnt. Dagegen scheinen mir die Thalfurchen der oft mehrere Meter tief eingenaigten Gletscherbäche bemerkenswerth. Gelegentlich verbreitern sich dieselben und erweitern sich zu kleinen Halbkreisen. Der auf der Karte bezeichnete See nördlich der von der Schwärze kommenden Moräne entspricht ungefähr der Lage eines steilen Sectrichters, der, oben geschlossen, nur durch Wasserfälle gespeist, an seinem unteren Ende aber durch einen 10 m. tief eingeschnittenen Bach entwässert wird. Er muss somit zeitweise bis oben hinauf mit Wasser gefüllt gewesen sein, das dann überfloss und durch die Tieferlegung seines Bettes allmählig nahezu ganz abgeführt wurde. Noch deutlicher zeigt uns den gleichen Vorgang eine durch Thalschluchten von oft 5 m. Tiefe verbundene Kette von Einsenkungen am Fusse des Gornergrates, etwa dort, wo die Siegfriedkarte eine durch Gletscherbäche verbundene Trichterreihe aufweist. Es sind dies aber kaum je typische Trichterformen mit allseitig gleicher Böschung, sondern zumeist Halbtrichter oder bogenförmig gewundene Thalstrecken, bei denen der sanfteren Böschung eine fast senkrechte Wand gegenüberliegt — Formen, wie man sie an den Gehängen jedes Flusses wahrnehmen kann. Dass ihre Entleerung durch die verbindende Schlucht bereits seit Längerem erfolgt ist, geht daraus hervor, dass dieselbe nicht mehr ein und demselben Gletscherbache angehört, sondern dass theils am flachen Trichterboden, theils inmitten des verbindenden Engthales durch Mühlen bewirkte Thalwasserscheiden auftreten. Die schwachen Wassergerinnel, welche diese mächtige Eintiefung durchfließen, haben also bald die Richtung gegen das Gletscherende zu, bald die ihr entgegengesetzte. Am Rande eines dieser Trichter fand ich als Erweiterung eines Rinnsales

ein kleines Trichterchen von kaum 5 m. Durchmesser im Entstehen.

Sehen wir hieraus, dass Wasseraufstauungen mindestens auf die Erhaltung und Ausgestaltung der Trichter einwirkten, so verbietet uns doch die geringe Schuttbedeckung ihrer oft flachen Böden, sie mit Agassiz für eine Art Sandlöcher in grossem Stile zu halten. Da auch Anzeichen eines Einsturzes und eine bestimmte Beziehung zu den Spaltensystemen fehlen,* die gleichmässige Böschung aber die Auffassung als Product der Abschmelzung durch Sonnenwärme und Wasser begünstigt, endlich Mühlen in allen Trichtern sich vorfinden, so möchte ich als wahrscheinlichste Ansicht die folgende aussprechen: die Trichter sind das Product schwacher, aber allseitiger Zuflüsse nach einer vorhandenen Mulde oder Einsenkung; ihre Bildung ward unterstützt einerseits durch die Sonnenwärme, anderseits durch gelegentliche Aufstauung und Verticalcirculation der Schmelzwasser. Dass sie zumeist im Sinne der Lendenfeld'schen Theorie aus sternförmigen Mühlen entstanden, ist recht glaublich — in anderen Fällen mag die veranlassende Mulde aber ein Baignoir, eine Grube oder verquetschte Spalte oder auch eine unten geschlossene Mühle gewesen sein. Das wird durch Beobachtung von Fall zu Fall noch zu ermitteln sein — jede Art von Einsenkung kann zur Trichterbildung Anlass geben, die charakteristische Form aber dürften diese Löcher vornehmlich dem Wasser verdanken.

Hat meine Untersuchung die geographische Thatsache des Vorkommens trichterartiger Wannen auf verschiedenen Gletschern erhärtet, so macht sie anderseits wahrscheinlich, dass dieselben verschiedenen Typen an-

* In einem Halbtrichter, dessen Bogensehne eine senkrechte Wand bildet, liegt am Fusse der letzteren ein See quer über den Trichter und sind drei frühere, höhere Lagen desselben darüber erkennbar. Die Steilwand entstand wohl durch Aufreissen einer Spalte, Bildung einer Cisterne und allmälige Vertiefung der letzteren zum Trichterboden, den sie noch nicht ganz erreicht hat.

gehören, deren physikalische Erklärung sich von Fall zu Fall etwas abweichend gestalten mag. Sie lässt daher eine wiederholte Beobachtung der einzelnen festgestellten Vorkommen bei möglichst günstigen Eisverhältnissen wünschenswerth erscheinen.

In Bezug auf echte Einsturzlöcher, Rundschlote und intraglaciale Wasserläufe waren bei der Seltenheit dieser Formen wenig neue Wahrnehmungen zu erwarten: in der That war dies der Fall. Bemerken möchte ich nur noch, dass mir Schutthügel am Grunde von Schloten, wie ich sie nach R. H. Schmitt's Beschreibung am Uebelthalferner vermuthete, nirgends begegnet sind.

