

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 31 (1846)

**Artikel:** Das Wesentlichste über die Gletscherfrage

**Autor:** Hugi, F.J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-89784>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **BEILAGE 4.**

### **DAS WESENTLICHSTE ÜBER DIE GLETSCHERFRAGE.**

Vorgelesen in der allgemeinen Versammlung der schweizerischen  
natursorschenden Gesellschaft zu Winterthur den 31. August 1846  
von Dr. F. J. Hugi.\*)

*Non excogitandum, sed experiendum  
quid natura facial aut ferat.*

*Baco.*

Dass die sonderbaren Erscheinungen der gesammten Gletscherwelt das höchste wissenschaftliche Interesse verdienen, ist bereits allgemein anerkannt; dass die Gletschergeschichte vorzüglich uns Schweizer interessiren müsse, glaube ich voraussetzen zu müssen. — Je mehr in neuester Zeit von Einzelnen über die Gletscher beobachtet und geschrieben wurde, desto verwirrter wurde die Gletschergeschichte. Das Gewirre vermehrte sich, wie Viele ohne Selbsterfah-

---

\*) *Bemerkung.* Da eine grosse Menge von Arbeiten vorlag, wurde beim Vorlesen manches überschlagen; vor der Uebergabe zum Drucke wurden sodann einige Anmerkungen und Zusätze beigefügt, sonst folgt der Vortrag unverändert.

rung bald diese, bald jene Ansicht, bald sogar ganz entgegengesetzte, ergriffen und darüber theoretisiren wollten. Ein gründliches Selbsstudium der Gletschergeschichte hält schwer, weil man zu den höchsten Alp spitzen anklimmen, weil man die Eismeere allseitig, andauernd und zu allen Jahreszeiten untersuchen und eine grosse Reihe von Jahren die Erscheinungen und fortwährenden Gestaltungen aufs genauste vergleichen muss. Eine solche undankbare und gefährliche Riesenarbeit ist aber nicht leicht Jedermanns Sache, und, was Seneka von jeder Wissenschaft sagte: »Pauci sunt, qui consilio se suaque disponunt; »caeteri eorum more, qui fluminibus innatant, non eunt, »sed feruntur«, findet vorzüglich hier seine Anwendung.

Ich will mir hier keineswegs anmassen, die Gletschergeschichte aufstellen zu wollen; der Umfang der Arbeit ist zu gross, und die Erscheinungen zu mannigfach, als dass ein Menschenleben hinreichen sollte; ich will auch keine Theorie aufstellen, achte aber alle bisher aufgestellten, weil alle ihr entschieden Gutes haben, obwohl alle auf blosse Ansichten basiren, welche noch nicht durch Thatsachen als unumstösslich begründet werden konnten. Ich will heute von rein praktischem Standpunkte aus blos das ganze Gebiet überblicken und diejenigen Momente angeben, von welchen aus das Ganze aufgefasst und der Begriff über die Gletscherwelt erleichtert werden kann. Ich möchte daher zuerst einige Blicke auf die verschiedenen Theorien werfen, oder auf die früheren Arbeiten über die Sache; dann möchte ich das Wesentliche von dem angeben, was die bisherige Forschung als bestimmte Thatsache ermittelt; dann möchte ich diese Thatsachen im Zusammenhange selbst sich erklären lassen und einen Rückblick auf das Ganze werfen.

### *I. Frühere Arbeiten über die Gletscher.*

Schon seit 1570 wurden die Gletscher und ihre Bewegung genauer beobachtet und beschrieben, so von Simmler, später von Bergman, Hottinger u. s. w. — Erst 1723 aber machte Scheuchzer seine Theorie über die Gletscherbewegung bekannt; diese, behauptet er, erfolge dadurch, dass Wasser in die Gletscherschründe und andere innere Räume sich ergiesse, dort gefriere und nach den Ausdehnungsgesetzen des Eises die Masse aus einander treibe und vorwärts bewege. — Gegenwärtig weiss jedermann, dass die Schründe zur Zeit der stärksten Gletscherbewegung nie Wasser enthalten, welches zu Eis erstarren und die Bewegung veranlassen könnte.

28 Jahre später sagte Altman, die Gletscher werden durch unteres Abschmelzen unterhöhlten und so durch die ungeheuren Schneeanhäufungen von oben her abwärts getrieben; zwischen den höchsten schweizerischen Eiskämmen aber sei ein wirkliches Eismeer, das nur an der Aussenfläche erstarrt, nach Innen aber wirklich flüssig sei. — Altman scheint die höheren Eismeere nie besucht und die dortigen Schründe durch die ganze Masse bis auf den Grund beobachtet zu haben.

Gruner vertheidigte später die gleiche Ansicht, nur liess er die Gletscher mehr durch ihr eignes Gewicht und das unter dem Gletscher aufgestaute Wasser sich bewegen.

Saussure vereinigte theilweise Scheuchzers und Altmans Theorie und reinigte sie von manchem Unbegründeten und selbst Widersinnigen. Unteres Abschmelzen, die eigne Schwere der Gletscher, die in ihrer Fortbewegung abbrechen und sich so durchschründen, die obern Schneeanhäufungen, der dadurch entstandene Druck und so die allmäßliche Bewegung thalabwärts bilden das Wesen seiner

Theorie, welche nun die früheren Ansichten ziemlich verdrängte, obwohl Charpentier später die Theorie von Scheuchzer wieder vertheidigte, wogegen Escher für die Rutschtheorie in die Schranken trat und zwar beide gegenseitig mit grosser Erbitterung, mit unhaltbaren Gründen und einer auffallenden Einseitigkeit.

Nach Saussure sind wenige genauere Untersuchungen bekannt. Man scheint in langer Periode die Sache als abgethan und gänzlich erörtert betrachtet zu haben. Alle bisherigen Theorien jedoch fassen nur die Gletscherbewegung und zwar von bloss mechanischem Standpunkte aus, ins Auge. Eigentliche Untersuchungen z. B. über die Gletscherbildung und das innere Wesen der Sache wurden auch sehr wenig angestrebt. Es standen jedoch jeder, und auch der Saussure'schen Theorie, eine Menge Thatsachen entgegen, unter welchen ich hier nur anfübre: die horizontale Gletscherbewegung, die höheren von allen Seiten eingeengten Eismeere, welche sich nur durch enge Thore und Schluchten entleeren, die Masse nach diesen Oeffnungen drehen, aufstreiben und mit schauerlicher Gewalt herausschieben, ferner die Zickzackbewegungen der Gletscher bald diesseits und dann wechselweise wieder jenseits, die ungleichen Bewegungen am Rande und in der Mitte, an der Ober- und Unterfläche, das Umbiegen, das Durchschründen der Masse u. s. w.

Vor 24 Jahren untersuchte ich das Gefüge des Gletschereises und fand, dass es unter dem Einflusse einer hohen Temperatur durchaus in Körner zerfalle. Ich fand ferner, dass diese Körner vom untern Ausgange der Gletscher an bis zu den ewigen Schneehörnern allmählig kleiner werden, und etwa 8000 Fuss Meereshöhe nicht mehr zu compakter Eismasse verbunden sind, sondern

ein lockeres Gefüge bilden, das man Firn nennt. Da dieser Uebergang in bestimmter Höhe erfolgt, so nannte ich diese Linie Firnlinie. Ich beobachtete und beschrieb nachher in meinen Alpenreisen ebenfalls das äusserst merkwürdige Spaltenwerken der Gletscher, ganz wie es später von Agassiz und vielen Andern beobachtet wurde. Aus der Zunahme der Gletscherkörner von den höhern Regionen bis in die tiefen glaubte ich damals eine allmäliche Entwicklung der Gletschermassen in allen einzelnen Theilen annehmen zu dürfen, in deren Folge die Ausdehnung und Bewegung thalabwärts stattfände. Die Art dieser Entwicklung durch die ganze Masse blieb mir unerklärbar und rätselhaft, woher ich mich wohl hütete, irgend eine Theorie ausprechen zu wollen. Waren meine Beobachtungen treu und in ihrem ganzen Zusammenhange glücklich so entbehrten dagegen meine Vermuthungen über die Wechselwirkung mit der Atmosphäre als Grund der inneren Entwicklung der Gletschermassen zu sehr jeden haltbaren Grundes, der bestimmt auf Thatsachen sich stützen konnte. Ich glaubte damals, die ganze Gletschergeschichte, weil ich den ersten Grund der Entwicklung nicht kannte, sei sehr complicirt und nur durch höhere Combination zu verfolgen. Da nun in Folge meiner neuern Beobachtungen das Ganze als höchst einfach sich darstellt, und, wie ich glaube, jedem ohne das Feld der Beobachtungen auch nur einen Augenblick zu verlassen, klar vor Augen tritt, so möchte ich daher heute nichts von einer Theorie wissen und nur die strenge Thatsache reden lassen.

Vor 6 — 7 Jahren (seine erste Schrift erschien 1841) beobachtete und bestätigte Agassiz das körnige Gefüge des Gletschereises und die von unten nach oben abnehmende Körnergrösse, auch beobachtete er durchaus in

gleicher Weise, wie ich früher, das Spaltenwerken der Gletscher. Das innere Wachsthum der ganzen Gletschermasse wurde ihm ebenfalls zur Gewissheit. Er erklärte sich aber die Sache anders als ich früher und behauptete, dass die ganze, auch die kompakteste Gletschermasse vom Wasser durchsickert werde, wodurch denn das Wachsthum der Körner und der Gletscher bedingt werde. Anfangs nahm er mikroskopische Kanälchen im Eise an und später verglich er die Gletscher mit einem durch wirkliches Wasser getränkten Schwamme. Agassiz stellte sofort mit vieler Zuversicht eine Theorie auf, welche allerdings höchst einfach und die Sache zu erschöpfen schien. Diese Theorie zu begründen war nun sein ernstes Bemühen; seine Beobachtungen aber zeigten, wie meine früheren und späteren im Innern der Gletscher allenthalben ohne irgend eine Wechselung eine Temperatur, welche immer etwas unter dem Gefrierpunkte steht, wobei das Durchsickern durch fast mikroskopische Räume wenigstens sehr zweifelhaft werden musste. (Über dieses Durchsickern später.) Auch seine Bohrversuche lieferten in Bezug auf das schwammige mit wirklichem Wasser getränkte Wesen der Gletscher keine sichern und unumstösslichen Thatsachen; ja bald widersprachen sich die Beobachtungen, bald scheint das wirklich Flüssige in Folge der Friktion der Bohrinstrumente oder in Folge des atmosphärischen Einflusses auf die Oeffnungen entstanden zu sein. Daher scheint denn auch Agassiz nun theilweise von seiner Theorie abgewichen zu sein; denn nach seiner Expedition vom Jahr 1845 erklärte er mit seinen Beobachtern in der allgemeinen Zeitung vom 1. September wörtlich: Soviel scheint bis jetzt aus allem hervorzugehen, dass der Gletscher als ein nur schwerflüssiger Strom zu betrachten sei, der sich gegen das Wasser wie ein Schwamm ver-

halte, der dasselbe aufsaugt und dadurch an Volumen zunimmt.

Früher wollte Katterfeld die Gletscherbewegung Dämpfen und Gasen im Innern der Masse und neuerlich Petzhold gewissen Kälte- und Wärmestrahlen zuschreiben. Beide Annahmen beruhen aber auf Voraussetzungen, für welche keine einzige Beobachtung als Thatsache spricht.

Forbes will bekanntlich alle Erscheinungen dadurch erklären, dass er annimmt, der Gletscher sei eine plastische, halbfüssige, leicht alle Formen annehmende Masse, welche wie zähes Pech sich abwärts bewege. So grossen Werth die Beobachtungen von Forbes über die Gletscher haben, so spricht doch gegen seine Theorie die Sprödigkeit des Eises in der äusseren wie in der inneren Masse, die unzähligen Schründe bis auf den Grund, das Emporwerfen der Gletscherfläche und eine Menge anderer Erscheinungen und Thatsachen.

Die neueren Ansichten von Charpentier nähern sich mehr oder weniger der von Agassiz, ebenso jene von Venez, Spitaler u. s. w. da andere wieder mehr der Theorie von Scheuchzer oder Saussure sich anschliessen.

Aus dem ganzen Gedränge im Gebiete der Gletschergeschichte geht aber hervor, dass wir noch nicht im Reinen sind und dass jeder Versuch zur Festsetzung der Thatsachen ohne alle Theorie durchaus nötig sei.

## *II. Feststehende Thatsachen.*

1) Der frisch gefallne Schnee wird unter dem Einflusse trockner Witterung in einigen Tagen kristallinisch oder körnig; die luftigen Bestandtheile entweichen, wobei allmählig der Schnee in kristallinische oder, bei weniger trockner und kalter Witterung, vorzüglich beim häusigen

Wechsel der Temperatur und der Feuchtigkeitsverhältnisse in körnige Bildung übergeht. Diese Uebergangsverhältnisse sollen übrigens noch näher und wissenschaftlich erörtert werden. Wir kennen weder die kristallinischen und körnigen Formen näher, noch kennen wir die Temperatur- und die hygroskopischen Verhältnisse, noch die Einflüsse des Lichtes unter welchen diese oder jene Formen entstehen. In diesem kristallinisch-körnigen Zustande schmilzt die Masse wohl zehnmal schwerer als frisch gefallner Schnee.

2) Die hygroskopischen Instrumente zeigen nun über einer solchen gekörnten Schneefläche eine auffallende Trockenheit, welche in einer Höhe von wenigen Fussen geringer ist und den Beweis liefert, dass der gekörnte Schnee die atmosphärische Feuchtigkeit stark absorbire, was bei der Bildung der körnigen Formen wahrscheinlich wesentlich ist. Das Absorbiren scheint vorzüglich Nachts stattzufinden; denn gekörnter Schnee auf einer Wage wird nach einer feuchten Nacht bestimmt schwerer gefunden, da er am Tage, und mit zunehmender Kälte desto mehr, stark ausdünstet und auch beim gleichen Volumen leichter wird.

3) Der frische und auch flockig über den alten schon gekörnten Schnee gefallne nimmt in kurzer Zeit das körnige Gefüge des letzteren an, was nicht so schnell erfolgt wenn der gleiche Schnee über eine andere Fläche fällt.

4) In den Hochregionen der Alpen erfolgen alle diese Uebergänge viel rascher und bestimmter; die Trockenheit über den Schnee- und Firnflächen ist viel grösser und die Ausdünzung auffallender, und was heute noch der Schneeregion angehört, ist oft schon morgen in kristallinische oder gekörnte Masse übergegangen.

5) Auf den höchsten Alphöhen besteht das sehr häufige Schneien meistentheils in einem trocknen Rieseln, wenigstens im Sommer und in diesem Falle wird der gefallne Schnee schwer oder gar nicht kristallinisch oder kristallinisch-körnig bis atmosphärische Niederschläge oder warme Nachmittage erfolgen, dann aber ziemlich schnell. Was so heute zur Schneeregion gehört, gehört oft morgen schon zur Firnregion, oder ist in bestimmt körnige Masse übergegangen. Wenn wir daher zwischen Schnee- und Firnregion unterscheiden, so kann nicht von einer bestimmten Höhenlinie die Rede sein; denn nach einem starken Sommerschnee auf den Alpen steigt der Schnee tief abwärts, und nach einigen Tagen ist die Masse bis zu den höchsten Hornspitzen körnig geworden. Wenn wir dagegen zwischen Gletscher und Firn unterscheiden, so haben wir eine ziemlich bestimmte Höhenlinie, welche ich in meinen Alpenreisen zuerst mit Firnlinie bezeichnet habe. Bei etwa 7,600 Fuss Meereshöhe schmilzt der jährliche über die Gletscherfelder gefallne Schnee im Sommer rein weg, so dass unter der Firnlinie nur von alten Eismassen die Rede sein kann, welche von den Hochregionen allmählig abwärts gestossen werden und so tiefere Thäler ausfüllen. Ob der Firnlinie dagegen schmilzt der jährliche Winterschnee nicht ganz weg, sondern körnt sich und wird zu Firn.

6) Wer am Morgen die Firnselder der hohen Eismeere bewandert, findet die Masse sehr rauh und so hart, dass der eisenbeschlagene Schuh des Wanderers keinen Eindruck zurück lässt; an einem warmen Nachmittage aber sinkt der Wanderer an gleichen Stellen oft mehr als füsstief in die Masse ein; diese ist sodann auffallend bestimmt gekörnt und fällt auf der Hand wie kleine Erbsen aus.

einander. Ein heisser Tag ist oft im Stande, mehrere Fuss tief die Firne in ihre Körner aufzulockern, während so dann jede Nacht die Körner wieder zu einer festen, sehr starren Masse vereint. Graben wir nun von der Firnfläche abwärts in die Tiefe, so finden wir, dass von der Fläche an die Körner an Grösse zunehmen. Die obern Körner sind zugleich schneeardig, weiss und porös und zwar durch die ganze Masse gleich, während die tiefen Körner das schneeartige Ansehen immer mehr verlieren. Drei bis vier Fuss tief sind sie nur aussen noch schneeardig und porös und haben im Innern einen festeren Kern, welcher anfängt im Bruche spiegelhell und dann bläulich zu werden. Tiefer geht sodann auch die Kruste der Körner in helle Eismasse über. Die Körner sind aber mehrfach grösser und flächig geworden und haben sich zu einer festen Masse zusammengekeilt, welche sofort durch die Wärme schwer sich auseinander lockert. Sobald dieser Zustand eingetreten, haben wir nicht mehr Firn- sondern Gletschereis.

7. Bei 7600 Fuss Meereshöhe tritt nun das Gletschereis unter dem Firne hervor frei zu Tage, indem der im Winter gefallene Schnee unter jener Höhe jedes Jahr ganz wegschmilzt und sich nicht in bleibenden Firn zu wandeln vermag. Diese Linie nannte ich in meinen Alpenreisen Firnlinie. Bei 10,000 Fuss Meereshöhe finden wir das compakte Gletschereis oft 10 bis 15 Fuss und nicht selten noch tiefer unter der Firnfläche und bei noch grösserer Höhe wird der Firn noch mächtiger, bis er auf den höchsten Alpenhöhen selbst die tiefer liegende Gletschermasse an Mächtigkeit übertrifft, wenigstens stellenweise und nach sehr schneereichen Wintern.

8. Während einer Sommernacht fällt in den Firn-

regionen der Hochalpen oft ein mehr als fusshoher Schnee; bringt nun ein heisser Sommertag diesen rasch zum Schmelzen, so sammelt sich über dem Firn kein Wasser, wie unten auf dem Gletscher, sondern der Firn saugt jede Flüssigkeit sehr begierig ein. Selbst wenn wir ein Felsenbächlein über den Firn leiten, was ich so oft gethan habe, verbreitet das Wasser sich sehr wenig, sondern es wird ziemlich rasch vom Firne aufgenommen. Ebenso wird Thau, Nebel, der auf den Firnfeldern auffallend häufig und so stark ist, dass man im flachen Land nie ähnliches sieht, und auch der stärkste Regen von der Körnermasse aufgesogen. Kein Wanderer sah wohl auch in den oft viele Stunden weit ausgedehnten Firnmeeren irgend ein Bächlein fliessen oder auch nur die Spur eines solchen, da auf den kleinen von den Firnmeeren auslaufenden Gletschern, sobald die Sonne sich hebt, tausend Bächlein entstehen, spiegelhelle Rinnen sich grabend und die ganze Gletscherhöhe zu tröpfeln anfängt; und doch ist in der Firnregion die Sonnenhitze nicht geringer, ja oft außerordentlich stark und zudem schmilzt das körnige, lockere Gefüge des Firns, oft noch mit frisch gefallenem Schnee untermischt, weit leichter als das compakte Gletschereis. Diese thatsächlichen Verhältnisse geben uns einen Begriff, wie sehr die Körnermasse des Firns jede Flüssigkeit absorbiert; ja selbst die auffallende Trockenheit über den Firnflächen, welche dort in kurzer Zeit Fleisch und andere Nahrungsmittel mumienartig austrocknet und ungeniessbar macht, sollte uns als Fingerzeig dienen, wie sehr der Firn auch der Atmosphäre jede Flüssigkeit entziehe und zur Entwicklung der Körner und zur Umwandlung in compaktes Gletschereis verwenden müsse.

9. Im Firne dringt die Flüssigkeit so tief ein, bis

die grösser werdenden Körner ihre schneeartige Rindenmasse verlieren und sich tiefer abwärts zu fester Gletschermasse zusammenzuwickeln anfangen. Das zeigen unzählige Versuche und jeder findet es bestätigt, wenn er mit solchen scheinbaren Kleinigkeiten sich befassen will. In der Regel aber bringen die Gelehrten so hohe Ideen mit auf die Gletscher und Firne, dass solche Sachen zu geringfügig erscheinen. In die kompakte Gletschermasse dringt dagegen nie irgend eine Flüssigkeit ein, bis durch höhere Temperatur oder warme Winde eine Auflockerung des Gletschereises in die einzelnen Körner erfolgt ist.

Schneiden wir mit Aexten unter einem fliessenden Gletscherbach eine Oeffnung durch, so kann man, ohne einen Tropfen Flüssigkeit zu gewahren, die Masse so zu dünner Lamelle wegschneiden, dass der Bach in äusserst schwacher Rinne fliest, bis er durch seine Schwere die gebrechliche Rinne bricht.

Giessen wir gefärbtes Wasser mit gewöhnlicher Temperatur in eine eingehauene Gletschergrube, so schmilzt anfangs das wärmere Wasser die innere Fläche der Grube spiegelhell, bis es eine tiefere Temperatur angenommen, dann aber bleibt es in der Grube durchaus gleich und man kann die Grubenwand fast bis zur Papierdicke wegschneiden, ohne dass auch die geringste Farbenspur durchflösse.

Ein Gletscherblock, insofern er nicht durch höhere Temperatur schon in seine Körner aufgelockert ist, ins Wasser getaucht, nimmt nicht an Gewicht zu, da ein Firnblock bei der gleichen tiefen Temperatur ins Wasser getaucht, beinahe um die Hälfte an Gewicht zunimmt. Ein roher Gletscherblock in gefärbte warme Flüssigkeit eingetaucht, schmilzt von aussen ab und wird zu einer spie-

gelhellen Masse, ohne dass man auf seiner Fläche Linien oder die Spur irgend eines Gefüges entdecken könnte, auch zeigt er, aus der farbigen Flüssigkeit gehoben, keine Spur von eingedrungener Farbe, sondern ist spiegelhell und gänzlich weiss; ein Firnblock dagegen in gleiche warme farbige Flüssigkeit getaucht, schmilzt ebenfalls von aussen, allein aus der Flüssigkeit gehoben, ist er durch und durch von Farbe durchstrickt.

10. Anders als die Flüssigkeiten verhält sich die atmosphärische Luft. Wenn wir an einer vorspringenden Gletscherstelle an einem kalten Morgen die rauhe Gletscherkruste absprengen, so kommt das spiegelhelle Gletschereis zu Tage. Kein Mensch ist sodann im Stande, irgend einen Riss, eine Spalte oder die Spur irgend eines Gefüges zu entdecken, nur sehr kleine gräuliche Pünktchen finden wir durch die ganze Masse zerstreut. Wenn aber gegen Mittag die Temperatur über den Gefrierpunkt steigt, und vorzüglich unter dem Einflusse eines lauen Windes, finden wir in der Spiegelfläche bald einzelne zarte Linien, welche allmählig zu einem netzartigen Gewebe sich einen. Die Spalten werden nun bei warmer Temperatur immer tiefer und Jedermann sieht dann, dass sie die Gletscherkörner umschließen und sofort als Körnergrenzen betrachtet werden müssen. Bei fortdauernder erhöhter Temperatur übrigens wird das Spaltnetz so bestimmt und tief, dass die Gletscherfläche endlich auf's Bestimmteste in nussgrosse unbestimmt eckige Körner sich auflockert. Ein freiliegender Gletscherblock, etwa von einem Kubikklafter Inhalt, lockert sich an warmer Lust so auseinander, dass die ganze Masse beweglich wird, ohne dass jedoch die einzelnen Körner herausfielen; sind aber einzelne Körner gewaltsam weggenommen, so kann

man mit der Hand immer ohne alle Hindernisse eins nach dem andern wegnehmen. Steigt aber die Temperatur sehr stark, so zerfällt endlich der ganze Block in einen Haufen von Körnern, welche am unteren Ende langer Gletscher oft beinahe Eigrösse besitzen, weiter aufwärts aber kleiner werden. In der Mitte haben sie etwa Nussgrösse, werden aber bis zum Firne empor blass erbsengross. So dringt an einem warmen Tage das Spaltennetz oft vier bis sechs Fuss in die Gletscherfläche ein. Jede kalte Nacht keilt die Körner wieder zu einer Festmasse. Die schönste Spiegelfläche einer frisch abgesprengten Gletscherstelle erlangt so durch das Schmelzen der Körnergrenzen bis zum zweiten Tag ein sehr rauhes, knorriges Ansehen, ja, wenn die Schmelzung nicht gar stark war und die Körner selbst wenig angegriffen wurden, so sieht man am zweiten Morgen die Fläche mit jenen eckigen Körnern besetzt. Das Spaltennetz zeigt sich aber am schönsten an der Unterfläche der Gletscher, welche bekanntlich nur stellenweise auf dem festen Gesteine aufsitzen und im Sommer in unzählige Gewölbe ausgeschmolzen sind, so dass man oft stundenweit unter den Gletschern fortwandern kann. In diesen untereisigen Räumen herrscht im Sommer eine wenig wechselnde Temperatur von  $+1$  bis 3 Grade, die Gewölbesflächen triefen daher immer vom Schmelzwasser und sind wunderbar glatt und in mehr oder weniger dunklem Himmelblau glänzend. Diese wunderschönen Gewölbe sind dann durchaus mit jenem zarten Spaltennetz überstrickt, so dass man hier die Grösse der Gletscherkörner am besten bestimmen kann.

11. Ich nannte in meinen Alpenreisen die Firn- und Gletscherkörner auch Gletscherkristalle und zwar aus dem Grunde, weil sie auseinandergelockert wirk-

lich Flächen besitzen, jedoch häufiger Gletscher- oder Firnkörner.\*)

Der frisch gefallene Schnee wird auf den Firnkuppen nach einer mondhellen Nacht auf's bestimmteste kristallinisch. Weit ausgedehnte Flächen bestehen oft aus kleinen sechsseitigen Tafeln, die nicht selten äusserst locker schuppenförmig über einander liegen. Bei trüben Nächten sind die Formen weniger bestimmt. Sobald nun über eine solche kristallisierte Fläche neuer Schnee fällt, wandeln sich die Kristalle in Körner um, während die neue Aussenfläche kristallisiert. Bei trocknem, rieselartigem Schneien erfolgt die Kristallisirung oft erst nach neblichten Tagen und dann nie zu Tafeln, sondern mehr zu kubischen Formen mit unbestimmt strahligen Auswüchsen. Ein warmer sonniger Nachmittag wandelt alle diese unzähligen kristallinischen Formen in Körner um; dabei sickern zuerst die Austrahlungen und Spitzen und dann die Ecken und Kanten zusammen und der ganze Kristall contrahirt sich zu kuglicher Form. Ist einmal die Firnfläche körnig geworden so bleibt sie es, bis neue Niederschläge erfolgen, welche dann bald wieder sich körnen. An einem kalten Morgen sieht man der Firnfläche die körnige Bildung nur schwer an, die Fläche ist rauh und fest, wie schon erwähnt; war jedoch der vorgehende Tag ziemlich warm und die Nacht nur einige Grade kalt, so finden wir am Morgen, wenn wir die feste Aussenfläche einhauen, in einiger Tiefe die Körner kaum noch verbunden. Der warme Morgen lockert sodann alles wieder auf, indem das allfällige Schmelzwasser tiefer sickert. Man denke hier an die Expansion durch den Gefrierungsakt und an die Con-

---

\*) Siehe Hugis Alpenreise 1830. X. Seite 341.

traktion des entgegengesetzten, des Reduktions- oder Wasserbildungsprozesses!

Die Firnkörner der Flächen liegen nun am Tage wie kleine Erbsen ohne alle Verbindung über einander und haben keinerlei kristallinische Flächen. Tiefer abwärts werden sie grösser, ihre Rindenmasse ist aber weisser, viel grösser und lufthaltiger als die Kernmasse, welche in einiger Tiefe anfängt (es scheint nach gänzlicher Verschwindung aller Lusträume) blaue Farbe anzunehmen, die sodann allmählig mit der Tiefe nach der Peripherie sich ausdehnt. In der Tiefe von einigen Fussen fangen nun die Körner allmählig an flächig zu werden, aber nur in Folge des gegenseitigen durch den Eisbildungsprozess des Körnerumfanges bedingten Druckes. Oder wie die Rindenmasse der Körner die atmosphärische Luft allmählig entfernt und der Kernmasse gleich wird, drängen die Körner sich fest aneinander, keilen sich zusammen und werden flächig. Bis sie diesen Zustand erreicht, sind sie von 10 bis oft 40 mal grösser geworden. Bevor dieser Zustand eingetreten, haben sie so ziemlich eine dodekaedrische Form, oft jedoch bleiben einzelne Körner viel kleiner und andere gestalten sich sehr abnorm, was zur Folge hat, dass die grössern ihre sonst regelrechte Form verlieren und zwischen die andern sich einkeilen. Wo wir immer einen Gletscherblock entweder aus der Tiefe unter dem Firne heraushauen oder vom freien Gletscher sprengen und dann an lauer Luft zerfallen lassen, finden wir längliche Abweichungen der Körner. Oft sind einzelne mehr als 3 Zoll lang, dann biegen sie sich oft auffallend nach einer Seite oder erhalten einerseits einen Seitenauswuchs, den ich in meinen Alpenreisen mit einem Gelenkkopfe verglich. Zwischen diese längern keilen sich dann

gewöhnlich kleinere ein oft nach der Länge-, oft aber Querrichtung sich ausdehnend, so dass gar keine Regelmässigkeit mehr stattfindet, welche im Firne so bestimmt ist. Ein Gletscherblock an warmer Luft lockert sich so auseinander, dass alle Körner gegeneinander beweglich sind, und doch zerfällt er nicht, bis einzelne der längern Körner aus der Verbindung getrennt sind.

12. Wenn wir an einer senkrechten Gletscherwand an kaltem Morgen mit Aexten eine Grube einhauen und sie mit gefärbtem Wasser anfüllen, so bleibt die Grube durchaus gleich angefüllt, ohne die geringste Spur irgend einer Entleerung, bis nach Mittag die Temperatur steigt und die Auflockerung der Gletschekörper erfolgt; dann aber entleert sich die Grube sehr schnell, indem die Farbe durch die unzähligen Spältchen und entstehenden Kanälchen dringt und die ganze Gletscherfläche umstrickt. Ich sah öfters ob einer solchen Grube das farbige Netz 10 bis 20 Fuss senkrecht aufsteigen und die Gletscherfläche umstricken. So dringt das Farbennetz auch seitwärts, abwärts und selbst unter dem Gletscher durch. Hauen wir aber sodann eine solche gefärbte Fläche mit Aexten durch, so finden wir, dass die Farbe nur die Fläche durchdrungen und zwar nie und nirgends tiefer als die erwähnte Auflockerung erfolgt ist. Wenn wir in der Nähe eines Schrundes oder zwischen zwei Schründen Farbe ausgießen, so dringt sie der Fläche nach abwärts und scheint so den ganzen Gletscher zu durchdringen; allein beim Durchschneiden zeigt sich, dass die Farbe nur der aufgelockerten Außenfläche gefolgt sei.

13. Das Spaltnetz erscheint zunächst in Folge einer beginnenden Schmelzung, welche die Körnergrenzen früher und leichter ergreift als die alte Kernmasse der Körner;

denn im Firne lockern die Körner sich fast täglich aus-einander und vereinen sich dann immer Nachts wieder zu fester Masse, indem das zwischen den Körnern sich fin-dende Wasser zu Eis erstarrt. Dieser Wechsel setzt sich unter allmählicher Entwicklung der Körner bis zur Gletscherbildung fort. Die leichtere Schmelzung der Zwischen-masse der Körner scheint nun in der täglichen Erneuerung zu Eis vorzüglich aber darin zu liegen, dass in jenen Spalten fortwährend atmosphärische Luft eingeschlossen wird, da selbe in Folge der allmählichen Entwicklung der Körner in diesen selbst grösstentheils fehlt. Meine vielen Versuche zeigen, dass die Linien des Netzes täglich durch-aus an gleicher Stelle erscheinen und dass sie wirklich und auss bestimmtste die Körner umschliessen. Bei dem ersten äusserst zarten Beginne der Linien indessen kann das Auge noch keine Schmelzung gewahren und die erste Oeffnung der Linien scheint in den Contraktionsgesetzen des Eises zu liegen; denn bei dem durch Kälte festge-wordenen Wasser (festwerdenden) verhalten sich die Aus-dehnungsgesetze durch Temperatur gerade umgekehrt, die Kälte expandirt, die entgegengesetzte Wärme dagegen con-trahirt.\*). Ist das Spaltennetz geöffnet, folgt beim Ein-

---

\*.) *Anmerkung.* Dieser Satz veranlasste nach dem Lesen einige Gegenbemerkungen, indem das Eis als feste Masse sich weder ausdehne noch zusammenziehe. Seit Musschenbroek und Dortsous de Mairan wurde die Ausdehnung des Eises durch Kälte und die Contraktion durch Wärme allgemein behauptet. Später hat Pl. Heinrich das Gegentheil aus-sprochen und neuerlich wieder Petzholdt die Lehre Musschenbroeks aufs Neue durch Experimente verthei-digt. Bei meinen Alpenreisen habe ich öfters Eiscy-linder von Gletscher - und Firnmasse geschnitten, genau

wirken warmer Lust die Schmelzung und die Contraktion zu Wasser immer weiter nach innen, bis oft die Gletscherfläche einige Fuss tief ausgelockert ist, und selbst die Körner zum Schmelzen gebracht werden. Da jedoch nach

gemessen und dann starker Kälte ausgesetzt, liegen lassen. Am auffallendsten war mir jederzeit das Leichterwerden der Masse mit zunehmender Kälte und ihre Ausdünftung. Wenn ich diess berücksichtigte, so musste ich aus der Messung der Eiscylinder auf eine Ausdehnung des Gletscher- noch mehr aber des Firneises durch Kälte schliessen. Die Versuche betrachtete ich aber nie als physikalisch genau. Die Ausdünftung war vielleicht zu hoch gerechnet. Abgesehen davon fand ich jedoch nach sehr kalter Winternacht auf dem Eismeere den in eine Holzrahme gepassten Firneylinder länger und die Rahme etwas auseinander getrieben. Ob und in wiefern die Ausdehnung in Folge nächtlicher atmosphärischer Niederschläge erfolgt sei, wage ich nicht zu bestimmen. In neuester Zeit hat Brunner und Struve nachgewiesen, dass das gewöhnliche Eis in Bezug auf Temperatur wie andere feste Körper sich verhalte, sich also mit der Kälte contrahire und mit der Wärme expandire. Das Alles hat aber auf das oben ausgesprochene keinen wesentlichen Einfluss. Es bleibt immer so viel als Thatsache fest, dass das Wasser durch Kälte beim Uebergang zu Eis sich expandirt, wenn somit dieses Eis durch Wärme wieder in Wasser sich wandelt, wird man wohl anzunehmen berechtigt sein, dass dieses zu Eis expandirte Wasser sich wieder contrahiren und das alte Volumen als Wasser annehmen werde. Diese Contraktion durch Wärme, mithin beim Uebergang zu Wasser, ist dem oben ausgesprochenen Oeffnen des Spaltennetzes des Gletschereises wesentlich. Diese Anschauungsweise ist denn auch für die ganze Gletschergeschichte nicht ohne Bedeutung.

allen angestellten Versuchen im Innern der Gletscher durchaus ohne Wechselung eine Temperatur herrscht, die immer und allenhalben etwas unter dem Gefrierpunkte steht, so kann die erwähnte Auflockerung nur an der äussern Gletscherrinde stattfinden und nie in das Innere der Gletschermasse eindringen, und das zeigen alle Erfahrungen aufs bestimmtste. An jedem kühlen Abend wird das Spaltennetz wieder unsichtbar, wenn keine bedeutende Schmelzung eingetreten und in diesem letztern Falle entsteht das bekannte knorrige Aussehen der Gletscher. Dass das Spaltennetz an gleicher Stelle immer in bestimmter Form und die einzelnen Linien jeden Tag durchaus an gleicher Stelle erscheinen, darf uns nicht wundern. Wir sahen oben, wie der frische Schnee sich körne, wie er zu Firn sich wandle, wie der Firn im Sommer täglich in seine Körner sich auflockere, sich mit atmosphärischen Niederschlägen tränke, sich dann wieder auflockere, wie die Körner so durch wechselweise Trennung und Tränkung grösser werden, sich zu Gletschereis zusammenkeilen u. s. w. Bei diesem Gange der Entwicklung lässt sich wohl begreifen, dass bei jeder wechselnden Contraktion durch den Schmelzungsakt weniger die Körner selbst als das neuere noch Lust enthaltende Spalteneis angegrissen und zum Schmelzen gebracht werden müsse. Bei den fast täglich erfolgten atmosphärischen Niederschlägen lässt sich auch das Wachsthum der Körner vom Firne an und ihre endliche Vereinigung zu kompaktem Gletschereise begreifen.

14. Wenn wir eine Flintenkugel senkrecht auf eine aufgelockerte Gletscherfläche, einen Gletscherkegel, Gletscherwand u. s. w. abfeuern, so sprengt sie die Körner nach allen Richtungen auseinander, dringt bis zum kompakten Gletschereise und bleibt sodann als flache Masse

stecken; wenn wir dagegen durch Sprengen das compacte Gletschereis blosgelegt haben, so dringt die Büchsenkugel kaum 4 — 5 Zoll ein, es fliegen unbestimmte Eissplitter davon und die Kugel zersplittet meist ebenfalls in kleine Theile oder bleibt ebenfalls als uns förmliche, meist sehr flache Masse im Eise stecken.

15. Wenn wir das Gletschereis unter der Gletscherfläche (denn man kann unter den Gletschern oft stundenweit durch die mannigfach ausgeschmolzenen Wölbungen fortwandern, ja ich bin von einem Ende bis zum anderen in mannigfachem Zickzack unter dem Urazgletscher durchgewandert) aufs genauste untersuchen, wenn wir uns auf den Gletschern sowohl als auf dem Firnmeere durch die Schründe hinunter lassen bis auf den Grund, was ich öfters gethan, wenn wir die Gletscher durchbohren, durch Pulver sprengen oder Gänge durch selbe einhauen, so zeigt sich allenthalben das Gletschereis gleich fest, gleich spröde, im Inneren ohne irgend ein bestimmtes Gefüge und an die warme Luft gebracht, in jene Körner zerfallen. Die gleichen Verhältnisse zeigen sich auch allenthalben, wo der Gletscher abbricht, im Vorschieben über Felsen trümmert u. s. w.

16. Höchst auffallende und für die Gletschergeschichte sehr wichtige Thatsachen bietet der hygroskopische Zustand des Gletschereises. In den Gletscherregionen und noch mehr über die weit ausgedehnten Firne zeigen die hygroskopischen Instrumente alle eine auffallende Trockenheit, welche unmittelbar an der Eisfläche am grössten ist und mit der Höhe über selbe etwas abnimmt. Wenn wir uns an einem kalten Morgen, wo die Temperatur über der Eisfläche oft 5 bis 10 Grade unter dem Gefrierpunkte steht, in Gletscherschründe hinunter lassen, so zeigen die Ther-

mometer in jenen Schründen eine viel höhere Temperatur, die gewöhnlich nur  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Grad unter 0 steht, und doch glauben wir eine Kälte zu fühlen, welche jene der Oberfläche sehr weit übertrifft, ja es ist dort so schauernd, dass man zu erfrieren wähnt; wenn wir uns sodann wieder aus dem Schrunde auf die kältere Oberfläche ziehen lassen, so glauben wir in eine gemässigte Stubenwärme zu gelangen. In den Schründen zeigen die Hygrometer die höchste Trockenheit, welche nicht selten die Skale der Instrumente oder den angezeigten höchsten Trockenheitspunkt übersteigt oder ihm doch nahe steht. Gewiss ist die eigenthümliche schauernde zusammenziehende Empfindung der auffallenden Trockenheit zuzuschreiben, wenigstens wird das ziemlich allgemein angenommen. Dass die Trockenheit mit der Meereshöhe oder mit abnehmender Dichtigkeit der Luft zunimmt, weiss jeder, dass aber die höchste Entwässerung der Luft in den Gletscherschründen sich findet, kann nicht der blossen Luftverdünnung allein zugeschrieben werden. Wenn wir mit einem meiselartigen Bohrinstrumente an einer Stange eine horizontale Oeffnung durch den Gletscher machen, oder wenn wir ihn senkrecht durchbohren, dann Chlorcalcium, kohlensaures Kali u. s. w. in offener Schachtel durch die Oeffnung in das Innere des Gletschereises bringen und dann die Oeffnung hermetisch schliessen, so nehmen besagte Substanzen fast gar nicht an Gewicht zu; 536 Gran haben in 24 Stunden nur um 3 Gran zugenommen, da die gleiche Menge in gleicher Zeit über der freien Gletscherfläche um die Hälfte an Gewicht zunahm und dabei sich in eine halbfüssige Masse auflöste.\*). Das Gletschereis hat daher kein

---

\*) S. die ersten Versuche in meiner Schrift: Die Gletscher und erraticischen Blöcke. Solothurn 1843. p. 26. ss.

Wasser als solches, weil sonst die am meisten hygroskopischen Substanzen dasselbe anzeigen müssten, da diese die höchste Trockenheit beurkunden; ja spätere Versuche mit dem Saussur'schen Hygrometer sowohl als mit obigen und anderen hygroskopischen Substanzen zeigten, dass auch in grösseren ausgehöhlten Innenräumen der Gletscher die eingeschlossene und dann abgesperrte Luft fast gänzlich entwässert wurde. Ich habe früher öffentlich aufgefordert, angeführte Thatsachen zu widerlegen, allein jede der vielen Beobachtungen hat sie seither aufs entschiedenste bestätigt.

17. Eine der interessantesten und wichtigsten Erscheinungen bietet das Spaltenwerfen der Gletscher, welches ich schon vor 20 Jahren auf's Treuste beobachtet und in meinen Alpenreisen beschrieben habe, welches später auch von Agassiz und andern vielfältig beobachtet und durchaus gleich beschrieben wurde.

Wer über irgend einen Gletscher, z. B. über den fünfstündigen Aletsch, die Aargletscher u. s. w. emporwandert, findet Bezirke, welche gänzlich durchschründet sind, dann folgen andere, wo in weiter Erstreckung gar kein Schrund sich zeigt, dann folgen wieder durchschründete Bezirke u. s. w. Wo die eine Gletscherseite durchschründet ist, hat die andere entgegengesetzte gewöhnlich keine Schründe. Wenn wir nun nach zwei oder drei Jahren die gleichen Gletscher bewandern und untersuchen, so finden wir jene etwas weiter abwärts gerückten Bezirke, welche vor zwei oder drei Jahren durchschründet waren, ohne alle Schründe, und wo früher keine Schründe waren, finden wir die Masse scheusslich zerrissen. Nach wieder zwei oder drei Jahren ist dann wieder wie früher das Umgekehrte der Fall. So wechselt es fortwährend ab

und jede Gletscherstelle wird bis sie vom Firne an im Gange der Bewegung im Thale erscheint, wechselweise oft zwanzig, dreissig und noch mehrmal durchschründet und wieder eben gelegt.

Wer nun an warmen Tagen auf Gletscherbezirken sich aufhält, welche entweder gar nicht durchschründet sind oder nur einzelne und nur wenig geöffnete Schründe besitzen, hört öfters ein eigenhümliches Getöse, welches immer die Entstehung einer Spalte anzeigt. Die Gletscherfläche trennt sich oft schnell 10 und mehr Fuss vorwärts; dann schreitet der Riss langsamer weiter oder bleibt auch stehen, dann geht er wieder schneller u. s. w. immer quer über den Gletscher, bis an den Rand oder an eine Gufserlinie, wo er gewöhnlich ganz aufhört. Bei diesem Vorgange zittert die Gletscherfläche in der Nähe des entstehenden Risses merklich, öfters jedoch ist das nicht der Fall, noch hört man sodann irgend ein Geräusch. Der Riss öffnet sich ansfangs nur etwa  $\frac{1}{2}$  bis höchstens 2 Linien weit und geht ansfangs nie tiefer als höchstens ein bis zwei Fuss, oder, nach den genauesten Untersuchungen, nie tiefer, als eine erhöhte Temperatur schmelzend und auflockernd auf die Gletscherfläche zu wirken im Stande ist. Entsteht der Riss erst gegen Abend, so schliesst er sich sodann Nachts so, dass keine Spur mehr davon zu entdecken ist; den nächsten Tag jedoch öffnet er sich sodann früh an gleicher Stelle und zwar immer langsam und ohne alles Geräusch. Entsteht aber ein solcher Riss schon um Mittag und bleibt der Abend warm, so schreitet im Risse die Schmelzung fort, der Riss erweitert sich und wie er sich oben erweitert, dringt er, scharf nach unten sich ausbreitend, immer tiefer in die Gletschermasse ein und schliesst sodann am Abend sich nicht mehr. Immer

entstehen die Risse nur an heissen Tagen und vorzüglich wenn ein scharfer, heisser Fönwind von Italien her über die Eisfelder streicht. Wenn wir an einem eben entstandenen Riss die Gletschermasse durchschneiden, kann man den ganzen Hergang genau beobachten. Zuerst reisst nur die äussere Gletscherfläche, höchstens einige Zolle tief, dann sehen wir im Risse gleich die Spuren der Schmelzung und wie diese vorwärts schreitet, so sehen wir die Spalte immer abwärts dringen. Schon den ersten Tag wird sie so oft 2 bis 4 Fuss tief; von Tag zu Tag erweitert sich aber die Spalte, ihre inneren Flächen lockern sich in die erwähnten Körner auf, es entsteht Schmelzwasser, der Riss geht tiefer und nach einigen Wochen ist er oft 4 bis 10 Fuss breit und nicht selten gegen 100 Fuss tief, immer jedoch nach unten äusserst scharf in die tiefere compakte Gletschermasse sich ausbreitend. Wenn auf sehr kalte Nächte heisse Tage mit Fönwind folgen, so kann das Entstehen der Gletscherschründe fast täglich hie oder da beobachtet werden. Im gleichen Gletscherbezirke folgen die Spalten zuerst alle 30 bis 50 Fuss, dann aber reisst die Zwischenmasse später ebenfalls, bis oft alle 10 bis 12 Fuss eine Spalte folgt und der ganze Gletscherbezirk auf schauderhafte Weise bis in die tiefsten Abgründe zerrissen ist.

Wer die angeführte Erscheinung des Spaltenwerfens genau untersucht, wird finden, dass sie in Folge der Expansion durch Kälte und dann der darauf folgenden Contraktion durch Wärme zu erfolgen pflege.<sup>\*)</sup> Dass in den

---

<sup>\*)</sup> Es ist schon oben angeführt, dass das Eis als einmal feste Masse sich wahrscheinlich wie andre Körper verhalte und durch Kälte sich contrahire und durch Wärme expandire. Das Wasser jedoch nimmt durch Kälte beim Uebergang

Firnregionen kein Spaltenwerfen wie auf den Gletschern möglich ist, wird jeder leicht einsehen, weil die Firnfläche

zu Eis oder durch den Kristallisationsprozess entschieden ein grösseres Volumen an und muss folglich im entgegengesetzten Akte, oder beim Uebergang der Eisform zur Wasserform wieder das alte kleinere Volumen annehmen und mithin durch Wärme sich contrahiren. Das Volumen des Wassers als Eis ist bekanntlich viel grösser als das Volumen der ursprünglichen Wasserform, da die Contraktion und Expansion der einmal gebildeten Eisform bei gewöhnlicher Temperaturänderung sehr unbedeutend ist. Durch den Kristallisationsprozess des Wassers sprengt man bekanntlich Bomben und wenn das gefrierende Wasser nicht gänzlich eingeschlossen ist, z. B. nur in einer starken Flasche, dringt das Eis mächtig durch die Oeffnung, häuft sich aussen an und erst zur Wasserform reduziert nimmt es wieder das ursprüngliche kleine Volumen an. Der oben ausgesprochene Satz muss daher nur vom Uebergang der Wasser- zur Eisform durch Kälte und der Eisform zur Wasserform durch Wärme verstanden werden, ist aber so beim Gletscherspalten gewiss wesentlich. Es ist entschiedene Thatsache, dass das Spaltenwerfen der Gletscher nur an warmen Tagen, vorzüglich bei heissem Fönwind zu erfolgen pflege. Es ist nun begreiflich, dass in Folge rascher Wärme der Schmelzungsakt und mit ihm die Contraction erfolgen müsse. Ich erinnere an die oben ausgesprochene Auflockerung der Gletscherfläche in die Gletscherkörner, welche ebenfalls als solche Contraction in Folge des Ueberganges zur Wasserform betrachtet werden muss. Die Auflockerung in die Gletscherkörner und das Spaltenwerfen haben daher den gleichen Grund, beide sind bedingt durch einen beginnenden Schmelzungsakt; freilich scheint das Spaltenwerfen durch raschere Wärme, heisse Winde u. s. w. bedingt und gewiss hat auch der Gang der Gletscherbewegung dabei einen vielleicht nicht

sobald die Temperatur über den Gefrierpunkt steigt, leicht und schnell sich oft zwei Fuss tief in die einzelnen Kör-

unwesentlichen Einfluss. Sobald das Eis beim Uebergang zur Wasserform als Wasser erscheint, hat es schon seine grösste Ausdehnung verloren und seine höchste Contraktion erreicht; der Contraktionsakt muss daher erfolgen, bevor noch die flüssige Form gänzlich eingetreten. Es wäre übrigens hier noch manches zu erörtern, was beim kurzen Umsange dieses Aufsatzes zu weit führte. Auch frägt es sich immer noch, ob das bestimmt aus Körnern zusammengesetzte Gletschereis sich gänzlich wie das gewöhnliche Eis verhalte. Für die folgende Erklärungsweise der Gletscherbewegung ist auch die Ursache des Spaltenwerfens hier ziemlich gleichgültig. Es handelt sich hier um keine wissenschaftliche Darstellung; blos die Erscheinung wird aufgefasst; die Gletscherschründe sind eine gegebene Thatsache, ebenso ihre Ausfüllung bei starkem Schneewetter; alles übrige ergiebt sich aus dieser That- sache.

Gegen die oben angeführte Annahme des Spaltenwerfens oder gegen die angenommene Ursache machte Hr. Escher von der Linth nach der Lesung Einwendungen. Er habe, sagte er, das Spaltenwerfen nur einmal gesehen, er spreche aber nicht für die vorgetragene Erklärungsweise. So viel ich Herrn Escher verstand, ist er der Ansicht, das Spalten der Gletscher sei eine blos mechanische Erscheinung; es ereigne sich blos an gewissen abschüssigen Stellen und erfolge durch die Schwere und Vorbewegung der Masse. Darüber muss bemerkt werden:

1. Ich beobachtete das Spaltenwerfen der Gletscher wohl hundertmal, vielleicht noch öfters hat es Agassiz und andere beobachtet. Jedesmal ereignete es sich wie der Hergang oben genau erzählt wurde. 2. Immer wurde es an den ebensten Stellen der Gletscher beobachtet, wo sie fast horizontal in ebnen Flächen ohne wellenförmige Stei-

ner so auflockert, als wenn sie bis in jene Tiefe aus lauter Erbsen bestünde, da die Gletscherkörner im Gange

gung und Senkung sich ausdehnen. 3. Zuerst bekommt nur die äusserste, erwärmte Gletscherfläche einen zarten Riss, nie brechen grössere Massen ab, nie dringt der Riss in die compakte Gletschermasse, sondern immer nur so tief ein, als eine erhöhte Temperatur auflockernd einzuwirken im Stande ist. 4. Der obere Rotthalgletscher ist von allen Seiten eingeengt, ganz horizontal und an seiner Mündung sehr schmal; ebenso muss der fast horizontale, wohl stundenbreite, von allen Seiten mit Gebirgen eingeschlossne Gletscher von Grindelwald seine Masse mit schauervoller Gewalt aus der weiten Fläche durch eine enge Felsenspalte stossen und dann erst den unteren Gletscher bilden. Zudem stossen dem weiten, flachen Gletschermeere von mehreren Seiten herab mächtige Gletscher in die Seiten. Aehnliches ist beim oberen Münster-gletscher und bei hundert andern der Fall; und doch findet bei allen diesen eingeschlossnen Innengletschern das angeführte Spaltenwerfen gleich regelmässig statt, es kann daher von keinem mechanischen Abbrechen die Rede sein, sondern das erste Spaltenwerfen, wie das Erweitern und tiefere Eindringen der Schründe muss in Temperaturwechselungen und dadurch veranlassten ungleichen Spannungen aufgesucht werden. Oder, wer eine andere Erklärungsweise zu begründen im Stande ist, wird mir höchst willkommen sein. Vielleicht gelingt es, die Sache näher zu erörtern, wenn Herr von Escher meiner Einladung folgt, nächsten Frühling und Sommer gemeinschaftlich auf den Gletschern zu verweilen und dann zugleich jene geognostisch so interessanten Hornspitzen zu untersuchen. Gerne will ich sodann, besser belehrt, meine jetzigen Folgerungen aus den Beobachtungen fahren lassen, wenn näher begründete sich ergeben sollten; bisher aber seien wir gegenseitig billig.

der sehr allmählichen Entwicklung sich zu sehr compakter Masse so zusammengekeilt haben, dass auch beim gänzlichen Auflockern der Körner diese doch schwer aus ihrer Verbindung sich trennen lassen und daher beim Contraktionsakte vor beginnender Schmelzung, die äussere Gletscherfläche reissen kann oder muss. — Es muss noch die vielfach beobachtete Thatsache angeführt werden, dass wenn ein Riss quer über den Gletscher sich wirft, er aufs bestimmteste aufhört, sobald er in seinem Gange eine Wassergrube trifft oder wenn er in den Schatten irgend eines Felsblockes gelangt. Auch sah ich die Risse immer aufs bestimmteste aufhören, wie sie eine Stelle trafen, welche mit Schutt oder Steingetrümm bedeckt war. Dass die Ausdünnung der Gletscher, welche nach den Gewichtsbestimmungen einzelner Massen ausserordentlich ist, vielleicht auch die Einwirkung des Lichtes und andere Umstände auf das erste Reissen der Gletscher Einfluss habe, wird kaum geläugnet werden können. Es muss ferner bemerkt werden, dass die Risse jedesmal mit der Druckrichtung von oben her in rechten Winkel sich werfen; wenn der Grindelwaldgletscher von der Strahlegg herabsteigt, spaltet er regelmässig quer zu dieser Richtungslinie, sobald aber der Eigergletscher sehr gewaltig und jäh seinem Längenzuge senkrecht in die Seite stößt, und bei der Vereinigung ein ungeheurer Seitendruck sich ergeben muss, werfen die Spalten sich zuerst in Richtungen, welche beiden Drucklinien entsprechen, dann aber bogensförmig wie der Eigergletscher bogensförmig sich einsenkt. Wenn sodann beide Gletscher sich vereint haben und als eine Masse sich vorwärts drängen, so entstehen die Spalten wieder quer mit der gemeinsamen Richtung. Gegen den schmalen Ausgang des stundenbreiten Gletschers drängt

sich nun die Masse links und rechts an die Felsen und die Spalten ändern auch jetzt ihre Richtung und werden quer zur jedesmaligen Drucklinie; wie aber die Masse von beiden Seiten zusammengedrängt im engen Thore erscheint und sich durch selbes herausdrängt, werfen sich die Spalten durchaus in der Längerichtung mit der Bewegung durch das Thor parallel, weil der Druck von beiden Seiten erfolgt.

18. Die im Sommer entstandenen und oft über 10 Fuss weit geöffneten Schründe füllen sich nun im Herbst, Winter und vorzüglich im Frühlinge mit Schneemasse; \*) diese Schneemasse ist in ihrer ersten Periode locker, wie der frische Firn und nimmt jede Flüssigkeit sehr begierig auf. Ich leitete im Frühlinge Gletscherbäche in solche ausgefüllte Schründe, und es ist erstaunlich, wie viel Wasser die Masse aufnahm bis sie gesättigt war. Nur durch diese Ausfüllungsmasse ist es möglich, dass Gletscherbäche sich einsenken, den ganzen Gletscher durchbohren und jene tobenden Wasserfälle durch den ganzen Gletscher

\*) Auch gegen dieses Ausfüllen wurden Einwendungen erhoben; allein wenn über die Gletscher- und jene Höhenregionen überhaupt oft mehr als zehn bis fünfzehn Fuss Schnee fällt, und wenn die Spalten oft so viel Raum einnehmen als die Masse zwischen den Schründen selbst, so wäre wohl das Nichtausfüllen der Schründe das höchste Wunder. Uebrigens wird jeder, welcher im Herbste eine durchschründete Gletscherstelle besucht und dann gegen das Ende des Winters wieder, die Schründe ausgefüllt findet. Geht und seht, und wenn die Sache anders sich verhält, so fällt über mich her, weil ich etwas als That-sache berichtet, was nicht Thatsache ist. Ich kenne die Sache aus zu vielen Untersuchungen.

hinab bis auf den Grund bilden. Am Anfange des ersten Sommers ist die erwähnte Ausfüllungsmasse weiss, im Einzelnen körnig, im Ganzen schwammig, noch ohne bestimmtes Gefüge und noch wenig eigentlichem Gletschereise sich nähernd. Auch in der Kälte nimmt diese firsartige Masse noch Flüssigkeit auf. Gefärbtes Wasser über solche früher durchschründete Gletscherstellen ausgegossen drang oft 20 bis 30 Fuss so durch die Ausfüllungsmasse, dass keine ungefärbte Stelle sich fand, da die alten Gletscherwände der Schründe nie auch nur die geringste Spur von Farbe zeigten. Im ersten Frühlinge ist die Ausfüllungsmasse gewöhnlich über den Gletscher erhaben und oft kann nach einer kalten Nacht ein merkliches Empordringen beobachtet werden. Wenn letzten Sommer und durchschründete Bezirke nun im Frühlinge beim Schmelzen des Schnees oder bei hoher Temperatur ganz vom Wasser triefen und unzählige Bächlein entstehen, so verhält es sich bei letzten Sommer durchschründeten Stellen ganz entgegengesetzt; jede Flüssigkeit dringt in die Ausfüllungsmasse und nur wenn Gletscherbäche von oben herab kommen, durchsetzen sie oft solche Bezirke und oft durchbohren sie die noch nicht compakte Masse, durchdringen senkrecht den ganzen Gletscher und bilden die vielen sogenannten Wolken. Indem nun das Schmelzwasser des oft mehr als 12 Fuss mächtigen Winterschnees und alle atmosphärischen Niederschläge durch das Gewebe der noch schneeartigen körnigen Masse sich vertheilt, nehmen die Körner an Grösse zu, die Masse wird compakter bis endlich alles dem Gletschereise sich nähert und dann kein ferneres Eindringen des Flüssigen möglich wird. Man sollte glauben, die Schneemasse der Schründe sollte vom häufigen Schnee und Regenwasser aufgelöst werden und

dann ein gewöhnliches Eis entstehen; allein da die Temperatur immer um den Gefrierpunkt und gewöhnlich etwas tiefer steht, findet auch beim stärksten Wasserzuflusse kein Auflösen statt; übrigens findet man nicht selten einzelne Massen gewöhnlichen Eises in die Gletscher eingeschlossen, was offenbar von tiefern, nicht mit Schnee ausgefüllten Stellen der Schründe herrührt, welche sodann mit blossem Wasser sich gefüllt haben.

Schon gegen das Ende des ersten Sommers hält es sehr schwer die Ausfüllungsmasse der letztjährigen Schründe zu erkennen, wenn wir sie nicht vorher aufs Genaueste bezeichnet haben; den zweiten Sommer aber, oder nur selten erst den dritten, finden wir sie gänzlich in Gletscher-eis umgewandelt, und dann ist höchstens noch nur die Farbe der Masse etwas weisser. — Die neuern Forscher sprechen häufig von blauen und weissen Bändern der Gletscher. Die ersteren sind offenbar die ältere Gletschermasse zwischen den Schründen und die letzteren spätere Ausfüllungsmasse der Schründe. Dass jene Bänder oft mehr oder weniger sich vorwärts neigen und oft sogar eine bestimmte Längerichtung annehmen, lässt sich wohl begreifen, wenn wir nur bedenken, dass an jenen Stellen früher alle 10 bis 15 Fuss ein Schrund war, dass diese oben etwa 8 Fuss breit waren und nach unten scharf sich auskeilten, dass die Ausfüllungsmasse eine ausserordentliche Menge von atmosphärischen Niederschlägen und Schmelzwasser aufnahm und so in ihrer allmählichen Entwicklung bis zum Gletschereise oben sich mächtiger ausdehnen und vorwärtsschieben musste als unten. Ebenso hat oft der Gletscher einerseits mehr Schründe als anderseits, und dann rücken jene Stellen, was die genauesten Beobachtungen zeigen, auch jenseits mehr vor und die

Bänder drehen sich nach der Längenachse des Gletschers und legen zugleich meist sich nieder. Als Beweis, dass jene blauen Bänder Wände zwischen den Gletscherschründen und die weissen spätere Ausfüllungsmasse waren, dienen auch die dunkeln Streifen, welche die blauen Bänder, nicht aber die weissen, senkrecht durchschneiden und in der Firnregion alte Oberflächen der Firne waren, deren in der Firnhöhe jedes Jahr eine alte mit neuer Masse bedeckt wird, indem dort der Winterschnee nie ganz weggeschmilzt, sondern in Firn sich wandelt, ohne welche jährliche Erneuerung die Gletscher bald zu Tage geschoben und gänzlich aufgelöst sein würden.

19. Die auf angeführte Weise entstandenen Schründe sind sämmtlich oben weiter und keilen sich, wie schon angeführt, nach unten aus, ohne den Gletscher gänzlich zu durchdringen; es gibt aber auch Schründe, welche den ganzen Gletscher durchdringen, meist unten weiter sind und nach oben enger werden; sie finden sich aber nur in den Firnregionen oder höchstens in den obern Gletscherbezirken. Diese Thatsache veranlasste mich früher zu irrigen Folgerungen. Indem ich die Sache nicht zu erklären wusste, nahm ich ein Spaltenwerfen von der Unterfläche nach der obern an und unterschied so zwischen Tag- und Nachtspalten.

In der Firnregion lockert sich, wie angeführt, an warmem Tage die Oberfläche des Firns so in die einzelnen Körner auf, dass diese wie Erbsen auseinander fallen, ohne dass je ein Zerreissen, ein Spalten der Firnfläche möglich werden könnte. Die angeführte Art des Spaltenwerfens findet daher in den Firnregionen durchaus nie statt, und doch finden sich hier gerade die schauerlichsten Schründe, welche aber fast immer mit Firne bedeckt, so

dem Auge entzogen, aber dem Wanderer desto gefährlicher sind. Es frägt sich nun, welches der Ursprung der Firnschründe sei: — Wenn wir über die weiten Firnfelder emporgestiegen und dann im Begriffe sind, die höchsten Kuppen und Hornspitzen zu erklimmen, so kommen wir an den allgemein so genannten Bergschrund, der oft gegen 20 Fuss breit ist, die ganze Firn- und Gletschermasse bis auf den Grund trennt und allenhalben sich findet, wobei 10 bis 11,000 Fuss Meereshöhe noch sehr jähre Firnkuppen über die tiefere Masse sich aufstürmen. Dieser Schrund ist den Gemsjägern und den Alpensorschern allenhalben so bekannt, dass wenn sie eine auch unbekannte Höhe ersteigen wollen, vorher ihr tagelanges Studium dahin geht, Mittel und Wege zu finden, jenen Schrund entweder umgehen oder irgendwie übersetzen zu können. Nur dieses Schrundes wegen nimmt man Leitern und Stangen mit, um sie über den Schrund zu legen und so hinüber zu kommen. Diese Uebersteigungen gehören gewöhnlich zu den abenteuerlichsten und schauerlichsten Unternehmungen. Der Bergschrund bildet so einen offenen Kranz, welcher in einer Meereshöhe von 10 bis 11,000 Fuss die Horn- und Kuppenregion umschliesst. Seine Entstehung ist sehr leicht zu beobachten: — Auf den Firnkuppen über 10,000 Fuss Höhe ist die Firnmasse bekanntlich sehr mächtig, ja oft mächtiger als das tiefer liegende Gletschereis. Wenn nun im Frühlinge der mächtige Winterschnee schmilzt, so tränkt sich tief hinab die körnige Masse, das aufgenommene Flüssige erstarrt, die einzelnen Körner werden grösser, die Masse wird compakter. Durch diese Wandlung des eingesogenen Flüssigen zu Eis dehnt die Ganzmasse sich aus und schiebt sich über die Höhen abwärts. In einzelnen Fällen mag durch die obere ge-

waltsame Ausdehnung des Firnes selbst die tiefer liegende Gletschermasse reissen, bevor der Firn selbst zum Bruche kommt. Gelangt nun die sich vorschreibende Masse auf irgend einen Felsenriff, welche oft aus der schauerlichen Tiefe des Bergschrundes herausblicken, oder auf einen plötzlich jähren Abhang, so trennt sich die Ganzmasse durch ihr ungeheures Gewicht, senkt sich tiefer und bildet so den allbekannten, im Sommer immer offenen Bergschrund, in den oft noch im Laufe des Sommers einzelne Massen nachsinken. Daher wird stellenweise der Schrund mehrfach, daher ist er oft durch später nachgestürzte Massen in schauerlichem Gewirre oft theilweise wieder zugefüllt. — Die Erscheinung ereignet sich im Frühlinge oder ersten Sommer, weil dann das Schmelzwasser und die Tränkung des Firns am stärksten und zugleich die nächtlich wechselnde Kälte sehr bedeutend ist. Wenn die Firnmasse über mächtige senkrechte Felsen sich vorschreibt, so dass die obere mit der unteren Masse keinen fortlaufenden Zusammenhang hat, so bricht der sich vorschreibende Firn fortwährend in kleineren Massen ab und trümmert in die Tiefe. Solche Trümmerungen sieht der Tourist z. B. auf der Wengern-Alp von der Jungfrauakuppe herab im Sommer täglich und glaubt dann Lauinen zu sehen und toben zu hören, obwohl beide Erscheinungen himmelweit verschieden sind. — Dass der Bergschrund im Sommer immer offen ist, versteht sich von selbst. Ist er sehr breit, so füllt er sich den nächsten Winter mit Schnee und wenn er nur schmal ist, bedeckt er sich mit solchem, ohne ihn gänzlich anzufüllen. Den nächsten Frühling entsteht nun an gleicher Stelle in Folge des Verschiebens wieder der Bergschrund aufs Neue, während die älteren theilweise ausgefüllt oder mit Firn überwölbt allmälig abwärts rücken.

Solche alte Bergschründe kann man am Rande eines Firns abwärts in Abständen von 20 bis 50 Fuss aufs bestimteste verfolgen, oder auch durch Aufgrabungen der Firnfläche in gewissen Abständen. Ueber die alten, überwölbten Bergschründe häuft sich anfangs von Jahr zu Jahr der Firn so an, dass die Schründe oft mehr als 25 Fuss hoch damit bedeckt sind. Die ganze Masse nun rückt fortwährend abwärts der Firnlinie zu, die Firndecke schmilzt weiter unten aber von Jahr zu Jahr wieder allmählig weg, bis sie oft unter dem Wanderer einbricht, endlich aber grösstentheils schwindet und die alten Bergschründe wieder zu Tage kommen. Das ist der Fall bei der Firnlinie. Weiter abwärts verhalten sich sodann die alten Bergschründe ganz wie die Gletscherschründe, da ihre Decke jährlich wegschmilzt, so füllen sie sich allmählig mit neuer Schneemasse, biegen sich um wie die Gletscherschründe u. s. w.

Ob dem Bergschrunde nun finden sich durchaus keine Schründe und nie sind in jenen Höhen solche beobachtet worden, wenn nicht die Masse wie beim Bergschrund über Felsen und Abhänge bricht; ja der erste Alpsteiger und erfahrenste Firnkennner Jakob Leuthold hat auf meine Aufforderungen auf seinen Gemsjägerzügen viele Jahre hindurch die Sache extra untersucht und bestätigt gefunden, was von jeher allgemein behauptet wurde. —

20. Wer sich häufig auf den Firnen und Gletschern aufhält und diese andauernd und aufs Genaueste beobachtet, findet sehr oft, ja gewiss bei jedem Aufenthalte, dass die Gletscher noch mehr aber die Firnfläche stellenweise sich oft in wenigen Tagen bedeutend zu hüglichen Formen aufblähe. Immer haben solche Stellen eine sonnige, dem Lustzuge zugängliche Lage, nie eine schattige, nie

ereignet sich dieses Aufblähen an Stellen, welche ihrer tiefen Lage wegen, fortwährend mit Wasser getränkt sind, wenigstens im Sommer nicht. Oft finden wir heute im Firne eine etwas erhobene Fläche und acht Tage später ist aus ihr ein sanfter Hügel geworden. Diese Erscheinungen habe ich früher im Firne öfters nicht nur untersucht, sondern die allmähliche Hebung der Fläche von Tag zu Tag beobachtet. Ich konnte nie einen andern Grund dieser Erscheinung finden als die erwähnte tägliche Auflockerung der Firnfläche und dann die wechselweise folgende Tränkung durch atmosphärische Niederschläge. Um nun aber auch über den Gletscher selbst genauere Beobachtungen anzustellen, stieg ich bei meinem letzten Aufenthalte auf dem untern Grindelwaldgletscher empor zu den bekannten Gletscherthürmen zwischen dem Eiger und Mettenberge. Viele hundert Reisende gehen jährlich an den Fuss des Mettenberges, um das wirklich merkwürdige Gewirre jener unzähligen Thurmgestalten vom Mettenberge her in der Tiefe anzustauen. Ich wählte nun einen dieser am leichtesten zugänglichen Thürme zu Beobachtungen aus. Er mag etwa 30 bis 34 Fuss Höhe, was hier unwesentlich ist, und im Mittel einen Durchmesser von sechs Fuss gehabt haben. Seine Spitze krönte ein kleiner Felsblock. Vom Bergabhange des Mettenberges bis zu dem des Eigers bestimmte ich seine Höhenlinie aufs genauste; ebenso konnte ich in einer Höhe von  $9 \frac{1}{2}$  Fuss eine eingehauene und mit einem schwarzen Tuche bezeichnete Stelle jener Piramide vom einem Berge bis zum anderen auss genauste bestimmen. Die Tage waren warm, die Nächte neblicht; zweimal Morgenregen. Wir fanden alle die Auflockerung dieses Gletscherthurmes so auffallend, dass wir uns wunderten, dass sein Einsturz nicht erfolgte.

Schon gegen Mittag fanden wir unter lauem Lustzuge das Spaltennetz um die ganze Thurmgestalt auffallend deutlich und gegen Abend schien es uns möglich durch Wegnahme der einzelnen Körner den ganzen Thurm abtragen zu können, so war die ganze Aussenfläche aufgelockert. Den nächsten Morgen schickte ich nur Bauman hin, welcher die ganze Masse sehr compakt und ohne geringste Spur jenes Spaltennetzes fand. Nach fünf Tagen fanden wir die Spitze des Thurmes mit dem Felsblock über zwei Fuss höher, der untere in  $9 \frac{1}{2}$  Fuss Höhe von einem Berg zum andern eben so genau bezeichnete Punkt hatte sich nicht merklich verändert, die Masse vom unteren bezeichneten Punkte bis zur Spitze hatte sich also um zwei Fuss ausgedehnt, was ich nur der täglichen Auflockerung, der folgenden Tränkung mit atmosphärischen Niederschlägen und dem jedesmaligen wechselnden starken Gefrieren zuschreiben konnte.

21. Sehr viel, ja vielleicht am meisten ist von jeher über das Ausstossen fremder Körper durch die Gletscher gezankt und gefaselt worden, ohne dass man oft beidseitig die Sache gehörig erfasst hätte. Ueber die Sache überhaupt hatte man von jeher im Allgemeinen die unrichtigsten Begriffe. Ich will daher den wesentlichen Sachverhalt darüber um so mehr hier ansführen, da er den ganzen Gang der Gletscherbildung so genau zu bezeichnen im Stande ist.

Man behauptet, die Gletscher stossen alle fremden Körper, z. B. Felsmassen u. s. w., welche in ihre Massen gekommen wären, wieder aus. Die Sache ist richtig und unrichtig, wie man will; zur Verständigung aber dieses:

Wo der Gletscher immer in seine Schründe spaltet, wo er über Felsen abbricht oder an seinem unteren Aus-

gange im Thale abschmilzt, finden wir nie fremde Körper in ihm eingeschlossen; höchstens finden wir im alten ganz blauen Gletschereise trübe färbende Streifen, welche ehemalige Firnflächen bezeichnen, die damals mit neuem Firn bedeckt und so beim Uebergange des Firns in Gletscher-eis in dieses aufgenommen wurden. Höchst selten sieht man aber kleine Steinstückchen in das Gletschereis eingeschlossen und das ist nur dann der Fall, wenn die Gletscher über Felsen trümmern und dann in der Tiefe wieder zu compakter Gletschermasse sich vereinen, wie bei den unteren Gletschern von Grindelwald. Der Firn dagegen, bevor er in seinen unteren Schichten oder Jahrgängen in Gletschereis übergeht, hat oft eine ungeheure Menge Gesteinsmassen und nicht selten bei 40,000 Kubikfuss grosse eingeschlossen. Wenn irgend ein Felsblock in einen Gletscherschrund fällt und weil diese nach unten sich auskeilen, darin stecken bleibt, so erscheint er das zweite oder doch dritte Jahr wieder auf der Oberfläche, ohne dass ein so tiefes Abschmelzen der Gletscherfläche auch nur gedacht werden könnte. Auch Gemsen, Pferde und andere Thiere, welche in die Schründe fielen, sind nach dieser oder höchst selten nach längerer Zeit wieder auf die Oberfläche ausgestossen worden. Das alles sind Thatsachen, welche kein Mensch mehr bestreitet, noch bestreiten kann.

Wenn wir die Randdecken irgend eines Gletschers, oder das Steinetrümm untersuchen, welches seine Seitenränder deckt, so finden wir, dass ein Theil des Ge-trümms von den umstehenden Gebirgen, ein anderer aber weiter oben auf den Gletscherrand gekommen sei, dann im Laufe oft einiger Jahre sich abwärts bewegt und jährlich mit neuem Steinetrümm von tiefer abwärts liegenden

Bergen sich gemischt habe. Die Trümmerung folgt vorzüglich im Frühjahr, wenn die ungeheuren Schneelasten der Gebirge aufthauen, sich lostrennen und oft ungeheure Steinmassen mit in die Tiefe reissen. Wer in dieser jährlichen wirklichen Schauerperiode die Gletscher besucht, darf sich nie ohne Gefahr den Rändern nähern. Die Gesteinsmassen werden so auf dem Gletscher in Schnee gehüllt und bleiben im ersten Sommer beim Schmelzen desselben auf der Gletscherfläche liegen. Ich liess aber öfters im Sommer von den umstarrenden Gebirgen hoch herunter bedeutende Steinmassen losbrechen, und immer fanden wir alle es ganz erstaunungswürdig, wie geringe Eindrücke der gewaltige Fall auf der Gletscherfläche verursachte. — Gewöhnlich aber haben grössere Gletscher auch über ihre Mitte herab eine Linie mit Steingetrümm; diese Linie heisst Gufferlinie, ist oft mehrere hundert Fuss breit und gleicht oft einer kleinen Gebirgskette. Es ist nun durchaus unmöglich, dass von den Seitengebirgen herab das Geträmm auf die Gletschermitte gelangen konnte, auch sind die Gesteinsmassen meist fremdartig, wenn wir dagegen über die Gufferlinie emporsteigen, so trennt sich der Gletscher endlich in zwei Arme, die Gufferlinie geht ebenfalls auseinander und aus ihr werden Randdecken zweier nun gesonderter Gletscher, die nach verschiedener Richtung auseinander und zu den höchsten Firnregionen hinansteigen. So lässt sich nun der Ursprung des sehr verschiedenen Steingetrümm's leicht aufsuchen. Am meisten trümmern die aufgezackten höchsten Gebirgshörner der Firnregion. Die Gesteinsmasse durchsinkt den Schnee und oft auch die noch weniger feste Firnfläche, wird jährlich mit neuem Schnee bedeckt und so dem Auge gänzlich entzogen. Man sollte nun glauben,

der Schnee sollte sich auch über dem Steinetrümm zu Firn- und Gletschereis umwandeln und so sollte jenes Geträumm auch im Gletschereise sich eingeschlossen finden, was durchaus nicht der Fall ist. Der Schnee wandelt sich nämlich nur dadurch zu lockeren Firneis und dieses allmählig nach unten zu kompaktem Gletschereis, dass die Masse sich mit Schmelzwasser und atmosphärischen Niederschlägen tränkt. Wie wir früher sahen, schreitet die Umwandlung von unten, von den älteren, noch nicht zu Gletschereis gebildeten Schichten, oder vom Gletschereis an nach oben fort, das Wasser nämlich sickert bis in jene Tiefe ein, also unter das Steinetrümm, die Umwandlung beginnt und mit ihr wird das Steinetrümm von Jahr zu Jahr emporgehoben, auch jene ungeheuren Felsmassen, sonst müssten sie später im Gletschereise erscheinen. Die Steinmasse wird nun allerdings jährlich mit neuem Schnee bedeckt, der in Firn sich wandelt, allein auch der untere Firn wandelt sich zu Gletschereis und so heben die noch immer verborgenen Steinmassen sich immer mehr; im Laufe der Jahre nähern sie sich aber der Firmlinie, der Schnee schmilzt jedes Jahr weg und dadurch und durch erwähnte Hebung tauchen die Felsmassen allmählig an die Oberfläche auf, um von nun an frei über die Gletscherfläche erhoben mit dem Gletscher sich thalabwärts zu bewegen und so in das tiefere Thal hinunter getragen zu werden. Auf gleiche Weise hebt sich auch das Steinetrümm aus den Gletscherschründen empor auf die Oberfläche. Es ist oben angeführt, dass die Gletscherschründe im Winter sich mit Schnee füllen, der allmählig sich tränkt und so zu Gletschereis wandelt. Die Umwandlung geht nun auch hier von unten aus, oder von der grössten Tiefe, in welche das atmosphärische und das Schmelzwasser ein-

zudringen vermag und schreitet so nach oben fort, wodurch sodann jene vielen oft viel über 100 Fuss tief in die Schründe gefallenen Steinsmassen wieder auf die Oberfläche gehoben werden, was eine tausendfältig beobachtete Thatsache ist. Oesters lies ich Löcher in die Gletscherfläche einhauen, Felsblöcke hineinwälzen und sie wieder mit den ausgehauenen Gletschersplittern decken, zugleich wurde immer die Höhe der Gletscherfläche aufs genauste bezeichnet, um das allfällige Abschmelzen derselben in Rechnung bringen zu können. Jedesmal war nun der Block oft in wenigen Tagen, oft aber in einigen Wochen dadurch aus der Oeffnung wieder auf die Oberfläche geschoben, dass das Gletschergeträmm durch häufige Tränkung wieder von unten an zu kompaktem Gletschereis sich wandelte. Diese Umwandlung auch des Gletschergeträmmms wieder zu kompaktem Gletscher ist aber dort am auffallendsten, wo die Gletschermasse über Felsen bricht und in der Tiefe zertrümmert. Nach kurzer Zeit haben wir dort aus dem Gletschergeträmm wieder die kompakteste Gletschermasse, bei welcher die heruntergestürzten und mit der Trümmermasse gemischten Felsblöcke auftauchen und sodann wie unreiner Schaum die Oberfläche bedecken, was jeder am Grindelwaldgletscher dort beobachten kann, wo er über die oberen Felsen trümmert und dann wieder als kompakter Gletscher abwärts zu Thal steigt.

Wenn man nun behauptet, dass der Gletscher alle fremden Körper ausstosse, hat es nur den Sinn, dass nichts fremdes oder höchstens nur färbende Theile in die Gletscherbildung aufgenommen, sondern bei der fortschreitenden Entwicklung nach Aussen geschoben wird, dass daher keine fremde Masse in den Gletscher gelange.

Wenn sich aber dieses ereignen könnte, oder wenn das Gletschereis wirklich fremde Massen eingeschlossen enthielte, so würde diese fremde Masse nie ausgestossen werden können, weil im Innern des Gletschereises sich kaum mehr irgend eine innere Thätigkeit aussprechen wird. Selbst das Vorgeschobenwerden der compakten Gletschermasse ist nur eine mechanische Erscheinung, welche durch die Ausfüllung der Schründe und die Umwandlung der Ausfüllungsmasse veranlasst wird.

22. Es wären nun noch eine Menge Thatsachen anzuführen, z. B. über die Farbe des Gletscher- und Firneises, über deren Luftblasen, über die weissen und blauen Bänder, die Ausdunstung, über Gletschertische, Gletscherkegel u. s. w., allein ich glaube in obigem Umrisse das Wesentlichste, insofern es zur Verständigung der Sache und zur Auffassung des Ganzen nöthig ist, angeführt zu haben und mehr wollte ich in dieser gedrängten Vorlesung nicht. Daher möchte ich nur noch übersichtlich einige Resultate ausheben.

### *III. Folgerungen.*

Wenn wir nun die angeführten Thatsachen ganz ohne alle hypothetische Beimischung selbst reden lassen, so möchte vielleicht folgender Sinn sich ergeben:

Die Firn- und Gletscherbewegung thalabwärts, die Ausdehnung nach den Seiten und das Aufstreiben nach der Höhe steht immer in wesentlicher Beziehung zur Bildung des Firn- und Gletschereises. Alle jene Bewegungen erfolgen immer so allmählig und langsam, dass sie nicht unmittelbar wahrgenommen werden können. Noch nie ist eine raschere stossartige Bewegung beobachtet worden. Selbst wenn ein Gletscher jäh und wild zerrissen über

Felsen herabsteigt, erfolgt alle Bewegung nur sehr allmählig, wenn nämlich die obere Masse mit der untern noch im Zusammenhange steht und nicht über mehr senkrechte Felsen trümmert. Die Massen hängen oft so schauerlich und wild zerrissen über Felsen und hüglichte Abhänge herab, dass man staunt, wie das Herabsteigen nur langsam und unmerklich erfolgen kann. Selbst der oben angeführte Bergschrund entsteht gewöhnlich nur in diesem langsamen Gange, was ich wiederholt beobachtete. Im Jahr 1831 beobachtete ich am ewig Schneehorn zwischen dem Gauli- und Lauteraarsfirn diese allmähliche Entstehung 8 Tage lang. Dass alle Gletscherbewegung durch die Erdwärme und das dadurch bedingte untere Abschmelzen und Unterhöhlen befördert werde, versteht sich von selbst. Die Ausdehnung und Bewegung erfolgt so allmählig und unmerklich, dass die Vorbewegung thal-abwärts auch bei grösseren Gletschern auf das ganze Jahr berechnet täglich kaum auf einen Fuss gerechnet werden kann. Wir haben freilich die bestimmtesten Beobachtungen, welche täglich gegen zwei Fuss angeben, allein die Raschheit der Entwicklung ist nicht immer gleichförmig, sondern hängt von der Schmelzung des Schnees und Firns, von atmosphärischen Niederschlägen und vom Wechsel der Temperatur ab; wir müssen aber wohl unterscheiden:

1. zwischen der Bildung und Bewegung des Hochfirns,
2. zwischen der Bildung und Bewegung der weiten Firnfelder und
3. zwischen der Bildung und Bewegung der Gletscher.

#### **1. Bildung und Bewegung des Hochfirnes.**

Wie im flachen Lande der frischgefallne Schnee unter dem Einflusse trockner und feuchter wärmerer und

kälterer Tage sich körnt, so körnt er sich auch auf den höchsten Alphöhen, nur in viel höherem Grade, weil dort die Trockenheit am Tage ausserordentlich ist, und eben so wieder wechselweise die Feuchtigkeit, vorzüglich Nachts, in Folge der die Alphöhen umhüllenden Wolken, weil ferner der Wechsel der Temperatur weit greller und bestimmter auftritt, indem im Sommer die Sonne sehr energisch einwirkt und ebenso wieder die nächtliche Kälte. In den höchsten Alphöhen schmilzt nun der im Winter gefallne Schnee nie ganz weg, ja wie im Sommer im Thale Regen, so folgt auf den Firnhöhen gewöhnlich Schnee. Dieser Sommerschnee schmilzt nun unter dem Einflusse der Sonne und warmen Winde fast jedesmal schnell weg, wodurch auch der mächtige Winterschnee angegriffen und theilweise zum Schmelzen gebracht wird. Bei allen diesen Schmelzungen wird das Schmelzwasser begierig von der Körnermasse der Firne aufgesogen; das ist auch beim heftigsten Regen der Fall; Nie vermag sich über die Firnfläche Wasser zu sammeln, denn dieses dringt rasch und tief in die gekörnte Masse ein, so dass gefärbte Flüssigkeit über die Firnfläche ausgegossen, die Masse oft über 20 Fuss und immer so tief färbt, bis die Körner in der Tiefe zu Gletschereis sich zusammenkeilen. Die Folge der wechselweisen Tränkung, der täglichen Wärme und der nächtlichen Kälte ist, dass die einzelnen Körner an Grösse zunehmen, sich allmählig enger zusammenschliessen und in den tieferen und älteren Schichten in Gletschereis überzugehen anfangen. — Wenn die Körner an der Fläche Linsengrösse besitzen, werden sie tiefer bald erbsen- und noch tiefer oft fast nussgross, wo sie aber sodann schon mehr oder weniger in Gletschereis übergegangen sind. Die fernere Folge dieser Ent-

wicklung ist, dass die Ganzmasse des Hochfirnes allmählig und langsam sich ausdehnt und nach dem geringeren Widerstände sich vorwärts schiebt. So sieht der Tourist z. B. auf der Wengernalp die fortwährend von oben nachgeschobene Masse über die Felsen abbrechen und als fälschlich sogenannte Lauinen in die Tiefe trümmern — und zwar Tag und Nacht fortwährend. Eine auf der Spitze des Titlis in den Firn eingetriebene Stange rückte in einigen Jahren so weit auf den Abhang vor, dass ihr kaum mehr beizukommen war. (S. Hugis Alpenreisen X.) Dass bei diesem Vorschieben die obere oder die eigentliche Firnmasse mehr als die tiefere, schon in Gletschereis übergegangene sich ausdehnen und dadurch oft die tiefere, weniger mächtige schon gletscherartige Masse sich trennen und so der oben erwähnte Bergschrund wenigst theilweise, entstehen müsse, lässt sich leicht begreifen. — Unsere Alphöhen von 9 bis 13,000 Fuss Meereshöhe bestehen nun theils aus wild aufgezackten Gebirgshörnern, theils aber aus sanfter zugewölbten Kuppen. Die letzteren sind gänzlich mit weissen Firnen umhüllt, was bei ersten nur stellenweise der Fall ist. Gewöhnlich steigen von den Hornspitzen mächtige Firnstreifen zwischen aufgezackten Felsenrissen abwärts, erweitern sich nach unten und gehen allmählig bei etwa 9 bis 10,000 Fuss Meereshöhe in die weiten Firnthäler über; in diese verlieren sich auch die herabsteigenden Firnkuppen allmählig; den Uebergang jedoch bezeichnet gewöhnlich der Bergschrund. Durch angeführte Entwicklungsweise drängt sich nun von allen Seiten her die Masse abwärts den weiten Firnthäldern zu und wirkt dadurch von allen Seiten her mit ungeheurem Drucke auf die mehr horizontalen Thalsfirne tieferer Eisfelder ein.

Wenn die Hochfirne, wie angeführt, von allen Seiten herabsteigen und sich in den Firnthalern zu einer gemeinsamen Masse vereinen, so sollte man bei der Starrheit der Massen glauben, eine solche Vereinigung sei durchaus unmöglich; allein zuerst spricht der Augenschein; dann zeigt die Wissenschaft, dass Wasser, wenn es in Eis sich wandelt, nach jener Richtung sich ausdehne, wo der geringere Widerstand sich findet. Auch nur bei einer starken Glasflasche z. B. drängt sich das Eis durch den Hals empor und häuft sich über selbem noch theilweise in der freien Luft an ohne die Flasche zu sprengen. Nur wenn das Wasser ganz von allen Seiten eingeschlossen ist und dann in Eis sich wandelt, ist es im Stande Bomben und Felsen zu sprengen. Nach der oben angeführten Bildungsweise des Firn- und Gletschereises, welche Bildungsweise nothwendig als Thatsache aus der Untersuchung hervorgehen muss, sickert das Schmelz- oder atmosphärische Wasser zwischen die Schnee- und Firnkörner ein, findet dort eine Temperatur, welche in der Tiefe der Masse immer etwas unter dem Gefrierpunkte steht, an der äusseren Fläche aber wird die Kälte Nachts, oft bis einige Fuss tief, weit stärker, wie auch am Tage die Wärme ziemlich tief eindringt und die Körner auseinander lockert. Das in die gekörnte Masse eingesickerte Wasser wird nun, wenn es in Eis sich wandelt, wohl auch den Gesetzen aller Eisbildung unterworfen sein. Wenn nun bei jedem einzelnen Korne in der ungeheuren Ganzmasse die Gesetze der Eisbildung sich aussprechen, so lässt sich begreifen, dass der herabsteigende Firn nach den einschliessenden Felsen und Thalgehängen und dem Drucke der herabsteigenden Seitensirne sich fügen und bald nach dieser, bald jener Richtung proteusartig bald

sich ausdehnen, bald zusammendrängen und so in den gemeinsamen Thalfirn und Gletscher übergehen müsse. Wahrscheinlich nur in Folge dieser Eisbildungs- und Bewegungsgesetze nach dem freien Herabsteigen einerseits und der Einengung anderseits lässt sich erklären, warum, wie oben angeführt, oft die grössere Menge der Gletscherkörner nach der Länge sich ausdehnen, oft 2 bis 3 Zoll Länge und nicht selten Seitenauswüchse oder auch krumme Formen besitzen. Ohne noch die ganze Gletschergeschichte wie jetzt überblicken zu können, verglich ich vor zwanzig Jahren (Siehe Hugis Alpenreisen) die immer nur an einem Ende länglicher Gletscherkörner sich findenden Auswüchse mit Gelenkköpfen der Knochen. Immerhin zeigt die nähere Untersuchung, dass diese Auswüchse neueren Ursprungs sind, als die centrale Kernmasse der Körner.

Dass der Firn auch nicht durch Wärme aufgelockert, Flüssigkeiten durchlasse, ist schon angeführt.

Wenn nun irgend ein Firn zwischen wilden Felsenklippen herabsteigt, nach ihnen mannigfach sich umbiegt, bald rascher vorwärts, dann wieder fächerförmig nach den Seiten sich ausdehnt und so im Herabsteigen immer die mannfachen Formen der Thäler annimmt, welche er ausfüllt, so erfolgt dieser Formenwechsel nicht dadurch, dass die Körnermasse sich mechanisch verschiebt, auch nicht dadurch, dass der Firn eine harzartige, halbflüssige Zähigkeit besässe, sondern nur dadurch, dass die ursprünglich körnige Masse des Firns mit Schmelzwasser oder atmosphärischen Niederschlägen sich tränkt, dass durch das aufgenommene und zu Eis übergehende Wasser alle einzelnen Körner an Grösse zunehmen, dass aber dieses Zunehmen nach den Gesetzen aller Eisbildung vorzugsweise

in der Richtung des geringeren Druckes meist thalabwärts erfolge oder nach der Richtung, in welcher der einengende Widerstand aufzuhören anfängt. Man kann die Bildung und Bewegung des Firns sofort wohl mit einem Wachsen vergleichen, welches in allen einzelnen Theilen der Gesamtmasse erfolgt, aber in der Richtung theilweise den mechanischen Druckgesetzen unterworfen ist.

Nur nach dieser, aus Thatsachen resultirten, Betrachtungsweise ist es begreiflich, wie der Firn nur so langsam über hängende Kuppen herabsteigen kann, wo man jeden Augenblick den Sturz der Masse erwarten sollte, und dass er auch in der Tiefe und Ebene, wenn auch durch mechanischen Druck modifizirt, gleichförmig sich ausdehne und mit ungeheurer Gewalt kaum glaubliche Massen vorwärts schieben könne; denn die Kraft wirkt in jedem einzelnen Korne, indem es durch eingesickertes Wasser sich vergrössert. Die ungeheure Gesamtkraft, welche oft Felsen aufwühlt und meilenweite Massen vorschiebt, darf uns so nicht wundern; nur darüber könnte vielleicht mancher sich wundern, dass der Firn, wenn seiner Vorbewegung sich Hindernisse entgegensemmt, nicht senkrecht nach der Höhe sich ausdehne. Jede Nacht, auch im Sommer, tritt über der Fläche des Hochfirns eine Kälte von oft zehn bis zwanzig Graden ein, da in der Tiefe der Firnmasse die Kälte nur wenig unter den Gefrierpunkt sinkt. Die getränkten Firnfläche wird daher schnell zu einer sehr festen Eismasse erstarren, welche kaum ein bedeutendes Aufstreiben von Innen aus nach der Höhe gestatten wird; und wenn, wie oben angeführt, ein solches Aufstreiben nach der Höhe stattfindet, ist es nur der Fall, wenn warme Winde das nächtliche starke Gefrieren über die Firnfläche hindern, wo sodann die kör-

nige Gesammtmasse nach dem geringeren Widerstände oder nach der Höhe sich entwickeln wird, was oft der Fall ist.

Man könnte ferner einwenden: wenn, wie angeführt, die Firnkörner nur sehr allmählig sich vergrössern, und wenn von Jahr zu Jahr die unteren Firnschichten sich zu Gletschereis umwandeln, in welches sofort keine Flüssigkeit mehr einzudringen vermag, so muss das Gletschereis von unten aus so an Mächtigkeit zunehmen, dass die angeführte Firnbewegung nicht stattfinden kann. Allerdings, allein da die Oberfläche des Firns jedes Jahr, wie erwiesen, mit einer sehr mächtigen Schneeschichte bedeckt wird, welche den Sommer hindurch nur theilweise zu schmelzen vermag, so müsste die Gesammtmasse im Laufe der Zeit bis ins Unendliche zunehmen, was nicht der Fall ist. Allenthalben am Rande der Firne finden wir nun Auskunft, denn dort gewahrt jeder Forscher aufs bestimmtteste, dass die Gesammtmasse keineswegs mit dem Erdboden fest zusammenhänge, sondern durch die Erdwärme fortwährend unten abgeschmolzen und oft sonderbar unterhöhlt wird. Nach den genauesten Untersuchungen kann dieses untere Abschmelzen im Laufe eines Sommers zehn und noch mehr Fuss betragen; ja auch im Winter sitzt die Masse nicht mit dem Boden fest vereint, indessen scheint doch kein unteres Abschmelzen stattzufinden, weil die Gletscherbäche grösstentheils aufhören. So viel sofort die Firnmasse jährlich nach Aussen zunimmt, so viel schmilzt sie auch ungefähr jährlich von unten, wo sie in Gletschereis übergegangen, wieder ab und so findet ein fortwährendes Bilden und Entwickeln von Aussen nach Innen und ein fortwährendes unteres Auflösen statt, und die allmäßige Entwicklung und Vorbewegung der Masse darf uns nicht wundern.

## 2. Bildung und Bewegung in den Firn-thälern.

Die zweite Region des ewigen Eises beginnt beim Bergschrunde, welcher gleichsam einen Kranz um die Hörner und Hochkuppen der Alpen zieht, und geht abwärts so weit, bis der jährliche Winterschnee jeden Sommer ganz wegzuschmelzen vermag, oder bis zur Firmlinie. Zwischen der oberen Region, welche man auch Schneeregion nannte, und der Firnregion sind nebst dem jähnen Herabsteigen einerseits und dem Ausfüllen hochgelegener Thäler anderseits nur diese Unterschiede: Ob dem Bergschrund finden sich in der Regel keine Schründe, das Firneis ist eben so mächtig oder bedeutend mächtiger als das tiefere Gletschereis und oft erreicht der Firn beinahe den Grund, bevor er zu Gletschereis sich wandelt. Unter dem Bergschrund finden sich in Abständen von dreissig bis hundert Fuss die alten Bergschründe meist mit Firn bedeckt und rücken so allmählig abwärts der Firmlinie zu. Da in dieser zweiten Region der jährliche Winterschnee im Sommer stärker wegschmilzt als in der Hochregion, und auch häufigere Regen erfolgen, so wandeln sich die unteren Firnschichten schneller zu Gletschereis, die tiefere Gletschermasse wird daher mächtiger als die obere Firnmasse, bis diese letztere in der Höhe, in welcher der jährliche Winterschnee im Sommer immer wegschmilzt, gänzlich verschwindet und das Gletschereis frei zu Tage kommt, was in einer Meereshöhe von 7600 Fuss der Fall ist.

Der Bergschrund entsteht immer am Anfange des Sommers, wenn der Hochfirn rasch sich auszudehnen und vorzuschieben anfängt; er ist daher den ersten Sommer und Herbst immer weit geöffnet und füllt sich, wo er gar

zu breit ist, den nächsten Winter mit Schnee, welcher im Laufe der folgenden Jahre sich in Firn- und Gletschereis umwandelt, so durch diese Entwicklung sich mächtig ausdehnt und die Gesammtmasse abwärts bewegen hilft. Wo dagegen der Bergschrund weniger breit ist, oder wo statt eines grossen mehrere kleinere im gleichen Sommer auf einander folgend entstanden sind, was oft und an gewissen Lokalitäten immer der Fall ist, baut sich der Winterschnee über die Spalten an und deckt sie dann gänzlich zu. Ueber diesen Schnee häufen sich die folgenden Jahre neue Massen, welche mit dem Schnee der gesammten Thalfläche sich zu Firn- und dann nach mehreren Jahren in den unteren Schichten zu Gletschereis umzuwandeln ansangen, auf die Art und Weise, wie es oben beim Uebergang des Schnees zu Firn und dieses zu Gletscher angeführt. Es ist nun klar, dass gerade unter dem neuen Bergschrund die älteren, kleineren nur mit geringen Schnee- oder Firnmassen bedeckt sind, dass aber weiter abwärts jedes Jahr eine neue Schichte über die alten sich legt und dass somit die alten Bergschründe eine immer mächtigere Decke besitzen werden. Diese Decke nimmt so abwärts zu bis gegen 8000 Fuss Meereshöhe, dann aber fängt der jährliche Winterschnee nicht nur an, jeden Sommer wegzuschmelzen, sondern auch der Firn schmilzt fortwährend und verschwindet bei 7600 Fuss Meereshöhe gänzlich. Mit diesem Verschwinden tauchen nun die alten Bergschründe wieder allmählig auf die Oberfläche auf. Jeder Alpenwanderer weiss nun aus Erfahrung, dass die Gletscherschründe immer nach unten sich auskeilen und nicht den ganzen Gletscher durchsenken; wenn er aber die Firmlinie erreicht hat, wandert er sorgfältig über die ebene Fläche hin, denn oft bricht nun die durch Ab-

schmelzen dünner gewordene Firnschichte ein und dann gähnen die alten Bergschründe, nicht nach unten sich auskeilend, sondern den ganzen Gletscher durchsenkend, schauerlich empor. Weiter aufwärts in der Thalregion des Firns geht nun der Wanderer unbekümmert sicheren Trittes vorwärts; denn dort ist keine Gefahr des Einbrechens vorhanden; nähert man sich aber der Region des Bergschrundes, ist wieder die höchste Vorsicht nöthig, ja oft mussten wir uns flach auf den Firn legen und so über die noch dünne Schichte der weiten Schründe uns vorwärts schieben, um nicht mit der schwachen Decke in in die bodenlosen Abgründe zu stürzen. Wer von der Firnlinie an bis hinauf zum Bergschrund dem Rande eines Thalsfirns entlang, wo man leicht die ganze Seitenprofile untersuchen und selbst unter die Gesamtmasse vordringen kann, die alten Bergschründe verfolgt, wird finden, dass die oberen nur mit geringer Masse bedeckten Bergschründe nicht eine grosse Breite haben, dass aber weiter abwärts, wie die bedeckende Firnmasse an Mächtigkeit zunimmt, die alten Schründe viel breiter werden; wie sodann die Schründe der Firnlinie sich nähern und die bedeckende Firnmasse zu verschwinden anfängt, werden die Schründe wieder enger. Das Gleiche beobachten wir auch über die Fläche hin, wenn wir stellenweise den Firn durchgraben und so die verborgenen Schründe aufsuchen. Es geht daraus hervor, dass die Firnfläche, wie sie von Jahr zu Jahr immer mehr sich entwickelt, im Korne gröber wird und endlich in Gletscher übergeht, in ihrer Gesamtmasse sich ausdehne, vorwärts schiebe und die tiefer liegende, durch die Schründe getrennte Gletschermasse mit auseinander und zugleich vorwärts treibe. Wie aber die bedeckende Masse gegen die Firnlinie herab allmälig

wegschmilzt und ihre Mächtigkeit verliert, ist sie nicht mehr fähig, wenn sie auch noch zu Gletschereis sich entwickeln sollte, bedeutende Kraft auszuüben und endlich schliessen im Andrang von oben her die alten Schründe sich enger und wie das Gletschereis zu Tage kommt, verschwinden sie meist gänzlich oder hinterlassen nur noch geringe Spuren ihrer ehemaligen bedeutenden Grösse. — Neuere und die genauesten Untersuchungen auf dem Eismere von Grindelwald zeigten diese bestimmte Thatsache: Unter der Strahlegg gegen das Finsteraarhorn zu, wo der Thalfirn seine höchste Höhe und die alten Schründe ihre stärkste Decke besitzen, wurden in Abständen von 300 Fussen verschiedene Steine ausgepflanzt. Nach 14 Tagen waren sie auf der einen Seite 7 auf der andern  $9\frac{1}{2}$  Fuss auseinander gerückt, oder die Fläche zwischen den aufgestellten Signalen hatte soviel abwärts sich ausgedehnt; um die Firmlinie dagegen, dem Grünwengen gegenüber, waren in gleicher Zeit gleich weit entfernte Signalblöcke einander um 4 bis 5 Fuss näher gerückt. Während dieser Zeit aber rückte die Ganzmasse mit allen Signalen, die oberen gegen 20, die unteren gegen 5 bis 6 Fuss abwärts. Auch diese Thatsache bestätigt die eben ausgesprochene Folgerung in Bezug auf die Entwicklung, Bewegung und Ausdehnung der Thalsirne, welche Bewegung durch die verborgnen alten Bergschründe möglich gemacht wird.

### 3. Gletscherbewegung.

Da der Gletscher (von 7,600 Fuss abwärts bis zu den bewohnten Thälern) im Sommer von keinem Firne bedeckt ist, da das Gletschereis keine Flüssigkeit durchlässt und das Schmelzwasser immer in Bächen sich sammelt und über die Gletscherfläche sich ergiesst, so sollte man glauben, die Gletscher als untere Auswüchse der Firnmeere

sollten nur von diesen letzteren durch die Thäler als Ganzmasse herabgestossen werden, ohne eine andere Bewegung oder Ausdehnung zu besitzen. Die genauesten Beobachtungen aber zeigen, dass nicht nur die Ganzmasse der Gletscher an irgend einem Punkte z. B. am unteren Ende beobachtet, täglich 14 bis 17 Zoll und im Laufe eines Jahres zwei bis dreihundert Fuss und noch mehr thalabwärts bewegt werde, sondern dass die Gletscher bald in der Mitte, bald am Rande, bald diesseits und dann wieder jenseits rascher abwärts sich bewegen und dass bestimmt bezeichnete Signalblöcke im Gange der Bewegung abwärts zugleich mehr oder weniger auseinander rücken und mithin die zwischen liegende Masse sich ausdehne; es müssen daher ganz andere Bewegungsverhältnisse als oben bei der Entwicklung und Bewegung des Firns angeführt wurden stattfinden.

An warmen Tagen lockert sich die Aussenfläche der Gletscher allerdings in ihre Körner auf, allein kaum einige Fuss tief; die Masse tränkt sich sodann wechselweise mit atmosphärischen Niederschlägen und die Körner werden grösser, die Masse mithin dehnt sich aus, allein die Entwicklung und Aufreibung erfolgt nur nach oben, wo der Widerstand gegen die Eisbildung sehr gering ist. Diese flächliche Gestaltung ist nicht im Stande einen Einfluss auf die Ausdehnung und Bewegung der Gesamtmasse auszuüben; allein wie unter dem Einflusse der heissen Sonne die Auflockerung in die einzelnen Körner eine allgemeine Erscheinung ist, so sehen wir in einzelnen Fällen statt jener Auflockerung das erwähnte Spaltenwerfen. Ich war früher der Ansicht von Muschenbröck, der aus Beobachtungen fand, dass das Eis durch Wärme sich contrahire und durch Kälte sich expandire, dass sofort

an heissen Tagen das Spaltenwerfen durch diese Contraktion erfolge. Ist nun Muschenbröcks Grundsatz auch in Bezug auf das gekörnte Gletschereis unrichtig, was noch wissenschaftlich zu ermitteln wäre, so ist doch so viel richtig, dass das Gletschereis beim Uebergang in seine ursprüngliche Form an Volumen abnehme, mithin sich contrahire. Da nun nach neueren Ansichten von Struve und Brunner, das gewöhnliche Eis wie andere Körper durch Wärme sich expandiren und durch Kälte sich contrahiren soll, so könnte die Frage entstehen, ob nicht nachts während der gewöhnlichen sehr starken Kälte, durch Contraktion die erste Spur der Spalten entstände und ob sodann die zarten kaum sichtbaren Risse nicht am heissen Tage das Schmelzen und Erweitern der Risse, oder den Uebergang der Eis- zur Wasserform befördern könnte. Dem sei nun allem wie ihm wolle. Die vielseitig beobachtete Thatsache lässt sich nicht anstreiten und steht unerschütterlich fest; an heissen Tagen nämlich und nur an sonnigen ebenen Stellen entstehen, wie angeführt, die Gletscherspalten oder werden doch sichtbar. Ich kann mich nicht erinnern, bei den vielen Beobachtungen dieser Erscheinung an den entstehenden Rissen eine Auflockerung in die einzelnen Körner beobachtet zu haben, da an vorspringenden, erhöhten und dem warmen Winde ausgesetzten Gletscherstellen die Auflockerung in die einzelnen Körner bereits mehr als fusstief erfolgt war. Immerhin hat das Spaltenwerfen und diese Auflockerung eine auffallende Aehnlichkeit, nur mag das Letztere vorzüglich durch warme Winde, wie das Erstere durch den Einfluss der heissen Sonne vorzugsweise befördert werden. Das Spaltenwerfen entsteht immer auf den ebensten Gletscherstellen und nie an vorspringenden Kanten, Ecken, Erhöhungen u. s. w., wo

dagegen dort die Auflockerung der einzelnen Körner sehr leicht erfolgt. Nie wurde das Spaltenwerfen an jäh herabsteigenden Gletscherstellen beobachtet, nie sieht man auch an jenen Stellen frisch geöffnete Schründe, was jeder Gletscherkennner weiss. Immer werfen sich die Schründe mit der Druckrichtung von oben herab in rechten Winkel, bei langen durch die Thäler herabsteigenden Gletschern z. B. quer mit der Längenachse, wenn ein Gletscher einem anderen in die Seite stösst, entsprechen die Spalten wieder der Druckrichtung beider Gletscher und nehmen manigfach gekrümmte Richtungen an; das Gleiche ist der Fall, wenn der Gletscher an einem Felsen anstösst und dann seine Richtung ändert, oder wenn er von mehreren Seiten eingeschlossen sich einem engen Ausgange zudrängt.

Wie oben angeführt, entsteht auf irgend einem Gletscherbezirk, wenn er zu zerreißen anfängt, alle acht bis zehn Fuss ein Schrund bis die ganze Fläche zerrissen ist. Wenn die eine Seite im Zerreissen begriffen ist, so findet man gewöhnlich die entgegengesetzte Seite ganz ohne alle Schründe. Auf langen Gletschern wechseln auch auf derselben Seite durchschründete und undurchschründete Stellen von unten bis oben mit einander ab. Wenn dieses Jahr ein Gletscherbezirk ganz durchschründet ist, so finden wir ihn die zwei folgenden ganz ohne alle Schründe und dann sind dagegen letztes Jahr ganz ebne Stellen zerrissen, so wechselt es alle zwei bis drei Jahre ab. Die Art des Zerreissens der Gletscherfläche ist oben angeführt. Die frisch entstandenen Spalten sind anfangs kaum einige Linien breit; unter atmosphärischem Einflusse erweitern sie sich aber in einigen Wochen so, dass über die ganze Fläche die Spalten mehr Flächenraum als die Ganzmasse besitzen. Die Spaltenwände sind oft kaum 4 bis 5 Fuss

dick und die Schründe dagegen 7 und noch mehr Fuss breit, das heisst nach oben, nach unten werden sie immer enger und bevor sie den Gletscher gänzlich durchsenkt haben, keilen sie sich scharf aus. Bei dieser scheusslichen Zerrissenheit und dem geringen Mass zwischen den breiten Schründen ist es nicht anders möglich, als dass die Schründe von dem in jenen Höhen äusserst reichen Winterschnee ausgefüllt werden müssen. Das bezeugen auch alle, welche je im ersten Frühlinge die Gletscher bewandert haben. Die Ausfüllungsmasse körnt sich nun während der starken Winterkälte, wie aller alte Schnee bei tiefer Temperatur sich körnt. Dieses Körnen wird aber in jenen Höhen durch die atmosphärische Trockenheit und dadurch befördert, dass die Gletschermasse zwischen den Schründen, wie oben angeführt, auffallend hygroskopisch ist, und jede Feuchtigkeit begierig absorbirt. Beim Schmelzen des erst am Ende des Winters oder im Frühlinge gefallnen Schnees sowohl als durch häufige Frühlingsregen wird nun die Ausfüllungsmasse der Schründe getränkt, und die Masse entwickelt sich, wie wir oben den Schnee zu gekörntem Firne und diesen zu Gletscher sich entwickeln sahen. Wer am Anfange des Sommers oder im Juli die Gletscher bewandert, findet einerseits auf früher ebenen Gletschersfeldern das Entstehen der Schründe und auf letztes Jahr durchschründeten Bezirken findet er anderseits statt der Schründe breite weisse Streifen. Am Morgen ist die weisse Masse meist über die bläulichte compakte Gletschermasse emporgetrieben, an warmem Tage aber schmilzt sie wieder mit der Gletschermasse eben oder auch vertieft weg, um den andren Morgen wieder über die Fläche erhöht angetroffen zu werden. Wenn wir nun diese neue Masse näher untersuchen, so finden wir gar

nichts anders als sehr grobkörnigen, noch weisslichen Firn. Schneiden wir jedoch im Herbste von der gleichen Masse Blöcke weg und zugleich vom umgebenden alten Gletschereise, und lassen alles an der warmen Luft in Körner zerfallen, so finden wir die Körner der neuen Ausfüllungsmasse beinahe so gross als die alten Gletscherkörner, jedoch sind sie noch weniger compakt und die Rindenmasse der Körner noch weisser als die innere Kernmasse, auch zerfallen die neuen Blöcke um die Hälfte schneller und leichter in ihre Körner als die Gletscherblöcke. Den zweiten Sommer braucht es sodann eine grosse Uebung die neue und alte Masse zu unterscheiden, wenn wir sie nicht vorher genau bezeichnet haben, und so geht sie allmählig in compaktes Gletschereis mit sehr grobem Korne über; nur ist der Uebergang viel schneller, als wir oben den Hochschnee zu Firn- und diesen zu Gletschereis übergehen sahen, und wahrscheinlich nur, weil in der tieferen Gletscherregion häufigere Regen und in Folge grösserer Wärme reicheres Schmelzwasser eintritt; auch ist der Wechsel der Temperatur in der Region der Gletscher viel grösser.

Es giebt jedoch Gletscherbezirke, welche jeden Sommer zerrissen sind, und das ist immer dort der Fall, wo die Gletscher an Felsen stossen und dann umzubiegen gezwungen sind, oder wo zwei Gletscher zusammenstossen, oder wo ein Gletscher, von allen Seiten eingeengt, nach einem Ausgange sich drängt; kurz immer dort, wo fortwährend sehr grosse Druckgewalt nicht gleichförmig, sondern nach dem Andrange und der verschiedenartigen, bald langsameren bald schnelleren Bewegung von oben herab, schwächer oder stärker stattfindet. Es ist nun hier noch zu untersuchen übrig, ob sodann an diesen Stellen jähr-

Ich im Frühlinge beim Beginn der stärkeren Bewegung jedesmal die ältere Masse entzwei reisse, was, aus obigem zu schliessen, wirklich der Fall zu sein scheint, oder ob die Spaltenwürfe vorzugsweise in der letztjährigen Ausfüllungsmasse erfolgen, oder ob hier das Spalten nicht von der Masse selbst, sondern mehr von den äusseren Druck- und Bewegungsverhältnissen bedingt sei. Das müssen künftige Untersuchungen zeigen.

Ist nun im Herbste der Gletscher in unzähligen Schründen bis fast auf den Grund so zerrissen, dass stellenweise die Schründe mehr Fläche als die Masse einnehmen, so müssen die Schründe wohl im Winter mit Schnee sich füllen, und dieser Schnee muss in Firn und dann in Gletscher übergehen, sonst hätte man am Ende kein Gletschereis, sondern eine unbestimmte, unfeste Masse; dieser Uebergang wird durch einsickerndes im Frühlinge sehr reiches Schmelzwasser und durch atmosphärische Niederschläge bedingt. Der Uebergang selbst beginnt vom gekörnten Schnee an, die Körner werden grösser, was jede Beobachtung zeigt und keiner, der die Sache untersucht und nicht blos in den Wind räsonniren will, zu läugnen im Stande ist. Bei dieser Entwicklung, bei diesem Uebergange zu Gletschereis, nimmt die Ausfüllungsmasse der Schründe ausserordentlich an Volumen zu, und zwar fortschreitend täglich beim Uebergang des einsickernden Wassers in die Rindenmasse der Körner. Wer nun die Gesetze aller Eisbildung kennt, wird begreifen, dass nicht nur die sich entwickelnde Ausfüllungsmasse nach oben gedrängt werde und dort täglich wegschmelze, sondern er wird zu diesem Schlusse sich berechtigt glauben: Wenn das Wasser durch die Körnermasse einsickert und wenn es in Folge der unter 0 stehenden Temperatur dort in Eis

sich wandelt und die Körner vergrössert, so muss die Masse sich ausdehnen; allein sie muss, wie die Wissenschaft uns lehrt, immer nach der Richtung des geringeren Widerstandes sich ausdehnen; die ganze gekörnte, noch nicht zu einer compakten Masse vereinte neue Ausfüllungsmasse ist nur nach allen Richtungen beweglich und wenn jedes Korn an Umfang zunimmt, so muss in der Gesamtmasse eine ungeheure Kraft sich aussprechen, welche aber der Richtung des geringeren Widerstandes folgt. Denken wir an die unzähligen Gletscherschründe die oft so viel Raum als die Gletschermasse einnehmen, an die ungeheure Ausfüllungsmasse und ihre allmähliche nicht zu läugnende Entwicklung zu Gletschereis, so dürfen wir uns nicht wundern, dass die Masse sehr allmälig thalabwärts sich schiebe und zwar um so weniger, da von den Firnhöhen herab schon ein langsames Vorwärtsdrängen stattfindet, wir dürfen uns auch nicht wundern, dass wo die Gletscher zwischen Gebirgsmassen sich einzwängen, wo sie zugleich jeden Sommer zerreissen, dass sie dort alle Formen annehmen, sonderbar umbiegen, den Felsklippen sich nachbewegen und sogar von allen Seiten her nach irgend einem Ausgange sich drängen können. Wir dürfen aus allem angeführten endlich uns auch nicht wundern, dass eine mehrere Stunden lange, mehr als Stnuden breite und oft mehrere hundert Fuss dicke Eismasse zwischen schauerlich wilden Felsklippen sich durchdrängen, oft ganze Felsen aufwühlen und so in mannigfacher Zickzackbewegung im Laufe eines Jahres 300 und noch mehr Fuss zu Thale steigen könne.

Dass bei dieser Gletscherbewegung das untere Abschmelzen, der Druck von oben her, der grössere oder

geringere Widerstand, die Schwere der Masse u. s. w. von Einfluss sei, ist schon zur Genüge bemerkt.

Nach angeführter Weise lassen sich alle bisher so rätselhaften Erscheinungen erklären, so unter unzähligen anderen z. B. die weissen und blauen Bänder der Gletscher, worüber in neuerer Zeit soviel unrichtiges und selbst widersinniges ausgesprochen wurde. Die ersten sind, wie schon oben bemerkt, neuere bereits in Gletschereis übergegangene Ausfüllungsmasse der Schründe und die letzteren ältere Gletschermasse oder ehemalige Zwischenwände der Schründe. Auch das Niederliegen jener Bänder wird klar, weil die Schründe oben weiter sind, die Masse mithin mehr sich ausdehnt und vorwärts schiebt als unten; ebenso nehmen sie zugleich oft auch Längenrichtungen an, weil die Gletscher häufig bald diesseits bald jenseits mehr zerreißen oder grössere und zahlreichere Spalten erhalten als in der Mitte und nicht selten auch umgekehrt. Die Längerichtung kann jedenfalls nur durch schnelleres Vorschieben z. B. am Rande als in der Mitte entstehen. Auch die Zunahme der Körnergrösse mit dem Herabsteigen der Gletscher gegen die bewohnten Thäler und ihre längliche einerseits oft gebogene Form wird klar und nicht weniger die sonst so rätselhafte Zickzackbewegung. Es ist angeführt, dass die Gletscher abwechselnd jahrweise bald diesseits und dann wieder jenseits mehr zerreißen, dass auch häufig eine Abwechslung dieses Spaltes von oben nach unten stattfinde, dass die erwähnten Bänder sich sodann einerseits vorwärts neigen und einer Längerichtung sich zu nähern anfangen, dass mithin die Ausdehnungskraft mehr nach dieser oder jener Seite sich äussern müsse. Wer nun dem Rande irgend eines langen Gletschers nach emporsteigt bis zum ewigen

Firn, findet oft zu seinem höchsten Erstaunen den Gletscher so gegen das Ufer andringen, dass er Felsen bricht und ungeheure Stein- und Trümmermassen nach der Seite aufwühlt; weiter nach oben scheint er sodann vom Ufer sich zurückzuziehen und es entstehen zwischen dem Ufer und dem Eise bedeutende Buchten. Etwa eine halbe Stunde weiter aufwärts finden wir sodann nicht selten ein neues Andringen gegen das Ufer, bei welchem wieder wie beim unteren Andringen auf der gerade entgegengesetzten Seite ein Rückzug stattfindet, da jenem Rückzuge vom Ufer gerade entgegengesetzt ein Vordringen beobachtet wird. Das ist die so auffallende und so oft beobachtete Zickzackbewegung der Gletscher, welche immer mit dem bezirksweisen Durchschründen einzelner Gletscherbezirke, und dem einseitigen Umbiegen und stärkeren Vordringen der ausgefüllten Schründe und der weissen und blauen Bänder in wesentlicher Beziehung steht.

Gegen den unteren Ausgang der Gletscher nehmen die Schründe oft eine fächerförmige strahlende Richtung an und sind dann zugleich nicht selten im Sommer immer offen, weil sie meist den ganzen Gletscher durchsenken, sehr breit werden, oder auch gegen die Sonne sich richten, so dass in diesen tieferen Regionen die Ausfüllungs-masse des Winters im Sommer zu schmelzen vermag, ohne in Firn- und sodann in Gletschereis übergehen zu können.

Es herrscht somit in der ewigen, sonst so starr geglaubten Eiswelt unserer Alpen ein stets reges Bilden, Wechseln und Bewegen. Wie der Erdboden so sind die weit ausgedehnten mächtigen Eisgesilde mit der Atmosphäre in stets reger Wechselwirkung. Ungemein stark dunsten sie in die trockne Atmosphäre aus. Durch Abgabe noch

nicht gehörig untersuchter Bestandtheile, selbst nach der Aufnahme des Flüssigen begierig geworden, absorbiren sie wieder atmosphärische Stoffe, ihre Fläche contrahirt und expandirt sich, sie deckt sich mit neuen Schneeschichten und die geworfenen Risse füllen damit sich fortwährend aus. Es entsteht ein fortwährendes Körnen, sich tränken, auflockern, erstarren, sich entwickeln, und zwar in allen einzelnen Punkten der sich bildenden Masse. Die Gesamtkraft aller einzelnen getränkten Punkte und ihres fortwährend neuen Erstarrens ist nun so ausserordentlich, dass die viele Meilen haltende Masse proteusartig nach allen Richtungen, vorzüglich aber abwärts sich vorschiebt. Der Alpenwanderer findet daher keine todte, regungslose Masse, sondern im grossen Ganzen, wie im einzelnen Kleinen und Kleinsten so sonderbare Wechlungen, so tausendfältige Formen, pflanzenartige Auswüchse, Gletscherrosen, Gletschertische und ausstrahlende Gebilde, dass er in der unendlichen Formenfülle sich kaum zu fassen weiss; ja die Behauptung ist nicht ganz grundlos, dass, vorzüglich in der Höhe der Firmlinie eine grössere Manigfaltigkeit herrsche als selbst auf blumiger Flur, wenigstens sind in jenen Eisregionen alle Gebilde jeden Morgen neu; jeden Morgen finden wir eine neue von allen vorgehenden ganz verschiedene Schöpfung, was allerdings in diesem Vortrage nicht berührt werden konnte.

Wenn wir nun so die obenangeführten, bestimmten Thatsachen, und nur sie allein reden lassen, so haben wir nicht hypothetisch eine harzartige, mechanische Zähigkeit nöthig, wo alles nur Starrheit beurkundet; wir haben aber auch in Bezug auf das compakte, schon gebildete Gletschereis nicht nöthig, zu einer schwammartigen, vom Wasser durchsickerten Masse unsere Zuflucht zu nehmen, wo keine

Spur von Durchsickerung sich zeigt, wo kein Wasser herrscht noch herrschen kann; wir haben auch eben so wenig Wärme- oder Lichtstrahlen oder derartige Sachen nöthig, um eine Erklärung zu erkünsteln, welcher am Ende jede Thatsache als Grundlage fehlt.

---

Hochgeachtete Herren! Ich glaubte das Wesentlichste über die Gletscher hier zur Sprache bringen zu müssen, weil es uns als eidgenössischen Naturforschern daran gelegen sein muss, über einen Gegenstand, der uns so nahe angeht und der die Gelehrten so sehr beschäftigt, möglichst umfassende Ansichten zu gewinnen. Man hat einerseits angefangen, über Gletscher und ihre Bewegung die sonderbarsten Theorien aufzustellen und gegenseitig um dieser vergänglichen Ansichten willen sich ziemlich ungeziemend zu bekämpfen, anderseits dagegen vertheidigt man ungenügende, ältere Lehren, welche zu einer Zeit aufgestellt wurden, da man die Geschichte unserer Eiswelt nur ziemlich einseitig zu erforschen gewohnt war. Ueberhaupt muss ich Ihnen leider bemerken, dass Viele, vorzüglich Fremde und Touristen über die Gletscher als Kämpfer aufgetreten, ohne das Wesen der Sache in Jahre dauernden, strengen Beobachtungen vom Ausgang der Gletscher bis zu den höchsten Firnkuppen im Zusammenhange erfasst zu haben. Anderseits dagegen ist es nicht zu läugnen, dass manche andere ihre Ansichten mit auf die Gletscher bringen und dass sodann die Untersuchung höchst einseitig wird. Umfassende und vergleichende Beobachtungen sind auch schwer und keiner, wenn er auch sein ganzes Leben dem

Gegenstände gewidmet, wird sich rühmen können, das Ganze erfasst zu haben.

Ich wollte in diesem gedrängten Vortrage indessen blos Umrisse geben, nur die Standpunkte, von welchen aus die Gletschergeschichte beurtheilt werden kann. Am wenigsten war es mir um irgend eine Theorie zu thun; ich wollte blos die wesentlichsten Thatsachen anführen und diese sodann soviel immer möglich, sich selbst erklären lassen. Dass sodann die resultirte Folgerung hie und da im Einzelnen ziemlich durchblickt, gebe ich gerne zu. Vor allem aber wollte ich dieses Mal die Sache blos praktisch behandeln und die Folgerungen nur aus Thatsachen ableiten. Mit dieser Auffassungsweise ist aber die Gletschergeschichte noch keineswegs im Reinen. Die Ausdehnungsgesetze durch Kälte und die Contraktionsgesetze durch entgegengesetzte Wärme oder umgekehrt, müssen noch streng wissenschaftlich nicht nur am gewöhnlichen, sondern auch am Gletscher- und Firneise erörtert werden. Dann bleibt die Frage, warum oxidirt Eisen und andere Stoffe auf jenen Firnhöhen fast gar nicht? was Versuche auf dem Glockner, meine von Sulger auf dem Finsteraarhorn aufgefundenen Eisengeräthe und seither eine grosse Menge Beobachtungen beweisen; warum hält es so schwer, irgend eine Flamme zu unterhalten? Ich kenne die Antworten der Physiker wohl, kann mich aber damit keineswegs begnügen. Warum jene Trockenheit und jene wechselweise Absorption zwischen Luft und den Firngebildnern? Was für Bestandtheile dunstet das Gletschereis aus, sind sie wirklich wässriger Natur, oder mehr zum Sauerstoff oder Wasserstoff sich neigend? Warum nimmt das Eis mit zunehmender Kälte an Gewicht ab und zwar nicht im Verhältnisse des veränderten Volumens? Die Kälte sowohl

als die Wärme und ihre häufige Wechslung bewirken Veränderungen, Contraktionen und Expansionen, sie bedingen die Wechselthätigkeit mit der Atmosphäre, allein welches sind die näheren Verhältnisse? Warum jener herbe Geschmack des Gletschereises und des frischen Gletscherwassers, den es an der Luft bald verliert und nicht wieder erhält, wenn es auch in gleiche oder stärkere Kälte gebracht wird? Warum erregt das Gletschereis Durst und nicht selten Durchfall? Welches waren die Bestandtheile des Gletschergeistes des alten Solchli, dem der grosse Haller so ausserordentliches Zeugniss gab? Warum ändern die Bläschen des Gletschereises so auffallend, erscheinen heute als gräulichte Pünktchen, die auch unter dem Mikroskop keine Höhlung zeigen, vorzüglich an hellen Tagen, warum sind sie dann nicht scharf begrenzt, und morgen, vorzüglich bei trüber und windiger Atmosphäre sehr scharf und wirklich als Bläschen sich erweisend? Was ist ihr Inhalt? Warum sind sie bei den weissen Bändern kleiner als bei der alten blauen Gletschermasse?\*) Warum ändert sich die Farbe des Gletschereises auch an einer und derselben Stelle bei gleicher Beleuchtung, bei gleichen äusseren Umständen, wie die Farbe des Meers, rhythmisch vom hellen Blau bis ins Dunkle und fast Meergrüne?

\*) Es ist hier nicht von jenen wirklichen zufälligen Gletscherblasen die Rede, welche Gase enthalten, die beim Oeffnen unter Wasser aufsteigen, sondern von jenen unzähligen Bläschen, welche jedem Gletschereise wesentlich sind und beim Schmelzen des Eises unter Wasser keine Spur irgend einer gasigen Substanz liefern, weil diese, wenn sie vorhanden ist, wahrscheinlich vom Wasser absorbiert wird.

Welches sind die näheren Verhältnisse der Firnbildung, wie der Körnung des Schnees zum Lichte? denn nach diesem und selbst dem Mondenlichte ändern die Schneegestalten vor der Körnung ihre Form. So drängen sich dem Forscher noch eine Menge von wesentlichen Fragen auf; auch über die einzelnen gefurchten, geriffsten und strahligen Lokalbildungen, über die Aufreibungen, Auswüchse, die pflanzenartigen und regelrecht kristallinischen Formen, und wenn wir auch leicht im Stande sind, die Bildung, Entwicklung und Bewegung der Firne und Gletscher tatsächlich zu ermitteln und zu verfolgen, so sind wir mit der Gletschergeschichte immer noch in der Kindheit, weil wir die ersten Grundprinzipien noch nicht wissenschaftlich erfasst haben, und weil das praktische Studium erst mit dem wissenschaftlichen sich vereinen muss, was ich früher beabsichtigte und daher die Ungunst manches mir sonst ehrenwerthen Mannes mir zuzog.

Ich fordere nun Jedermann auf, oben angeführte Thatsachen zu widerlegen, aber tatsächlich, nicht mit Hypothesen, nicht mit grundlosen Induktionen, nicht mit einzelnen flüchtigen Wahrnehmungen, auch nicht mit Gehässigkeit und Schimpf, der in der Wissenschaft nie Werth hat. Mögen recht viele Forscher unsere Alphörner, unsere Gletscher- aber auch die hohen Firnfelder untersuchen, wo die Natur in eigenthümlich regem Leben und Wirken sich ausspricht und eine kaum glaubliche, fortwährend wechselnde Formenfülle sich offenbart. Möge man ernstlich die Gletscherfrage angreifen, und, wo möglich, gemeinschaftlich die Aufgabe zu lösen suchen. Mögen sodann andere höhere Thatsachen sich ergeben, wodurch die angeführten einen mehr untergeordneten Werth er-

halten und meine heutigen Folgerungen als zu wenig das Wesen der Sache erfassend, als zu allgemein bekannt, künftig keine Beachtung mehr verdienen! denn hienieden ist in Wissenschaft wie in der Natur alles zeitlich, veränderlich, alles ist einseitig, alles ist Stückwerk!