

Begleitender Text zu dem Bilde

GLETSCHER - PHÄNOMENE

von

Dr. Friedrich Simony

o. ö. Professor an der Wiener Universität.



Unter den vielerlei Erscheinungen, welche das Interesse jedes Besuchers unserer Alpen fesseln und sie zum Ziele einer Jahr um Jahr immer allgemeiner werdenden Wanderlust machen, stehen unstreitig die Gletscher in erster Reihe. Die meilenweiten Firn- und Eisfelder, welche gleich riesigen Schollen einer in das Gewand ewigen Winters gehüllten Polarwelt mitten aus dem Gewoge grünender Berge uns entgegenstarren, bilden eine so fremdartige, so überwältigende Scenerie, dass der erste Anblick derselben auch den nüchternsten Beschauer ergreifen muss. Aber nicht der allgemeine landschaftliche Eindruck allein ist es, welcher auf Jedermann mächtig einwirkt, das ganze Wesen der Gletscher muthet uns wie ein einziges grosses, in blendende Schleier gehülltes Naturgeheimniss an. Die unaufhörlich sich erneuernden, vielgestaltigen Zerklüftungen der scheinbar vollkommen starren Massen, die eigenthümliche Form und räumliche Vertheilung der Moränen, die gleich Pilzen aus dem Eise emporwachsenden Gletschertische, das temporäre Vorrücken und Zurückziehen der Eisströme und noch manche andere Vorkommnisse erscheinen dem Laien beim ersten Anblick räthselhaft, und nicht selten müht er sich vergebens, für das Gesehene die richtige Deutung zu finden.

Bereits vor vielen Jahren hatte der Verfasser, und zwar zunächst ausschliesslich nur für den Zweck der Demonstration bei seinen Vorträgen, eine aus eigenen Naturaufnahmen componirte Landschaft als Wandtableau in Farben ausgeführt, welches dazu dienen sollte, alle wichtigeren Gletschererscheinungen in einem einzigen grossen Gesamtbilde zur Anschauung zu bringen. Dieses Tableau, bei 7 Quadratmeter gross, wurde auf den Weltausstellungen in London (1862) und Wien (1873) prämiirt und hat vielseitig, insbesondere auf Seite der Schulmänner, den Wunsch angeregt, dass dasselbe in verkleinerter Form als ein geographisches Anschauungsmittel einer allgemeineren Benützung zugänglich werde. Ein paar unbefriedigende Versuche von Reproduction liessen indess den Autor auf die Publication des Bildes verzichten, bis ihm in neuester Zeit durch die fortschreitende Vervollkommnung des Lichtdruckes das Mittel geboten ward, das Werk seiner Hände,

wenn auch verspätet, so doch dafür als treues Facsimile der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Das das Bild ohne beigegebene Erklärung seinem Zwecke nur unvollkommen entsprechen würde, war wohl selbstverständlich; ausserdem schien es dem Autor aber auch angemessen, zunächst in einer gedrängten Skizze das Hauptsächlichste über das Wesen und die allgemeiner vorkommenden Erscheinungen der Gletscher vorzuschicken, um auch Jenen, welchen die Gelegenheit mangeln sollte, sich andernorts über den Gegenstand zu unterrichten, den Inhalt dieser bildlichen Darstellung nach allen Einzelheiten zum Verständniss zu bringen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Wärme der Luft mit wachsender Höhe stetig, wenn auch nach Ort und Zeit in ungleichem Verhältnisse abnimmt. Diese Thatsache äussert sich auf allen höheren Gebirgen nicht allein in den Erscheinungen des nach oben immer mehr verkümmernnden Pflanzenlebens, sondern auch in dem Verhalten der atmosphärischen Niederschläge. Je weiter aufwärts, desto grösser wird die Zahl der Schneefälle gegenüber jener der Regen, bis schliesslich die ersteren selbst im Hochsommer das Uebergewicht erhalten, ja in den grössten Höhen die letzteren gänzlich verdrängen.

Das Sinken der Temperatur nach der Höhe — im allgemeinen Durchschnitte für je 180^m um 1^o C. — bringt es ferner mit sich, dass der gefallene Schnee, je weiter hinauf, desto langsamer abschmilzt, bis endlich oberhalb eines gewissen Niveau's die Wärme schon so gering geworden ist, dass alljährlich grössere oder kleinere Reste von Schnee übrig bleiben und sich in Schichten von verschiedener Dicke übereinander lagern.

Alle jene mehr oder minder erhöhten Theile der Erdoberfläche, in welchen die Wärmesumme des ganzen Jahres, einschliesslich der selbst bei den tiefsten Kältegraden nur ausnahmsweise ganz unterbrochenen Verdampfung nicht mehr ausreicht, den im Verlaufe desselben Zeitabschnittes angesammelten Schnee wieder vollständig zu beseitigen, zählen zur Region des ewigen Schnees; die untere Grenze der letzteren aber, an welcher Schneefall und Schmelzen sich im Allgemeinen das Gleichgewicht halten, wird kurzweg die Schneegrenze oder Schneelinie genannt. Unter derselben hat man sich übrigens selbst in einem und demselben Gebirge nicht etwa eine regelrecht horizontal verlaufende, sondern vielmehr eine je nach der Gestaltung der Gehänge und deren stärkerer oder schwächerer Besonnung vielfach und zwar mitunter bedeutend auf- und absteigende Linie zu denken.

Die Schneelinie sinkt vom Tropengürtel der Erde gegen die Pole zu in immer tiefere Niveaux herab. Während sie innerhalb der Wendekreise allgemein erst in Höhen von 4500 bis 5500^m anzutreffen ist, hat sie sich in den mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre, von extremen Ausnahmen abgesehen, schon auf 3500 bis 2500^m herabgesenkt, in den hocharktischen Gebieten endlich sogar schon bis auf wenige hundert Meter dem Meeresspiegel genähert.

Gilt aber im Allgemeinen ein Sinken der Schneelinie von den niederen gegen die hohen Breiten als Regel, so kommen doch auch wieder unter gleichen oder benachbarten Parallelen mitunter grosse Differenzen in der Höhenlage der ersteren vor. Diese Erscheinung ist begründet durch die Verschiedenheit der klimatischen Verhältnisse innerhalb eines und desselben Breitengürtels.

Wie von den Küsten nach dem Innern der Continente in Folge der stetigen Dampfabnahme der Luft die Niederschläge immer kärglicher, dagegen die Differenzen zwischen der Sommer- und Wintertemperatur immer grösser werden, so rückt entsprechend die Schneegrenze landeinwärts in immer höhere Niveaux hinauf. Während die Schneelinie in den Alpen (44—48° n. Br.) zwischen 2600—2800^m liegt, ist sie im Kaukasus (41—45° n. Br.) schon in die Höhe von 3600—4300^m, im Thian-schan (41—44° n. Br.) sogar bis gegen 5000^m zurückgedrängt. Damit erklärt sich auch, dass in einem vom Aequator entfernten Hochgebirge, wie dem Karakorum (35—37° n. Br.) die Schneeregion erst über dem Niveau von 5200—5800^m beginnt, während sie in dem um 4—9 Grade südlicher gelegenen Himalaya schon bei 4800—5600^m ihre untere Grenze erreicht.

Eine grosse Rolle spielen ferner bei der Höhenlage der Schneegrenze solche Winde, welche aus einer bestimmten Richtung mehr minder constant wehen. Feuchte Luftströmungen erzeugen auf den ihnen entgegenstehenden Hochgebirgshängen um so reichlicheren Schneefall und drücken demgemäss die Schneelinie um so tiefer herab, je dampfreicher sie sind, während bei ursprünglich schon trockenen, oder erst auf ihrem Wege über Land oder Gebirge trocken gewordenen Winden das Umgekehrte stattfindet. Ein auf den letzteren Fall passendes, lehrreiches Beispiel liefert der Himalaya, wo der auf der Südseite des Gebirges noch reichliche Niederschläge spendende Südwest-Monsun Ursache ist, dass hier die Schneegrenze zur Höhe von 4800—5000^m herabgedrückt ist, während dieselbe auf der Nordseite des Gebirges, wo der gleiche Wind schon des grössten Theiles seiner Feuchtigkeit beraubt ist, um 600—800^m höhere Lagen einnimmt.

In noch ausgeprägter Weise macht sich der Einfluss der Luftströmungen auf die verticale Verbreitung des ewigen Schnees in dem südamerikanischen Hochgebirge bemerkbar. Während in den der regenreichen Calmenzone angehörigen Anden von Quito die Schneegrenze um das Niveau von 4850^m auf- und abschwankt, ist sie in der Westkette der Anden von Peru und Bolivia (5—21° s. Br.), welche unter der Herrschaft des auf seinem Wege über den Continent und den östlichen Cordillerenkamm seiner vom atlantischen Ocean mitgebrachten Feuchtigkeit vollständig beraubten Südost-Passats steht, erst in Höhen von 5700—5200^m anzutreffen.

Wie sehr reichliche Niederschläge in Verbindung mit milden Wintern und kühlen Sommern die Schneelinie herabzudrücken vermögen, zeigt das Hochgebirge der Südinsel Neu-Seelands und der Westhang der patagonischen Cordillere, wo unter ähnlichen Breiten, wie in unseren Alpen, der ewige Schnee um 700 bis 1000^m tiefer herabgeht, als in den letzteren.

Die in dem Vorhergehenden an einzelnen Beispielen dargelegte Bedeutung der klimatischen Elemente auf die Höhenlage der Schneegrenze erhält aber auch in unseren Alpen insofern ihren Ausdruck, als der innerhalb kürzerer oder längerer Zeitabschnitte gewissen Oscillationen unterworfenen Charakter des Klimas gleichfalls mehr oder minder bedeutende Schwankungen in der räumlichen Verbreitung des ewigen Schnees zur Folge hat. Die Höhe der Schneegrenze verschiebt sich schon, wenn auch meist nur unbedeutend, von einem Jahre zum nächsten, bedeutend mehr aber von einer längeren Periode zur anderen, je nach den reichlicheren oder spärlicheren Schneeaufhäufungen, welche der eine und der andere Zeitabschnitt mit sich bringt und die schliesslich ein mehr minder bedeutendes Vorrücken oder Zurücktreten der Gletscher zur Folge haben.

Der Umstand, dass in allen über der Schneelinie gelegenen Theilen der Erdoberfläche Jahr um Jahr neue Reste von Schnee zu den bereits vorhandenen Ansammlungen hinzukommen, müsste nothwendig bewirken, dass die letzteren fort und fort an Mächtigkeit zunehmen und namentlich im Hochgebirge zuletzt alle die mannigfach gestalteten Käämme und Gipfel derselben unter Tausende von Metern dicken Schneelasten begraben würden, wenn nicht der fortgesetzte oberflächliche Zuwachs durch eine entsprechende Abwärtsbewegung der Massen wieder ausgeglichen würde. Es mag hier daran erinnert werden, dass die in und nahe der Schneeregion jährlich fallenden Schneemengen auf allen niederschlagsreicheren Hochgebirgen einen grossen Betrag erreichen. So wird angeführt, dass innerhalb unserer Alpen in der Höhenzone von 2000—3000^m durchschnittlich während eines Jahres bei 10^m Schnee fallen, ja für den Grossen Bernhard (2472^m) wurde sogar ein jährliches Quantum von 15·45^m berechnet. Allerdings ist hier nur Schnee in seinem ersten mehr oder weniger flockigen Zustande verstanden. In Folge der eigenen Schwere, noch mehr des partiellen Schmelzens und Wiedergefrierens verringert sich das ursprüngliche Volumen sehr bald auf ein Viertel oder Fünftel, bis schliesslich durch Verdampfung und noch mehr durch Umwandlung in abfliessendes Schmelzwasser die ganze Masse beseitigt wird, oder, wie dies in der Schneeregion der Fall ist, je nach der Höhenlage ein kleinerer oder grösserer Rest übrig bleibt. Noch sei bemerkt, dass über jener Höhenregion, in welcher die häufigsten Wolkenbildungen und die reichlichsten Niederschläge stattfinden (in den Alpen liegt diese Region im Mittel zwischen 1600 und 2600^m) Regen- und Schneefälle der Zahl wie auch der Reichlichkeit nach wieder mehr und mehr abnehmen.

Die über der Schneelinie stattfindenden Schneeanisammlungen sind es, aus welchen überall dort, wo dieselben neben grösserer Ausdehnung nach Länge und Breite auch eine genügende verticale Mächtigkeit erreichen, und wo zugleich die wenn auch noch so schwache Neigung der Unterlage eine Abwärtsbewegung der Massen gestattet, sich Gletscher zu entwickeln vermögen.

Ehe es jedoch zur Bildung von Gletschern kommt, hat der angesammelte Schnee mehrfache Verwandlungsstufen seines ursprünglichen, aus der Atmosphäre mitgebrachten Aggregatzustandes durchzumachen. Wie der Schnee der niedrigen

Gegenden bei einiger Dauer in Folge theilweisen Schmelzens und Wiedergefrierens sehr bald seine anfänglich flockige Beschaffenheit verliert und in einen körnigen Zustand übergeht, so erleidet auch der Schnee der höheren Regionen durch denselben Process die gleiche Veränderung, indem er zunächst in Firn*) umgewandelt wird. Ohne vorläufig die weisse Farbe des Schnees und in den obersten Lagen auch die Eigenschaft, bei jeder kräftigeren Einwirkung der Sonne oder warmer Winde sich noch bedeutend zu erweichen, einzubüssen, wird er dem letztern, je tiefer hinab, insofern immer unähnlicher, als die Grösse der Körner mehr und mehr zunimmt, dagegen die Menge der zwischen den letzteren von früher her noch eingeschlossenen Lufttheilchen sich stetig verringert, bis endlich die untersten, d. h. ältesten Schichten, in Folge des auf sie continuirlich einwirkenden Druckes und des Gefrierens immer neu hinzutretender Wassertheile in mehr oder minder festes Gletschereis übergegangen sind.

Uebrigens muss bemerkt werden, dass auch schon in den jüngeren, d. h. oberen Theilen des Firns Anfänge einer Bildung von Gletschereis insofern vorkommen, als derselbe in ungleich grossen Abständen von mit der Oberfläche parallel laufenden, dünnen, bläulichen Eislagen durchzogen ist. Diese Eislagen stellen der Mehrzahl nach die Abgrenzung je einer Jahresschichte des Firns dar, doch können auch innerhalb eines Sommers bei öfterem starken Temperaturwechsel und wiederholten Schneefällen sich mehrere derartige, wenn auch weniger entschieden hervortretende Eiskrusten bilden.

Von der eben beschriebenen Umwandlung des Schnees in Firn und Eis bleiben nur die feinkörnigen Ansammlungen jener höchsten Region (in den Alpen ober dem Niveau von 4300—4500^m) nahezu unberührt, wo die constant niedrige Temperatur es selten zu einem partiellen Schmelzen und zur Festigung der winzig kleinen, mitunter fast schon staubartigen Schneekryställchen kommen lässt, weshalb denn dieselben auch, ähnlich dem Flugsand der Wüste, ein stetes Spiel der Winde auf den obersten Zinnen und Graten des Hochgebirges bleiben.

Die Umwandlung der tieferen Schichten der Firnfelder in Gletschereis findet um so vollkommener statt, je intensiver der Druck ist, und je öfter durch den letzteren frei gewordenes, so wie von oben eingedrungenes Wasser zum Wiedergefrieren gelangt.

Das Zutagetreten des Gletschereises unter dem Firn beginnt regelmässig erst dort, wo die Massen in Folge der ihnen innewohnenden Bewegung in ein schon 300 bis 400^m unterhalb der Schneelinie gelegenes Niveau herabgerückt sind. Die Höhe, in welcher das schon durch seine trüb grünlichbläuliche Färbung von dem weissen Firn unterscheidbare Eis in grösserer Ausdehnung zu Tage tritt, wird die Firngrenze genannt. Dieselbe stellt jedoch ebenso wenig wie die Schneegrenze eine regelrecht horizontale, sondern vielmehr eine unregelmässig verlaufende und von einem Jahr zum anderen, je nach den reichlicheren oder spärlicheren Schneefällen

*) Dem Mittelhochdeutschen *virne* nachgebildet, ein Wort, welches alt, hauptsächlich aber vorjährig bedeutet.

und kälteren oder wärmeren Sommern mehr oder minder bedeutenden Verschiebungen unterworfenen Linie dar.

Abgesehen von der Farbe unterscheidet sich das Gletschereis von dem Firn durch die im Allgemeinen viel bedeutendere Grösse der Körner — dieselben erreichen in den ältesten Theilen grosser Gletscher einen Durchmesser bis zu 4^{cm} — und den ungleich innigeren Zusammenhang derselben. Das bleibend körnige Gefüge, welches in vollkommenster Weise ersichtlich wird, wenn ein losgetrennter Eisblock in warmer Luft zu zerfallen beginnt, bildet auch das charakteristische Unterscheidungsmerkmal des Gletschereises, im Gegenhalt zum gewöhnlichen Eise der fliessenden und stehenden Gewässer, welches stets eine prismatische Structur zeigt. Dank seiner ungleich grösseren Dichte wird das Gletschereis unter der Einwirkung der Sonne und der warmen Luft oberflächlich wohl zum Abschmelzen gebracht, aber nicht mehr erweicht, wie dies bei dem Firn oft noch in hohem Grade der Fall ist.

Noch eine besondere Structur-Erscheinung des Gletschereises mag hier erwähnt werden. Wie sich in dem Firn eine mehr oder minder deutliche Schichtung insofern bemerkbar macht, als in verschiedenen Abständen, die mitunter bis zu 7—10 Decimeter anwachsen können, dünne bläuliche Eislagen die weisse Firnmasse und zwar, wie schon früher angeführt wurde, mehr minder parallel mit der Oberfläche durchziehen, so zeigt auch das Gletschereis durchaus nicht in allen seinen Theilen eine gleichartige Beschaffenheit. Es wechseln nämlich in demselben, ähnlich wie im Firn, Lagen von weisslichem mit ungleich dünneren von bläulichem Eise ab, nur erscheinen diese Lagen nicht mehr, oder doch nur selten parallel mit der Oberfläche, sondern nehmen gegen dieselbe die verschiedensten Richtungen an; auch zeigen die einzelnen Lagen schon eine ungleich geringere Mächtigkeit, ja es wird häufig — namentlich bei stark zerklüfteten Gletschern — die ursprüngliche, echte Schichtung des Firns, je weiter abwärts, desto mehr durch eine, unbeschadet der körnigen Beschaffenheit, sich entwickelnde dünnplattige oder gebänderte Structur des Eises verwischt, welche mit der Stratification des ersteren nichts mehr gemein hat, vielmehr ausschliesslich als ein Resultat der Bewegung der Massen anzusehen ist.

Der Wechsel von porösem weisslichem, mit dichtem bläulichem Eise ist zum Theil auf die ursprüngliche Schichtung des Firns, vorwiegend aber darauf zurückzuführen, dass der alljährlich in die mehr weniger zahlreichen, in Folge der continuirlichen Bewegung stets sich erneuernden Spalten des Gletschers gefallene Schnee, in den Körper desselben übergehend, Zwischenlagen jüngerer Firnes bildet, welche mehr und mehr zusammengepresst und gestreckt sich im Laufe des theilweise durch Jahrhunderte dauernden Abwärtsrückens wohl gleichfalls in Eis umwandeln, aber in ein Eis, welches neben dem sie begrenzenden älteren Eise noch immer ein mehr an Firn erinnerndes Ansehen bewahrt hat. Zur Vermehrung der blauen Eislagen trägt zweifellos auch sehr wesentlich der Umstand bei, dass die Wände der durch längere Zeit offen bleibenden Klüfte in Folge des sommerlichen Temperaturwechsels der eindringenden Luft einen höheren Grad von Vereisung erleiden, dann auch, dass viele schmale, nach unten geschlossene Spalten sich

im Sommer mit Wasser füllen, welches im Laufe des Winters zu klarem Eis erstarrt.

Die vorerwähnte Structur macht sich insbesondere auf der Oberfläche des Gletschers in den nahe aneinander liegenden, unter sich mehr minder parallel laufenden, schmalrippigen, feinen Erhöhungen der als blaue Bänder bezeichneten Lagen oder Streifen des dichten, durchsichtigen Eises bemerkbar, welche, und zwar in Folge der gegen die Mitte hin intensiveren Bewegung des Eisstromes, nach abwärts gewöhnlich zunchmend convex gekrümmt erscheinen, dann, wenn sie deutlich genug hervortreten, die sogenannten Ogiven bildend, noch häufiger aber in vielfach gebrochenen Linien derart unregelmässig laufen, dass sich nur äusserst schwer ihr Zusammenhang auf weitere Strecken verfolgen lässt.

Trotz seiner Dichte und Festigkeit im Vergleiche mit dem lockeren, porösen, bei Erwärmung weich werdenden Firn bildet das Gletschereis nichts destoweniger in Folge der stets eingeschlossenen Theilchen von Luft und flüssigem Wasser eine bei entsprechendem Drucke in allen ihren Theilen verschiebbare, bis zu einem gewissen Grade plastische Masse, welche eben so wie der Firn einer dem Fliessen ähnlichen Bewegung fähig ist, einer Bewegung, welche am zutreffendsten mit jener eines im Erstarren begriffenen Lavastromes oder einer grossen, auf geneigter Fläche ausgegossenen, dem Festwerden schon nahe stehenden Mörtelmasse verglichen werden kann.

Zur Erklärung des ständigen, allen Theilen des Gletschers innewohnenden Beweglichkeitszustandes möge weiters noch Folgendes dienen. Das an der Oberfläche durch die Wärme flüssig gewordene Schmelzwasser, dessen Temperatur = 0° ist, dringt in alle Tiefen der Gletschermasse ein und theilt derselben seine eigene Temperatur mit. Bei dieser Temperatur von 0° können festes Eis und flüssiges Wasser, wie sich thatsächlich beide in allen Theilen des Gletschers vorfinden, neben einander bestehen, ohne ihren Aggregatzustand zu verändern. Selbst während des langen Winters werden nur die oberen Schichten des Firns und Eises etwas stärker abgekühlt, die übrigen aber von der Kälte der äusseren Luft völlig unberührt gelassen. Dagegen tritt ein anderer Factor hinzu, welcher eine, wenn auch nur sehr geringe Depression der Temperatur in den tiefer gelegenen Gletscherschichten bewirkt, und dieser Factor ist durch den von den oberen auf die unteren Theile wirkenden Druck gegeben. Es ist theoretisch dargelegt und experimentell nachgewiesen worden, dass bei jeder Vermehrung des Druckes um je ein Aequivalent einer Atmosphäre der Schmelzpunkt des Eises um $\frac{1}{133}^{\circ}$ C. unter Null herabsinkt. Einem derartigen Drucke sind denn auch alle tiefer gelegenen Firn- und Eisschichten unterworfen, was zur Folge hat, dass die Temperatur in den gepressten Massen entsprechend der durch die Grösse der verticalen Mächtigkeit der letzteren bestimmten Erniedrigung des Schmelzpunktes sinkt. Durch diese Erniedrigung wird ein Weniges von der früher in den Eis- und Firnkörnern gebundenen Wärme frei und diese wandelt nun kleine Theilchen der Masse in flüssiges Wasser von einer Temperatur unter Null um. Dasselbe vermag jedoch in diesem Zustande nur so lange zu verharren, als es unter

dem erhöhten Drucke steht; sobald es aber durch vorhandene Risse oder Spalten dem Bereiche des letzteren sich zu entziehen vermag, wird es alsogleich wieder in Eis verwandelt, welches den früher vorhandenen freien Raum ausfüllt und die durch denselben vordem getrennten Firn- oder Eispartikel zusammenkittet.

Der oben beschriebene, mit dem Namen Regelation bezeichnete Vorgang bewirkt nicht allein die allmähliche Umwandlung des porösen, kleinkörnigen Firnes in relativ dichtes, grosskörniges Eis*), sondern auch das stetige Vorhandensein einer bald grösseren, bald geringeren Menge flüssigen Wassers im Innern der Gletschermassen und damit jenen bereits erwähnten Zustand der Verschiebbarkeit aller Theile, durch welchen die Bewegung des Ganzen ermöglicht wird.

Die Bewegung der Gletscher vollzieht sich im grossen Ganzen nach denselben Gesetzen, wie die Bewegung fliessender Gewässer, nur mit dem Unterschiede, dass sie mehrere hunderttausendmal, ja millionenmal langsamer vor sich geht, als dies bei den letzteren der Fall ist.

Es gibt im Gebiete der Alpen Gletscher, welche innerhalb eines Jahres im Durchschnitt nur um wenige Meter, wieder andere dagegen, die in gleicher Zeit um 100—200^m sich bewegen, ja es kommen Fälle vor, wo bei abnorm raschem Anwachsen eines Gletschers die Geschwindigkeit der Bewegung bis auf mehrere Meter innerhalb eines Tages anzuwachsen vermag. So soll am Vernagtferner in den Oetzthaler Alpen während dessen letzter grosser Wachstumsperiode in der Zeit vom 13. November 1843 bis 1. Juni 1845, wo er innerhalb 566 Tagen einen Weg von mehr als 1300^m zurücklegte, zur Zeit seines stärksten Vorrückens die tägliche Bewegung im vorderen Theile der Eiszunge sich zuletzt bis auf 12^m gesteigert haben.

Das Mass der Bewegung eines und desselben Gletschers ist nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich ein sehr verschiedenes. Je stärker die Neigung des Gletscherbettes, desto beschleunigter, je geringer, desto verlangsamer wird die Bewegung. Bei gleicher Neigung wächst die Bewegung mit der Mächtigkeit der Masse, daher im Allgemeinen die Gletscherströme gegen die Mitte ihres Querprofiles sich rascher bewegen, wie an den Rändern. Auch wurde durch Beobachtungen festgestellt, dass die der Oberfläche näheren Theile rascher abwärts drängen, als die unteren, dass aber auch mitunter in einzelnen Stellen der Eisströme, ähnlich den Wirbeln in Flüssen, eine rückläufige Bewegung, hervorgerufen durch entgegretende Hemmungen, stattfindet. Weiter ist zu bemerken, dass ein Gletscherstrom unter sonst gleichen Verhältnissen sich rascher bewegt, je mächtiger, oder auch je ausgedehnter die aus der Firnregion

*) Die fortschreitende Verdichtung der Massen in den verschiedenen Stadien der Umwandlung von frisch gefallenem, lockeren Schnee bis zum compacten Gletschereis lässt sich daraus entnehmen, dass, während ein Cubikmeter des ersteren durchschnittlich 85 bis 90 Kilogramm wiegt, das gleiche Volumen ausgebildeten Firns schon das 6- bis 7fache, ein Cubikmeter dichtestes Gletschereis aber das 10- bis 11fache Gewicht des ersteren erreicht. Selbstverständlich ist es das durch den stetigen Druck bewirkte, allmähliche Verdrängen der dem Schnee ursprünglich in grosser Menge anhaftenden und auch noch im Firn reichlich vorhandenen Luft, welches die Zunahme der Dichte, beziehungsweise der Schwere des Eises bedingt.

nachdrängenden Firnmassen sind. Daher zeigt ein aus mehreren Zuflüssen zusammengesetzter Eisstrom in jenem Theile seines Querprofils, welcher dem mächtigsten Zuflusse entstammt, ein rascheres Vorrücken, als in den anderen Theilen desselben Querschnittes. Damit ist aber auch erklärt, warum bei Gletschern eine raschere Bewegung, ein stärkeres Vorrücken der Eiszunge eintritt, wenn in Folge klimatischer Verhältnisse, beziehungsweise in Folge schneereicherer Winter und kühlerer Sommer die Mächtigkeit der Massen in der Firnregion wächst.

Schliesslich darf nicht unerwähnt bleiben, dass auch im Jahresverlaufe die Intensität der Bewegung sich ändert; dieselbe ist am grössten zur Zeit des Hochsommers, wo alle Theile des Gletschers in Folge des sie reichlichst durchdringenden Schmelzwassers den höchsten Grad der Beweglichkeit erreichen, während im Winter das flüssige Wasser im Innern der Massen, ähnlich wie das unterirdische Geäder der Quellen, sich bedeutend vermindert, und die der Oberfläche näher liegenden Theile des Gletschers durch die eindringende Kälte vollständig erstarren. Trotzdem erstirbt selbst in dieser Jahresperiode die Bewegung der Gletscher nicht vollständig, ja sie wird umsoweniger abgeschwächt, eine je grössere Mächtigkeit die Firn- und Eismassen besitzen.

Wie die Wasserströme aus der Vercinigung eines mehr minder weit verzweigten Geästes von Bächen und Flüssen zu einem einzigen grossen Gerinne hervorgehen, so entstehen auch die meisten Gletscher aus dem Zusammenflusse einer grösseren oder kleineren Zahl von ursprünglich in selbstständige Mulden gebetteten Firn- und Eismassen zu einem einzigen, in der Regel zungenförmig auslaufenden Eisstrom, welcher um so tiefer unter die Schneegrenze herabgeht, je zahlreicher und mächtiger die ihn bildenden Zuflüsse sind, je enger und geneigter das Bett ist, durch welches er seinen Verlauf nimmt. So reichen beispielsweise die meisten Hauptgletscher des Montblanc-Stockes in die Waldregion, ein paar derselben sogar bis zur Culturzone herab, so der Glacier de Bois in normalen Verhältnissen bis zu 1040^m, der Glacier de Bossons zu 1070^m, während der tiefstgehende aller alpinen Eisströme, der Untere Grindelwaldgletscher in den Berner Alpen, noch vor wenigen Decennien seine Zungenspitze sogar unter das Niveau von 1000^m vorschob, seither aber gleich den allermeisten Gletschern in einem ständigen Rückzuge begriffen ist.

Je tiefer die Schneelinie liegt, in eine desto niedrigere Region rücken, bei sonst hinlänglicher Ausdehnung der Firnlager, die sich aus ihnen entwickelnden Eisströme herab. So erreichen manche Gletscher Patagoniens, Neuseelands und Lapplands das Meeresniveau, ja die grossen Gletscher der Polarländer schieben fortwährend gewaltige Massen in das Meer selbst hinaus, die dann von den Strömungen des letzteren erfasst, als schwimmende Eisberge den Ocean bis weit in die gemässigte Zone herein durchziehen.

Die namentlich in Hochgebirgen vorkommenden Gletscher pflegt man in Gletscher erster, zweiter und dritter Ordnung oder, wenn auch nicht ganz sinnentsprechend, in primäre, secundäre und Hoch- oder Jochgletscher zu unterscheiden, welchen sich dann noch die sogenannten regenerirten Gletscher anreihen.

Unter Gletschern erster Ordnung oder primären Gletschern werden jene verstanden, welche mit ihrem Ende den Grund eines von einem Hauptkamme des Gebirges auslaufenden Thales ständig oder doch wenigstens in Zeiten stärkerer Entwicklung erreichen. In den Alpen werden die Gletscher dieser Kategorie in der Regel aus mehreren Zuflüssen gebildet, haben eine Länge von 5 bis 15, in einem Falle (Aletschgletscher in den Berner Alpen) sogar bis gegen 25^{km}, und zeigen eine stark entwickelte Eiszunge, deren Ende mindestens bis zu 500, häufig 800 bis 1000, bei einzelnen Gletschern sogar 1500 bis 1800^m unter die Schneegrenze herabreicht.

Die Gletscher zweiter Ordnung (secundäre Gletscher) sind in Mulden oder in noch thalartig gestaltete, aber meist schon verhältnissmässig steil niedersteigende Einfurchungen der Nebenäste eines Hauptkammes gelagert, und ihre Eiszunge endet gewöhnlich schon mehr weniger hoch oberhalb des Auslaufes der ihr zum Bette dienenden Gebirgsfurche in das nächstliegende Thal.

Als Gletscher dritter Ordnung, Hoch- oder Jochgletscher, pflegt man jene wenig ausgedehnten Gletschermassen zu bezeichnen, welche von den höchsten Kämmen und Einschaltungen eines Hochgebirges niederhängen, schon selten tiefer als 100 bis 150^m unter die Schneelinie herabgehen und demgemäss auch nur in ihrem untersten Theile Spuren einer beginnenden Eisbildung wahrnehmen lassen.

Regenerirte Gletscher endlich entstehen am Fusse von Felswänden, wenn die in Form von Eis- oder Firnlawinen zeitweilig herabstürzenden Abbrüche eines bis an den oberen Saum solcher Wände vorschiebenden Gletschers unten wieder zu einer zusammenhängenden Masse verschmelzen, welche dann als ein aus Trümmern neugebildeter Gletscher ihre Bewegung nach abwärts fortsetzt.

Die Oberfläche der Gletscher ist nur ausnahmsweise und auch dann nur in beschränkter Ausdehnung als völlig eben zu bezeichnen. Schon der Firn erscheint an geneigten Stellen oft von zahlreichen, mehr minder parallel laufenden Rillen durchzogen, nicht selten auch wieder mit schief aus der Masse hervorstehenden, glasigen Firnscherben besetzt. Tiefer abwärts, wo bereits das Eis zu Tage liegt, sieht man die Oberfläche, dank der grobkörnigen Structur und verschiedenen Dichte des Eises, stets rauh, und ausser den Wasserrinnsalen und Klüften von den verschiedensten Furchen, Buckeln und sonstigen Unebenheiten derart bedeckt, dass der Vergleich eines so gestalteten Gletschertheiles seinem allgemeinen Ansehen nach, stark verkleinert gedacht mit jenem eines tief gepflügten Ackerfeldes ziemlich zutreffend erscheint.

Eine allen Gletschern gemeinsame, wenn auch je nach der Gestaltung des Bettes und dem Zustande der Masse bei den einzelnen derselben in sehr verschiedenen Graden entwickelte Erscheinung sind die Spalten. Verleiht der die Mitte zwischen Plasticität und vollkommener Starrheit haltende Zustand des Gletschereises demselben einerseits die Fähigkeit, sich allen Unebenheiten seines Bettes anzuschmiegen, durch dessen Verengerungen sich unbeirrt hindurchzuwinden, in seinen Weitungen sich wieder auszubreiten, so ist doch wieder anderseits die Starrheit der Masse gross genug, um überall dort, wo die Gleichmässigkeit der Bewegung, sei es durch ein im Bette auftauchendes grösseres Hemmniss, sei es durch verstärktes Gefälle des Bodens,

ja sei es selbst nur durch eine in Folge verstärkter Mächtigkeit der Masse eintretende Beschleunigung des Vorrückens*) gestört wird, eine mehr oder minder intensive Spaltenbildung zu ermöglichen.

Unter den verschiedenen Formen der Spalten sind zunächst zwei gleichsam als Grundformen hervorzuheben, die Quer- und die Längenspalten. Die Querspalten, welche gegen die Linie des stärksten Gefälles in einem mehr weniger dem rechten sich nähernden Winkel gerichtet sind, finden sich zum Theil schon in der tieferen Firnregion, viel ausgeprägter aber im Eise überall dort, wo das Bett stärker geneigte Abfälle bildet, während die Längsspalten besonders dort entstehen, wo eine ungleich intensive Bewegung parallel der Richtung des Gefälles nebeneinander liegender Theile des Gletschers stattfindet, eben so aber auch dann, wenn ein Eisstrom nach längerer Einengung sich wieder auszubreiten vermag.

Als eine Modification der beiden vorgenannten Grundformen können die meist nur kurzen, wenn auch oft verhältnissmässig breiten Randspalten und Radialspalten angesehen werden, von denen die ersteren, wie schon der Name besagt, sich in den Flanken der Gletscher vorfinden, während die letzteren am Auslaufe jener Gletscherzungen anzutreffen sind, welche sich frei ausbreiten können und dann meist eine bogenförmige Umgrenzung ihres gewölbten Abschwunges zeigen.

Quer- und Längsspalten kommen in den verschiedensten Dimensionen vor. Bei dem ersten, meist von einem mehr oder weniger starken Knall begleiteten Aufreissen nur in nächster Nähe sichtbar, erweitern sie sich allgemach zu mitunter mehrere Meter breiten und Hunderte von Schritten langen, nicht selten die ganze Dicke des Gletschers durchsetzenden, viel häufiger aber nach unten keilförmig verlaufenden Klüften.

Die Zerklüftung der Gletscher tritt aber nicht allein in den bisher beschriebenen, verhältnissmässig einfachen Formen auf; über steiler abfallenden Stufen des Bettes, über aus dem Grunde aufragenden Klippen oder Riffen, eben so auch an Vorsprüngen der Uferwände steigert sie sich derart, dass mehr oder minder ausgedehnte Theile der Masse in ein Chaos von thurm-, säulen- und mauerartigen Trümmern, von Zacken und Nadeln — die sogenannten Serac's — zerfallen. Wo eine derartige Zerklüftung sich über eine höhere, das Bett durchquerende Stufe verbreitet, gewinnt der Gletscher das Ansehen eines im wildesten Sturze plötzlich erstarrten Wasserfalles — daher die Bezeichnung Gletschercascade (auch Gletscherbruch) — während dort, wo sie in gemilderter Form, aber über lange Strecken eines durchgängig stärker geneigten Gletscherstromes verbreitet ist, analog den Katarakten der Wasserströme (z. B. Nilkatarakten) der Name Gletscherkatarakt nicht unpassend erscheinen dürfte.

Eigenthümlich gestaltete Schlünde, welche mehr den Charakter von Einstürzen als von echten Spalten zeigen, finden sich an manchen Stellen der Firnfelder (denen übrigens auch wirkliche Spaltenbildung nicht fehlt) in der Form von umfangreichen Gruben mit steilen, oft senkrechten, nicht selten sogar überhängenden Wänden und

*) Bei mächtigerem Anwachsen der Gletschermassen tritt regelmässig energischere Bewegung und mit dieser auch stärkere Zerklüftung ein.

einer Tiefe von wenigen bis zu 20 und mehr Metern. Eine für alle derartige Vorkommnisse ausreichende Erklärung der Entstehungsweise ist vorläufig noch nicht gefunden.

Endlich ist auch noch die Randkluft oder der Bergschrund zu nennen. Der Bergschrund trennt den Rand steiler Firnmassen, wo sich dieselben an eine Felswand lehnen, von der letzteren, oder er durchzieht als Spalte den Firnhang selbst in geringem Abstände von der Wand. Die mitunter bedeutende Länge, Breite und Tiefe des Bergschrundes erschwert, wenn er nicht durch jüngeren Schnee überbrückt ist, ja vereitelt mitunter vollständig die Erreichung eines dahinterliegenden Hochgipfels. Auch bei vielen schon der tieferen Region angehörenden Randtheilen der Gletscher werden durch derartige Schründe die Flanken des Eiskörpers von der angrenzenden Uferwand geschieden.

Trotz der grossartigen Wildheit, welche in der plastischen Erscheinung vieler Gletscherzerklüftungen liegt, bieten dieselben dennoch einen Anblick von fesselndster Wirkung dar. Die letztere liegt in dem unendlichen Zauber der Farbe, welche alle Abstufungen vom reinsten, blendendsten Weiss der im Sonnenglanze funkelnden Eiskanten bis zum tiefsten Azurblau der umnachteten Spaltenabgründe durchläuft, ein Farbenzauber, welcher durch das stellenweise von Schutt und Erde, von kleinen Rasenfetzen und Insectencadavern, von schwarzem Pflanzenmoder und von Ueberbleibseln des rothen Schnees*) verunreinigte, trübe, ins Bläuliche spielende, lichte Grünlichgrau der unzerklüfteten Oberflächentheile des Eisstromes noch erhöht wird.

Die räumlichen Verhältnisse der Gletscher sind in Folge des jährlichen Zuwachses in der Firnregion einerseits, des jährlichen Abtrages in der Eisregion anderseits beständigen, wenn auch im Vergleiche zu dem ganzen Volumen derselben innerhalb einer Jahresperiode nur sehr kleinen, im Verlaufe längerer Zeitabschnitte dagegen um so bedeutenderen Aenderungen unterworfen.

Der Abtrag oder die Ablation der Gletscher erfolgt sowohl auf dem Wege der Verdampfung, wie des Abschmelzens. Während aber die Verdampfung fast ohne Unterbrechung stattfindet und nur im Allgemeinen mit der Temperatur steigt und sinkt, beschränkt sich das Abschmelzen auf die wärmere Zeit des Jahres, ist aber dafür in seiner Gesamtwirkung ungleich ausgiebiger wie die erstere. Geht schon in der Firnregion der sommerliche Schmelzprocess mehr minder energisch vor sich, so springt er hier doch noch verhältnissmässig wenig in die Augen, da das oberflächlich frei werdende Schmelzwasser fast vollständig wieder von den lockeren Massen des Firns aufgenommen und in denselben zur Eisbildung verwendet wird. Je mehr aber mit abnehmender Meereshöhe die auf die Gletschermassen einwirkende Wärmesumme der angrenzenden Luftschichten wächst, desto

*) Der rothe Schnee besteht aus theils thierischen, theils pflanzlichen Organismen niedrigster Art, unter welchen aber eine Kugelalge (*Protococcus nivalis*) jedenfalls die Hauptrolle spielt. Der „rothe Schnee“ bedeckt zeitweilig grosse Flächen der Firnfelder so dicht, dass dieselben vorübergehend ganz gleichmässig roth überhaucht erscheinen. Bei der bald eintretenden Verwesung dieser zarten Gebilde wandelt sich deren ursprüngliche Farbe in ein schmutziges Schwärzlichgrau um.

grösser wird der Abtrag, bis derselbe schliesslich, namentlich bei sehr stark zerklüfteten Eisströmen, an welchen dem Einflusse der Wärme ungleich ausgedehntere Angriffsflächen geboten werden, wie am unzerklüfteten Eise, solche Dimensionen annimmt, dass selbst bei einer jährlichen Abwärtsbewegung der Gletschermasse um 50 und mehr Meter das zerschründete Zungenende stationär bleiben kann, ja mitunter, wie dies seit den letzten zwei bis drei Decennien bei vielen Gletschern der Fall ist, Jahr für Jahr sogar um ein grösseres oder kleineres Stück zurückweicht.

Das vom Eise des Gletschers abschmelzende Wasser ist im Gegenhalt zum Schmelzwasser des Firns in Folge der schon viel geringer gewordenen Durchlässigkeit des ersteren genöthigt, sich zunächst oberflächlich anzusammeln. Die vorhandenen Vertiefungen aufsuchend, folgt es denselben, nagt sich immer weitere Gerinne aus, bis dieselben mitunter eine Tiefe von mehreren Metern erreichen. Durch diese Rinnale fliesst es, je nach der Stärke des Gefälles bald langsam und leise, bald schnell und rauschend, bis es an irgend einer Spalte angelangt, durch dieselbe in die Tiefe stürzt. Hie und da findet sich als Ueberbleibsel einer zum grossen Theil schon geschlossenen Kluft ein schachtähnlicher Schlund, eine Gletschermühle, aus welcher das Gepolter einer wild hin und her prallenden Wassercascade dumpf heraufdröhnt. Selbst durch scheinbar ganz compacte Theile des Gletscherstromes weiss sich eine und die andere Wasserader ihren Weg zu bahnen, um dann plötzlich mitten in der Wand einer Spalte, wie eine Quelle aus massivem Fels hervorzubrechen. Auch an kleineren und grösseren stehenden Ansammlungen von Schmelzwasser in kessel-, wannen- und brunnenartigen Vertiefungen (Gletscherwannen, Gletscherbrunnen) fehlt es auf keinem Eisstrom. Ihre fortschreitende Erweiterung und Vertiefung verdanken sie dem Umstande, dass die oberste Schichte des in ihnen angesammelten Wassers (dank der Eigenschaft des letzteren, bei 4⁰ C. sein grösstes specifisches Gewicht zu erreichen, dann bis zum Gefrierpunkt wieder stetig leichter zu werden) sich während der langen Sommertage mehr oder weniger über den Nullpunkt erwärmt und dann niedersinkend am Grunde der Höhlung eine Partie Eis zum Schmelzen bringt, während indess wieder kälteres Wasser an die Oberfläche tritt. Die mit dem Beginn der kälteren Jahreszeit eintretende Entleerung dieser kleinen Wasserbehälter lässt erkennen, dass das Gletschereis trotz seiner scheinbaren Dichte noch immer einen gewissen Grad von Durchdringlichkeit bewahrt.

Wie mannigfach aber auch die Wege gestaltet sind, auf welchen die Schmelzwässer im Gletscher ihren Verlauf nehmen, so erreichen doch alle früher oder später den Grund desselben. Hier angelangt streben sie der tiefsten Rinne des Bettes zu, in ihrer Vereinigung den Gletscherbach bildend, welcher bei jenen Eisströmen, die an ihrem Ende noch eine genügend mächtige und compacte Masse bilden, durch ein mehr minder weites und hohes Gletscherthor, aber nicht mehr krystallklar, wie die auf der Oberfläche des Eises sich sammelnden Schmelzwässer, sondern durch die fortgeschlemmten Sand- und Schlammtheile des Gletschergrundes getrübt, zu Tage tritt.

Eine der auffälligsten und in Bezug auf die Bewegung der Gletscher lehrreichsten Erscheinungen sind die verschiedenen Schuttmassen, welche die ersteren

theils an ihren Rändern bedecken und umsäumen, theils auf deren Rücken sich vorfinden, oder dem Bette selbst angehören. Dieselben werden je nach ihrer Lage als Seitenmoränen und Mittelmoränen, als Grund- und als Endmoräne unterschieden, zu welcher letzteren auch noch der sogenannte Stirnwall zählt.

Längs der beiden Flanken eines Gletschers oder Gletscherzweiges laufen die Seitenmoränen oder Gandecken. Dieselben bilden langgestreckte Schuttstreifen, welche gewöhnlich erst unterhalb der Schnee-, wohl auch der Firngrenze, und zwar zunächst durch vereinzelt auftretende Schutthäufchen sich bemerkbar machen, die jedoch nach abwärts immer mehr an Zahl und Grösse zunehmen, allgemach in zusammenhängende Streifen übergehen und endlich zu förmlichen Wällen, manchmal aber auch blos zu einfachen, an die Uferwände des Gletschers sich lehrenden Schutthängen anwachsen. Diese Wälle oder Hänge können bei grossen Gletschern eine Höhe von 20 bis 50 und noch mehr Metern erreichen; am höchsten sind sie stets bei jenen Eisströmen, welche in einer starken Abnahme ihrer Masse begriffen sind.

Die Seitenmoränen verdanken ihre Entstehung hauptsächlich dem Schutte, welcher von den angrenzenden Felshängen auf die Ränder des Gletschers herabstürzt. Dass die Seitenmoränen erst unterhalb der Schneelinie sichtbar zu werden beginnen, hat seinen Grund in dem Umstande, dass in der Schneeregion der herabgefallene Schutt durch jährlich neu hinzukommende Firnschichten wieder verdeckt wird, während nach abwärts um so mehr Schuttheile zu Tage treten, in eine je tiefere Region der Gletscher herabrückt und je mehr von seiner oberflächlichen Eismasse zum Abschmelzen gelangt. Die in immer grösserer Menge durch die Ablation zu Tage tretenden Moränentheile werden dann noch durch die von den nächsten Uferwänden zeitweilig losbrechenden oder durch Lawinen herabgeführten Schuttmassen vermehrt.

Die Mittelmoränen oder Gufferlinien werden durch die Vereinigung der benachbarten Seitenmoränen zweier ursprünglich getrennter, später zu einem gemeinsamen Strome sich verbindender Gletscherzuflüsse gebildet. Je mehr Zuflüsse der Hauptstrom aufgenommen hat, desto zahlreichere Mittelmoränen finden sich auf demselben vor. Mittelmoränen, welche der Vereinigung kleinerer Gletscherzweige ihre Entstehung verdanken, werden früher oder später von anderen grösseren Mittelmoränen aufgenommen oder gehen auch in die ihnen nächstgelegene Seitenmoräne des Hauptstromes über. Nur dort, wo gleich mächtige Zuflüsse zu einer gemeinsamen Gletscherzunge verschmelzen, vermögen sich die einzelnen Mittelmoränen in ihrer Selbständigkeit bis an das Ende des Eisstromes zu behaupten. Gleich den Seitenmoränen bilden auch die Mittelmoränen langgestreckte Wälle, welche nach abwärts an Höhe und Breite stetig zunehmen.

Die Verbreiterung aller Moränen in ihrem Verlaufe nach abwärts bringt es mit sich, dass bei solchen Gletschern, welche aus vielen Zuflüssen gebildet sind, mithin zahlreiche Moränen führen, die in der Regel sich immer mehr verschmälernde Eiszunge nach dem Ende zu schliesslich ganz mit Schutt übersät erscheint und nur noch in den Spalten blankes Eis wahrnehmen lässt.

In Bezug auf die Seiten- und Mittelmoränen sei noch bemerkt, dass, so hoch dieselben auch über die anliegenden schutfreien Gletscherflächen aufragen mögen, sie doch nur aus einer verhältnissmässig dünnen Schichte von Schutt bestehen, gerade mächtig genug, um das darunter liegende Eis gegen die Einwirkung der Sonne und der warmen Luft zu schützen, beziehungsweise diesen Einfluss bedeutend abzuschwächen. So kommt es, dass, während die unbedeckten Theile des Gletscherstromes durch den sommerlichen Schmelzprocess während eines einzigen Jahres einen Abtrag um 1·5 bis 4^m erleiden können, die Ablation des mit Moränenschutt bedeckten Eises innerhalb der gleichen Zeit höchstens die Hälfte, mitunter aber kaum ein Viertel der obigen Grösse erreicht, woraus sich zur Genüge die nach abwärts stetig zunehmende Erhöhung der Seiten- und Mittelmoränen erklärt.

Das unter dem Moränenschutte liegende Eis ist gewöhnlich dichter und durchsichtiger, als das der benachbarten unbedeckten Theile des Gletschers; übrigens ist dieses so klar aussehende Moräneneis nichts weniger als schutfrei zu denken, dasselbe enthält vielmehr nach seiner ganzen Mächtigkeit mehr oder weniger häufig eingestreute Schuttheile, welche bei dem, wenn hier auch nur sehr langsam fortschreitenden Abschmelzen schliesslich ebenfalls aus ihrer theilweise durch Jahrhunderte dauernden Einkerkung frei werden und nun dem übrigen zu Tage liegenden Schutte der Moräne sich beigesellen.

Eine ähnlich schützende Wirkung, wie der Moränenschutt, üben bei dem oberflächlichen Abschmelzen des Gletschers auch vereinzelt zu Tage tretende grössere Blöcke auf das unter ihnen befindliche Eis. Dasselbe, wie durch einen Schirm vor dem Einflusse der Sonne bewahrt, wächst über die in Folge des fortgesetzten Abschmelzens ringsum immer niedriger werdende schutfreie Gletscherfläche zu einer oft mehr als mannshohen Säule empor, welche den Block als Gletschertisch so lange trägt, bis in Folge einseitig stärkeren Abschmelzens des Eisfusses der Block aus dem Gleichgewicht gebracht, herabfällt, um im nächsten Jahre seitwärts von seinem letzten Standorte dieselbe Erscheinung zu wiederholen.

Aber nicht blos der Schutt der Moränen und die Gletschertische bildenden Blöcke, auch kaum Quadratmeter grosse Flecke etwas dichter liegender Steinsplitter genügen, die abschmelzende Wirkung der Wärme zu schwächen und die Entstehung kleiner, kegelartiger Erhöhungen zu bewirken, welche von ferne frei aus dem Eise aufragenden Sandhügeln gleichen, in Wahrheit aber, ähnlich den Moränen, nur mit einer ganz dünnen Schuttlage bedeckte Eiskegel sind.

Unter der Grundmoräne wird all jener Schutt verstanden, welcher sich auf dem Boden des Gletschers befindet, während die Endmoräne den Abschweifung oder das Ende der Gletscherzunge umsäumt.

Die Endmoräne wird von den äussersten Ausläufen der Seiten- und Mittelmoränen, so wie aus allen jenen Schuttheilen zusammengesetzt, welche zerstreut auf der Oberfläche und im Innern der Masse des Gletschers vorkommen und erst am Ende des letzteren durch sein Abschmelzen zur Ablagerung gelangen. Auch Theile der Grundmoräne können sich zu all dem vorerwähnten Schutte noch hinzugesellen, wenn

bei einem eingetretenen Rückzuge der Eiszunge Partien des vorher bedeckten Gletscherbettes zu Tage treten.

Die Endmoräne ist in ihrer räumlichen Ausdehnung und Gestaltung dem stärksten Wechsel unterworfen. Während sie bei stark vorrückendem, ebenso auch bei durch längere Zeit stationär bleibendem Zungenende mächtiger Eisströme sich auf einen verschieden breiten Stirnwall von 1, 2 bis mehreren Metern Höhe beschränkt, stellt sie dagegen bei Gletschern, welche sich in lange fortdauerndem Rückschreiten befinden, ein mitunter mehrere hundert, ja in einzelnen Fällen sogar weit über tausend Meter langes, aus regellos zerstreuten kleinen Haufwerken von Steintrümmern, Sand und trockenem Schlamm gebildetes Schuttfeld dar, welches nach dem Alter seiner dem jezeitigen Gletscherende ferner oder näher gelegenen Theile entweder schon von zerstreuten kleinen Pflanzencolonien besiedelt, oder noch völlig wüst erscheint.

Während in den einzelnen Seiten- und Mittelmoränen die petrographische Beschaffenheit der Gesteinstrümmern ausschliesslich dem geologischen Charakter jener Gebirgglieder entspricht, welche die unmittelbare Begrenzung der durch sie von einander geschiedenen Gletscherzuflüsse bilden, finden sich dagegen in der Endmoräne alle Felsarten und Mineralspecies des ganzen Gletschergebietes vereinigt, jedoch nicht, wie im Schutte der Flüsse, bunt durcheinander gerollt, sondern nach einer, der Nebeneinanderlagerung der einzelnen Moränen auf dem Gletscher entsprechenden Anordnung mehr minder deutlich gesondert. In solcher Weise wird die Endmoräne dem Forscher wie dem Sammler oft zum Wegweiser für das Aufsuchen einzelner wichtiger oder werthvoller Vorkommnisse in den theilweise sehr entlegenen Felsrevieren eines weiten Gletschercomplexes.

Die mit der Bewegung der Gletscher eng verbundene Entstehungsweise der Moränen bringt es mit sich, dass das Material derselben auch in seinem äusseren Aussehen durch mehrere charakteristische Merkmale gekennzeichnet ist, mittelst welcher es sich sowohl von dem gewöhnlichen, an den Gebirgshängen aufgehäuften, wie auch von dem durch fliessende Gewässer transportirten Schutte wesentlich unterscheidet. Einmal treten in allen Arten der Moränen neben scharfkantigen und eckigen Gesteinstrümmern stets auch mehr minder häufig Geschiebe von verschiedenen Graden der Abrundung auf. Die Menge der letzteren wird um so grösser, je länger der Weg war, welchen ein Moränentheil von der Stätte seines ersten Contactes mit der Gletschermasse bis zur endlichen Ablagerung am Ufer des Eisstromes zurückgelegt hat. Den verschiedensten Graden der Abrundung fallen zunächst jene Gesteinsfragmente der Seitenmoränen anheim, welche bei dem Abwärtsrücken des Gletschers zwischen seine Masse und die sie begrenzenden felsigen Theile des Bettes gerathen, wo sie nicht nur durch die wenn auch noch so langsame und oft unterbrochene Bewegung in immer neue Lagen gebracht, sondern auch theils durch die anstehenden Felsen, theils durch den Contact mit den benachbarten Schuttheilen unter der Einwirkung eines mehr minder gewaltigen Druckes zunächst ihrer Kanten und Ecken beraubt, dann immer stärker abgerundet werden. Zu der fortschreitenden Abrundung gesellt

sich aber auch noch eine schleifende und polirende Wirkung, hervorgebracht durch den Sand und Schlamm, welche einen guten Theil des Moränenmaterials bilden und die das Product des gleichfalls durch die Bewegung und den Druck der Gletschermasse auf alle leichter theilbaren Gesteinsfragmente geübten Zermalmungsprocesses sind. Finden sich dazu noch in dem Gletscherbette selbst, oder in dem Moränenschutte Gesteinstheile von grösserer Härte, so schneiden dieselben in die geschliffene und polirte Oberfläche der Geschiebe oft scharf markirte, wie durch eine Feile eingefurchte Kritzen ein. Es muss jedoch bemerkt werden, dass nicht bei allen Arten von Gesteinen die letztbeschriebenen Merkmale in gleichem Grade zur Entwicklung gelangen. Während sie sich bei krystallinischen Schiefen nur unvollkommen zeigen, treten sie dagegen an Kalkgesteinen in ausgezeichnetster Weise auf.

Das Vorkommen von mehr minder abgerundeten Geschieben ist es, welches jeden Moränenschutt vom gewöhnlichen Gehängschutt unterscheidet; während man im Schutte der Flüsse und Ströme nach gleich scharfkantigen Trümmern und eben so nach polirten und geritzten Geschieben, wie sie mit den ersteren gemengt in den Moränen auftreten, gleichfalls vergeblich suchen würde. Ein weiterer Unterschied zwischen Moränen- und Flussschutt liegt darin, dass der erstere aus einem gänzlich ordnungslosen Gemenge von Gesteinstrümmern der verschiedensten Grösse und Form mit feinstem Steinmehl,*) Sand und kleinen Splittern besteht, während der fluviale Schutt stets eine deutlich ausgesprochene Scheidung in Schlamm-, Sand- und Geröllschichten wahrnehmen lässt.

Die schleifende Wirkung der Gletscherbewegung macht sich aber nicht blos an dem Material der Moränen bemerkbar, sie gelangt nicht minder ersichtlich auch in dem Gletscherbette selbst zum Ausdruck. Wo durch temporären Rückzug der Gletschermasse Theile ihres Bettes blossgelegt werden, erscheinen alle dem wuchtigen Andrängen und Auflasten des sich bewegenden Gletscherstromes unmittelbar ausgesetzt gewesenen Felspartien theils abgeflacht (Gletscherschliffe), theils abgerundet (Rundhöcker), nach Umständen auch polirt und parallel der Bewegungsrichtung von mehr minder zahlreichen Furchen oder Kritzen durchzogen. Die letzterwähnten Erosionserscheinungen sind um so stärker entwickelt, je länger die Einwirkung eines Gletscherstromes auf seine Unterlage dauerte, je mächtiger seine Masse und je intensiver seine Bewegung war.

Die Spuren der schleifenden Thätigkeit der Gletscher in ihrem jeweiligen Bette einerseits, der von ihnen seitlich und am Ende abgelagerte Moränenschutt anderseits

*) Das Steinmehl der Moränen hat bei den Gletschern des Urgebirges und solchen gemischter Formationscomplexe eine lehmartige, bei den Gletschern der Kalkalpen aber eine mehr minder kreideähnliche Beschaffenheit. Die meisten Ablagerungen der als Deckfarbe vielfach ausgebeuteten Bergkreide sind nichts Anderes, als der Absatz feinsten Kalkmoränenschlammes in einst bestandenen seeartigen Ansammlungen von Schmelzwasser der colossalen eiszeitlichen Gletscher. Am Grunde des durch den Bach des Gosauer Gletschers (Dachsteingebirge) gespeisten Hinteren Gosausees bilden sich noch gegenwärtig die kreideartigen Absätze fort, und eine ganz gleiche Ablagerung, wenn auch nur in kleinem Massstabe, findet in dem zur Sommerszeit sich bildenden Seelein am Ende des ebenfalls dem Dachsteingebirge zugehörigen Karlscisfeldes statt.

bilden dauernde Wahrzeichen der periodischen Schwankungen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher. Derartige Oscillationen, durch die Veränderlichkeit der klimatischen Factoren bedingt, lassen sich überall beobachten, wo überhaupt Gletscher vorkommen. Abgesehen davon, dass schon von einem Jahr zum andern, je nach einem schneereicheren oder schneeärmeren Winter, nach einem feuchten und kalten, oder einem trockenen und warmen Sommer an den meisten Gletschern ein kleines Vorrücken oder Zurücktreten des Zungenendes wahrzunehmen ist, macht sich dieselbe Erscheinung in viel grösserem Masstabe gleichzeitig mit einer Zu- oder Abnahme der Mächtigkeit aller Theile des Gletschers nach längeren, mitunter mehrere Jahrzehnte andauernden Perioden geltend. So war beispielsweise von den ersten Decennien bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts ein fast stetiges Wachsen, beziehungsweise Vorrücken der meisten alpinen Gletscher bemerkbar, worauf ein eben so andauerndes Abnehmen, beziehungsweise Zurücktreten derselben sich einstellte, welches auch derzeit noch nicht zum Abschlusse gelangt scheint. Anfang und Ende des Wachsens, wie auch die Stärke des letzteren waren jedoch bei den verschiedenen Gletschern verschieden. Die Ungleichheit in der Zeit des Beginnes und der Dauer, so wie in dem Masse des Zu- und Abnehmens der einzelnen Gletscher ist nicht allein durch die örtlichen Verschiedenheiten der massgebenden klimatischen Factoren, sondern auch durch die Raumverhältnisse aller einzelnen Theile des Bettes zu einander bedingt. Während bei den allermeisten Gletschern die beiden Phasen der Oscillation sich unauffällig und in fast gleichmässigem Schritte vollzogen, trat bei einzelnen derselben ein plötzliches Vorschieben colossaler Eismassen innerhalb eines verhältnissmässig kurzen Zeitverlaufes ein. So wird von dem Suldner Ferner in den Ortler Alpen berichtet, dass derselbe während der drei Jahre von 1816 bis 1818 seine Eiszunge um mehr als 1300^m und zwar in einer Mächtigkeit von mindestens 60^m bis nahe an die Gampenhöfe vorschob. An dem Vernagtferner der Oetzthaler Alpen wiederholte sich in der Periode von 1843—1845 das unheilbringende Vorrücken, welches im Verlaufe der vorausgegangenen 2 Jahrhunderte bereits fünfmal, wenn auch nicht immer gleich verderblich, stattgefunden hatte. Auch hier betrug die Verlängerung der Eiszunge über 1300^m innerhalb eines anderthalbjährigen Zeitraums. Die verheerende Wirksamkeit des Vernagtferners lag darin, dass in Folge seines Herabsteigens in das enge Rofner Thal sich ein gewaltiger Querdamm aus Eis aufbaute, hinter welchem die Schmelzwässer zweier anderer grosser Gletscher zu einem weit über 1000^m langen und bis gegen 80^m tiefen See gestaut wurden. Bei der mit dem Aufhören des Nachschubes immer stärker werdenden Lockerung des Eisdammes vermochte derselbe schliesslich dem colossalen Seitendrucke der angesammelten, bei 2·3 Millionen Kubikmeter haltenden Wassermasse nicht mehr Widerstand zu leisten, wurde durch dieselbe gesprengt und nun ergossen sich die entfesselten Fluthen durch das 10 Stunden lange Oetzthal, dessen Boden mit Schutt und Gletschertrümmern überschüttend. Eine ganz ähnliche Katastrophe in Folge der Aufstauung eines Sees bewirkte auch der im Jahre 1818 in das Bagnethal vorgedrungene Giétrozgletscher (Walliser Alpen), während

der durch den seit den ersten Decennien des vorigen Jahrhunderts um beiläufig 2000^m länger gewordenen Eisstrom des grossen Gurgler Ferners (Oetzthaler Alpen) an der Mündung des Langthales seitlich abgedämmte Eissee Jahr um Jahr sich füllt und, ohne Schaden zu bringen, unter dem Gletscher wieder abläuft.

Die früher erwähnten, durch Gletscherschliffe und Moränenschutt gebildeten Wahrzeichen der temporären Schwankungen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher gelten aber nicht blos für die dem Menschengedenken nahe liegenden Epochen, sie bilden eben so sichere, wenn auch nur in zerstreuten Ueberbleibseln erhaltene Denkmäler einer hinter allen geschichtlichen Aufzeichnungen um unbestimmbar viele Jahrtausende zurückliegenden Eiszeit, während welcher nicht nur alle Hochgebirge, sondern theilweise selbst niedrige Landschaften unter colossalen Gletschermassen begraben lagen.

ERKLÄRUNG DES BILDES.

Aus weiten, von mächtig emporstrebenden Kämmen umgrenzten Firnfeldern (s. S. 5), welche dem Beschauer noch in dem blendenden Weiss des Schnees entgegenleuchten, entwickeln sich zwei Gletscher erster Ordnung (primäre Gletscher, s. S. 10), deren Eiszungen bis zur oberen Grenze der Sennwirthschaften und des Baumwuchses — der letztere hier durch die Zirbelkiefer vertreten — also bis zur Meereshöhe von beiläufig 2000^m herabreichen. Ein niedriger Hügelwall, welcher als unmittelbare Fortsetzung des in der Mitte der Landschaft sich hoch aufbauenden Gebirgsastes noch eine Strecke weit die beiden Thalgründe von einander scheidet, hindert das Zusammenfliessen jener Eiszungen zu einem gemeinsamen Gletscherstrom, wie er, den später zu besprechenden Anzeichen nach, in einer vorgeschichtlichen Periode grosser Gletscherentwicklung (Eiszeit) hier thatsächlich bestanden hat.

Von den beiden Gletscherzungen erscheint die zur Rechten des Bildes gelegene, mächtigere, weniger geneigt, daher auch minder zerrissen, während jene zur Linken, ungleich steiler niedersteigend, in ihrer starken Zerklüftung einen fortlaufenden Eiskatarakt (S. 11) darstellt.

Beide Gletscher nehmen in ihrem Verlaufe mehrfache Zuflüsse auf.

Im hintersten Theile des rechtsseitigen*) Gehänges jenes bereits erwähnten, scharf gezackten Gebirgsastes, dessen höchste Spitze in ein überhängendes, aus

*) Die Bezeichnung rechtsseitig, linksseitig ist hier im geographischen Sinne, nämlich so zu verstehen, dass dasjenige Gehänge eines Gebirgsastes oder Thales, das Ufer eines Flusses oder Gletschers, welches, wenn der Blick nach dem natürlichen Verlaufe des Kammes oder Thales, des Flusses oder Gletschers gerichtet ist, zur Rechten liegt, als das rechtsseitige, wenn es zur Linken sich befindet, als das linksseitige Gehänge oder Ufer bezeichnet wird. Dass nach dieser Betrachtungsweise ein und dasselbe Gehänge, welches in dem zugehörigen Gebirgsaste, vom Kamme aus betrachtet, als rechtsseitig erscheint, mit Bezug auf das angrenzende Thal sich als linksseitig darstellen muss, ist naheliegend, ein Missverständniss jedoch bei entsprechender Unterscheidung der Begriffe „Berghang, Thalhang“ völlig ausgeschlossen.

Schneewehen aufgethürmtes Firnhorn ausläuft, zeigt sich ein steiles, hart am oberen Rande einer Felswand endendes Firnlager, von welchem in Folge der allen Gletschertheilen innewohnenden Bewegung von Zeit zu Zeit bald grössere, bald kleinere Stücke losbrechen und über die Wand herabstürzen, an deren Fusse sich, nach Art eines regenerirten Gletschers (S. 10), wieder zu einer zusammenhängenden Masse vereinigend, um schliesslich mit den nächst angrenzenden Gletschertheilen gemeinsam in den unten vorbeiziehenden Hauptstrom überzugehen.

Zwei kleine Gletschermassen in demselben Gehänge, welche für Gletscher zweiter Ordnung (secundäre Gletscher, S. 10) insofern gelten können, als sie eine, wenn auch nur kurze, so doch deutlich entwickelte Eiszunge zeigen, haben derzeit ihre Selbstständigkeit noch insoweit gewahrt, dass sie den nahen Hauptstrom nicht erreichen, während sie bei stärkerem Anwachsen, wie solches periodisch bei allen Gletschern vorkommt, zweifellos mit demselben zusammenfliessen werden.

Ein Joch- oder Hochgletscher (S. 10), von welchem jedoch nur der hart am Abfalle der hohen, linksseitigen Wand des Mittelkammes endende Vordertheil sichtbar ist, macht sich dadurch bemerkbar, dass ein so eben von ihm losgebrochenes Stück zertrümmernd und zerstäubend als Firnlawine auf den Rand des grossen Gletschers niederstürzt, hier einen Theil der rechtsseitigen Seitenmoräne mit ihrem Gebröckel bedeckend.

Gross ist die Vielgestaltigkeit der Formen, welche die Zerklüftungen der Gletscher (S. 10) darbieten.

In der Firnregion, namentlich in den höheren Theilen derselben, tritt die Spaltenbildung noch verhältnissmässig spärlich auf, ja sie fehlt, wie das Bild zeigt, in ausgedehnten, selbst steil geneigten Firnhängen stellenweise vollständig. Erst tiefer abwärts, und zwar insbesondere an Orten, wo in der Felsunterlage der Firnmassen stärker hervortretende Unebenheiten, Klippen, Riffe, Buckel oder auch Steilabbrüche vorkommen, erleiden die sich darüber hinschiebenden Massen mehr minder ausgedehnte Berstungen, welche entweder in Form von Quer- oder Längsspalten, oder auch als sich verschiedentlich kreuzende Schründe auftreten.

Eine grössere Mannigfaltigkeit in der Spaltenbildung tritt jedoch erst dort auf, wo die Gletschermassen auch oberflächlich schon in den festeren Aggregatzustand des Eises übergegangen sind. Die bedeutend eingeengte Eiszunge des kleineren, stark geneigten Hauptgletschers erscheint fast nach ihrer ganzen Länge in zahllose Zacken — Seracs (S. 11) — aufgelöst, so dass sie sich mit einem im wildesten Laufe zu Eis erstarrten Stromkatarakt vergleichen lässt. Nur einige wenige, den beiden Flanken der Mittelmoräne parallel laufende Längsspalten haben sich innerhalb des wilden Zackengewirres in ihrer Integrität zu behaupten vermocht, während dort, wo das Zungenende des Gletschers sich freier ausbreiten konnte, während auch die Bildung selbstständig entwickelter Rand- und Radialspalten (S. 11) Raum gefunden hat.

Eine Seracbildung von theilweise noch imposanteren Formen zeigt jener mächtige Zufluss, welcher in den grossen Hauptstrom an dessen linker Seite mit

einer hohen Eiscascade (S. 11) ausmündet. Der letztere ist im Gegensatze zu seinem wild zerklüfteten Nachbar ein Bild der Ruhe. Statt der zahllosen Zacken und Nadeln finden sich hier nur wellenförmige Erhöhungen und Vertiefungen, aber so dicht neben- und hintereinander gereiht, wie, um das schon einmal gebrauchte Gleichniss zu wiederholen, die Furchen und Kämme eines tief gepflügten Ackerfeldes. Die Erklärung für die Entstehung dieser Art von Unebenheiten geben die in dem stärker zerklüfteten Vordertheile des Gletschers auftretenden Spalten. Dieselben zeigen sich an ihren Rändern in Folge des sommerlichen Abschmelzens sämmtlich mehr weniger stark abgerundet, so dass die zwischenliegenden Eistheile sich nach oben oft zu förmlichen Kämmen verschmälern. Bei der durch die Bewegung der Massen bedingten, früher oder später eintretenden Schliessung der alten Klüfte, neben gleichzeitigem Aufreissen neuer Spalten müssen, ähnlich wie nach dem Schliessen tiefer Wunden, Narben im Eise zurückbleiben, welche durch die in ihnen sich ansammelnden Schmelzwässer allmählich zu mehr minder breiten und tiefen Rinnsalen erweitert werden.

Noch sei auf einige ganz schmale, flach bogenförmige Querspalten im Abschwunge des Gletschers (S. 11) hingewiesen, welche mit den im Bilde durch feine Linien gleichfalls angedeuteten Ogiven (S. 7) parallel laufen und zu den letzteren auch in einer näheren Beziehung stehen. Ausserdem zeigt der Abschwung stark entwickelte Radialspalten (S. 11), von denen die nächstliegenden das nach innen keilförmige Verlaufen unschwer erkennen lassen.

Von den verschiedenen Wirkungen der aushöhlenden Thätigkeit des Schmelzwassers gibt die kleine oberflächliche Eisbrücke ein Beispiel, welche sich zur Rechten der Schäferhütte am Rande des Gletschers bemerkbar macht. Eine Aushöhlung von ungleich grösseren Dimensionen aber ist in dem Gletscherthor (S. 13) zu sehen, durch welches der die Schmelzwässer des ganzen Gletschers an dessen Grunde vereinigende Bach seine vom Moränenschlamm getrübten Fluten brausend hervorwälzt.

In möglichst übersichtlicher Weise sind die verschiedenen Arten der Moränen in dem Bilde zur Geltung gebracht.

Was zunächst den kleineren der beiden Gletscher betrifft, so darf hier nach den von beiden Seiten kommenden Zuflüssen jedenfalls das Vorhandensein mehrerer Mittelmoränen oder Gufferlinien (S. 14) vorausgesetzt werden, aber wie dies bei allen gleich stark zerklüfteten Eisströmen der Fall, sind auch hier die kleineren Mittelmoränen in dem chaotischen Gewirre der Zacken und Nadeln fast bis zur Unkenntlichkeit verwischt, und nur die grösste von ihnen hat sich in ihrer Integrität zu erhalten vermocht. Dieselbe durchzieht den Eisstrom nach seiner ganzen Länge, dabei sich stets in der Mitte desselben haltend, wonach geschlossen werden darf, dass die Eiszunge aus zwei nahezu gleich mächtigen Partialströmen zusammengesetzt ist.

In grösserer Zahl und Deutlichkeit treten die Mittelmoränen auf dem rechts im Bilde liegenden, minder zerklüfteten Gletscher auf. Unter den Gufferlinien macht sich

zunächst jene als Hauptmittelmoräne bemerkbar, welche aus dem Zusammenstosse des mit der grossen Eiscascade endenden linksseitigen Zuflusses und der vom Hintergrunde ausgehenden, über mehrfache Stufen niedersteigenden Gletschermasse hervorgegangen ist. Zur Rechten dieser Hauptmittelmoräne zieht sich eine zweite Gufferlinie hin, welche erst in dem mittleren Theile der Eiszunge sichtbar zu werden beginnt und gegen ihr Ende in die rechtsseitige Seitenmoräne oder Gandecke (S. 14) übergeht. Eine dritte Mittelmoräne ist nicht minder deutlich entwickelt, und zwar lassen die Anfänge derselben sich, wenn auch nur in schwachen Spuren, bis über die hohe Eiscascade hinauf verfolgen. Noch zwei andere, übrigens schon sehr unbedeutende Gufferlinien sind zwischen der vorigen und der linksseitigen Gandecke wahrzunehmen, doch gehen dieselben bald vollständig in die letztere über.

Die Seitenmoränen erscheinen hier nicht, wie dies bei mächtigen Gletschern gewöhnlich der Fall ist, als regelmässig gestaltete, ununterbrochen fortlaufende Wälle, sondern werden von kurzen Randspalten vielfach durchrissen, so dass sie sich als eine Reihe hinter- und nebeneinander liegender, unregelmässig gestalteter, durch mehr minder offen liegende Eisschründe getrennter Schutthaufen darstellen, dabei aber auch zugleich erkennen lassen, dass trotz der ansehnlichen Erhebung des Moränenscheitels über die nächsten schutfreien Gletschertheile die oberflächliche Schuttlage nur eine sehr geringe Mächtigkeit hat (S. 15).

Mehrere Gletschertische (S. 15) sind auf dem grossen Eisströme wahrzunehmen. Hart neben dem nächstliegenden Gletschertische zeigt sich ein kleiner Eiskegel; derselbe ist das letzte, schon bedeutend abgeschmolzene Ueberbleibsel jener Eissäule, welche den nebenan hochaufragenden Steinklotz noch vor Kurzem gleichfalls als Tischplatte trug. Von einem zweiten, bedeutend höheren Eiskegel fiel erst jüngst der schirmende Block herab. Der letztere wird neben seinem früheren Eisfusse bald zu einem neuen Gletschertisch emporwachsen; ein Vorgang, welcher sich durch eine lange Reihe von Jahren wiederholen und es in solcher Weise geschehen kann, dass derselbe Block gleichzeitig mit der allgemeinen Bewegung des Gletschers auch eine schrittweise, selbstständige Wanderung auf der Oberfläche des letzteren vollzieht.

Eine verhältnissmässig bedeutende Ausbreitung zeigt die End- oder Stirnmoräne (S. 15) des grossen Gletschers. Ihr äusserer Rand hebt sich scharf und deutlich von der angrenzenden Matte ab und lässt derart mit Sicherheit erkennen, dass es noch nicht lange her ist, seit sich der Fuss des Eiskörpers um die bestehende Breite der Endmoräne zurückgezogen hat. Das vorausgegangene Wachsen des Gletschers aber muss ein ungewöhnlich mächtiges gewesen sein; dies zeigen die Ruinen zweier Sennhütten, welche der vorrückende Eisstrom, wenn auch nicht mehr vollständig zugedeckt, so doch vor seinem Stillstand noch erfasst und in Trümmer gelegt hat. Eine dritte, vom Gletscher unberührt gebliebene Hütte deutet durch ihr verfallenes Aussehen an, dass auch sie in Folge der durch das Wachsen des Gletschers eingetretenen Verwüstung des nächstliegenden Weidebodens von ihren früheren Sommerbewohnern nicht mehr bezogen wird.

Dass der in Rede stehende Gletscher sich derzeit im Stadium der Abnahme befindet, zeigt nicht bloss die breite Endmoräne, sondern auch noch eine zweite im Bilde ersichtlich gemachte Erscheinung an den beiden Ufern des Eisstromes. Die letzteren sind nämlich bis zu einer gewissen, scharf markirten Linie hinauf alles Rasens entkleidet, an den Felsen abgeschliffen, in den Einschnitten mit Ueberbleibseln von Moränenschutt erfüllt. Gleich einem lichten Bande zieht sich dieser durch den Gletscher benagte Theil des Ufergeländes zwischen den Seitenmoränen und dem vom Eise unberührt gebliebenen Theile des Gehänges hin und zeigt derart deutlich die Höhe, bis zu welcher der geschwellte Gletscherstrom emporgereicht und seine rasirende und schleifende Wirkung geübt hat.

Noch sei auf den kleinen Eissee links im Bilde hingewiesen, welcher in eine seitliche Felsbucht eingebettet ist und von einem in mehrere Absätze gebrochenen Wasserfall gespeist wird. Seine derzeitige Existenz dankt derselbe nur dem allem Anscheine nach wieder im Vorrücken begriffenen Eisstrom, welcher ihn so lange stauen wird, bis das Wasser des niederstürzenden Wildbaches sich neben oder unter dem Gletscher freie Bahn genagt hat.

Möge der Beschauer nun noch seinen Blick den verschiedenen, die Firn- und Eisfelder umgebenden Felsmassen zuwenden. Unschwer wird er einen Unterschied in der Gestaltung der höheren und jener der tiefer gelegenen Theile erkennen. Während die ersteren durchaus scharfe, zackige Formen zeigen, lässt sich an den letzteren eine mehr oder weniger vorgeschrittene Abrundung nicht übersehen. Er wird nicht umhin können, diese Abrundung einer durch lange Zeiten thätigen Erosion zuzuschreiben, und diese Erosion konnte hier einzig und allein nur durch jene colossalen, die jetzt bestehenden um ein Vielfaches an Mächtigkeit übertreffenden Gletscher bewirkt worden sein, welche während der Eiszeit (S. 19) hier bestanden hatten.

Andere, noch sprechendere Zeichen des einstigen Vorhandenseins solcher Riesengletscher finden sich in den näheren und nächsten Partien des Bildes angedeutet. Der von dem zwischen den beiden Gletschern sich mächtig aufthürmenden Zackengrat nach vorn verlaufende, an Höhe immer mehr abnehmende, hügelige Scheiderücken besteht in seinen niedrigeren Theilen aus den Ueberresten einer alten, derzeit mit Matten bedeckten und mit einzelnen Zirbelkiefern bewachsenen Mittelmoräne, welche von den zwei vordem vereinigten Eisströmen zurückgelassen wurde. Ebenso läuft hart über der linksseitigen recenten Seitenmoräne*) des grossen Gletschers längs des steilen Berghanges eine hohe und breite, gleichfalls mit Vegetation überkleidete Schuttstufe hin, welche nichts Anderes, als eine alte Seitenmoräne ist.

*) Als recent werden alle diejenigen Moränen bezeichnet, deren Entstehung den jetzt bestehenden Gletschern zuzuschreiben ist, im Gegensatze zu den alten Moränen, welche den nach unbestimmbar langen Zwischenperioden wiederholt zu colossaler Mächtigkeit sich entwickelnden Gletschern der vorhistorischen Eiszeit entstammen.

Alte Gletscherspuren anderer Art finden sich im nächsten Vordergrunde der Landschaft. Der letztere, eine Fortsetzung der eben erwähnten alten Seitenmoräne darstellend, lässt zunächst die geringe Durchlässigkeit des lehmreichen Moränenschuttes daran erkennen, dass sich eine Wasserlache auf demselben ständig zu erhalten vermag. Verschiedenartige Gesteinstrümmer liegen auf dem mit Kräuterrasen, Krummföhren, Alpenrosen und Zwergweiden theilweise überkleideten Boden umher. Ein Hüttchen, die bescheidene Zufluchtsstätte für Schäfer bei plötzlich eintretendem Unwetter, lehnt sich an einen mächtigen erratischen Block*) von kubischer Gestalt, auf welchem ein zweiter colossaler Findling von dunkler Farbe, plattenförmigem Aussehen und schiefriger Structur gelagert ist. Rechts davon zeigen sich mehrere Rundhöcker (S. 17) mit tief eingefurchten parallel laufenden Kritzen (S. 17). Auf einem dieser Rundhöcker liegt ein fast schwarzes, ringsum stark abgerundetes Gletschergeschiebe, während dicht daneben wieder zwei ganz scharfkantige Platten wie durch Menschenhand dachförmig aneinander gelehnt sind. Endlich zeigt sich zur Linken der Lache hart vor einem fast senkrecht aufgestellten kantigen Schieferblock ein zweites grosses, lichtfarbiges Geschiebe, auf dessen Oberfläche gleichfalls zahlreiche Kritzen wahrzunehmen sind, nur kreuzen sich dieselben hier in verschiedenen Richtungen, wie dies eben eine während des langen Schleifprocesses oft veränderte Lage dieses Blockes in dem Bette des ihn unaufhörlich vorwärts drängenden Gletschers nothwendig mit sich brachte.

So finden sich denn auf dem kleinen Raume des Vordergrundes die verschiedenen Wahrzeichen der transportirenden und schleifenden Thätigkeit der Gletscher, wenn hier auch nur in idealer Zusammenstellung, so doch in einer Weise mit einander vereinigt, wie sie in der Natur an zahllosen Orten in ähnlicher Vergesellschaftung angetroffen werden können.

*) Unter erratischen Blöcken, Findlingen und erratischem Schutt im Allgemeinen werden alle grösseren Gesteinstrümmer, unter dem letzteren überhaupt alle Schuttmassen verstanden, welche durch Gletscher transportirt und an von ihrem Stammorte mehr minder entlegenen Stellen abgelagert worden sind.