

GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. ALBRECHT PENCK

PROFESSOR DER GEOGRAPHIE AN DER UNIVERSITÄT IN WIEN.

BAND V. 1891-96

Heft 1. Arbeiten des Geographischen
Institutes der k. k. Universität Wien.

Mit 3 Tafeln, 4 Figuren im Texte
und zahlreichen Tabellen.

Heft 2. Dr. J. Partsch: Philipp
Clüver, der Begründer der histo-
rischen Länderkunde.

Heft 3. Dr. Jovan Cvijić: Das Karst-
phänomen.

Heft 4. Dr. Adolf E. Forster: Die
Temperatur fließender Gewässer

Mittel-Europas. Mit einer Tafel und
25 Tabellen.

Heft 5. Dr. Vasa Ruvarac und Prof.
Dr. Albrecht Penck: Die Abfluss-
und Niederschlagsverhältnisse von
Böhmen nebst Untersuchungen über
Verdunstung und Abfluss von
größeren Landflächen. Mit einer
Karte, zwei Tafeln und zahlreichen
Tabellen.

WIEN.

ED. HÖLZEL.

1896.

4445

Hugo Hölzel †.

Den fünften Band der Geographischen Abhandlungen beschließend, gedenke ich des großen Verlustes, welchen diese Zeitschrift durch den Tod ihres Verlegers erlitten hat. Am 15. December 1895 starb auf den Höhen des Semmering, wo er Erholung gesucht, im Alter von kaum 44 Jahren, der Inhaber der Firma Ed. Hölzel, mein theurer Freund Hugo Hölzel.

Mit ihm ist einer jener seltenen Männer verschieden, in welchen sich opferwillige Teilnahme mit ernstem wissenschaftlichen Interesse paart. Beide Hauptseiten seines Naturells kamen der Geographie zugute. Wie er nie einem Bittenden den Wunsch zu versagen vermochte, so war er auch stets geneigt, geographische Unternehmungen thatkräftig zu fördern, ohne in ängstlichen Berechnungen sich vorher des Erfolges zu versichern. Er verhalf einer Reihe von Reisewerken zum Erscheinen, so dem schönen von Junker, so denen von Jedina, von M. v. Proskowetz und A. v. Hesse-Wartegg; er bahnte Anfängern den Weg an die Öffentlichkeit, Oskar Baumann's Erstlingswerk ist von ihm verlegt.

Aber nicht bloß die weiteren Kreisen sich zuwendende Reiseliteratur fand in ihm einen uneigennütigen Verleger; verständnisvoll förderte er auch rein wissenschaftliche Werke. Ohne seine Opferwilligkeit wäre Simony's Dachsteinwerk wohl nie gedruckt; er war es, welcher die »Meteorologische Zeitschrift« Österreich erhielt, welcher das Erscheinen der Geographischen Abhandlungen in Wien ermöglichte. Mit voller Klarheit erkannte er, dass die Geographie zu streng fachlicher Fortentwicklung rein fachlicher Organe bedarf, die unbekümmert um das rasch verrauschende Interesse an geographischen Tagesfragen, unabhängig von den Sonderbestrebungen einer Firma oder Gesellschaft rein sachlichen Interessen dienen. Mit kundigem Blicke verfolgte er die Schicksale einer jeden einzelnen Abhandlung, fast ungeduldig erwartete er den Abschluss des fünften Bandes, welcher als erstes Glied einer Reihe von Untersuchungen über Flüsse erst an die Öffentlichkeit treten kann, nachdem die anderen bereits vollendet vorliegen und nun in rascher Folge erscheinen können.

Hugo Hölzel's Augenmerk blieb bei alledem vornehmlich der Schulgeographie treu, welches Gebiet sein 1885 verstorbener Vater mit Zielbewusstsein durch Begründung einer geographischen Anstalt betreten hatte. Gebürt dem Vater Ed. Hölzel das Verdienst, den Atlas und die Wandkarten für die österreichischen Schulen und in den geographischen Charakterbildern ein Lehrmittel von universeller Bedeutung geschaffen zu haben, so hat der Sohn Hugo Hölzel diesen Unterrichtsbehelfen zu weiter Verbreitung verholfen. Durch ihn wurden die Wandkarten der

Firma, namentlich im Deutschen Reiche, die Charakterbilder über die ganze civilisierte Erde bekannt, er veranlasste auch eine völlige Neubearbeitung des Schulatlas der Anstalt, die allerdings erst nach seinem Tode beendet worden ist. Wenn Österreich nunmehr seinen Bedarf an vielsprachigen geographischen Lehrmitteln im Inlande zu decken vermag und, anstatt solche einzuführen, gegenwärtig solche exportiert, so ist dies vor allem der Hölzel'schen Geographischen Anstalt zu danken.

Begabt mit heiterem Temperamente war Hugo Hölzel eine äußerst gesellig veranlagte Natur. Obwohl ihn seit Jahren ein Nervenleiden ans Haus fesselte, so war dies doch der Sammelpunkt, an welchem sich die in Wien lebenden Forschungsreisenden trafen. Bei ihm verkehrten Junker, Höhnel, Baumann, der Maler L. H. Fischer; langjährige Freundschaft verknüpfte ihn mit Oskar Lenz; unvergesslich sind mir die Abende, die ich mit Melchior Neumayr regelmäßig mit ihm verbrachte. Sein unversiegbarer Humor äußerte sich in zahlreichen Gelegenheitsdichtungen, zum Theil geographischen Inhaltes, und half ihm über die sich verschärfenden Leiden der letzten Jahre hinweg. Den Todeskeim im Herzen, verfasste er eine epische Dichtung »Wingolf von dem Kranichberge« und verscheuchte sich damit trübe Stunden; die freundliche Aufnahme des Sanges durch die Kritik verschönte seine letzten Tage. Dass er, sein Ende rasch herankommen sehend, für die Zukunft solche Vereinbarungen traf, die den Fortbestand der Firma und die Vollendung zahlreicher angefangener Arbeiten sichern, bedarf hier wohl nur flüchtiger Erwähnung.

Eine zahlreiche Familie beklagt seinen frühen Tod. Trauernd gedenkt seiner ein auserlesener Freundeskreis. Was er, dem Beispiele seines Vaters folgend, für den Geographie-Unterricht durch Herausgabe von Behelfen geleistet, wird in Österreich unvergessen bleiben. Die Erinnerung an ihn wird aber auch in jenen Fachkreisen lebendig sein, welche den großen Einfluss des Buchhandels auf das literarische und geistige Schaffen kennen. Hugo Hölzel gehörte zu jenen ehrlichen Maklern auf dem Gebiete der literarischen Production und Consumption, welche mit Späherblick ein neu erwachtes Bedürfnis erkennen und zu befriedigen trachten, ohne dabei je zu vergessen, dass dies nur mit werththätiger und opferwilliger Förderung der Wissenschaft möglich ist.



ARBEITEN
DES
GEOGRAPHISCHEN INSTITUTES
DER
K. K. UNIVERSITÄT WIEN.

MIT EINEM VORWORT
VON
ALBRECHT PENCK.

MIT 3 TAFELN, 4 FIGUREN IM TEXTE UND ZAHLREICHEN TABELLEN.

GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN
HERAUSGEGEBEN VON
PROF. DR. ALBRECHT PENCK IN WIEN.
BAND V. — HEFT 1.

WIEN UND OLMÜTZ
ED. HÖLZEL.
1891.

5900

— 32680 —



IHREM HOCHVEREHRTEN

ALTMEISTER

FRIEDRICH SIMONY

GEWIDMET VON

HERAUSGEBER UND VERFASSERN.

INHALT.

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort des Herausgebers: Die Geographie an der Wiener Universität . . . | VII |
| Bisher erschienene Arbeiten des geographischen Institutes | XXIII |
| Druckfehler | XXIV |
| Anton Swarowsky: Die Eisverhältnisse der Donau in Bayern und Österreich von 1850 bis 1890 | 1 |
| Die Donau von der Iller- bis zur March-Mündung | 4 |
| Die Nebenflüsse | 7 |
| Temperaturverhältnisse | 8 |
| Das Flusseis | 9 |
| Der Eisstoß | 11 |
| Die Eisverhältnisse der Donau und einiger Zuflüsse in der Periode 1850—1890 | 13 |
| Das Beobachtungsmaterial | 13 |
| Eintritt des Treibeises | 16 |
| Letzter Termin und Dauer des Eisrinnens | 21 |
| Eintritt des Eisstoßes | 25 |
| Abgang und Dauer der Eisstöße | 31 |
| Die Eisverhältnisse der Donau während des strengen Winters 1879—80 | 34 |
| Periodicität in der Dauer der Eisbildung | 37 |
| Die Wasserstandsverhältnisse der Donau während der Eisbildungen | 40 |
| Schluss | 45 |
| Tabelle I.: Erster Termin des Treibeises | 49 |
| Tabelle II.: Letzter Termin des Treibeises | 55 |
| Tabelle III.: Dauer des Treibeises und der Eisstöße | 61 |
| Tabelle IV.: Dauer der Eisbedeckung auf der unteren Donau | 66 |
| Tabelle V.: Eintritt, Endtermin und Dauer des Treibeises einiger Stationen an Donau, Inn und Salzach vor 1850 | 67 |
| Erläuterung zu den Tafeln | 68 |
| Franz Heiderich: Die mittleren Erhebungsverhältnisse der Erdoberfläche nebst einem Anhange über den wahren Betrag des Luftdruckes auf der Erdoberfläche | 69 |
| Einleitung | 71 |
| 1. Längenerstreckung von Wasser und Land auf den einzelnen Parallelkreisen | 79 |
| 2. Bestimmung des Flächeninhaltes von Land und Wasser nach Zonen | 82 |
| 3. Die mittleren Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erdkruste sowie der Wasser- und Landoberfläche, die Massenvertheilung auf der Erdkruste | 89 |
| 4. Anhang: Der wahre Betrag des Luftdruckes auf der Erdoberfläche | 102 |
| 5. Die mittleren Höhen der Continente | 108 |
| Bemerkungen zu den Profilen | 114 |

Die Höhe der Schneegrenze

mit besonderer

Berücksichtigung der Finsteraarhorn-Gruppe.

Von

DR. Ludwig Kurowski.

Kurowski

VORWORT.

Gelegentlich einer Untersuchung über das reducierte und wahre Areal der Oetzthaler Gletscher ¹⁾ ergab sich die überraschende Thatsache, dass die mittlere Höhe der Gletscheroberfläche sich nicht weit von der Höhe der Schneegrenze entferne. Ich machte hievon meinem Lehrer Prof. Penck Mittheilung, welcher mich nun die Wege wies, um dieses Ergebnis physikalisch zu begründen. Er regte mich zugleich an, durch Untersuchung einer größeren Gebirgsgruppe dieses Resultat weiter zu verfolgen und praktisch auf seine Richtigkeit hin zu prüfen. Für diesen Zweck wurde als ein für das Problem der Schneegrenzenbestimmung sehr geeignetes Gebiet, welches die verschiedensten Gegensätze auf engem Raume aufweist, die Finsteraarhorn-Gruppe in der Schweiz gewählt.

Indem ich die folgenden Untersuchungen über die Schneegrenze der Öffentlichkeit unterbreite, erachte ich es als meine Pflicht, Prof. Penck sowohl für die Anregung zu dieser Arbeit, als auch für die freundliche Förderung und Unterstützung während derselben meinen wärmsten Dank auszusprechen.

¹⁾ XIV. Jahresbericht des Vereines der Geographen an der Universität Wien. 1888.

Wien, im März 1890.

Der Verfasser.

Die Schneegrenze und die Methoden ihrer Bestimmung.

Der Begriff der Schneegrenze und die Ursachen ihrer Höhenlage.

Unter dem Äquator, in den Anden Südamerikas, hat sich zum erstenmal die Nothwendigkeit aufgedrängt, die jahraus, jahrein mit Schnee bedeckten Areale der Erdoberfläche von denjenigen zu trennen, in welchen der Schnee nur eine periodische Erscheinung ist; und zwar hat Bouguer den Begriff der Schneegrenze in die Wissenschaft eingeführt.

Die Schneegrenze bezeichnen wir als jene Höhenlinie, welche die überwiegend mit Schnee bedeckten Theile der Erdoberfläche von den überwiegend schneefreien trennt. Bouguer sah diese Grenzlinie als untere Schneegrenze an und in Zukunft ist dieselbe auch in diesem Sinne aufgefasst worden. Erst viel später hat man die einzelnen Factoren, welche die Höhenlage der Schneegrenze beeinflussen, näher kennen gelernt.

Mehrere neuere Arbeiten haben die verschiedenen Phasen, welche die historische Entwicklung des Begriffes der Schneegrenze durchgemacht, klar gelegt,¹⁾ und dabei hat sich folgendes ergeben:

Nach Bouguer fällt die Schneegrenze mit der Seehöhe der Isothermenfläche von 0° zusammen, und ihre Höhenlage ist von der geographischen Breite abhängig. Viel später noch hat auch Gundinger behauptet²⁾, dass die Höhe der Schneegrenze von der durchschnittlichen Jahrestemperatur abhängt, während nach Stapff die Schneegrenze in der Höhe der Geoisotherme von 0° liegt. Nach diesen Ansichten stellt sich die Schneegrenze als ein hauptsächlich in einer einzigen Ursache begründetes Phänomen lediglich als eine Temperaturscheinung dar.

Für die weitere Erkenntnis des Problems war Wahlenbergs und v. Buchs Beobachtung im Norden Europas von großer Bedeutung, dass die Meeresnähe und der damit zusammenhängende Niederschlagsreichtum den Höhenstand der Schneegrenze herabdrücken, indem dieselbe auf der norwegischen Seite der skandinavischen Halbinsel um 300 m tiefer liege, als auf der schwedischen. Das Hauptgewicht legten aber diese beiden Forscher, sowie auch später Humboldt, auf die

¹⁾ Ed. Richter, »Die Gletscher der Ostalpen«, Stuttgart 1888. S. 10—53. Fr. Klenzel, »Die historische Entwicklung des Begriffes der Schneegrenze von Bouguer bis auf A. v. Humboldt, 1736—1820.« Verein für Erdkunde in Leipzig 1889. Fr. Ratzel »Höhengrenzen und Höhengürtel«, Ztsch. d. D. u. Ö. A.-V. 1889. S. 102—135.

²⁾ Anton Gundinger »Über die Schneelinie«, Ztsch. f. vergl. Erdkunde, herausg. v. Joh. Gottfr. Lüdde. I. Bd. 1842.

verschiedenen Temperaturverhältnisse während der Sommermonate in den Küstenstrichen und im Inneren des Landes. Humboldt verstan unter der unteren Grenze des ewigen Schnees in einer gegebenen Breit »die Sommergrenze oder das Maximum der Höhe, bis zu welcher sich die Schneelinie im Laufe des ganzen Jahres zurückzieht.«¹⁾ Er würdigte auch die Bedeutung des klimatischen Elementes des Niederschlages für die Höhenlage der Schneegrenze; denn durch die Untersuchungen im Himalaya 1817 wurde die tiefere Lage der Schneegrenze an der feuchten Südseite dieses Hochgebirges gegenüber der niederschlagsarmen, an hoch gelegene, im Sommer continental heisse Ebenen grenzenden Nordseite constatirt.

Dass neben dem Einflusse der Temperatur und des Niederschlages auch noch derjenige der orographischen Verhältnisse einwirke, haben schon de Saussure, Wahlenberg und Humboldt erkannt, und sie haben darauf aufmerksam gemacht, wie verschieden hoch die Schneegrenze infolge wechselnder Exposition sich befindet. Orographische Verhältnisse bedingen auch das Auftreten isolierter Schneeflecke weit unter der eigentlichen Schneegrenze. Hegetschweiler hat die untere Grenze solcher isolierter Firnflecke die »Linie des geschützten Schnees« genannt.²⁾ Diese Linie wurde neuerdings von Ratzel als orographische Schneegrenze bezeichnet und als solche der klimatischen gegenübergestellt. Ratzel unterscheidet nämlich eine »klimatische Schneegrenze, welche die Erhebungspunkte der Erde verbindet, oberhalb deren Firn vermöge der niedrigen Lufttemperatur und seiner Masse auch ohne den Schutz orographischer und geologischer Begünstigung nicht wegschmilzt«, und eine »orographische Schneegrenze, welche die Gruppen der im Schutze von Lage, Bodengestalt und Bodenart vorkommenden Firnflecken und Firnfelder verbindet.«³⁾

Eine derartige Trennung zwischen klimatischer und orographischer Schneegrenze scheint uns nicht völlig das Wesen der Sache zu treffen. Denn wenn wir auch anerkennen, dass es ganz ausschließlich rein orographische Verhältnisse sind, welche die außergewöhnlich tiefe Lage einzelner Firnflecke bedingen, so müssen wir denselben Gesichtspunkt der orographischen Begünstigung und Nichtbegünstigung auch für die höchsten dauernden Schneevorkommnisse in Berücksichtigung ziehen. Da sehen wir allenthalben den Einfluss der Exposition. Es liegt die Schneegrenze, welche nach Ratzel als klimatische zu gelten hat auf der Südseite der Gehänge weit höher, als auf der Nordseite, und selbst in den höheren und höchsten Regionen finden sich schneefreie und schneebedeckte Flächen neben einander, deren Vertheilung durch den Gebirgsbau im einzelnen hervorgerufen wird. Wo auch Schneefelder auf der Erdoberfläche vorhanden sind, macht sich überall neben dem klimatischen das orographische Element geltend; selbst die untere Grenze der zusammenhängenden Firnpartien ist am einzelnen Orte von orographischen Umständen beeinflusst und ist daher keine rein klimatische Linie.

Unter einer solchen rein klimatischen Linie verstehen wir diejenige, oberhalb welcher die sommerliche Wärme nicht mehr

¹⁾ A. v. Humboldt, »Central-Asien«, übersetzt und herausgegeben von Dr. W. Mahlmann. Berlin 1844. II. Bd. S. 154.

²⁾ Joh. Hegetschweiler »Reisen in den Gebirgsstock zwischen Glarus und Graubünden in den Jahren 1819, 1820 und 1822.« Zürich 1825. S. 96.

³⁾ Fr. Ratzel, »Zur Kritik der natürlichen Schneegrenze«, Leopoldina, Organ der kais. leopold. karol. deutschen Akademie der Naturforscher 1886, S. 212.

ausreicht, um den im Verlauf des Jahres auf horizontaler Fläche fallenden Schnee wegzuschmelzen. Diese rein klimatische Schneegrenze ist lediglich eine ideale Grenzlinie, welche kaum irgendwo sichtbar wird und keineswegs mit Ratzels klimatischer Schneegrenze zusammenfällt. Andererseits können wir weder in der »Linie des geschützten Schnees« Hegetschweilers, noch in der »orographischen Schneegrenze« Ratzels natürliche Grenzlinien erblicken. Jede natürliche Grenzlinie sondert zusammenhängende Flächen verschiedener Beschaffenheit von einander. So scheidet die Grenzlinie zwischen Wasser und Land das zusammenhängende Land vom zusammenhängenden Meere und sieht von Binnenseen und Inseln völlig ab, ebenso wie man bei der Schilderung politischer Grenzen die Exclaven nicht einbezieht. So wird man bei Angabe der Grenzen des preussischen Staates von den Exclaven in Thüringen und in der Nähe des Bodensees wohl absehen. Eine solche Exclaven nach der Art von Ratzels »orographischer Schneegrenze« umschlingende Linie würde man nie als Grenze Preußens bezeichnen.

Eine Scheidung von klimatischer und orographischer Schneegrenze im Sinne Ratzels halten wir daher nicht für in der Natur gegeben. Hier sieht man nur eine Schneegrenze, welche die Gebiete zusammenhängender Schneefelder vom überwiegend schneefreien Lande trennt, aber oberhalb dieser Schneegrenze gibt es schneefreie Parzellen, wie unterhalb derselben Schneeflecken, die bald vereinzelt, bald geschaart auftreten und in letzterem Falle stellenweise eine wahre »Firnflcken-region«¹⁾ mit unbestimmter Begrenzung bilden.

Es ist allenthalben das Zusammenwirken dreier verschiedener Factoren, welches die Entwicklung der perennierenden Schneefelder und der Grenze bedingt, nämlich Temperatur, Niederschlag und die orographische Gliederung des Bodens. Von diesen dreien ist namentlich der letztere von Ort zu Ort wechselnd und in Gebirgsländern äußerst mannigfaltig, während die beiden ersteren über größere Flächen einheitlicher entwickelt sind. Andererseits aber sind an derselben Stelle die orographischen Verhältnisse gegenüber den sehr variablen klimatischen so gut wie constant; es ergibt sich daher die zwingende Nothwendigkeit, orographische und klimatische Bedingungen des Auftretens der Schneefelder in ihren Wirkungen von einander zu trennen, wie dies Durocher gethan hat, welcher »causes générales« und »causes accidentelles« unterschieden hat.²⁾

Die Methoden zur Bestimmung der Schneegrenze.

Im Zusammenhange mit der Fassung des Begriffes der Schneegrenze erscheint bei den einzelnen Forschern die Methode ihrer Bestimmung. Von Bouguer, ihrem ersten Beobachter, wurde die Bestimmung der Höhenlage der Schneegrenze vom Fuße des Gebirges aus einiger Entfernung vorgenommen. In der That sieht man auch die Schneegrenze aus einiger Entfernung, wie sich Mousson ausdrückt,³⁾ »als eine scharfe Linie, die am Gebirge hinlaufend, alle höheren Kämme und

¹⁾ Ed. Richter, »Schneegrenze und Firnflckenregion.« Mitth. d. D. u. Ö. A.-V. 1887. Richter wünscht, wie Ratzel, dass man der Firnflckenregion Beachtung schenke, aber mit dem Bemerken, dass dadurch die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze vor Irrthümern bewahrt bleibe.

²⁾ J. Durocher, »Études sur la limite des neiges perpétuelles.« Ann. de Chimie et de Phys. Paris 1847. p. 1 ff.

³⁾ A. Mousson »Die Gletscher der Jetztzeit.« Zürich 1854. S. 2.

Kuppen zu einer eigenthümlichen Welt abschließt«. v. Sonklar meinte durch Höhenbestimmung dieser Linie die Schneegrenze ermitteln zu können. Allerdings muss man dabei dem Umstande Rechnung tragen, dass die Grenze der Schneebedeckung eine von Jahr zu Jahr wechselnde ist, so dass man erst nach langjährigen Beobachtungen imstande ist, die wirklich perennierende Schneebedeckung von der temporären zu trennen. Ein solcher Versuch ist in den Alpen bislang nur von Kerner gemacht worden ¹⁾. Die auf diesem Wege gewonnene Höhe d. Schneegrenze ist jedoch, wie Richter und Brückner gezeigt haben, ²⁾ deshalb nicht correct, weil Kerner den Rückzug der Schneebedeckung immer auf steil geneigter Fläche zu sehen in der Lage war und die flacheren Böden des Gebirges nicht überblickte. Erst dann, wenn man von einem Berggipfel aus durch langjährige Beobachtungen den Rückzug der Schneebedeckung, auch auf flacherem Boden, festgestellt hat, wird man die Höhe der Schneegrenze bestimmen können. Derartige Beobachtungen werden nunmehr auf Veranlassung des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines vom Gipfel des Sonnblick aus vorgenommen.

Tritt man in jene Höhenstufen, wo man die Schneegrenze aus der Entfernung gesehen hat, so findet man eine unregelmäßige Vertheilung der Schneebedeckung infolge des mannigfaltigen Reliefs der einzelnen Berge. Wahlenberg empfahl hier die Schneegrenze in der Höhe anzusetzen, wo auf horizontaler Fläche die ersten ausgedehnten Schneefelder angetroffen werden; er suchte also den Einfluss der orographischen Verhältnisse bei seinen Beobachtungen möglichst zu eliminieren. Wie unregelmäßig eben dieser Verlauf der Schneegrenze ist, schildert Schultes mit folgenden Worten: »Es ist auf unseren Bergen keine so leichte Sache, die Schneegrenze zu bestimmen, und Gebirgsart und Abhang der Alpe, Winde, Weltgegend und hundert Localitäten machen die Bestimmung der Schneegrenze zu einem delicateren Gegenstande der physischen Erdkunde, als diejenigen glauben, die entweder täglich die benachbarten Alpen beschneit oder die nie einen im Juli beschneiten Alpengipfel gesehen haben.« ³⁾

J. Payer ließ sich durch diese Unregelmäßigkeit in der Erscheinung bewegen, die Existenz einer Schneegrenze überhaupt zu leugnen; nach ihm ist die Schneegrenze dort, wo das Gletschereis anfängt. Auf diese Grenzlinie ist schon früher durch Hugi die Aufmerksamkeit gelenkt worden. Hugi bezeichnete als Firngrenze jene »Höhenlinie, bei welcher auf dem Gletscher der jährliche Schnee nicht mehr ganz wegschmilzt«, und glaubte in derselben einen festeren Ausgangspunkt zur Festlegung der Schneegrenze gewonnen zu haben, denn er behauptete, dass die Firnlinie in der Natur leicht zu erkennen sei, weil der auf dem Gletscher fallende Schnee immer auf einer gleich temperierten Unterlage aufruhe und ihr Höhenstand von der Lage der Gletscher und dem Einflusse der Jahreszeiten unabhängig sei. Aber schon Agassiz widersprach ⁴⁾ diesen Behauptungen, welchen v. Sonklar insofern bei-

¹⁾ Fr. Kerner, »Untersuchungen über die Schneegrenze im Gebiete des mittleren Innthales.« Denkschr. d. mathem.-naturw. Classe d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, LIV. Bd. 1887.

²⁾ Ed. Richter, »Gletscher der Ostalpen« S. 278; Ed. Brückners Referat über die Kerner'sche Arbeit, Meteorol. Zsch. 1888. Lit. Ber. S. 30 ff.

³⁾ Schultes, »Reise auf den Glockner,« Wien, 1804 II. Th. S. 59—60.

⁴⁾ L. Agassiz »Études sur les glaciers.« Neuchâtel 1840 p. 44.

pfllichtete, als er annahm, dass überall im Gebiete der Alpen der Schnee auf dem Gletschereise genau um 200 m tiefer liege, als der Schnee auf gewöhnlichem Felsboden.¹⁾ Das ist aber bei der Unbeständigkeit der Firnlinie nicht möglich, ganz abgesehen davon, dass es überhaupt sehr schwierig ist, die Firnlinie als eine Grenzlinie in der Natur zu beobachten. Der Firn geht unmerklich in den Zustand von homogenem Eise über, und man kann ihn nicht von dem Schnee unterscheiden, welcher den Temperaturänderungen von Frühling und Sommer ausgesetzt gewesen ist. Bei einem Besuche der Ötztthaler Alpen im August 1889 hatte ich Gelegenheit, einige Gletscher ihrer ganzen Länge nach zu überschreiten und andere von günstigen Standpunkten zu überblicken, aber niemals war ich bei der großen Zerrissenheit der Schneedecke auf dem Gletscher in der Lage, die Firnlinie wirklich als eine deutliche Scheidelinie zu erkennen.

In anderer Weise lässt sich aus dem Vorhandensein von Gletschern auf die Höhenlage der Schneegrenze schließen; denn jeder Gipfel, welcher einen Gletscher trägt, muss naturgemäß auch in die Schneeregion aufragen, während andererseits gletscherfreie Gipfel unter der Schneegrenze enden. Davon ausgehend lässt sich die Schneegrenze bestimmen, wie dies Simony, Partsch, Penck, Brückner auch zur Ermittlung der diluvialen Schneelinie in den Alpen und deutschen Mittelgebirgen und Diener für die nördlichen und südlichen Kalkalpen gethan haben.

Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, die Höhe der Schneegrenze zu berechnen. So hat v. Sonklar es im Jahre 1864 unternommen,²⁾ das bis dahin vorhandene meteorologische Beobachtungsmaterial zu einer Berechnung der Schneegrenze zu verwenden. Indem er von der richtigen Ansicht ausging, dass die Schnee- und Wärmemenge an der Schneegrenze einander proportional sein müssen, folgerte er, dass man, wenn man die jährliche Schneemenge für verschiedene Theile des Gebirges und mindestens auch für einige derselben die Temperatur an der Schneegrenze kenne, auch für die anderen Theile, deren Schneemengen bekannt sind, nach obigem Verhältniss die Temperaturen an der Schneegrenze bestimmen könne. v. Sonklar berechnete ferner, um aus der bereits gewonnenen Temperatur an der Schneegrenze auch die Höhe derselben zu erhalten, die Temperaturen für alle Höhenstufen.³⁾

Einen anderen Versuch, die Schneegrenze zu berechnen, machte Hans Höfer.⁴⁾ Von der Beziehung zwischen Schneegrenze und Höhenentwicklung der Gletscher ausgehend, nahm er an, dass die Schneegrenze in der Mitte zwischen der mittleren Höhe der Umrahmung des Firnfeldes und der Höhe des unteren Gletscherendes liege, eine Annahme, die allerdings nur zufällig für gewisse Fälle zutrifft. Man darf diesen Versuch insofern wohl als eine Art Vorläufer der später von Brückner angewendeten Methode⁵⁾ ansehen, als er die Höhenentwicklung des

¹⁾ K. v. Sonklar, »Die Ötztthaler Gebirgsgruppe«, Gotha 1860. S. 288.

²⁾ K. v. Sonklar, »Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern«, Wien, 1866. Cap. 48. S. 386 ff.

³⁾ Vgl. Richters Kritik dieses Versuches »Gletscher der Ostalpen«, S. 25 ff.

⁴⁾ H. Höfer, »Gletscher- und Eiszeit-Studien.« Sitz.-Ber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Classe LXXIX. Bd. 1879.

⁵⁾ Ed. Brückner, »Die Hohen Tauern und ihre Eisbedeckung.« Zsch. d. D. u. Ö. A.-V. 1886.

Gletschers zum Ausgange nimmt. Brückner maß das ganze schneebedeckte und schneefreie Areal einer Gebirgsgruppe, zog dann vor schneebedeckten Areal $\frac{1}{4}$ für die Gletscher ab und bestimmte, welche Höhenschichte die so ermittelte firnbedeckte Fläche an Größe gleich kommt. Die Höhe dieser Isohypsenfläche ist nach ihm ein Maximalwerth für die Höhe der Schneegrenze, »weil erstens das Verhältniß zwischen Sammel- und Abschmelzungsgebiet der Gletscher wie 3:1 zu groß ist, und zweitens, weil steile schneefreie Felspartien, wie sie auch oberhalb der Schneegrenze vorkommen, in das Gletscherareal miteinbezogen werden.«¹⁾

Da aber die Vernachlässigung der über der Schneegrenze gelegenen schneefreien Partien die Quelle bedeutender Fehler werden kann, so hat Ed. Richter die Brückner'sche Methode nur auf Thalgletscher angewendet, die mit Ausschluss der Felspartien gemessen worden sind.²⁾ Dabei berücksichtigte dieser gründliche Gletscherkenner im Einzelfall die orographische Begünstigung des Firnfeldes und die Zungenbildung des Gletschers, und suchte mit Hilfe jener Linie, welche den Gletscher im Verhältniß 3:1 theilt, schätzungs- und vergleichsweise die klimatische Schneegrenze zu bestimmen. Denn »mit dieser Theilungslinie ist die klimatische Schneegrenze an und für sich noch nicht gegeben, aber die für flachliegende, wenig beschattete Gletscher erhaltenen Zahlen werden ihr sehr nahe kommen.«³⁾

Hatte Richter die eine Fehlerquelle der Brückner'schen Methode, nämlich die über der Schneegrenze gelegenen schneefreien Parzellen zu eliminieren gesucht, so hat er den andern Fehler, welcher aus der Annahme eines constanten Verhältnisses zwischen Nähr- und Ablationsgebiet entstehen kann, unterstützt durch eine ausgezeichnete Gletscherkenntnis soviel als möglich corrigiert und auf diese Weise ziemlich genaue Werthe für die Höhe der Schneegrenze in den einzelnen Gebirgsgruppen der Ostalpen erhalten.

Das Verhältniß der Schneegrenze zur Höhenentwicklung der Gletscher.

Drei Momente bedingen, wie Albert Mousson in seinem vortrefflichen Buche »Die Gletscher der Jetztzeit« (Zürich, 1854) ausführt, das unveränderte Fortbestehen der Gletscher: 1. Die von den Verhältnissen der Schneeregion abhängige Ernährung derselben. 2. Die in der tieferen Region vor sich gehende Auflösung und Abschmelzung und 3. Die Bewegung, welche die obere Vermehrung und untere Verminderung beständig ausgleicht, und ohne welche einerseits die oberen Schneemassen ins maßlose wachsen, andererseits der untere Gletscher in kurzem verschwinden würde.

Die Entwicklung der Alpengletscher beeinflussen aber nicht nur meteorologische, sondern auch ganz bestimmte orographische Verhältnisse. Die Oberflächenformen in den Alpen weisen nirgends ausgedehnte Hochplateaux oder flache Rücken auf; die Gebirgsmasse löst sich vielmehr in zahlreiche Pyramiden, Thürme, Spitzen und zackige Kämme auf, zwischen denen Mulden und kesselartige Vertiefungen, die Anfänge

¹⁾ Ed. Brückner a. a. O. S. 181—182.

²⁾ Ed. Richter, »Die Gletscher der Ostalpen,« S. 49.

³⁾ Ed. Richter, a. a. O. S. 53.

der Hochgebirgsthäler, sich ausdehnen. Reicht ein solcher Thalkessel bis in die Schneeregion hinauf, dann dient er als Sammelgebiet der Niederschläge und bildet das Nährgebiet eines Gletschers, während hingegen der aus den Hochmulden thalwärts abfließende, im Verhältnis zum Firnfeld schmale Eisstrom, die Gletscherzunge, die in der Schneeregion aufgespeicherte Firnmenge in ihrem Verlaufe wieder der Auflösung zuführt. Auf dem letzteren Theile, dem eigentlichen Gletscher, welcher in größere Tiefen herabreicht, ist nämlich mehr Wärme vorhanden, als erforderlich ist, um den im Laufe eines Jahres gefallenen Schnee zur Abschmelzung zu bringen.

So stehen innerhalb eines Gletschers Niederschlag und Ablation in ganz bestimmtem Verhältnisse zu einander. Es fällt auf seiner Fläche genau ebenso viel Schnee, als auf derselben geschmolzen werden kann. Es herrschen also auf seiner gesammten Oberfläche dieselben Verhältnisse, wie längs der klimatischen Schneegrenze; dieselbe trennt die Gebiete, in welchen Ablation oder Niederschlag überwiegt, und längs ihr halten sich beide genau das Gleichgewicht. Es muss daher eine ganz bestimmte Beziehung zwischen der Gletscheroberfläche und der Höhe der Schneegrenze vorhanden sein. Dass dies wirklich der Fall ist, erhellt schon aus folgender Erwägung: Es senke sich im Bereiche eines Gletschers die klimatische Schneegrenze, so vergrößert sich dessen Nährgebiet und er muss vorwärtsstoßen, also sein Gesamtareal vermehren, damit die Ablation den vermehrten Niederschlägen das Gleichgewicht hält.

Die angedeuteten Beziehungen zwischen Gletscherareal und Höhe der Schneegrenze werden im wesentlichen durch den Umstand vermittelt, dass in den einzelnen Höhenlagen des Gletschers schneeiger Niederschlag und Ablation verschieden sind, so dass man ganz allgemein beide als eine Function der Höhe ansehen kann. Die Größe der Ablation a kann man daher bezeichnen als

$$f_a [h]$$

und entsprechend die Höhe des schneeigen Niederschlages als

$$f_n [h].$$

Längs der Schneegrenze, deren Höhe h_s genannt werde, halten sich fester Niederschlag und Ablation genau das Gleichgewicht, es ist also

$$f_n [h_s] = f_a [h_s] \text{ und}$$

$$f_n [h_s] - f_a [h_s] = 0, \text{ daher auch}$$

1) $m (f_n [h_s] - f_a [h_s]) = 0$, wenn m eine positive endliche Größe ist.

Ebenso sind auf einem Gletscher schneeiger Niederschlag und Ablation einander gleich. Die Gesamtmasse des auf einem Gletscher fallenden Niederschlages ist aber gleich der Summe der in den einzelnen Höhenstufen fallenden Niederschlagsmengen. Denkt man sich die Oberfläche G eines Gletschers in zahlreiche (m) gleiche Theile (g) zerlegt, von welchen ein jeder eine ihm eigenthümliche Höhe besitzt, die als h_1, h_2, h_3 der Reihe nach bezeichnet werde, so ist die Gesamtsumme des auf einem Gletscher fallenden Niederschlages N

$$N = g (f_n [h_1] + f_n [h_2] + \dots + f_n [h_m]).$$

Ganz analog ergibt sich für die Gesamtgröße der Ablation A

$$A = g (f_a [h_1] + f_a [h_2] + \dots + f_a [h_m]).$$

Niederschlag N und Ablation A sind auf einem Gletscher einander gleich, es ist also

$$g(f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m]) = g(f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m])$$

und

$$\text{II) } f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m] - (f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m]) = 0.$$

Durch Combination von Gleichung I) mit II) ergibt sich

$$\text{III) } m(f_n[h_n] - f_n[h_n]) = f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m] - (f_n[h_1] + f_n[h_2] + \dots + f_n[h_m]).$$

Diese Gleichung lässt erkennen, dass zwischen der Höhe der Schneegrenze $[h_n]$ und der Höhenentwicklung des Gletschers ($h_1, h_2, h_3 \dots h_m$) bestimmte Beziehungen existieren, welche numerisch berechnet werden können, wenn bekannt ist, welche Functionen der Höhe schneeiger Niederschlag und Ablation sind. Unter solchen Umständen kann erwartet werden, dass eine weitere Verfolgung der von Brückner begonnenen Untersuchung über die Flächen- und Höhenentwicklung der Gletscher zu einer exacten Methode der Schneegrenzenbestimmung führen wird.

In welcher Art nun schneeiger Niederschlag und Ablation als Function der Höhe erscheinen, lässt sich bislang nur angenähert aussprechen. Die Ablation erleidet mit Zunahme der Höhe eine Abnahme ihrer Intensität, was in der Temperaturabnahme mit der Höhe begründet ist. Untersuchungen über die Wärmeabnahme in Gebirgen haben gezeigt, dass dieselbe im allgemeinen entsprechend der Höhenzunahme in arithmetischer Progression erfolgt, und zwar sinkt die mittlere Jahrestemperatur bekanntlich um 0.50° C. mit je 100 m Erhebung.

Nimmt die Intensität der Ablation mit der Höhe ab, so nehmen umgekehrt die Niederschlagsmengen mit der Höhe zu. Diese Zunahme ergibt sich in den deutschen Mittelgebirgen mit vollkommener Evidenz. Hann theilt in seiner Klimatologie (S. 186) folgende Tabelle mit:

| | | | | | | | |
|-----------|----|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Seehöhe | m | 1—200, | 200—300, | 300—400, | 400—500, | 500—700, | 700—1000, |
| Regenfall | cm | 58 | 65 | 70 | 78 | 85 | 100 |

Die Luft vermag aber bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf in sich aufzunehmen, welche um so kleiner ist, je geringer die Wärme ist. Die Temperaturabnahme mit der Höhe hat zur Folge, dass auch der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre mit der Höhe abnimmt. Daher nimmt der Niederschlag nur bis zu einer gewissen Seehöhe zu, um von da an wieder abzunehmen. Von großem Interesse ist nun die Frage, in welcher Höhe die Niederschlagsmenge ihr Maximum erlangt. Die deutschen Mittelgebirge erreichen noch nicht jene Höhe, in welcher die Niederschlagssumme wieder abnimmt, und für andere Gebirgsländer liegen bisher nur wenige Bestimmungen über die Höhenzone des maximalen Niederschlages vor. Für die inneren Alpen besitzen wir noch keine sicheren Daten über die Höhe des Niederschlagsmaximums. Die Gebrüder Schlaginweit geben an,¹⁾ dass in den Ostalpen schon von 1500 m Höhe an eine Verminderung der Niederschlagsmenge eintrete. In den Centralalpen scheint das Niederschlagsmaximum auf wenigstens 2000 m hinaufzurücken.²⁾ Die mittlere

¹⁾ H. u. Ad. Schlaginweit, »Untersuchungen über die pkysikal. Geographie der Alpen«. Leipzig 1850. S. 425.

²⁾ Hann, Klimatologie S. 188 und Heim, Gletscherkunde S. 84.

Höhe der größeren Wolkenmassen liegt in den Alpen bei 2000—2400 m. Über dem Niederschlagsmaximum nimmt die Häufigkeit der Niederschläge allerdings noch zu, aber die Ergiebigkeit derselben wird immer geringer. Für die Ernährung der Gletscher kommt aber nur der feste Niederschlag in Betracht. Dieser feste Niederschlag nimmt nun, wie Heim gezeigt hat¹⁾, bis in sehr nennenswerthe Höhen und zwar bis in die eigentlichen Gletschergebiete zu. Aus der Tabelle, welche er über den Schneefall schweizer meteorologischer Stationen mittheilt,²⁾ ergeben sich für verschiedene Meereshöhen folgende Werthe für die Größe des Schneefalls:

| | | | | |
|-------------------------|----------|-----------|------------|------------|
| Meereshöhe m | 400—900, | 900—1500, | 1500—2000, | 2000—2500, |
| Schneefall in mm Wasser | 93.7 | 464.2 | 559.0 | 847.1 |

Diese Zahlen lehren uns, dass die absolute Menge des mittleren jährlichen Schneefalls ihr Maximum erst über der Höhe des angenommenen allgemeinen Niederschlagsmaximums von 2000 m erreicht. Die Beobachtungen der meteorologischen Station auf dem Großen St. Bernhard in 2478 m Meereshöhe bestätigen dieses Resultat. Leider ist aber die Zahl der in solcher Höhe gelegenen Beobachtungsstationen sehr gering, und die meisten sind Pässe, so dass ihre Angaben keine Schlüsse für die allgemeinen Verhältnisse gestatten.³⁾

Nach den vorstehenden Auseinandersetzungen erscheinen sowohl die Ablation, als auch der feste Niederschlag als Größen, welche der Höhenabnahme oder Höhenzunahme direct proportional sind. Es lässt sich die Größe der Ablation als Function der Höhe $f_a(h)$ durch die Gleichung

$$\text{IV) } a = t + h u$$

ausdrücken, und ebenso die Größe des schneeigen Niederschlages als Function der Höhe $f_n(h)$ durch

$$\text{V) } n = o + h p.$$

Es fehlen noch ausgedehntere Untersuchungen über die Größe der Ablation, welche zur Kritik der obigen Gleichung herbeigezogen werden könnten. Die von Finsterwalder mitgetheilten Ziffern über die muthmaßliche Ablation des Suldenferners⁴⁾ lassen sich jedoch recht wohl durch die Gleichung

$$a = 15000 - 5.2 h \quad (a \text{ in } mm, h \text{ in } m)$$

und die Größe des schneeigen Niederschlages in der Schweiz durch die Gleichung

$$n = -94 + 0.4 h \quad (n \text{ in } mm, h \text{ in } m)$$

ausdrücken. Da nun in der Höhe der Schneegrenze der schneeige Niederschlag genau gleich der Ablation ist, so ist

$$-94 + 0.4 h_s = 15000 - 5.2 h_s \text{ und darnach} \\ h_s = 2700$$

was genau der für den Suldenferner angenommenen Schneelinie ent-

¹⁾ A. Heim, Gletscherkunde, S. 86—87.

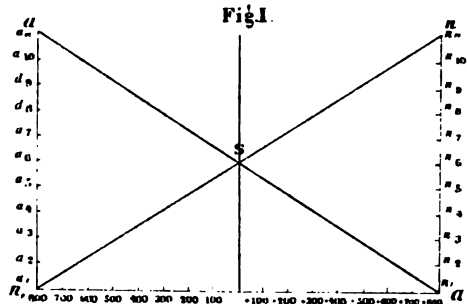
²⁾ Gletscherkunde, S. 88.

³⁾ Billwiller, der Director der schweizer meteorologischen Centralstation, ist soeben mit einer Arbeit über die Niederschlagsverhältnisse des Hochgebirges beschäftigt, und wir haben von dieser Seite nähere Aufschlüsse über diesen Gegenstand zu erwarten.

⁴⁾ S. Finsterwalder und H. Schunck, »Der Suldenferner«, Zsch. d. D. u. Ö. A.-V. 1887.

spricht, woraus wohl im großen und ganzen die Richtigkeit unserer Voraussetzungen sich erweist.

Eine weitere Stütze finden dieselben in folgender Erwägung: Wenn wie angenommen, der schneeige Niederschlag direct proportional der Höhe zunimmt und ebenso die Ablation abnimmt, so erhellt, dass einem bestimmten Abstände oberhalb der Schneegrenze im Jahre ebensoviel Schnee mehr fällt, als im gleichen Abstände unterhalb der Schneegrenze der Überschuss der Ablation über den Schneefall ausmacht. Man vergegenwärtigt sich dies am besten durch folgende Construction



Der Abstand aS von nS ist proportional dem Überschusse der Ablation über den Schneefall. — Der Abstand nS von aS ist proportional dem Überschusse des Schneefalles über die Ablation.

Den Überschuss der Ablation gegenüber dem Schneefalle findet man aber roh ausgedrückt durch die Dauer der schneefreien Zeit an der betreffenden Stelle; da nun, wie aus der Figur deutlich erhellt, der Überschuss der Ablation über Schneefall genau proportional der Höhe abnimmt, so muss auch die Dauer der Schneebedeckung proportional der Höhe zunehmen. Aus Kerner's »Untersuchungen über die Schneegrenze im Gebiete des mittleren Innthales« S. 38 wird dies auch sofort ersichtlich. Die Differenzen zwischen den Schneetagen in verschiedenen Meereshöhen sind nämlich nach den Angaben Kerner's für die Nord- und Südexposition folgende:

| | Nordexposition | Südexposition |
|----------------------|--------------------------|---------------|
| | Differenz der Schneetage | |
| Zwischen 1500—1600 m | 9 | 10 |
| 1600—1700 | 9 | 10 |
| 1700—1800 | 9 | 10 |
| 1800—1900 | 9 | 9 |
| 1900—2000 | 10 | 9 |
| 2000—2100 | 11 | 10 |
| 2100—2200 | 10 | 10 |
| 2200—2300 | 9 | 10 |
| 2300—2400 | 9 | 11 |
| 2400—2500 | 10 | 10 |
| 2500—2600 | 10 | 9 |
| 2600—2700 | 9 | 8 |
| 2700—2800 | 10 | 8 |
| 2800—2900 | 11 | 9 |
| 2900—3000 | 10 | 9 |

Nach diesen Erörterungen über die Zulässigkeit unseres Verfahrens, die Größe des Schneefalles und der Ablation durch obige allgemeine Gleichungen IV) und V) auszudrücken, ersetzen wir durch dieselben

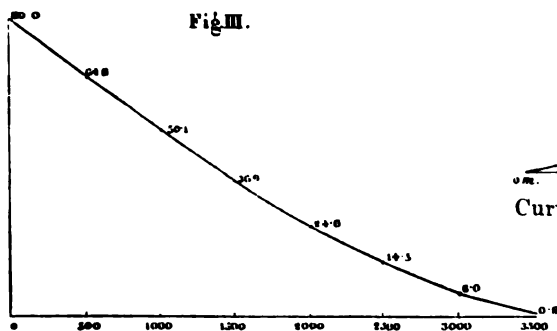
die Werthe der Ablation und Schneemenge in Gleichung III) f_a und f_s und erhalten

$$m [t + h_a u] - [o + h_a p] = [t + h_1 u] + [t + h_2 u] + \dots [t + h_m u] \\ - ([o + h_1 p] + [o + h_2 p] + \dots [o + h_m p])$$

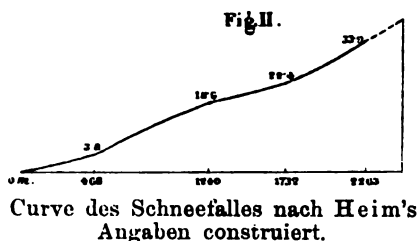
$$m ([t - o] + h_a [u - p]) = m [t - o] + [u - p] [h_1 + h_2 + \dots h_m] \\ ([t - o] + h_a [u - p] = [t - o] + [u - p] \frac{[h_1 + h_2 + \dots h_m]}{m})$$

$$\text{VI) } h_a = \frac{h_1 + h_2 + \dots h_m}{m}$$

Wir haben auf der linken Seite unserer Gleichung h_a die Höhe der Schneegrenze, auf der rechten die Summe der Höhen aller der zahlreichen m Theile, in welche wir uns die Gletscheroberfläche zerlegt dachten, dividirt durch die Anzahl jener Theile. Diese Größe ist bekanntlich der mittleren Höhe der Gletscheroberfläche gleich. Wenn also die Mengen der schneeigen Niederschläge genau proportional der Höhe zunehmen und ebenso die Intensität der Ablation abnimmt, so ist die mittlere Höhe des Gletschers der Höhe der Schneegrenze gleich. Es ergibt sich sonach auf



Ablationscurve nach den Angaben auf S. 130 construiert.



Curve des Schneefalles nach Heim's Angaben construiert.

deductivem Wege die Richtigkeit des empirisch durch Untersuchungen in den Ötztaler Alpen gewonnenen Ergebnisses.

Dieses Resultat kann aber nur so lange stichhaltig sein, als die Voraussetzung, dass nämlich Ablation und Schneemenge genau proportional der Höhe ab- oder zunehme, richtig ist. Diese Voraussetzung ist aber nicht für alle Fälle zutreffend. Die Niederschläge und zwar auch die schneeigen nehmen eben nur bis zu einer gewissen Höhe zu, dann nehmen sie wieder ab, nachdem sich die Zunahme vorher sehr verlangsamt hat. Fig. 2 veranschaulicht ihre wirkliche Zunahme mit der Höhe in der Schweiz. Auch die Größe der Ablation kann nicht streng proportional der Höhe abnehmen. Setzt man z. B. mit Finsterwalder¹⁾ diese Größe proportional der mittleren Temperatur der Zeit des Jahres, in welcher die Temperatur über 0° ist, so zeigt sich, dass ihre Intensität rascher zunimmt, als die Höhen abnehmen. Dies geht aus folgender Tabelle hervor, welche nach Hann's Angaben²⁾ berechnet ist.

¹⁾ S. Finsterwalder und H. Schunk, a. a. O. S. 81.

²⁾ J. Hann, »Die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer«, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien. Mathem.-naturw. Classe, XC.—XCII. Bd. 1884 und 85, III. Th. Tab. X, S. 39. Die von mir mitgetheilten Zahlen beziehen sich auf die Südseite der Hohen Tauern.

| Meereshöhe <i>m</i> | Dauer der mittl. Temperatur über 0° <i>a</i> | Mittlere Temperatur dieser Periode <i>b</i> | Product aus <i>a</i> und <i>b</i> | Diff. dieser Producte |
|------------------------|--|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 0 | 298 Tage | 13.5° | 4023.0 | 782.1 |
| 500 | 277 | 11.7 | 3240.9 | 710.9 |
| 1000 | 253 | 10.0 | 2530.0 | 685.0 |
| 1500 | 225 | 8.2 | 1845.0 | 617.4 |
| 2000 | 198 | 6.2 | 1227.6 | 501.6 |
| 2500 | 165 | 4.4 | 726.0 | 416.6 |
| 3000 | 119 | 2.6 | 309.4 | 271.6 |
| 3500 | 54 | 0.7 | 37.8 | |

Man sieht, dass die Producte aus *a* und *b*, welche proportional der Ablation gesetzt wurden, weit langsamer abnehmen, als die Höhen zunehmen, d. h. die Ablation ist in geringeren Höhen beträchtlicher, als in größeren, und die Abnahme der Intensität der Ablation ist langsamer, als die entsprechende Höhenzunahme. Dies veranschaulicht Fig. III S. 130. Allerdings kommen wohl noch zahlreiche andere Factoren, namentlich Expositionsverhältnisse etc. für die Größe der Ablation in Betracht. Immerhin muss aber berücksichtigt werden, welche Verhältnisse sich ergeben, wenn die schneeigen Niederschläge nicht genau proportional der Höhe, sondern langsamer als dieselbe zunehmen, und wenn die Größe der Ablation sich langsamer verringert, als die Höhenzunahme beträgt. Diesen Verhältnissen wird durch die Annahme Rechnung getragen, dass Ablation und schneeiger Niederschlag nicht proportional der ersten Potenz, sondern proportional der Quadratwurzel aus den Höhen ab- oder zunehme. Es lassen sich dann $f_a(h)$ und $f_n(h)$ entsprechend IV) und V) durch die Gleichungen

$$\text{VII) } a = t + u \sqrt{h} \text{ und VIII) } n = o + p \sqrt{h}$$

ausdrücken, und dementsprechend wird für VI) erhalten

$$\text{IX) } \sqrt{h_s} = \frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} + \dots + \sqrt{h_m}}{m}, \text{ daher}$$

$$h_s = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_m + 2\sqrt{h_1 h_2} + 2\sqrt{h_1 h_3} + 2\sqrt{h_2 h_3} + \dots + 2\sqrt{h_{m-1} h_m}}{m_2}$$

wogegen sich als Werth der mittleren Höhe des Gletschers *H*

$$H = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_m}{m}$$

ergibt. Darnach ist

$$\begin{aligned} H - h_s &= (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})^2 + \\ &+ (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_3})^2 + \\ &+ (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_3})^2 + \dots + \\ &+ (\sqrt{h_{m-1}} - \sqrt{h_m})^2 \end{aligned}$$

Es ist also dann, wenn die Niederschläge langsamer als die Höhen zunehmen, und die Ablation rascher wächst als die Höhen abnehmen, die mittlere Höhe des Gletschers immer größer, als die Höhe der Schneegrenze. Letztere hat daher als maximale Höhe die der mittleren Höhe des Gletschers. Groß ist allerdings die sich ergebende Differenz nicht. Hat man einen Gletscher, dessen Ende bei 2000 *m*, dessen Wurzel bei 3900 *m* liegt, so ergibt sich dessen mittlere Höhe, gleichmäßigen Anstieg vorausgesetzt, zu 2950 *m*, während sich die Höhe der Schneegrenze nach obigem zu 2927 *m* ergeben würde. Dazu kommt noch, dass die Gletscher sicherlich nur mit einem geringen Theile ihrer Fläche in

den Höhen liegen, wo die Zunahme der festen Niederschläge sich verringert und die Ablation sich auf ein Minimum reduciert. Die hoch gelegenen Flächen der Gletscher bilden zumeist einen sehr unbedeutenden Procentantheil an der Gesamtfläche der Gletscher. Die Größe des über 3500 m gelegenen Gletscherareals bei den primären Gletschern der Venter-Gruppe in den Ötztalern Alpen und der Finsteraarhorngruppe (über 3600 m) ist folgende:

| Name des Gletschers | Gletscherareal über 3500, resp. 3600 m Höhe Hectar | In Procent des Gesamtareals des Gletschers ausgedrückt | Name des Gletschers | Gletscherareal über 3500, resp. 3600 m Höhe Hectar | In Procent des Gesamtareals des Gletschers ausgedrückt |
|---------------------------|---|---|-------------------------------|---|---|
| Gepatsch-Ferner | 7.8 | 0.3 | Gaisberg-F. | 0.0 | 0.0 |
| Mittelberg-F. | 4.5 | 0.2 | Rosenlani-Gl. | 3.3 | 0.5 |
| Vernagt-Guslar-F. | 7.5 | 0.4 | Gauli-Gl. | 0.8 | 0.0 |
| Hochjoch-F. | 1.0 | 0.1 | Ober-Grindelwald-Gl. | 15.7 | 1.5 |
| Gargler-F. | 1.3 | 0.1 | Unter-Grindelwald-Gl. | 115.5 | 3.9 |
| Schalf-F. | 5.5 | 0.4 | Unteraar-Gl. | 78.0 | 2.0 |
| Hintereis-F. | 16.8 | 1.3 | Oberaar-Gl. | 0.0 | 0.0 |
| Taschach-F. | 46.0 | 4.2 | Fiescher-Gl. | 408.8 | 10.0 |
| Langtaufere-F. | 11.3 | 1.4 | Großer Aletsch-Gl. | 1310.3 | 11.4 |
| Marzell-F. | 7.8 | 1.1 | Ober-Aletsch-Gl. | 150.6 | 5.3 |
| Sechsegerten-F. | 1.5 | 0.2 | Lang-Gl. | 43.1 | 3.7 |
| Rothmoos-F. | 0.0 | 0.0 | Baltschieder-Gl. | 12.0 | 1.9 |
| Kesselwand-F. | 0.3 | 0.0 | Tschingel-Gl. | 0.0 | 0.0 |
| Niederjoch-F. | 1.8 | 0.4 | | | |
| Langthaler-F. | 0.0 | 0.0 | | | |

Es liefert also die mittlere Höhe der Gletscher unter allen Umständen recht brauchbare, nur sehr wenig zu hohe Werthe für die Schneegrenze, und es fragt sich nun, welche Art der Schneegrenze, ob die klimatische oder gewöhnliche dadurch gewonnen wird. Ein Rückblick auf den Ausgang unserer Darlegung klärt hierüber sofort auf. Es wurden Voraussetzungen über Ablation und Niederschlagsverhältnisse gemacht; diese sind für jeden Gletscher individuell entwickelt, und namentlich dessen Ablation wird von orographischen Verhältnissen, wie Exposition etc. stark beeinflusst. Sihin wird die auf diesem Wege gewonnene Ziffer für die Schneegrenze eines Gletschers den Factor der orographischen Begünstigung oder Benachtheiligung vollauf zum Ausdrucke bringen, und sie stellt demnach die Höhe der realen Schneegrenze des Gletschers dar. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man die Firnbedeckung eines ganzen Gebirges in Betracht zieht. Da hat man Stellen, wo die orographischen Verhältnisse die Ablation begünstigen, und auch solche, wo letztere gehemmt erscheint, und ist nicht gerade der orographische Bau des Gebirges ein ausgesprochen einseitiger, so kann wohl gefolgert werden, dass sich die begünstigenden, wie auch die benachtheiligenden orographischen Factoren gegenseitig größtentheils compensieren, und es dürfte daher die mittlere Höhe der Schneeregion eines zusammenhängend nach allen Richtungen vergletscherten Gebirges der idealen klimatischen Schneegrenze recht nahe kommen.

Bietet sich so einerseits die Möglichkeit, aus der Höhenentwicklung der gesamten Vergletscherung eines Gebirges die klimatische Schneegrenze des betreffenden Gebietes mit ziemlicher Schärfe zu bestimmen, sowie aus der Höhenentwicklung der einzelnen Gletscher die jeweilige, durch orographische Verhältnisse beeinflusste Schneegrenze zu ermitteln, so bietet sich andererseits noch ein weiteres Verfahren, die Lage der

letzteren zu bestimmen. Wenn wir als Schneegrenze kurzhin die Linie bezeichnen, welche die Gebiete zusammenhängender Schneebedeckung begrenzt, so ist dieselbe gewiss innerhalb jener untersten Höhenstufe zu suchen, wo die Schneebedeckung überwiegend zu werden beginnt. Es bietet sich daher durch Ausmessung des schneebedeckten und schneefreien Areals der einzelnen Höhenstufen ein sicheres Mittel zur Bestimmung der Schneegrenzhöhe, vorausgesetzt, dass die Karten den Umfang der schneebedeckten Fläche genau wiedergeben. So genau aber unsere Karten den Umfang der Firnfelder und die Größe der Gletscher angeben, so wenig möglich ist es, auf den Karten das schneebedeckte Gebiet allein auszuscheiden, weil die Angabe der Firn- oder Aperlinie aus begreiflichen Gründen fehlt. Wenn daher für eine Höhenstufe schneefreies und schneebedecktes Areal bestimmt wird, so entfällt letzteres theilweise auf Gletscher, theilweise auf Firnfelder. Es wird daher die Schneegrenze höher liegen, als die unterste Höhenstufe, in welcher die schneefreie Fläche zurückzutreten beginnt¹⁾. Andererseits liegt die Schneegrenze offenbar tiefer, als diejenige Stufe, welche ganz verfirnt ist oder wenigstens, da es nirgends an firnfreien Stellen mangelt, dem Maximum der Schneebedeckung sehr nahe kommt. Das Mittel aus den solchermaßen sich ergebenden Höhenstufen dürfte annähernd der Höhe der Schneegrenze gleich kommen.

* * *

Wenn nun auch obige Erörterungen das empirisch gefundene Ergebnis, dass die mittlere Höhe der Gletscher nahezu mit der Höhe der Schneegrenze zusammenfällt, begründen, so schien es doch geboten, durch weitere Untersuchungen dieses Resultat festzustellen. Die Vorbedingung für eine solche Arbeit besteht in einer zuverlässigen Karte, welche sowohl Terrain, als auch Gletscher durch Isohypsen darstellen. Als ich diese Untersuchungen plante, lagen die neuen Reambulierungen des k. u. k. militär-geographischen Instituts für Tirol noch bei weitem nicht in dem Umfange vor, wie heute, und es musste daher davon abgesehen werden, ein Gebiet der Ostalpen den Untersuchungen zugrunde zu legen. Dagegen bot der Siegfried-Atlas der Schweiz eine vorzügliche Grundlage für eine Untersuchung des Finsteraarhornmassives. Dieser Umstand wurde für die Fortsetzung meiner Studien maßgebend. Allerdings bringt derselbe den Nachtheil mit sich, dass ich über ein mir nicht durch eigene Anschauung bekanntes Gebiet im folgenden zu sprechen haben werde. Allein nachdem im Siegfried-Atlas ein äußerst genaues Abbild der Natur vorliegt, so bringt dieser, ebenso wie alle genauen Spezialkarten, das Resultat eben der Bestimmungen der Firngrenze in der Natur, deren Ausführung Ratzel wünscht, graphisch zum Ausdruck, und wenn aus solch gewaltigem Schatze von Beobachtungen durch diese oder jene Methode Schlüsse gezogen werden, wie dies bereits

¹⁾ Diese Ansicht würde sich für kegelförmig gestaltete Berge als nicht zutreffend erweisen, welche im Norden mehr und im Süden weniger mit Schnee bedeckt sind, und an welchen die Schneegrenze sich von Süden nach Norden gleichmäßig herabsenkt. Die mittlere Höhe dieser um einen derartigen Berg herumlaufenden Schneegrenze würde tiefer liegen, als jene Höhenstufe des Berges, die gerade zur Hälfte mit Schnee bedeckt ist. In Wirklichkeit wird aber der Verlauf der Schneegrenze durch die Zungen der Gletscher unterbrochen, und unsere Karten ermöglichen, wie gesagt, nicht, Firn- und Eisflächen von einander zu trennen. Darnach dürfte also die Höhe jener Höhenstufe eines Berges, welche zur Hälfte mit Schnee bedeckt ist, als ein Minimum für die Schneegrenzhöhe aufzufassen sein.

von Brückner und Richter geschah, so stellt ein solches Verfahren gewiss nicht eine »Umgehung directer Beobachtung«¹⁾, wie sich Ratzel über ähnliche Verfahren ausdrückt, dar, sondern eine passende Verwerthung bereits gemachter zahlreicher Beobachtungen.

Die Finsteraarhorn-Gruppe.

In jenem Theile der Schweizer Alpen, welcher sich in einer von SW nach NO streichenden Linie parallel mit den Längsthälern der Rhone und des Rheins, von der Dent de Morcles bis zum Calanda erstreckt, liegt zwischen den tiefen Kammeinsattelungen des Gemmipasses (2322 m) im Westen und des Grimselpasses (2164 m) im Osten die Centralmasse des Finsteraarhorn, welche im Finsteraarhorn (4275 m) culminiert. Das Stück des Centralkammes, das von der Dent de Morcles (2980 m) bis zur Gemmi streicht, besitzt eine durchschnittliche Erhebung von circa 2700 m über dem Meere und nur einzelne Gipfel, wie diejenigen der Diablerets, des Wildhorns und Wildstrubels übersteigen die Höhe von 3250 m. Unmittelbar östlich vom Gemmipass finden wir eine bedeutendere Erhebung des Gebirges, das im Balmhorn sich bis zu einer Höhe von 3741 m hinaufschwingt. Die eigentliche Massenerhebung mit den höchsten Gipfeln beginnt aber erst östlich vom Lötschenpass (2695 m) und reicht bis zum Grimselpass; sie ist zugleich jener Theil der Berner Alpen, welcher sich durch eine mächtige und ausgedehnte Gletscherbedeckung auszeichnet.

Die Abgrenzung dieses ein zusammenhängendes Ganzes bildenden Gletschergebietes erfolgte nach folgenden Tiefenlinien: Im Süden die Rhone bis zur Einmündung der Lonza — im Westen die Lonza aufwärts bis Ferden, wo der vom Lötschenpass herabkommende Ferdenbach in die Lonza mündet; ferner dem Ferdenbach entlang zum Lötschenpass, über den Lötschengletscher nach Gasteren an der Kander, dem Abflusse des Kanderfirns (Alpetligletschers); von Gasteren das Gasteren- und Kanderthal abwärts zur Einmündung des Stegenbaches — im Norden der Stegenbach, Cote 2469 m südlich vom Schwarzgrätli, der Dündenbach bis zu seiner Vereinigung mit dem Pöchtenbach, die Sefinen Furgge (2616 m), über die Sefinalpe in das Sefinenthal, das Lauterbrunnenthal abwärts bis zur Einmündung des Trümmelbaches, das Trümlententhal, über die Wengernalp zur Kl. Scheidegg (2066 m), der Wergistthalbach, die Weiße Lutschine bis zu ihrer Verbindung mit der Schwarzen Lutschine, längs des Gebirgsabfalles am Hotel Wetterhorn und Lauchbühl vorüber zur Gr. Scheidegg (1961 m), der Reichenbach bis zur Einmündung in die Aare gegenüber Meiringen — im Osten die Aare von Meiringen bis zum Spitalboden, über das Grimselhospiz und den Grimselpass zum Todten See, aus dem der Maienbach zur Rhone abfließt.²⁾

¹⁾ Fr. Ratzel, »Höhengrenzen und Höhengürtel«, Zsch. d. D. u. Ö. A.-V. 1889, S. 131.

²⁾ Die Finsteraarhorn-Gruppe erscheint sonach mit Rücksicht auf ihr Gletschergebiet viel enger begrenzt, als dies B. Studer »Orographie der Schweizer Alpen«, Petermann's Mittheilungen 1869, Seite 241 gethan hat, welcher die Begrenzung dieser Gruppe folgendermaßen vorgenommen hat: Von Leuk im Rhonethal die Dala aufwärts, Kanderthal, von Frutigen nach Spiez, südliches Ufer des Thuner- und Briener-Sees, die Aare aufwärts bis auf die Grimsel und von da abwärts zur Rhone nach Oberwald.

Die Ausmessung des so umschlossenen Gebietes, welches ungefähr die Gestalt eines Rechteckes mit den Langseiten im SO und NW und Breitseiten im SW und NO besitzt, wurde auf folgenden Blättern des Topographischen Atlas der Schweiz 1:50.000 vorgenommen: Blatt 393 Meiringen, 397 Guttannen, 396 Grindelwald, 490 Obergestelen, 489 Jungfrau, 488 Blümlisalp, 463 Adelboden, 494 Binnenthal, 493 Aletschgletscher, 492 Kippel, 473 Gemmi, 497 Brieg und 496 Visp.¹⁾

Die Messungen wurden mit einem Amsler'schen Polarplanimeter in der Weise ausgeführt, dass auf jedem Kartenblatte von dem zur Gruppe gehörigen Gebiete die Areale, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Isohypsen in der Aequidistanz von 150m liegen, ausgemessen

Tabelle I.
Areal der Höhenstufen.

| Höhenstufe m | Gesamtareal in km ² . | Vergletschertes Areal in km ² . | Schneefreies Areal in km ² . | Gesamtareal in Procent der ganzen Gruppe | Vergletschertes Areal | Schneefreies Areal |
|--------------|----------------------------------|--|---|--|-----------------------|--------------------|
| 450—600 | 0.212 | — | 0.212 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 600—750 | 15.703 | — | 15.703 | 1.2 | 0.0 | 1.2 |
| 750—900 | 15.460 | — | 15.460 | 1.2 | 0.0 | 1.2 |
| 900—1050 | 19.787 | — | 19.787 | 1.5 | 0.0 | 1.5 |
| 1050—1200 | 26.697 | 0.066 | 26.631 | 2.1 | 0.0 | 2.1 |
| 1200—1350 | 34.064 | 0.214 | 33.850 | 2.7 | 0.0 | 2.7 |
| 1350—1500 | 45.302 | 0.391 | 44.911 | 3.5 | 0.0 | 3.5 |
| 1500—1650 | 50.232 | 0.864 | 49.368 | 3.9 | 0.1 | 3.8 |
| 1650—1800 | 58.753 | 3.200 | 55.553 | 4.6 | 0.2 | 4.4 |
| 1800—1950 | 66.552 | 4.263 | 62.289 | 5.2 | 0.3 | 4.9 |
| 1950—2100 | 76.536 | 6.478 | 70.058 | 6.0 | 0.5 | 5.5 |
| 2100—2250 | 82.346 | 10.014 | 72.332 | 6.5 | 0.8 | 5.7 |
| 2250—2400 | 92.551 | 22.556 | 69.995 | 7.2 | 1.8 | 5.4 |
| 2400—2550 | 102.095 | 32.505 | 69.590 | 8.0 | 2.6 | 5.4 |
| 2550—2700 | 107.643 | 45.856 | 61.787 | 8.4 | 3.6 | 4.8 |
| 2700—2850 | 107.603 | 57.574 | 50.029 | 8.4 | 4.5 | 3.9 |
| 2850—3000 | 100.248 | 65.623 | 34.625 | 7.8 | 5.1 | 2.7 |
| 3000—3150 | 95.328 | 68.276 | 27.052 | 7.5 | 5.3 | 2.2 |
| 3150—3300 | 66.891 | 52.389 | 14.502 | 5.2 | 4.1 | 1.1 |
| 3300—3450 | 47.258 | 37.459 | 9.799 | 3.7 | 2.9 | 0.8 |
| 3450—3600 | 35.904 | 28.972 | 6.932 | 2.8 | 2.3 | 0.5 |
| 3600—3750 | 21.523 | 17.000 | 4.523 | 1.7 | 1.3 | 0.4 |
| 3750—3900 | 8.179 | 5.827 | 2.352 | 0.7 | 0.5 | 0.2 |
| 3900—4050 | 2.289 | 1.397 | 0.892 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 4050—4200 | 0.406 | 0.261 | 0.145 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| über 4200 | 0.013 | 0.010 | 0.003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe . . . | 1279.575 | 461.195 | 818.380 | 100.0 | 36.0 | 64.0 |

wurden; hierauf wurde durch neuerliche Messung bestimmt, wie viel von diesen Arealen auf eis- und schneebedecktes und wie viel auf gletscherfreies Terrain entfällt. Überdies wurde die Größe aller Gletscher der Finsteraarhorn-Gruppe ermittelt, und zwar wurde nicht nur die Gesamtfläche derselben gemessen, sondern, wie aus der weiter unten stehenden Gletschertabelle hervorgeht, auch das Areal der einzelnen Höhenstufen bestimmt; kleinere Flächen der Gletscher wurden mit dem Millimeterpapier ausquadiert. Bei der Umrechnung der Planimeter-

¹⁾ Das Blatt Visp lag mir, da es noch nicht publiciert ist, nur in einer Copie ohne Beschreibung vor, welche das nördlich von der Rhone gelegene Gebiet enthielt. Diese Copie wurde mir von Herrn Oberst Lochmann in Bern freundlichst übermittelt, wofür ich ihm hierdurch meinen besten Dank abstatte.

Einheiten in *qkm* wurde die verschiedene Contraction der einzelnen Kartenblätter berücksichtigt, die sich in manchen Fällen als nicht unbedeutend erwies; so betrug eine Planimetereinheit, welche nach meiner Einstellung des Instrumentes (1 Einheit = 10 mm^2) und bei dem Maßstabe der Karten (1:50.000) 2.500 Hectar hätte gleichkommen sollen, z. B. bei den Blättern Kippel und Guttannen 2.546, respective 2.543 Hectar.

In Tabelle I S. 134 II S. 135 u. III (Seite 142 ff.) theile ich die Ergebnisse meiner Ausmessungen mit. Tabelle I enthält das Areal der Höhenstufen der Finsteraarhorn-Gruppe mit Angabe der Größe des vergletscherten und schneefreien Terrains in absolutem Maße und in

Tabelle II.

Areal der Höhengschichten.

| Höhen- schichte m | Gesamtareal in km^2 | Vergletscher- tes Areal in km^2 | Schneefreies Areal in km^2 | Gesamt- areal in Procent | Verglet- schertes Areal der ganzen Gruppe | Schnee- freies Areal |
|----------------------|---------------------------------|--|--|--------------------------------|--|----------------------------|
| über 450 m | 1279.575 | 461.195 | 818.380 | 100.0 | 36.0 | 64.0 |
| 600 | 1279.363 | 461.195 | 818.168 | 100.0 | 36.0 | 64.0 |
| 750 | 1263.660 | 461.195 | 802.465 | 98.8 | 36.0 | 62.8 |
| 900 | 1248.200 | 461.195 | 787.005 | 97.6 | 36.0 | 61.6 |
| 1050 | 1228.413 | 461.195 | 767.218 | 96.1 | 36.0 | 60.1 |
| 1200 | 1201.716 | 461.129 | 740.587 | 94.0 | 36.0 | 58.0 |
| 1350 | 1167.652 | 460.915 | 706.737 | 91.3 | 36.0 | 55.3 |
| 1500 | 1122.350 | 460.524 | 661.826 | 87.8 | 36.0 | 51.8 |
| 1650 | 1072.118 | 459.660 | 612.458 | 83.9 | 35.9 | 48.0 |
| 1800 | 1013.365 | 456.460 | 556.905 | 79.3 | 35.7 | 43.6 |
| 1950 | 946.813 | 452.197 | 494.616 | 74.1 | 35.4 | 38.7 |
| 2100 | 870.277 | 445.719 | 424.558 | 68.1 | 34.9 | 33.2 |
| 2250 | 787.931 | 435.705 | 352.226 | 61.6 | 34.1 | 27.5 |
| 2400 | 695.380 | 413.149 | 282.231 | 54.4 | 32.3 | 22.1 |
| 2550 | 593.285 | 380.644 | 212.641 | 46.4 | 29.7 | 16.7 |
| 2700 | 485.642 | 334.788 | 150.854 | 38.0 | 26.1 | 11.9 |
| 2850 | 378.039 | 277.214 | 100.825 | 29.6 | 21.6 | 8.0 |
| 3000 | 277.791 | 211.591 | 66.200 | 21.8 | 16.5 | 5.3 |
| 3150 | 182.463 | 143.315 | 39.148 | 14.3 | 11.2 | 3.1 |
| 3300 | 115.572 | 90.926 | 24.646 | 9.1 | 7.1 | 2.0 |
| 3450 | 68.314 | 53.467 | 14.847 | 5.4 | 4.2 | 1.2 |
| 3600 | 32.410 | 24.495 | 7.915 | 2.6 | 1.9 | 0.7 |
| 3750 | 10.887 | 7.495 | 3.392 | 0.9 | 0.6 | 0.3 |
| 3900 | 2.708 | 1.668 | 1.040 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 4050 | 0.419 | 0.271 | 0.148 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4200 | 0.013 | 0.010 | 0.003 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Procent des Gesamtareals der ganzen Gruppe ausgedrückt. In Tabelle II finden sich das Areal der Höhengschichten und ihre Procentantheile an der Gesamtfläche der Gruppe.

Als Größe des gesammten von mir ausgemessenen Gebietes ergab sich 1279.575 *qkm*; davon entfallen 461.195 *qkm* auf vergletschertes und 818.380 *qkm* auf gletscherfreies Terrain. Die Größe der Schneebedeckung nimmt mit wachsender Höhe zu und erreicht auf der Höhenstufe 3000 bis 3150 m den absoluten Maximalwerth; von da an wird sie mit noch größer werdender Höhe wegen der allgemeinen Zunahme der Steilheit des Gesamtareals wieder kleiner. Das Überwiegen des vergletscherten Areals über das schneefreie Terrain tritt bereits in der Höhenstufe 2700—2850 m ein. Betrachten wir dagegen die Höhengschichten (siehe Tabelle II), so ergibt sich, dass schon über 2100 m die vergletscherte Fläche vorherrschend ist. Von der gesammten Gletscher-

fläche der Finsteraarhorn-Gruppe (46119·5 Hectar) gehören 20877·0 Hectar der Nordseite und 25242·5 Hectar der Südseite an. Es zeigt sich somit daselbst ein ähnliches Verhältniß, wie in den Hohen Tauern¹⁾, dass nämlich die Vergletscherung südlich vom Centralkamm stärker auftritt, als nördlich von demselben, wobei der Umstand ausschlaggebend ist, dass der Große Aletsch - Gletscher sich südlich vom Hauptkamm befindet.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass die Berner Alpen östlich vom Lötschenpass mit einemmale eine bedeutende Anschwellung der Firn- und Gletschermassen aufweisen. Diese Thatsache hat in der eigenthümlichen Kammgliederung der Finsteraarhorn-Gruppe ihren Grund. Während von der Dent de Morcles bis zum Lötschenpass ein einheitlicher Hauptkamm fortstreicht, dessen höchste Erhebungen kleine Gletschercentren darstellen, erfolgt östlich vom Lötschenpass eine Zertheilung des Hauptkammes in mehrere Glieder, an denen und zwischen denen eine ungeheurere Firndecke Raum findet.

Zunächst setzt sich der Centralkamm, welcher von der Gemmi zum Lötschenpass hinzieht und dem das Balmhorn angehört, in der Richtung von Südwest nach Nordost fort. Er bildet nordöstlich vom Hocken- und Schilthorn (3164 *m* und 3297 *m*) den ganz verfirnten Petersgrat und zieht über das Tschingelhorn (3581 *m*) und Breithorn (3779 *m*) zum Mittaghorn (3895 *m*), zu der Jungfrau (4166 *m*) und dem Mönch (4105 *m*); von da wendet er sich westwärts über den Fieschergrat zum Großen und Kleinen Fiescherhorn (4049 *m* und 3905 *m*), dann zur höchsten Culmination der ganzen Gruppe, dem Finsteraarhorn (4275 *m*), und setzt sich, an Höhe wieder bedeutend abnehmend, im Studerhorn (3637 *m*), Oberaarhorn (3642 *m*), Löffelhorn (3098 *m*), Gr.⁴ und Kl. Siedelhorn (2881 *m* und 2766 *m*) zum Grimselpass fort. Die Kammstrecke zwischen Lötschenpass und Grimselpass hat nach L. Neumann²⁾ die beträchtliche mittlere Kammhöhe von 3350 *m*. Dieser hohe Kamm stellt die Hauptwasserscheide zwischen Aare und Rhone dar, und auf ihm verläuft auch die Grenze zwischen den Cantonen Bern und Wallis. Das westliche Kammstück, dem so hervorragende Firnhäupter, wie die Jungfrau und der Mönch, angehören, bildet jene prächtige Mauer, deren Anblick von dem Lauterbrunnen- und Lütschinenthal so majestätisch wirkt, weil die Höhenunterschiede hier auf kurze Strecken 2500 bis 3000 *m* und selbst darüber betragen. Die Übergänge über den Centralkamm liegen alle sehr hoch. Die Märwiglücke hat noch eine Höhe von 2944 *m*, die Wetterlücke zwischen Tschingel- und Breithorn liegt schon 3159 *m*, das Schmadrijoche 3311 *m* hoch; noch höher steigt das Mittagjoch, das Ebnefluhjoch hat eine Höhe von 3750 *m*, der Roththalsattel sogar von 3857 *m*. Die Kammlinie zeigt eben zwischen dem Großhorn (3765 *m*) und der Jungfrau sehr geringe Undulationen, so dass die Jöcher nicht viel tiefer liegen, als die Gipfel selbst. Eine relativ größere Depression ist das Jungfraujoche (3470 *m*) zwischen Jungfrau und Mönch. Der Fieschergrat mit einer durchschnittlichen Höhe von über 3600 *m* hat einen Übergang durch das Untere Mönchjoche (circa 3600 *m*). Das Agassizjoche zwischen Agassizhorn (3956 *m*)

¹⁾ S. Ed. Brückner, „Die Hohen Tauern und ihre Eisbedeckung.“ Ztschr. d. D. und Ö. A.-V. 1886. S. 177.

²⁾ L. Neumann, „Die mittlere Kammhöhe der Berner Alpen.“ Freiburg im Breisgau 1888.

und Finsteraarhorn hat die respectable Höhe von 3850 m; das Untere Stoderjoch senkt sich zu 3428 m herab und das Oberaarjoch hat nur noch eine Höhe von 3233 m. Der Centralkamm stellt sich somit wegen der überaus hohen Lage seiner Einsattelungen als äußerst wenig durchgängig dar; er erreicht in seinem Mittelstücke, welches die Nordeinfassung der Firnfelder des Großen Aletschgletschers und Fiescher-Gletschers bildet, seine größte Höhe und sinkt von da sowohl gegen Westen zum Lötschenpass, als auch gegen Osten zum Grimselpass allmählig herab.

Parallel mit dem westlichen Theile des Centralkammes ziehen zweifach verzweigte Kämme, von denen der eine, der Blümlisalpamm nördlich und der andere, der Aletschhornkamm,¹⁾ südlich vom Centralkamm verläuft. Der Blümlisalpamm füllt das Gebiet zwischen dem Kander- und Lüttschinenthal aus und enthält folgende Gipfel: Das Kleine und Große Doldenhorn (3474 m und 3647 m), das Öschinenhorn (3490 m), das Blümlisalphorn (3669 m), die Weiße Frau (3661 m), das Gspaltenhorn (3437 m), von dem aus sich der Kamm in der Tschingelspitz (3318 m) und dem Tschingelgrat fortsetzt. Es ist eine über 3000 m hohe, auf ihren nordwestlichen und südöstlichen Abhängen gletschertragende Gebirgskette, welche ihre tiefsten Depressionen im Fründenjoch (3001 m) und in der Gamchilücke (2838 m) besitzt. Von jedem der genannten Gipfel strahlen kurze Seitenäste in nordwestlicher Richtung zum Öschinensee (114 Hectar), zum Kient- und Sefinenthal aus. In den Mulden zwischen diesen Seitenkämmen und dem Blümlisalpamm breiten sich Firnmassen aus, welche aber wegen der raschen Aufeinanderfolge der Gebirgsäste und ihrer kurzen Erstreckung keine größere Ausdehnung erlangen.

Die zweite mit dem Centralkamm parallele Höhenkette, der Aletschhornkamm, erhebt sich aus dem Rhonethal und streicht anfangs allerdings in süd-nördlicher Richtung, um aber dann von der Hohgleifen (3280 m) an gleichfalls von Südwest nach Nordost zu verlaufen. Die Gipfelerhebungen sind auch hier bedeutend: Das Wilerhorn (3311 m), Kleines Nesthorn (3348 m), Breitlauhorn (3663 m), Breithorn (3783 m), Schienhorn (3790 m), Distelhorn (3748 m); das Kammstück vom Sattelhorn (3745 m) zum Aletschhorn (4182 m) zieht in westöstlicher Richtung und nimmt von diesem ab zum Dreieckhorn (3822 m) zuerst eine nördliche und dann wieder die Richtung nach Ost an. Auch von diesem Kamme zweigen zahlreiche Seitenäste ab, von denen die nach Süden gerichteten mehr in Betracht kommen, als die nach Norden zum Lötschenthal streichenden kurzen Abzweigungen. Vom Wilerhorn zieht ein Seitenkamm nach Süden, ein zweiter vom Kleinen Nesthorn, der im Bietschhorn oder Großen Nesthorn (3953 m) bedeutend höher wird, als das dem Hauptkamm angehörige Kleine Nesthorn; das Bietschhorn selbst sendet wieder zwei Äste nach Westen und Süden aus. Auch das Breitlauhorn und Breithorn sind die Ausgänge von Seitenkämmen; vom Breithorn geht eine Abzweigung zum Gredetschhörli, die sich noch weiterhin in mehrere Glieder zertheilt. Desgleichen laufen vom Aletsch- und Dreieckhorn Seitenkämme nach Süden aus. Von Übergängen über den so reich gegliederten Aletschhornkamm sind zu erwähnen: Das Wilerjoch (3078 m), das über 3200 m hohe Baltschiederjoch, der Beichpass (3136 m); die Sattellücke zwischen Distelhorn und Sattelhorn hat

¹⁾ Nach seiner höchsten Erhebung, dem Aletschhorn (4182 m), benannt.

eine Höhe von 3511 m. In den Seitenkämmen liegen die Ijollilücke, südlich vom Wilerhorn, die Gredetslücke (3003 m) und das Gredetschjoch (3522 m).

Der zwischen dem Blümlisalp- und Aletschhornkamm hindurchziehende, auch vielfach verzweigte Centralkamm ist mit diesen beiden Höhenketten durch querliegende Äste verbunden. So zieht vom Tschingelhorn ein Querrücken, welcher im Tschingelpass (2824 m) seine tiefste Stelle besitzt, über das Mutthorn (3041 m) zum Blümlisalp- und bildet die Wasserscheide zwischen der Kander einerseits und der Weissen Lutschine andererseits; der vom Mittaghorn zum Sattelhorn streichende Anengrat stellt wiederum die Verbindung zwischen dem Centralkamm und dem Aletschhornkamm her; er hat seine tiefste Depression in der Lötschenlücke (3204 m) und ist die Wasserscheide zwischen dem Lötschenthale und dem Thale des Großen Aletsch-Gletschers. Kurze, wenig hohe Seitenkämme des Centralkammes ziehen in das Kanderthal herab; auch im Süden werden unter der Firn- und Eisdecke des Gletschers südlich vom Petersgrat kleine Seitenäste sichtbar, zwischen denen eine große Zahl von Gletscherbächen der Lonza zueilen. Längere Seitenkämme gehen vom Breithorn des Centralkammes und dem Großhorn (3765 m) aus. Von der Ebnefluh (3964 m), Cote 3784 m südlich vom Roththalhorn (3946 m) und dem Mönch zweigen Gebirgsäste ab, welche im Kranzberg (3719 m) und Trugberg (3933 m) bedeutende Höhen erreichen und die Westhälfte des Firnbeckens des Großen Aletsch-Gletschers in drei Mulden, den Ebnefluh-, Kranzberg- und Jungfrau-Firn gliedern. Die Seitenkämme, welche vom Breithorn bis zum Mönch sich nordwärts vom Centralkamm ablösen, schließen Firnmulden ein und bilden die mächtigen Felsabstürze in das Roththal und Lauterbrunnenthal. Vom Mönch leitet ein Seitenast zum Eiger (3975 m) hinüber, der sich dann weiter als scharfer, jäher Grat zwischen dem Mittellegi und Kalli Firn nach Nordosten fortsetzt.

Die Zahl der Gletscher, welche zwischen den Hauptkämmen und ihren muldenartige Becken schaffenden Verzweigungen liegen, ist eine recht stattliche. Nördlich vom Centralkamm bis zum Mönch befinden sich der Kanderfirn (Alpetli-Gletscher), Tschingel-Gl., Breithorn-Gl., das Silberlauri, dessen Firnfeld das Roththal ausfüllt, der Gießen-Gl., Guggi-Gl., Eiger-Gl., u. a. Südlich von diesem Theile des Centralkammes liegen die Gletscher südöstlich vom Petersgrat, dessen einzelne Theile verschiedene Namen führen: Inner-Thal-Gl., Äußer-Thal-Gl., Telli-Gl., Tennbach-Gl. und Mühlebach-Gl., dann der Jägi-Gl. und Lang-Gl.

Auf der steilen Nordabdachung des Aletschhornkammes finden sich nur kleine Gletscher und Schneeflecken; hingegen liegen zwischen den zahlreichen südwärts gerichteten Seitenästen dieses Kammes auch bedeutendere Gletscher, so der Ijoli-Gl., Baltschieder-Gl., der Ober-Aletsch-Gl., Triest-Gl. und der mit dem Großen Aletsch-Gl. sich vereinigende Mittel-Aletsch-Gl.

Der Aletschhornkamm bricht mit dem Dreieckhorn an dem Thale des Großen Aletsch-Gletschers ab, und ein vom Dreieckhorn nach Süden zum Olmenhorn (3318 m) verlaufender Seitenkamm flankiert im Westen die Zunge dieses Gletschers, dessen Abfluss, die Massa, in die Rhone mündet. Im Osten wird das Firnfeld und die langgestreckte Eiszunge von einem Seitenkamme des Centralkammes begrenzt; diese südwärts gerichtete Abzweigung, der Fiescherkamm, beginnt am Großen Fiescherhorn (4049 m) und zieht über das Hintere Fiescherhorn (4020 m), Kl. und Gr. Grünhorn (3927 m und 4047 m), Grünhörli (3600 m), Schönbühl-

horn (3864 m), Gr. und Kl. Wannehorn (3905 m und 3717 m), die Walliser Fiescherhörner, Strahlhörner, das Eggishorn (2934 m) zum Bettmerhorn (2865 m). In dieser östlichen Einfassung des Großen Aletsch-Gletschers befinden sich folgende größere Depressionen: Der Märjelen See ¹⁾ zwischen dem Eggishorn im Süden und den Strahlhörnern im Norden am Ostrand der Gletscherzunge in einer Höhe von 2367 m; die Grünhornlücke (3305 m) vermittelt den Übergang aus dem Firnfeld des Großen Aletsch-Gletschers in den Walliser-Fiescher-Firn; in seinem weiteren Verlaufe bis zum Gr. Fiescherhorn zeigt der Fiescherkamm keine tiefere Einsattelung mehr.

Der Fiescherkamm hat auch östliche und westliche Seitenäste, so den Distel- und Triftgrat im Osten und den Herbrigsgrat und zwei weitere Abzweigungen im Westen, welche mit dem Faulberg (3244 m) und dem Grüneck (3287 m) enden. Der letztere Seitenast trennt wieder zwei Theile des Firnfeldes des Großen Aletsch-Gletschers von einander: Das Ewig Schneefeld und ein namenloses Firnfeld, das vom Grüneck, Grüneckhorn, Grünhörli, Kamm und Faulberg begrenzt wird und das wir Grünhorn-Firn benennen wollen. Das ausgedehnte Firnbecken des Großen Aletsch-Gletschers besteht somit aus folgenden sechs Theilen: Aus dem Ebnefluh- und Kranzberg-Firn, welche beide mit etwas steilerer Neigung zu dem Großen Aletsch-Firn herabfließen, ferner aus dem Jungfrau-Firn, dem Ewig Schneefeld und dem Grünhorn-Firn. Alle diese Firnmassen bewegen sich nach dem ziemlich ebenen Concordiaplatz, von dem dann nach Süden sich die rechts und links von bedeutenden Höhen begleitete Zunge erstreckt, welcher noch die zwischen den Seitenrippen des linksseitigen Kammes Dreieckhorn-Olmehorn gelegenen Firnmassen, der ganze Mittel-Aletsch-Gletscher und auf der rechten Seite der auf der westlichen Abdachung der Wannehörner und des Schönbühlhornes gelegene Schönbühl-Gletscher tributär werden.

Ausser dem Fiescherkamm hat der Centralkamm in seiner östlichen Hälfte noch andere südliche Seitenkämme. So bewirkt ein vom Finsteraarhorn südöstlich zum Finsteraar-Rothhorn (3549 m) streichender Ast die Theilung des Firnfeldes des Fiescher-Gl. in den Walliser-Fiescher-Firn im Westen und den Studer- und Galmi-Firn im Osten. Ein längerer Seitenkamm, der Galmikamm, löst sich vom Rothhorn (3458 m) ab und verläuft über das Hintere und Vordere Galmihorn (3482 m und 3524 m) zum Wasenhorn (3457 m) und Setzenhorn (3065 m). Abzweigungen des Galmikammes führen zum Ritzenhorn (2870 m) und Kastlenhorn (2844 m).

Die Seitenkämme, welche vom Centralkamme nach Norden ziehen, sind wieder vielfach verzweigt. Ein kürzerer Kamm geht vom Kl. Fiescherhorn zum Grindelwald. Grünhorn oder Pfaffenstöckli (3121 m) und theilt das Firnfeld des Unter-Grindelwald-Gletschers in zwei Theile, in den westlichen Grindelwald-Fiescher-Firn und das östliche Obere Eismeer. Vom Agassizhorn beginnt ein Hauptast, der Schreckhornkamm, mit vorherrschender Nordrichtung, von dem wieder zahlreiche Seitenkämme abzweigen, welche den ganzen nordwestlichen Theil der Finsteraarhorn-Gruppe bis zur Aare einnehmen. Der Schreckhornkamm führt über das Finsteraarjoch (circa 3350 m), welches aus dem Oberen Eismeer in den

¹⁾ Der 43 Hectar große Märjelen-See ist, wie die meisten anderen Gletscherseen, ein Abdämmungssee, indem der das Hauptthal erfüllende Aletsch-Gl. den Abfluss eines Seitenthales aufstaut. Der See besitzt aber auch einen östlichen Ausfluss, den Seebach, der nordöstlich zur Zunge des Fiescher-Gl. fließt, um sich mit dem Fiescherbache zu vereinigen.

Finsteraar-Firn herüberleitet, zu den Strahlegghörnern (Cote 3453 m), den Schreck- und Lauteraarhörnern, dem Gr. Lauteraarhorn (4043 m), Gr. Schreckhorn (4080 m), Nässihorn (3759 m), geht von hier in nordöstlicher Richtung zum Berglistock (3657 m), in nördlicher zum Rosenhorn (3691 m), wendet sich dann westlich zum Mittelhorn (3708 m), um mit dem Wellhorn (3196 m) und dem Welligrat zu endigen. Dieser Kamm bildet die Scheide zwischen dem Ober-Grindelwald-Gletscher und Schwarzwald-Firn einerseits und dem Lauteraar-Firn, Gauli- und Rosenlauge-Gletscher andererseits. Von Übergängen über den Schreckhornkamm sind neben dem bereits genannten Finstaarjoch noch zu erwähnen: Der Strahleggpas (3351 m), der Lauteraarsattel (3156 m) und das Berglijoch (3441 m).

Dieser Kamm sendet gegen Osten mehrere Seitenäste aus. So setzen sich die Strahlegghörner von der Cote 3453 m südöstlich fort und erreichen in der Nasse-Strahlegg eine Höhe von 3488 m. Auch vom Gr. Lauteraarhorn zweigt ein Ast nach Südosten ab und führt zum Abschweg (3143 m); er trennt den Strahlegg-Firn vom Lauteraar-Firn und -Gletscher. Vom Nässihorn läuft dagegen ein Kamm in westnordwestlicher Richtung über das Kl. Schreckhorn (3497 m), Gwächten (3169 m) zum Mettenberg (2998 m). Zwischen den zahlreichen nach Südwest gerichteten Gebirgsrippen liegen Firne, welche zum Unter-Grindelwald-Gletscher gehören. Das Mittelhorn sendet einen Ast zum Wetterhorn oder der Hasle Jungfrau (3703 m); die Felsabstürze des Wetterhorns und Wellhorns zur Großen Scheidegg sind wieder sehr steil und imposant. Ein langer Seitenkamm des Schreckhornkammes, der Hühnerstockkamm, geht vom Berglistock zunächst in südöstlicher Richtung zum Ewigschneehorn (3331 m), dann noch vor dem Hubelhorn (3256 m) ostwärts weiter zum Hühnerstock (3348 m), Bächlistock (3270 m), Brandlammhorn (3115 m) und Juchlistock (2851 m). Südlich von diesem Kamme befindet sich der Lauteraar-Gletscher, welcher mit dem von Südwesten kommenden Finsteraar-Gletscher den Unteraar-Gletscher zusammensetzt, ferner der Hintere und Vordere Trift-Gletscher. Auch der Hühnerstockkamm besitzt noch weitere Abzweigungen, so vom Ewigschneehorn zum Grünbergli (2783 m), vom Hubelhorn und dem Hühnerstock, welche das Firnfeld des Gauli-Gletschers in drei Theile, den eigentlichen Gauli-Firn, den Grünbergli-Gl. und den Hühnerthäli-Gl. trennen; aus dem Gauli-Gletscher fließt das Urbachwasser der Aare zu. Vom Bächlistock streicht der Grubenrat nach Norden über das Hühnerthälihorn (3181 m), das Ritzlihorn (3282 m) zu den Gallauistöcken. Nördlich vom Bächlistock zweigt ein Ast nach Osten zum Diamantstock (2800 m) und Aelplstock (2895 m) ab und bildet die nördliche Einfassung des Bächli-Gletschers. Ähnliche östliche Abzweigungen des Grubenrates rahmen Kare ein, in denen sich der Gruben-Gl., Aeren-Gl. und Wissbach-Gl. befinden. Neben dem so reich gegliederten Hühnerstockkamm hat der Schreckhornkamm noch andere Seitenäste. Vom Rosenegg, südlich vom Rosenhorn, läuft ein Seitenkamm zum Renfenhorn (3272 m), Hangendgletscherhorn (3294 m) und endigt im Tellen- und Kammtigrat. Das Renfenhorn sendet wieder einen Seitenast nach Norden über das Dossenhorn (3140 m), Gstellhorn (2857 m), Engelhorn (2783 m) zur Hohjägiburg (2641 m); in diesem Kamme liegt der Urbachsattel (2481 m).

Der am Obaraarhorn vom Centralkamm sich nach Norden erstreckende Ast erreicht bei weitem nicht die Ausdehnung des Schreckhornkammes; er zieht zum Grunerhorn (3510 m), Scheuchzerhorn (3471 m) in nordöstlicher Richtung, um dann zum Thierberg (3202 m) und zum

Hinteren und Vorderen Desorstock (3042 m und 2922 m) mehr ostwärts zu verlaufen. Zwischen diesem Kamme und dem Centralkamme befindet sich der Oberaar-Gletscher, aus dem die Oberaar, der Quellfluss der Aare, entspringt. Vom Scheuchzerhorn führt ein kurzer Ast nach Norden zum Escherhorn (3101 m), und auch vom Thierberg und Desorstock zweigen kurze Kämme nach Norden ab, kleinere Mulden und Nischen bildend, deren Firnmassen sich mit der Zunge des Unteraar-Gletschers vereinigen.

* * *

Die Finsteraarhorn-Gruppe repräsentiert mit diesen ihren zahlreichen Gipfeln, Kämmen und Mulden, welche die Höhe von 3000 m weit überschreiten, eine der großartigsten und massigsten Erhebungen der Alpen; das Areal, das über 3000 m Höhe gelegen ist, beträgt 21·8 Procent der Gesamtfläche, auf die Höhenschichten von 3150 m und 3300 m entfallen 14·3 u. 9·1 Procent der ganzen Gruppe (s. Tab. II S. 135). Da nun die Größe der Vergletscherung im innigsten Zusammenhange mit der Massigkeit der Erhebung einer Gebirgsgruppe steht, so dass ihr Gletscherareal um so größer ist, je größer die über der Schneegrenze gelegene Fläche ist¹⁾ so bringt es auch die gewaltige Erhebung der Finsteraarhorn-Gruppe mit sich, dass sie ein ausgedehntes Gletschergebiet enthält. Der Gebirgsbau daselbst mit seiner reichen Kammgliederung, welche innerhalb der vielen nach allen Richtungen ausstrahlenden Seitenkämme und Verästelungen die Bildung zahlreicher größerer und kleinerer Mulden hervorruft, bietet die Möglichkeit einer ungeheueren Schneeanhäufung, so dass die sich ansammelnden mächtigen Firnlager zur Nahrung einer großen Anzahl von Gletscherzungen dienen können, welche nördlich und südlich von der Wasserscheide zwischen Aare und Rhone gleichsam radienartig nach allen Richtungen sich erstrecken. »Das Berner Oberland ist,« wie Mousson sagt,²⁾ »ein Ausstrahlungscentrum für ein ganzes System zusammengehörender Gletscher, geradeso wie der Gebirgsstock des Montblanc, die Gebirgsmasse des Monte Rosa, diejenige des Ortler u. a.«

Dieser für eine reichliche Gletscherentwicklung günstige Gebirgsbau macht die Finsteraarhorn-Gruppe zu einem der größten Gletschergebiete der Alpen; die gesammte Gletscherfläche daselbst hat die stattliche Grösse von 461 km², d. i. 36 Procent des Gesamtareals der Gruppe, eine Fläche, deren Größe von keiner der vergletscherten Gebirgsgruppen der Ostalpen erreicht wird; nur wenn man die Ötztaler und Stubayer Alpen zusammennimmt oder die gesammten Tauern im Sinne der »Eintheilung der Ostalpen« von A. Böhm in Betracht zieht, erhält man vergletscherte Flächenräume von 484 km², respective 530 km².

Die Gesamtzahl der Gletscher in der Finsteraarhorn-Gruppe beträgt 101; sie sind in der nachfolgenden Tab. III aufgezählt mit Angabe ihres Gesamtareals und der Größe der einzelnen Höhenstufen.

¹⁾ Vgl. »Die Vertheilung der Vergletscherung in den Ostalpen.« XV. Jahresbericht des Vereines der Geographen an der Universität Wien. 1889.

²⁾ A. Mousson, »Die Gletscher der Jetztzeit«, S. 9.

³⁾ A. Heim, »Gletscherkunde«, S. 47, gibt die ganze Schnee- und Eisfläche des Finsteraarhorngebietes mit circa 500 qkm an, was mit meinem Ergebnis so ziemlich übereinstimmt.

⁴⁾ Ed. Richter, »Die Gletscher der Ostalpen«, S. 299 und 300.

Tabelle III. Die Gletscher de

| Name des Gletschers | Unteres Gletscher- ende m | Areal der Höhenstufen in Hectar m | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1050 bis 1200 | 1200 bis 1350 | 1350 bis 1500 | 1500 bis 1650 | 1650 bis 1800 | 1800 bis 1950 | 1950 bis 2100 | 2100 bis 2250 | 2250 bis 2400 | 2400 bis 2550 |
| | | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| Gl. wstl. v. Kl. | | | | | | | | | | | |
| Doldenhorn . | 2580 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Biberg-Gl. . . | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 10 |
| Doldenhorn-Gl. | 2232 | — | — | — | — | — | — | — | 0.8 | 8.6 | 10 |
| Fründen-Gl. . | 2370 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.5 | 1 |
| Öschinen-Gl. . | 2190 | — | — | — | — | — | — | — | 0.8 | 3.0 | — |
| Blümlisalp-Gl. | 2183 | — | — | — | — | — | — | — | 4.6 | 35.3 | 4 |
| Schneefleck zw Düdenhorn u. Bundstock | 2625 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck zw Bundstock u. Schwarzhorn | 2610 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gamchi-Gl. . . | 1952 | — | — | — | — | — | — | 31.0 | 74.6 | 71.3 | 8 |
| Schneefl. NW. Büttlassen . | 2510 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck E v. Sefinen-Furgge ¹⁾ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. NE v. Gspal- tenhorn, N v. Tschingelgrat | 1605 | — | — | — | 1.3 | 7.9 | 6.1 | 2.8 | 9.9 | 8.6 | — |
| Lötschen-Gl. ¹⁾ . | 2250 | — | — | — | — | — | — | — | — | 13.2 | — |
| Gl. S v Kl. u. Gr. Doldenhorn.. | 2250 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2.5 | — |
| Kanderfirn (Alpetli-Gl.) . | 1950 | — | — | — | — | — | — | 3.3 | 9.4 | 24.7 | 15 |
| Tschingel-Gl. . | 1890 | — | — | — | — | — | 2.8 | 15.2 | 14.2 | 32.6 | 15 |
| Breithorn-Gl. . | 2115 | — | — | — | — | — | — | — | 19.8 | 140.5 | 8 |
| Schmadri-Gl. . | 2019 | — | — | — | — | — | — | 3.6 | 12.2 | 26.9 | 8 |
| Breitlauenen-Gl. | 1695 | — | — | — | — | 2.8 | 2.8 | — | — | 17.5 | 8 |
| Silberlaui (Roth- thal) | 1230 | — | 2.0 | — | 3.6 | 6.3 | 3.3 | 6.6 | 3.0 | 8.8 | 8 |
| Gießen-Gl. . . | 1110 | 1.8 | 8.8 | 3.5 | 3.0 | 0.3 | — | 3.0 | 18.1 | 13.1 | — |
| Kühlau-Gl. . . | 1650 | — | — | — | — | 7.8 | 11.8 | 6.8 | 0.8 | 1.8 | — |
| Guggi-Gl. . . . | 2153 | — | — | — | — | — | — | — | 2.5 | 7.8 | 1 |
| Eiger-Gl. . . . | 2100 | — | — | — | — | — | — | — | 7.6 | 23.7 | 8 |
| Mittellegi und Höheneis . . | 2070 | — | — | — | — | — | — | 1.8 | 6.8 | 6.6 | — |
| Schneeflecke W v Schilthorn | 2280 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.5 | — |
| Gl. SE v. Peters- grat (Thalgl.) | 2534 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Jägi-Gl. . . . | 2214 | — | — | — | — | — | — | — | 4.3 | 31.8 | — |
| Lang-Gl. . . . | 1980 | — | — | — | — | — | — | 18.3 | 35.1 | 57.5 | — |
| Schneefleck N v. Hohgleifen. . | 3000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck am Kastlerjoch . | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck am Kastlerhorn . | 2850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Wiler-Gl. . . . | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. N v. Schwarz- horn | 2565 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Nest-Gl. . . . | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Birch-Gl. . . . | 2497 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

¹⁾ Wurde nicht vollständig einbezogen.

Finsteraarhorn-Gruppe.

| Areal der Höhenstufen in Hectar | | | | | | | | | | | Gesamt- areal des Gletschers in Hectar | Mittlere Höhe des Gletschers m |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|---|
| 2550 bis 2700 | 2700 bis 2850 | 2850 bis 3000 | 3000 bis 3150 | 3150 bis 3300 | 3300 bis 3450 | 3450 bis 3600 | 3600 bis 3750 | 3750 bis 3900 | 3900 bis 4050 | 4050 bis 4200 | | |
| 8.1 | 35.8 | 18.0 | 5.3 | 11.7 | 3.8 | 0.3 | — | — | — | — | 83.0 | 3010 |
| 33.2 | 23.3 | 5.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 72.0 | 2670 |
| 20.3 | 22.1 | 21.8 | 28.2 | 17.8 | 17.0 | 10.7 | 0.5 | — | — | — | 163.8 | 2940 |
| 34.0 | 25.4 | 18.3 | 18.3 | 6.9 | 4.1 | — | — | — | — | — | 118.8 | 2820 |
| 10.7 | 15.5 | 14.2 | 16.6 | 10.4 | 1.5 | 0.5 | — | — | — | — | 77.5 | 2880 |
| 61.1 | 74.3 | 89.0 | 89.0 | 87.5 | 53.8 | 37.0 | 8.4 | — | — | — | 588.2 | 2950 |
| 9.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 9.1 | 2650 |
| 4.1 | 1.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 5.4 | 2670 |
| 39.8 | 27.4 | 26.9 | 27.7 | 32.7 | 8.6 | 5.6 | 0.3 | — | — | — | 380.4 | 2570 |
| 7.6 | 2.0 | — | 15.5 | 0.5 | — | — | — | — | — | — | 26.4 | 2910 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4.3 | — |
| 6.9 | 11.4 | 53.8 | 46.2 | 15.5 | 1.8 | — | — | — | — | — | 175.5 | 2780 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 19.1 | — |
| 3.6 | 2.8 | 7.6 | 6.9 | — | — | — | — | — | — | — | 26.2 | 2790 |
| 315.2 | 341.6 | 393.4 | 259.5 | 98.3 | 5.6 | 2.0 | — | — | — | — | 1588.5 | 2820 |
| 174.5 | 212.9 | 68.2 | 45.7 | 35.3 | 7.4 | 1.3 | — | — | — | — | 745.3 | 2700 |
| 63.4 | 53.0 | 48.5 | 106.6 | 71.5 | 29.4 | 7.4 | 3.0 | 0.3 | — | — | 630.2 | 2750 |
| 26.4 | 24.1 | 23.1 | 15.2 | 19.8 | 15.0 | 17.0 | 12.2 | 0.3 | — | — | 229.5 | 2850 |
| 30.2 | 37.3 | 34.0 | 36.9 | 26.0 | 11.6 | 9.3 | 12.6 | 5.3 | — | — | 250.7 | 2920 |
| 59.2 | 133.5 | 73.8 | 61.7 | 32.2 | 22.7 | 28.2 | 45.3 | 48.1 | 14.9 | 4.0 | 581.7 | 3030 |
| 9.6 | 15.6 | 19.6 | 24.7 | 33.8 | 59.4 | 42.6 | 30.0 | 4.5 | — | — | 300.2 | 3030 |
| 6.3 | 9.1 | 10.1 | 7.8 | 30.5 | 18.6 | 5.5 | — | — | — | — | 116.9 | 2830 |
| 22.2 | 31.5 | 40.1 | 5.8 | 4.8 | 9.6 | 15.6 | 1.8 | 0.5 | — | — | 156.3 | 2880 |
| 35.6 | 22.7 | 17.1 | 31.2 | 38.6 | 48.2 | 53.8 | 27.0 | 13.6 | 1.8 | — | 353.5 | 3080 |
| 3.0 | 11.9 | 12.1 | 17.5 | 19.2 | 13.4 | 7.3 | 6.1 | 4.8 | 3.3 | — | 118.9 | 3060 |
| 5.1 | 9.2 | 9.2 | 27.8 | 11.2 | — | — | — | — | — | — | 66.1 | 2960 |
| 19.6 | 221.1 | 461.7 | 549.1 | 107.8 | 7.1 | 2.0 | 1.3 | 0.3 | — | — | 1370.5 | 2990 |
| 27.1 | 59.1 | 70.0 | 69.7 | 38.6 | 36.5 | 17.8 | 12.9 | 0.5 | — | — | 405.4 | 2930 |
| 109.4 | 128.6 | 148.1 | 221.4 | 189.2 | 89.9 | 59.6 | 32.8 | 10.3 | — | — | 1172.3 | 2970 |
| — | — | — | 4.1 | 3.6 | — | — | — | — | — | — | 7.7 | 3130 |
| — | 6.4 | 2.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 8.4 | 2810 |
| — | — | 4.8 | 4.8 | 4.6 | — | — | — | — | — | — | 14.2 | 3060 |
| — | 7.6 | 11.5 | 3.3 | 9.2 | — | — | — | — | — | — | 31.6 | 2980 |
| 17.8 | 12.5 | 7.6 | 15.3 | — | — | — | — | — | — | — | 53.2 | 2830 |
| 10.4 | 7.4 | 7.6 | 9.7 | 29.0 | 9.7 | 5.1 | 3.6 | 1.3 | — | — | 95.8 | 3050 |
| 12.7 | 14.0 | 8.4 | 7.6 | 11.7 | 6.1 | 1.3 | 0.3 | — | — | — | 64.4 | 2950 |

| Name des Gletschers | Unteres Gletscher- ende <i>m</i> | Areal der Höhenstufen in Hectar | | | | | | | | | | 24 b 25 |
|--|---|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----|---------------|
| | | <i>m</i> | | | | | | | | | | |
| | | 1050 bis 1200 | 1200 bis 1350 | 1350 bis 1500 | 1500 bis 1650 | 1650 bis 1800 | 1800 bis 1950 | 1950 bis 2100 | 2100 bis 2250 | 2250 bis 2400 | | |
| Äußerer Stand- bach-Gl. . . | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Innerer Stand- bach-Gl. . . . | 2550 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Angstkum.-Gl. . | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Laubach-Gl. . . | 2310 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1.5 | 1 | — |
| Schneefleck zw. Laubach- u. Distel-Gl. . . | 2760 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Distel-Gl. . . . | 2101 | — | — | — | — | — | — | — | 10.2 | 20.9 | 2 | — |
| Beich-Gl. . . . | 2550 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. im Jjolithal | 2250 | — | — | — | — | — | — | — | — | 33.0 | 2 | — |
| Schneefleck S. v. Strahlhorn. . . | 2550 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Jjolli-Gl. . . . | 2640 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bietsch-Gl. . . | 2550 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneeflecke SE v. Bietschhorn | 2850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck E v. Thierregghorn | 2460 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck W v. Thierregghorn | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck W v. Dubihorn . . | 2490 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneeflecke Sv. Krulighorn . . | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Baltschieder-Gl. | 2191 | — | — | — | — | — | — | — | 3.6 | 20.6 | 7 | — |
| Innerer Balt- schieder-Firn | 2580 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gredetsch-Gl. . | 2760 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. SE v. Unter- bächenhorn . . | 2880 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck S v. Hohstock . . | 3015 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| O.-Aletsch-Gl. . | 1950 | — | — | — | — | — | — | 4.8 | 16.6 | 64.6 | 20 | — |
| Triest-Gl. . . . | 2774 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gr.-Aletsch-Gl.. | 1353 | — | — | 4.3 | 24.9 | 72.8 | 185.6 | 221.1 | 278.8 | 627.2 | 5 | — |
| Gl. NE v. Strahl- hörnern . . . | 2820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Fiescher-Gl. . . | 1500 | — | — | — | 10.3 | 25.6 | 105.0 | 50.6 | 48.9 | 68.3 | 10 | — |
| Schneefleck W v. Wasenhorn . . | 2940 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. S. v. Wasen- horn | 2850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck E v. Setzenhorn . . | 2880 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck W v. Setzenhorn . . | 2790 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Hangender-Firn | 2820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Gl. S v. Vorder- Galmihorn . . | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck N v. Ritzenhorn . . | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bächi-Gl. . . . | 2413 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schneefleck am Kastlenhorn . . | 2700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

) Über 4200 m 0.5 Hectar.

| Areal der Höhenstufen in Hectar | | | | | | | | | | | Gesamt- areal des Gletschers in Hectar | Mittlere Höhe des Gletschers m |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|---|
| 2550 bis 2700 | 2700 bis 2850 | 2850 bis 3000 | 3000 bis 3150 | 3150 bis 3300 | 3300 bis 3450 | 3450 bis 3600 | 3600 bis 3750 | 3750 bis 3900 | 3900 bis 4050 | 4050 bis 4200 | | |
| 2.3 | 3.1 | 7.4 | 12.0 | 21.6 | 9.7 | 1.3 | — | — | — | — | 59.2 | 3120 |
| 6.1 | 10.7 | 5.3 | 11.5 | 19.6 | 5.6 | — | — | — | — | — | 58.8 | 3020 |
| 4.1 | 6.9 | 10.2 | 5.1 | 7.6 | 2.5 | — | — | — | — | — | 37.7 | 2960 |
| 27.0 | 37.9 | 25.0 | 15.8 | 14.8 | 15.3 | 3.3 | 0.5 | — | — | — | 152.6 | 2900 |
| — | 1.8 | 2.3 | 0.5 | — | — | — | — | — | — | — | 4.6 | 2890 |
| 27.2 | 23.7 | 15.0 | 5.3 | 2.3 | 2.5 | 3.8 | 3.3 | 0.3 | — | — | 137.2 | 2630 |
| 14.2 | 18.0 | 19.2 | 14.9 | 0.8 | — | — | — | — | — | — | 67.1 | 2860 |
| 27.0 | 7.8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 96.3 | 2490 |
| 3.3 | 1.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4.6 | 2650 |
| 2.0 | 16.0 | 35.6 | 55.2 | 35.9 | — | — | — | — | — | — | 144.7 | 3030 |
| 4.3 | 20.9 | 37.7 | 97.3 | 46.1 | 1.3 | 1.3 | 1.8 | 1.8 | 0.5 | — | 213.0 | 3060 |
| — | — | 3.6 | 2.8 | 4.1 | 1.3 | — | — | — | — | — | 11.8 | 3110 |
| 4.6 | 3.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 9.7 | 2660 |
| — | 5.3 | 1.8 | — | — | — | — | — | — | — | — | 7.1 | 2800 |
| 3.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6.4 | 2550 |
| 26.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 50.8 | 2540 |
| 22.7 | 48.1 | 95.0 | 103.6 | 135.7 | 77.9 | 28.0 | 7.4 | 4.1 | 0.5 | — | 620.8 | 3030 |
| 21.9 | 59.1 | 76.6 | 81.5 | 33.1 | 12.7 | 2.8 | — | — | — | — | 287.7 | 2980 |
| — | 1.8 | 12.5 | 43.2 | 62.5 | 29.7 | 6.4 | 0.5 | — | — | — | 156.6 | 3190 |
| — | — | 9.8 | 83.1 | 42.2 | 11.6 | — | — | — | — | — | 146.7 | 3130 |
| — | — | — | 10.0 | 0.5 | — | — | — | — | — | — | 10.5 | 3090 |
| 301.7 | 563.8 | 438.7 | 382.9 | 335.5 | 225.1 | 154.8 | 129.0 | 14.1 | 4.5 | 3.0 | 2845.1 | 2830 |
| — | 19.6 | 66.6 | 87.7 | 89.9 | 78.9 | 45.0 | 26.1 | — | — | — | 413.8 | 3210 |
| 773.8 | 950.3 | 1130.1 | 1236.8 | 1355.0 | 1345.5 | 1530.5 | 940.8 | 302.5 | 54.2 | 12.8 | 11509.6 | 3060 |
| — | 0.3 | 15.4 | 40.3 | 29.7 | — | — | — | — | — | — | 85.7 | 3130 |
| 119.9 | 246.9 | 443.7 | 694.9 | 745.5 | 623.0 | 406.3 | 237.3 | 118.6 | 49.4 | 3.0 ¹⁾ | 4099.5 | 3130 |
| — | — | 0.5 | 2.8 | 5.3 | 0.5 | — | — | — | — | — | 9.1 | 3170 |
| — | — | 15.1 | 19.4 | 4.0 | — | — | — | — | — | — | 38.5 | 3030 |
| — | — | 6.3 | 1.5 | — | — | — | — | — | — | — | 7.8 | 2950 |
| — | 0.5 | 3.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | 4.0 | 2890 |
| — | 0.8 | 6.6 | 9.6 | 1.5 | — | — | — | — | — | — | 18.5 | 3020 |
| — | 38.6 | 40.8 | 47.4 | 16.9 | 1.5 | 1.0 | — | — | — | — | 146.2 | 2980 |
| — | 6.8 | 17.9 | 4.0 | — | — | — | — | — | — | — | 28.7 | 2910 |
| 11.8 | 25.8 | 29.5 | 42.6 | 31.8 | 10.8 | 1.0 | — | — | — | — | 156.3 | 3010 |
| — | 12.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 12.1 | 2750 |

| Name des Gletschers | Unteres Gletscher- ende | Areal der Höhenstufen in Hectar | | | | | | | | | | 24 b 25 |
|--|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|---------------|
| | | <i>m</i> | | | | | | | | | | |
| | | 1050 bis 1200 | 1200 bis 1350 | 1350 bis 1500 | 1500 bis 1650 | 1650 bis 1800 | 1800 bis 1950 | 1950 bis 2100 | 2100 bis 2250 | 2250 bis 2400 | | |
| Münster-Gl. . . | 2275 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1.8 | | |
| Schneefleck E v. Löffelhorn . . | 2760 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Unter-Grindel- wald-Gl. . . . | 1080 | 4.8 | 10.6 | 20.2 | 28.6 | 144.5 | 90.1 | 52.9 | 49.1 | 98.2 | 22 | |
| Wechsel-Gl. . . | 2100 | — | — | — | — | — | — | — | 2.0 | 20.5 | 2 | |
| Ober-Grindel- wald-Gl. . . . | 1350 | — | — | 11.1 | 14.7 | 28.0 | 13.7 | 22.8 | 12.7 | 16.2 | 1 | |
| Krinne-Gl. . . . | 2466 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Hühnergutz-Gl. Schwarzwald-F. u. U.-Schwarz- wald-Gl. . . . | 1710 | — | — | — | — | 1.0 | 2.8 | — | — | — | | |
| Rosenlani-Gl. . | 1650 | — | — | — | — | 18.7 | 4.6 | 18.0 | 20.0 | 0.3 | | |
| Gl. E v. Dossen- horn | 1710 | — | — | — | — | 4.3 | 22.1 | 27.2 | 23.6 | 22.8 | 2 | |
| Renfen-Gl. . . . | 2490 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Hangend-Gl. . . | 1950 | — | — | — | — | — | — | 7.1 | 15.5 | 38.1 | 5 | |
| Gauli-Gl. . . . | 2520 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Steinlaunen Gl. | 1936 | — | — | — | — | — | 9.2 | 49.8 | 92.3 | 175.2 | 20 | |
| Schneeflecke W. v. Goleaghorn | 2370 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.5 | | |
| Gl. N v. Hühner- thälihorn . . . | 2640 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Hinter Trift-Gl. | 2490 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Vorder Trift-Gl. | 2786 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Unteraar-Gl. . . | 2730 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Schneefleck SE v. Thierberg . | 1879 | — | — | — | — | — | 16.4 | 101.1 | 191.1 | 378.5 | 49 | |
| Oberaar-Gl. . . | 2850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Gratfirn | 2243 | — | — | — | — | — | — | — | 0.8 | 77.1 | 12 | |
| Bächli-Gl. . . . | 2490 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Gl. NE v. Brun- berg | 2171 | — | — | — | — | — | — | — | 3.8 | 27.0 | 9 | |
| Schneefleck N v. Aelpistock . . | 2370 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.8 | 2 | |
| Schneefleck zw. Diamantstock u. Aelpistock | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Schneefleck N v. Diamantstock | 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Gruben-Gl. . . . | 2310 | — | — | — | — | — | — | — | — | 3.1 | | |
| Aerlen-Gl. . . . | 2160 | — | — | — | — | — | — | — | 1.8 | 6.1 | 9 | |
| Wissbach-Gl. . | 2430 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | |
| | 2180 | — | — | — | — | — | — | — | 6.1 | 16.5 | 2 | |
| Summe | — | 6.6 | 21.4 | 39.1 | 86.4 | 320.0 | 426.3 | 647.8 | 1001.4 | 2255.6 | 325 | |

¹⁾ Über 4200 m 0.5 Hectar.

²⁾ Über 4200 m 1.0 Hectar.

| Areal der Höhenstufen in Hectar | | | | | | | | | | | Gesamt- areal des Gletschers in Hectar | Mittlere Höhe des Gletschers m |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|---|
| 2550 bis 2700 | 2700 bis 2850 | 2850 bis 3000 | 3000 bis 3150 | 3150 bis 3300 | 3300 bis 3450 | 3450 bis 3600 | 3600 bis 3750 | 3750 bis 3900 | 3900 bis 4050 | 4050 bis 4200 | | |
| 8.1 | 35.3 | 74.9 | 144.5 | 61.5 | 6.8 | 1.3 | — | — | — | — | 341.8 | 3020 |
| — | 4.0 | 13.4 | 1.0 | — | — | — | — | — | — | — | 18.4 | 2900 |
| 358.6 | 368.4 | 280.0 | 325.4 | 319.5 | 287.2 | 166.3 | 88.7 | 21.7 | 4.3 | 0.8 | 2947.1 | 2820 |
| 17.0 | 18.7 | 24.6 | 12.9 | — | — | — | — | — | — | — | 118.0 | 2670 |
| 34.9 | 160.0 | 222.0 | 198.2 | 149.8 | 112.6 | 28.9 | 15.7 | — | — | — | 1060.8 | 2810 |
| 14.7 | 42.3 | 3.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | 66.8 | 2710 |
| — | 2.5 | 9.6 | 16.2 | 13.2 | — | — | — | — | — | — | 45.3 | 2960 |
| 1.3 | 38.7 | 74.2 | 32.4 | 38.7 | 25.3 | 35.7 | 7.8 | — | — | — | 315.7 | 2890 |
| 19.0 | 70.6 | 110.1 | 149.3 | 78.2 | 67.8 | 35.4 | 3.3 | — | — | — | 659.1 | 2910 |
| 16.5 | 12.7 | 7.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | 40.9 | 2710 |
| 58.2 | 21.1 | 18.3 | 7.9 | 0.5 | — | — | — | — | — | — | 220.4 | 2540 |
| 25.2 | 45.0 | 24.7 | 6.9 | — | — | — | — | — | — | — | 102.3 | 2790 |
| 313.0 | 341.8 | 380.7 | 316.4 | 166.7 | 82.0 | 16.7 | 0.8 | — | — | — | 2146.3 | 2780 |
| 8.4 | 10.7 | 3.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 29.3 | 2670 |
| 1.3 | 10.7 | 15.8 | 2.3 | — | — | — | — | — | — | — | 30.1 | 2870 |
| 22.9 | 7.4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 33.9 | 2640 |
| — | 4.8 | 41.7 | 37.4 | 2.0 | — | — | — | — | — | — | 85.9 | 2990 |
| — | 28.0 | 67.1 | 17.0 | 0.3 | — | — | — | — | — | — | 112.4 | 2920 |
| 621.6 | 346.2 | 606.0 | 515.1 | 275.9 | 207.6 | 96.5 | 38.9 | 29.8 | 6.3 | 2.5 ¹⁾ | 3930.6 | 2790 |
| — | — | 12.9 | 2.0 | — | — | — | — | — | — | — | 14.9 | 2940 |
| 144.2 | 82.9 | 134.6 | 144.5 | 92.8 | 20.4 | 1.0 | — | — | — | — | 827.9 | 2810 |
| 48.9 | 166.4 | 54.5 | 0.3 | — | — | — | — | — | — | — | 271.6 | 2780 |
| 74.3 | 106.6 | 45.0 | 7.1 | — | — | — | — | — | — | — | 361.2 | 2650 |
| 9.9 | 0.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 36.7 | 2520 |
| 6.9 | 3.8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 19.6 | 2580 |
| 5.6 | 0.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 12.3 | 2550 |
| 4.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 14.8 | 2470 |
| 101.5 | 62.8 | 25.7 | — | — | — | — | — | — | — | — | 289.7 | 2620 |
| 53.4 | 28.2 | 15.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 117.7 | 2670 |
| 24.9 | 5.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 78.2 | 2490 |
| 4585.6 | 5757.4 | 6562.3 | 6827.6 | 5238.9 | 3745.9 | 2897.2 | 1700.0 | 582.7 | 139.7 | 26.1 ²⁾ | 46119.5 | — |

Unter den Gletschern sind 12 primäre oder Thal-gletscher und zwar folgende: Der Tschingel-Gl., Lang-Gl., Baltschieder-Gl., Ober-Aletsch-Gl., Große Aletsch-Gl., Fiescher-Gl., Oberaar-Gl., Unteraar-Gl., Gauli-Gl., Rosenlaur-Gl., Ober- und Unter-Grindelwald-Gl. Unter diesen befindet sich der größte Gletscher der Alpen überhaupt, der Große Aletsch-Gl., dessen Areal 115 km^2 beträgt und der die Größe des Gorner-Gl. (69 km^2) in den Walliser Alpen, des Mer de Glace (42 km^2) in der Montblanc-Gruppe, des Fiescher-Gl. (41 km^2) und Unteraar-Gl. (39 km^2) in der Finsteraarhorngruppe weit übertrifft.

Im Jahre 1877 sind vom schweizerischen statistischen Bureau die Gletscherflächen nach den kartographischen Aufnahmen gemessen worden¹⁾. Da das Schweizerische Gletscherbuch noch nicht publiciert ist, so sind mir nicht mehr Angaben bekannt geworden, als in Heim's Gletscherkunde S. 46, 73 und 74 enthalten sind²⁾. Die Übereinstimmung der Zahlen bei Heim mit meinen Messungsergebnissen ist eine ziemlich befriedigende; nur beim Großen Aletsch-Gl., Ober- und Unter-Grindelwald-Gl., Gauli-Gl. und dem Tschingel-Gl. erheben sich größere Differenzen, welche wohl zumeist in einer verschiedenen Wahl der Abgrenzung der betreffenden Gletscher, vielleicht auch darin gelegen sind, dass bei meiner Ausmessung der Gletscher die Felsumrahmung und die im Gletscher aufragenden Felspartien nicht miteinbezogen wurden.

Das untere Ende liegt bei den Thal-gletschern der Finsteraarhorn-Gruppe ziemlich tief, am tiefsten beim Unter-Grindelwald-Gl.; im Jahre 1818 reichte sein Ende bis 983 m herab, und im Jahre 1870 hatte er sich bis 1080 m Höhe zurückgezogen. Unter 1500 m liegt das untere Ende noch bei folgenden primären Gletschern: Großer Aletsch-Gl. (1353 m), Ober-Grindelwald-Gl. (1350 m) und Fiescher-Gl. (1500 m). Auch bei den anderen liegt es verhältnismäßig tief, wie aus Tabelle III hervorgeht, welche auch die Höhe des unteren Endes bei allen Gletschern der Gruppe angibt. Sehr tief reichen auch einzelne regenerierte Gletscher oder »glaciers remaniés« herab. Hierher gehört der Unter-Schwarzwald-Gl., welchen der Schwarzwald-Firn nährt und der bis 1650 m herabgeht; auch das Wetterlauen (Tiefster Punkt 1710 m) vom Hühnergutz-Gl., das Höheneis (Tiefster Punkt 2070 m) vom Mittellegi, das Bandlauen (Tiefster Punkt 1650 m) vom Kühnlaunen-Gl., die Eismassen im Trumletenthale (Tiefster Punkt 1110 m) vom Gießen-Gl. und die kleinen schneebedeckten Parzellen unterhalb des Silberlaur und Breitlauen-Gl. verdanken ihre Existenz herabstürzenden Gletschertheilen und Lawinen.

Die Höhe der Schneegrenze in der Finsteraarhorn-Gruppe und in der Venter-Gruppe.

Im vorigen Capitel ist das Material für eine genaue Bestimmung der Schneegrenze in der Finsteraarhorn-Gruppe zusammengetragen. Es sind die Areale der einzelnen Höhenstufen von 150 zu 150 m mit-

¹⁾ A. Heim, Gletscherkunde, S. 76.

²⁾ In diesem Werke sind nach Messungen, welche aus den Jahren 1870—1880 stammen, die Areale einer Anzahl von Gletschern der Finsteraarhorn-Gruppe mitgeteilt; wir führen dieselben zum Vergleiche mit unseren Messungsergebnissen an: Großer Aletsch-Gl. (mein Resultat $- 14 \text{ km}^2$), Ober-Aletsch-Gl. ($- 1.55 \text{ km}^2$), Fiescher-Gl. ($+ 0.85 \text{ km}^2$), Oberaar-Gl. ($+ 2.1 \text{ km}^2$), Unteraar-Gl. ($- 1.8 \text{ km}^2$), Bächli-Gl. ($- 1.4 \text{ km}^2$), Gauli-Gl. ($- 8 \text{ km}^2$), Rosenlaur-Gl. ($- 0.5 \text{ km}^2$), Ober-Grindelwald-Gl. ($- 3.9 \text{ km}^2$), Unter-Grindelwald-Gl. ($- 7 \text{ km}^2$), Tschingel-Gl. ($- 6 \text{ km}^2$).

getheilt und damit der Grundstock zur Berechnung der mittleren Höhen der Gletscher gegeben. Diese mittleren Höhen wurden theils nach einer graphischen Methode, theils auf rechnerischem Wege ermittelt. Für die größeren Gletscher wurde die hypsographische Curve construiert¹⁾, welche das Aufsteigen des Landes vom tiefsten bis zum höchsten Punkt (in unserem Falle also vom unteren Gletscherende bis zum oberen Gletscheranfang) darstellt. Der Entwurf dieser Curve geschieht in der Weise, dass auf der Abscissenaxe jene Strecken aufgetragen werden, welche der Größe der einzelnen Isohypsenflächen des Gletschers entsprechen, und auf der Ordinatenaxe die verschiedenen Meereshöhen verzeichnet werden. Das Areal dieser von der Abscisse, der höchsten Ordinate und der Curve umgrenzten Figur ist proportional dem Volumen des durch dieses Profil dargestellten Landes und kann mit Hilfe eines Polarplanimeters ausgemessen werden. Aus dem Areal ergibt sich die mittlere Höhe des gesamten Landes, indem man ersteres durch die Länge der Abscisse dividirt.²⁾ Die mittlere Höhe der kleineren Gletscher wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{g_1 + g_2}{2} h_1 + \frac{g_2 + g_3}{2} h_2 + \dots + \frac{g_n}{3} h_n,$$

wo g_1, g_2, \dots, g_n die einzelnen Höhengschichten und h_1, h_2, \dots, h_n die Meereshöhen bedeuten. Die einzelnen Schichten sind als Prismen mit trapezförmigem Querschnitt aufgefasst, die letzte als Kegel oder Pyramide.

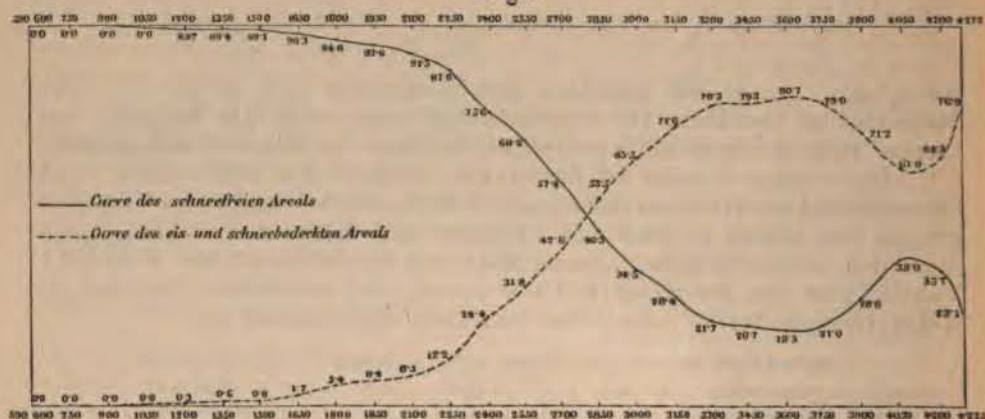
Im vorigen Capitel ist ferner der Antheil des schneefreien und schneebedeckten Gebietes der einzelnen Höhenstufen der ganzen Gebirgsgruppe angegeben, so dass sich nunmehr die Höhe der Schneegrenze nach den beiden vorgeschlagenen Methoden durchführen lässt. Folgende Tabelle gibt den Procentantheil des aperen und verfirnten, beziehungsweise vergletscherten Areals der einzelnen Höhenstufen an:

| Höhenstufe m | Vergletschertes Areal | Aperes Areal |
|--------------|-----------------------|--------------|
| 450—600 | 0.0 | 100.0 |
| 600—750 | 0.0 | 100.0 |
| 750—900 | 0.0 | 100.0 |
| 900—1050 | 0.0 | 100.0 |
| 1050—1200 | 0.3 | 99.7 |
| 1200—1350 | 0.6 | 99.4 |
| 1350—1500 | 0.9 | 99.1 |
| 1500—1650 | 1.7 | 98.3 |
| 1650—1800 | 5.4 | 94.6 |
| 1800—1950 | 6.4 | 93.6 |
| 1950—2100 | 8.5 | 91.5 |
| 2100—2250 | 12.2 | 87.8 |
| 2250—2400 | 24.4 | 75.6 |
| 2400—2550 | 31.8 | 68.2 |
| 2550—2700 | 42.6 | 57.4 |
| 2700—2850 | 53.5 | 46.5 |
| 2850—3000 | 65.5 | 34.5 |
| 3000—3150 | 71.6 | 28.4 |
| 3150—3300 | 78.3 | 21.7 |
| 3300—3450 | 79.3 | 20.7 |
| 3450—3600 | 80.7 | 19.3 |
| 3600—3750 | 79.0 | 21.0 |
| 3750—3900 | 71.2 | 28.8 |
| 3900—4050 | 61.0 | 39.0 |
| 4050—4200 | 64.3 | 35.7 |
| über 4200 | 76.9 | 23.1 |

¹⁾ S. Franz Heiderich, »Die mittlere Höhe Afrika's«. Peterm. Mitth. 1888, Heft VII. — ²⁾ Franz Heiderich, a. a. O.

Aus einer graphischen Verwerthung dieser Ziffern (s. Fig. 1V) ist zu entnehmen, dass in 2800 *m* Höhe das vergletscherte Areal gegenüber dem aperen Terrain überwiegend zu werden beginnt; diese Ziffer stellt nach den Ausführungen auf S. 132 das Minimum der Höhe der Schneegrenze dar; andererseits weist die Schneebedeckung von der Höhenstufe 3150—3300 *m*, etwa* von 3200 *m* Höhe an, bis zum höchsten Punkte Maximalwerthe auf, mit Ausschluss der Höhenstufen 3900—4200 *m*, in denen die steilen Felsflächen wieder mehr hervortreten. Das Mittel von 3000 *m* ergibt sonach die Höhe der Schneegrenze, ein Werth, der sich von den folgenden nicht sehr weit entfernt. Die mittlere Höhe des gesamten Gletscherareals für die ganze im Mittel 2425 *m* hohe Finsteraarhorn-Gruppe beträgt nämlich nach dem Entwurfe der hypsographischen Curve 2950 *m*. Diese Ziffer stellt die Höhe der idealen klimatischen Schneegrenze dieser Gebirgsgruppe dar. Dies ist ein Ergebnis, das etwas höher ist, als das Mittel der von Berghaus¹⁾ mitgetheilten Zahlen von 2870 *m*, das aber in Übereinstimmung mit den Resultaten

Fig. IV.



Richter's sich befindet, der für die Gebirgsgruppen der Centralzone der Ostalpen gleichfalls eine hohe Lage der Schneegrenze constatirt hat, so z. B. für die Oetzthaler Alpen als Mittelzahl 2950 *m*, für die Ortler Alpen: Nordseite nicht unter 2900 *m*, Südseite zwischen 3000—3100 *m* u. a. Wird in Berücksichtigung des Umstandes, dass die schneeigen Niederschläge und die Ablation nicht proportional der Höhe zunehmen, respective abnehmen (s. S. 130), deren Zu- und Abnahme proportional den Quadratwurzeln der Höhen gesetzt, so erhalten wir eine Schneegrenzhöhe von 2925 *m*.

Bei Anwendung der Brückner'schen Methode der Schneegrenzenbestimmung ergibt sich die Höhe der Schneelinie mit circa 2900 *m*; $\frac{3}{4}$ des gesamten Gletscherareals der Finsteraarhorn-Gruppe (345.9 *km*²), entsprechen der Größe des über 2900 *m* Höhe gelegenen Landes. Somit liegen nicht $\frac{3}{4}$ der vergletscherten Fläche, sondern nur ungetähr $\frac{11}{16}$ im Bereiche der von uns umgrenzten Schneeregion.

Zum Vergleiche führen wir einige ältere Angaben über Schneegrenzenhöhen in den Schweizer Alpen an. Bei de Saussure finden wir für die eigentlichen Westalpen in 45 $\frac{1}{2}$ ⁰ n. Br. folgende Zahlen für die Höhe der Schneegrenze: 7800 Par. Fuß = 2534 *m* für zusammenhän-

¹⁾ Geograph. Jahrbuch, I. Bd. 1866. S. 268—269.

gende höhere Gebirgsmassen und $8400' = 2728\text{ m}$ für abgesonderte und nicht sehr über den ewigen Schnee erhabene Bergspitzen.¹⁾ Wahlenberg's Angabe von $8228' = 2673\text{ m}$ ist aus einer Beobachtung in den Engelberger Alpen entstanden, ist aber nicht für ein größeres Gebiet zu verwenden.²⁾ L. v. Buch gibt für Savoyen und Wallis eine Höhe von $8520' = 2767\text{ m}$ an.³⁾ Humboldt theilt in der »Höhentafel für die Grenze des ewigen Schnees auf beiden Hemisphären«⁴⁾ die Höhe der Schneegrenze mit 2708 m für die Alpen $45\frac{3}{4}$ — 46° n. Br. mit und stützt sich dabei auf de Saussure, Wahlenberg, Schouw u. Hällström.⁵⁾ Nach den vielen Beobachtungen, welche v. Welden in den verschiedenen Theilen der Alpen angestellt hat, liegt die Schneelinie am südlichen Monte Rosa $9500' = 3085\text{ m}$ hoch, senkt sich aber von demselben nach Savoyen zu auf $8800' = 2858\text{ m}$, nach den tirolischen Alpen auf $8200' = 2663\text{ m}$ herab.⁶⁾ Diese Angaben stimmen auch mit den Beobachtungen Schouws überein.⁷⁾ Nach Hegetschweiler liegt die Schneegrenze im Canton Glarus eher unter als über $8000' = 2600\text{ m}$.⁸⁾ Hugi gibt für das Berner Oberland als Höhe der Firnlinie folgende Zahlen an:⁹⁾ Ober-Grindelwald-Gl. 2474 m , Rosenlaui-Gl. 2477 m , Unteraar-Gl. 2494 m , Oberaar-Gl. 2501 m , Münster-Gl. 2495 m , Fiescher-Gl. 2498 m , Aletsch-Gl. 2500 m , Lötsch-Gl. 2501 m , Tschingel-Gl. 2500 m u. Gaster-Gl. 2488 m . Agassiz bestimmte die Schneegrenze auf dem Unteraar-Gl. mit 2665 m .¹⁰⁾ Alle diese Zahlen ergeben für die Höhe der Schneegrenze niedrigere Werthe, als wir für unser Gebiet erhielten, ja selbst niedrigere, als der von uns ermittelte Minimalwerth von 2800 m . Die wenigen directen Beobachtungen wurden eben häufig zu sehr generalisirt, und andere, wie diejenigen von Hugi und Agassiz beziehen sich auf die Bestimmung der Firnlinie. Für Gebirgsgruppen aber, die sich in Bezug auf Gletscherentfaltung mit der Finsteraarhorn-Gruppe vergleichen lassen, wie die Monte Rosa-Gruppe und Montblanc-Kette wird der Ansatz der Schneegrenzenhöhe merklich höher.

Unser allgemeines Ergebnis der Schneegrenzenlage erfährt nun durch verschiedene locale Verhältnisse nicht unbeträchtliche Modificationen. Um zu untersuchen, wie sich das Gruppenmittel von 2950 m in den einzelnen Theilen unseres Gebietes verändert, habe ich auch für jene Kartenblätter, auf welchen eine Gletscherbedeckung verzeichnet ist, speciell die Höhe der Schneegrenze berechnet und folgende Resultate erhalten:

¹⁾ H. B. de Saussure, »Voyages dans les Alpes«, II. 377. Vgl. Ed. Richter »Gletscher der Ostalpen«, S. 32—33.

²⁾ Wahlenberg, »De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali tentamen«. Zürich 1813. S. 33. Vgl. Richter a. a. O. S. 34.

³⁾ Gilbert, Annalen der Physik, 41. Bd., S. 48.

⁴⁾ A. v. Humboldt, »Central-Asien« Deutsche Ausgabe von Mahlmann, II. Bd zwischen S. 212 und 213.

⁵⁾ A. v. Humboldt, a. a. O. S. 208.

⁶⁾ L. v. Welden, »Der Monte Rosa«. Wien 1824. S. 61—62.

⁷⁾ J. F. Schouw, »Bruchstücke einer vergleichenden phys. Geographie.« Ann. der Erd-, Völker- und Staatenkunde. Herausg. v. Dr. Heinrich Berghaus. II. Bd. Berlin 1830.

⁸⁾ Joh. Hegetschweiler, »Reisen in den Gebirgsstock zwischen Glarus und Graubünden.« Zürich 1835. S. 101.

⁹⁾ F. J. Hugi, Alpenreisen, 1830. S. 324.

¹⁰⁾ L. Agassiz, »Über die genaue Bestimmung der Schneegrenze an einem gegebenen Punkt.« Poggend. Ann. 59. Bd. 1843.

| Blatt | Vorherrschende Exposition | Höhe der Schneegrenze |
|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Grindelwald | Nord | 2850 m |
| Guttannen | Nordost | 2670 |
| Obergestelen | Ost | 2790 |
| Blümlisalp | Nord und Nordwest | 2830 |
| Jungfrau | Centrallage | 3190 |
| Aletschgletscher | Süd | 2700 |
| Kippel | Süd | 2960 |

Auf den Kartenblättern mit vorherrschender Nord- und Ostexposition der Gletscher sehen wir einen tiefen Stand der Schneegrenze; das in der Mitte der Gruppe gelegene Blatt Jungfrau, dessen größten Theil das hochgelegene Firnfeld des Großen Aletsch-Gl. einnimmt, hat die größte Schneegrenzhöhe; auf dem Blatte Kippel mit vorwiegender Südexposition der Gletscher verläuft die Schneegrenze auch hoch, während das gleichfalls nach Süd exponierte Blatt Aletschgletscher, welches zumeist tief gelegene Gletschertheile, nämlich die Zungen des Großen Aletsch-Gl., Ober-Aletsch-Gl. und Fiescher-G. und außerdem nicht einmal das ganze Firnfeld des Ober-Aletsch-Gl. enthält, eine Höhe der Schneegrenze von nur 2700 m aufweist.

Betrachten wir nun die Gletscher im einzelnen und versuchen wir mit Hilfe der gefundenen Resultate¹⁾ den Einfluss verschiedener Expositionsverhältnisse auf die Höhenlage der Schneegrenze nachzuweisen. Von den Gletschern mit Nordlage führen wir an:

| | Höhe der Schneegrenze |
|--------------------------|-----------------------|
| Rosenlaur-Gl. | 2910 m |
| Unter-Grindelwald-Gl. | 2820 |
| Breithorn-Gl. | 2750 |
| Doldenhorn-Gl. | 2940 |
| Schwarzwald-Firn und Gl. | 2890 |

Die Gletscher mit Nordexposition zeigen eine niedere Schneegrenze; die Amplitude der Schneegrenzhöhen ist nicht unbedeutend, ihre Größe wird aber erst verständlich, wenn man den verschiedenen Bau der Gletscher, die Größe und Vertheilung der jeweiligen Isohypsenflächenareale berücksichtigt, je nachdem nämlich dieselbe Höhenstufe bei dem einen Gletscher eine größere Fläche einnimmt, als bei einem anderen, weil dadurch die Ablationsverhältnisse verschiedene werden. Der Breithorn-Gl. hat eine tiefe Lage der Schneegrenze, weil er ein steiles, von Felspartien unterbrochenes und muldenartig eingesenktes Firnfeld besitzt, während die Zunge flach und breit gestaltet ist und sich nur gegen das unterste Ende zuspitzt. Desgleichen hat der Unter-Grindelwald-Gl., welcher sich von den sehr bedeutenden Höhen des Fieschergrates, den Grindelwald-Fiescher Hörnern und Schreckhörnern sehr tief nach Norden herabzieht und die steilen Firnmassen der obersten Partien in zwei größeren Mulden ansammelt, eine tiefe Schneegrenze. Dagegen zeigt der Wetterkessel des gleichfalls nach Nord exponierten Rosenlaur-Gl. mäßigere Neigungsverhältnisse; das größte Isohypsenflächenareal liegt hier zwischen 3000—3150 m, während die größten Höhenstufen beim Unter-Grindelwald-Gl. sich zwischen 2550—2850 m befinden und nur infolge der großen Ausdehnung des Firnfeldes die Höhenstufen zwischen 3000—3450 m noch einmal an Größe gewinnen, obwohl das Gefälle dieser

¹⁾ S. Tab. III. Angabe der mittleren Höhe der Gletscher.

Flächen zumeist sehr bedeutend ist. Bei derartig gestalteten Gletschern liegt die Schneegrenze viel tiefer, als z. B. beim Rosenlaur-Gl., der eine gleichmäßige Zunahme der Höhenstufenareale bis zu der beiläufigen Höhe seiner Schneegrenze und von da ab wieder eine gleichmäßige Abnahme bis zum oberen Gletscherende zeigt; die Schneegrenze des Rosenlaur-Gl., eines ziemlich regelmäßig gebauten Gletschers ohne sonderliche Ausnahmserscheinung, nähert sich dem Gruppenmittel bis auf 40 m, so dass man das Minus von 40 m nur auf Rechnung der Nordexposition setzen kann. Der Doldenhorn-Gl. hat eine freie, von keiner hohen Felsumrahmung beschattete Lage, wie dies beim Breithorn und Untel-Grindelwald-Gl. der Fall ist, und darum liegt seine Schneegrenze auch hoch (2940 m).

Gletscher mit Nordwestexposition sind folgende:

| | Höhe der Schneegrenze |
|----------------------|-----------------------|
| Ober-Grindelwald-Gl. | 2810 m |
| Mittellegi | 3060 |
| Guggi-Gl. | 2880 |
| Gießen-Gl. | 3030 |
| Kühlauen-Gl. | 2830 |
| Schmadri-Gl. | 2850 |
| Fründen-Gl. | 2820 |
| Oeschinen-Gl. | 2880 |
| Nest-Gl. | 3050 |
| Lauibach-Gl. | 2900 |
| Distel-Gl. | 2630 |

Auch die nach Nordwest exponierten Gletscher zeigen zumeist einen tiefen Stand der Schneegrenze. Der Ober-Grindelwald-Gl. hat eine Schneegrenzhöhe von 2810 m, was eine sehr geringe Differenz gegenüber dem benachbarten Unter-Grindelwald-Gl. (2820 m) bedeutet. Eine höhere Lage der Schneegrenze weisen jene kleineren Gletscher auf, welche sich nordwestlich vom Aletschhornkamm zwischen Hohgleifen und Breithorn herabsenken, so der Lauibach-Gl. (2900 m), Innere Standbach-Gl. (3020 m) und Nest-Gl. (3050 m); nur der Distel-Gl. und Beich-Gl. haben wegen beträchtlicher Höhe ihrer Hintergehänge einen tieferen Stand der Schneegrenze (2630 und 2860 m). Eine hohe Schneelinie weisen das Mittellegi und der Gießen-Gl. auf, während der Kühlauen-Gl. und Guggi-Gl. eine um 200 m tiefere Schneegrenze besitzen, was wieder die Steilheit der Seiten- und Hintergehänge erzeugt; dieselben Verhältnisse zeigen sich auch beim Fründen-Gl. und Oeschinen-Gl.

Ferner sind Gletscher mit Nordostexposition zu erwähnen:

| | Höhe der Schneegrenze |
|-------------------------------|-----------------------|
| Tschingel-Gl. | 2700 m |
| Gauli-Gl. | 2780 |
| Gletscher östl. v. Dossenhorn | 2710 |
| Wechsel-Gl. | 2670 |

Bei diesen Gletschern treffen wir die Schneegrenze in großer Tiefe an. Der Tschingel-Gl. hat ein breites, stark muldenartig vertieftes Firnfeld, das am Tschingeltritt nur eine schmale Öffnung besitzt, aus der die kurze Zunge heraustritt. Die sehr steilen Südostwände des Gspaltenhorns und die vom Mutthorn, Tschingelhorn und Ltbr. Wetterhorn gegen das flache Mittelstück des Gletschers herabfließenden Firnmassen, die kleine, durch die orographische Einschnürung deutlich absetzende Zunge,

deren Ende circa 1890 *m* hoch gelegen ist, ferner der Umstand, dass die größten Isohypsenflächenareale sich zwischen 2550—2850 befinden, alle diese Verhältnisse wirken zusammen, um eine so tiefe Lage der Schneegrenze zu bestimmen. Auch beim Gauli-Gl., dessen Firnfelder in ihren obersten Partien steilere Neigungen aufweisen, als von der Höhe ab, wo sie die stattliche, ziemlich flache Zunge zusammensetzen, liegen die größten Höhenstufen in Anbetracht der Höhe, bis zu welcher der obere Gletscheranfang hinanreicht, (Ankenbälli 3605 *m*) tief, nämlich zwischen 2550—3150 *m*; die unter 2550 *m* gelegenen Höhenstufen, welche ohne Zweifel bereits dem Abschmelzungsgebiet angehören, sind unverhältnismässig größer, als diejenigen über 3150 *m*. Daraus lässt sich die auch sonst zumeist bestätigte Thatsache entnehmen, dass die größten Höhenstufen sich nahe oberhalb und unterhalb der Schneegrenze befinden.

Dass der sehr beschattete Gletscher östlich vom Dossenhorn und der steil geneigte, von einem Felsrücken in zwei Theile getheilte Wechsel-Gl. bei Nordostexposition einen tiefen Stand der Schneelinie zeigen, ist ohne weiteres einleuchtend.

Aus allen den angeführten Beispielen ersehen wir, dass die Schneegrenze eine deutliche Abhängigkeit von dem einen, ihre Höhenlage beeinflussenden Factor, nämlich der Wärmequantität, welche an einem bestimmten Orte für die Ablation eines Gletschers vorhanden ist, zeigt, so dass mit Verminderung der Ablation, wie dies bei Nordlage eintritt, auch eine Depression der Schneegrenze erfolgt. Im einzelnen wird der Stand der Schneelinie durch verschiedene orographische Verhältnisse stark variiert.

Umgekehrt haben Gletscher mit Südexposition vorwiegend eine hohe Lage der Schneegrenze:

| | Höhe der Schneegrenze |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Großer Aletsch-Gl. | 3060 <i>m</i> |
| Fiescher-Gl. | 3130 |
| Gl. südöstlich vom Unterbächenhorn . | 3130 |
| Gredetsch-Gl. | 3190 |
| Bietsch-Gl. | 3060 |
| Ijolli-Gl. | 3030 |
| Innerer Baltschieder-Firn | 2980 |
| Jägi-Gl. | 2930 |

Die freie, offene Südlage des Gredetsch-Gl. mit einem hohen unteren Gletscherende (2760 *m*) bedingt die sehr bedeutende Höhe der Schneegrenze an diesem Gletscher; in gleicher Situation befindet sich der Gletscher südöstlich vom Unterbächenhorn. Die ausgesprochene Südlage des Großen Aletsch-Gl. und Fiescher-Gl. hat gleichfalls eine hohe Schneegrenze zur Folge. Die Schneelinie des Inneren Baltschieder-Firn nähert sich dem Gruppenmittel von 2950 *m*. Beim Jägi-Gl. liegt die Schneegrenze noch tiefer; da bewirken der vom Bietschhorn nach Süd streichende Kamm, ferner die Burstspitzen und der Jägiknubel eine theilweise Beschattung des Firnfeldes. Auch der Baltschieder-Firn wird ausreichend durch das Jägihorn beschattet; sonst könnte bei zwei benachbarten Gletschern, wie dem zwischen eine hohe Felsumrahmung eingesenkten Baltschieder-Firn und dem Gredetsch-Gl. nicht ein Unterschied der Schneegrenzenhöhe von 210 *m* bestehen.

Nach Südwest sind folgende Gletscher exponiert:

| | Höhe der Schneegrenze |
|------------------------------------|-----------------------|
| Lang-Gl. | 2970 m |
| Kanderfirn (Alpetli-Gl.) | 2820 |
| Krinne-Gl. | 2710 |

Von den Gletschern mit Südwestexposition zeigt der Lang-Gl. eine hohe Schneegrenze, während der Kanderfirn mit seiner sehr steilen Umrahmung, namentlich durch die gegen 1000 m hohe Felswand im Nordwesten, auf welcher sich nur auf einem Stufenabsatze ein Schneestreifen erhält, eine bedeutend tiefere Lage der Schneegrenze aufweist. Noch tiefer ist der Stand der Schneelinie bei dem Krinne-Gl., welcher sich in einer tief eingesenkten Nische befindet, orographisch begünstigt durch die Gehänge des Wetterhorns und der Hasle Jungfrau.

Gletscher mit Südostexposition sind:

| | Höhe der Schneegrenze |
|--|-----------------------|
| Gletscher südöstlich v. Petersgrat | 2990 m |
| Baltschieder-Gl. | 3030 |
| Ober Aletsch-Gl. | 2980 |
| Triest-Gl. | 3210 |
| Bächi-Gl. | 3010 |

Die Gletscher mit Südostexposition sind durchwegs durch eine hohe Schneegrenze ausgezeichnet; der Triest-Gl. besitzt sogar unter allen Gletschern der Finsteraarhorn-Gruppe die größte Schneegrenzenhöhe, was in seiner gegen Süd ganz offenen Lage begründet ist. Dagegen hat der benachbarte Ober-Aletsch-Gl. wegen ausgiebiger Beschattung der Zunge und des Firnfeldes durch einige Kämme und Grate eine verhältnismäßig niedrige Schneegrenze von 2980 m.

Bei Westexposition der Gletscher liegt die Schneegrenze hoch:

| | Höhe der Schneegrenze |
|------------------------|-----------------------|
| Hühnergutz-Gl. | 2960 m |
| Eiger-Gl. | 3080 |
| Silberlauri | 3030 |
| Blümlisalp-Gl. | 2950 |

Die von der Ebnefluh und dem Gletscherhorn steil in das Roththal herabfließenden Firmengen breiten sich daselbst auf flacherem Boden aus, und das Silberlauri reicht sehr tief herab (bis beinahe 1500 m); die Zunge ist bei diesem Gletscher ganz besonders groß, was eine hohe Lage der Schneegrenze bedingt. Dasselbe ist beim Eiger-Gl. der Fall. Der durch die Gehänge des Wetterhorns orographisch begünstigte Hühnergutz-Gl. zeigt dagegen nur eine Schneegrenzenhöhe von 2960 m.

Die nach Ost exponierten Gletscher haben einen tiefen Stand der Schneegrenze:

| | Höhe der Schneegrenze |
|----------------------|-----------------------|
| Bächli-Gl. | 2650 m |
| Unteraar-Gl. | 2790 |
| Oberaar-Gl. | 2810 |

Die beiden benachbarten Gletscher, der Unteraar-Gl. und der Oberaar-Gl., weisen eine geringe Differenz ihrer Schneegrenzenhöhen auf; beide Gletscher besitzen flach liegende Eiszungen, zwischen einer hohen Felsumgebung eingesenkt, und sind durch west-östlich streichende, an

ihrem Südrand gelegene Kämme beschattet. Dieselben Verhältnisse in noch verstärktem Maße zeigt der Bächli-Gl., so dass die Schneegrenze hier bis auf 2650 m herabgeht. Wie sehr eine hohe Felsumrahmung die Schneegrenze herabdrückt, ersieht man an einem Gletscher, der diesen orographischen Schutz nicht besitzt, an dem ebenfalls nach Ost exponierten Münster-Gl., dessen Schneelinie auffallend hoch, in 3020 m Höhe, verläuft.

Der Unterschied in der Höhenlage der Schneegrenze bei den so ziemlich gleich situirten Unteraar- und Oberaar-Gl., von denen der erstere bis über 4200 m hinaufreicht und der letztere nur über 3450 m aufsteigt, ist, wie oben mitgetheilt wurde, gering, was nicht der Fall sein könnte, wenn in den höchsten Regionen die Menge des festen Niederschlages rapid abnähme, und die in Betracht kommenden Areale bedeutende wären. Dasselbe gilt für den bis über 4050 m hinaufreichenden Unter-Grindelwald-Gl. mit 2820 m Schneegrenzenhöhe und den nicht einmal 3750 m Höhe erlangenden Ober-Grindelwald-Gl. mit einer 2810 m hohen Schneegrenze. Beim Unteraar-Gl. liegt über 3450 m Höhe eine Fläche von 1.745 km² (4.4 Procent des Gesamtareals) und beim Unter-Grindelwald-Gl. beträgt das über 3600 m gelegene Areal 1.154 km² (3.9 Procent der gesammten Gletscherfläche).

Infolge der Abnahme der festen Niederschlagsmenge in größeren Höhen sollte bei Gletschern, welche einen höheren oberen Beginn haben, die Schneegrenze auch höher liegen. Beim Unter-Grindelwald-Gl. trifft das zu, beim Unteraar-Gl. ist aber das umgekehrte der Fall. Es handelt sich aber bei der Kleinheit der obersten Höhenstufen der Gletscher, wie dies die beiden angeführten Beispiele klar beweisen, um so geringe Werthe, dass man wohl den Umstand der Abnahme der festen Niederschlagssumme von einer gewissen Höhe an bei unseren Untersuchungen vernachlässigen kann.

Überblicken wir noch einmal alle die mitgetheilten Zahlen über die Höhe der Schneegrenze, so bemerken wir neben dem deutlichen Einflusse der verschiedenen Expositionsverhältnisse, wie auch der Bau und die ganze Situation der einzelnen Gletscher Schwankungen in der Höhenlage der Schneelinie hervorrufen. »Gletscher, welche hoch und frei liegende Firnfelder besitzen mit geringer Felsumrahmung, haben eine höhere Lage der Schneegrenze; diejenigen hingegen, welche mehr muldenartig eingesenkte, stark beschattete Firnfelder haben, besonders bei Nordlage, weisen einen tiefen Stand der Schneegrenze auf.«¹⁾ Das erstere ist z. B. beim Rosenlauri-Gl. der Fall, das letztere beim Tschingel-Gl., Breithorn-Gl., Gauli-Gl., den beiden Grindelwald-Gl. u. a. Bei Südexposition verläuft die Schneegrenze viel höher, als das Gruppenmittel beim Fiescher-Gl., Großen Aletsch-Gl. und Baltschieder-Gl., weil sie den Wirkungen der Sonnenstrahlen sehr ausgesetzt sind; dagegen macht sich Beschattung durch Felsumrahmung, z. B. beim Ober-Aletsch-Gl. geltend.

Die Schneegrenze des Gletschers südöstlich vom Petersgrat, welcher ganz verfirnt ist, beträgt 2990 m, während der nicht weit entfernte Jägi-Gl. mit den ihn umgebenden Felshängen eine Höhe der Schneegrenze von nur 2930 m besitzt. Berücksichtigt man bei dem letzteren das Areal der Felsumrahmung, welche in dem Einzugsgebiete des Gletschers gelegen, durch herabstürzenden oder herabgewehten Schnee auch zu seiner Nahrung beiträgt, so erhält man eine mittlere Höhe von 2910 m.

¹⁾ Ed. Richter, »Die Gletscher der Ostalpen«, S. 52.

Dieses Ergebnis (ein Minus von 80 m gegenüber dem anderen Gletscher) zeigt deutlich den Einfluss des Baues des Firnfeldes auf die Höhe der Schneegrenze. Das flache Firnfeld des Gletschers südöstlich vom Petersgrat bewirkt eine höhere Lage der Schneegrenze, während das tief eingesenkte Firnfeld des Jägi-Gl. die Schneelinie tiefer herabrücken lässt. Eine besonders tiefe Lage der Schneegrenze hat der Gamchi-Gl. (2570 m) mit einer hohen Felsumgebung und vielen aus der Schneedecke aufragenden Felspartien. Dieser Gletscher besitzt eine flache Zunge und ein ungleich stärker geneigtes Firnfeld, was eben in den zahlreichen schneefreien Partien des Nährgebietes zum Ausdruck kommt. Mit Einrechnung dieser aperen Theile erhält man eine mittlere Höhe von 2610 m für den Gamchi-Gl. Nordexposition, Beschattung des Firnfeldes und dessen größere Neigung wirken zusammen, um die ungewöhnlich tiefe Lage der Schneegrenze an diesem Gletscher hervorzurufen. In den Ötztaler Alpen hat der Gaisberg-Ferner eine ganz ähnliche Situation und auch da finden wir die Schneegrenze besonders tief (s. S. 158).

Namentlich repräsentieren aber Kargletscher mit einem hohen, steilen Hintergehänge Firnmassen in sehr tiefer Lage, und zwar um so tiefer, je tiefer die Mulde oder Nische, welche die Firnmenge trägt, eingesenkt ist. Tritt noch Beschattung bei Nordexposition hinzu, dann rückt die Schneegrenze besonders tief herab. Solche typische Kargletscher befinden sich in der Finsteraarhorn-Gruppe in den Nischen zwischen den östlichen Seitenkämmen des Grubengrates, wo der Gruben-Gl., Aeren-Gl. und Wissbach-Gl. liegen. Diese Gletscher erscheinen orographisch sehr begünstigt, da die relative Höhe der Karumrahmung eine beträchtliche ist. Erreichen die in weiteren und weniger geneigten Karen gelegenen Gruben-Gl. und Aeren-Gl. Schneegrenzenhöhen von 2620 m und 2670 m, welche derjenigen des Bächli-Gl. entsprechen, so zeigt der Wissbach-Gl. eine ganz besonders tiefe Schneegrenze, nur 2490 m, weil das Hintergehänge dieses Gletschers eine sehr hohe und steile Wand darstellt. Rechnet man das Areal derselben und der beiden Seitengehänge, welche, wenn auch nicht schneebedeckt, doch ganz gewiss durch Lawinengänge zur Vermehrung der Firnmassen in der Tiefe beitragen, so erhält man eine Schneegrenzenhöhe von 2600 m; aber noch immer ergibt sich hier eine locale Depression der Schneegrenze gegenüber anderen weniger tief eingesenkten Gletschern mit offener Lage, welche einen Höhenstand der Schneelinie aufweisen, der demjenigen der benachbarten Thalglletscher ziemlich nahe kommt und auch dem für das betreffende Blatt berechneten entspricht. Am Hangend-Gl. mit ganz freier Position liegt die Schneegrenze in 2790 m Höhe, während wieder der Renfen-Gl. durch die hohen Nordgehänge des Renfenhorns und Hangendglletscherhorns orographisch sehr begünstigt erscheint, weshalb seine Schneegrenze auch nur in 2540 m Höhe verläuft. Auch bei den nördlich vom Diamantstock und Aelplstock gelegenen Firnfeldern treffen wir die Schneegrenze in tiefer Lage an (2470 m, 2550 m und 2580 m). Wenn die gleiche Situation bei Südlage vorhanden ist, dann liegt die Schneegrenze hoch, wie z. B. beim Hinteren Trift-Gl. 2990 m und beim Vorderen Trift-Gl. 2920 m.

Wir ersehen aus den angeführten Resultaten, dass die für die einzelnen Gletscher sich ergebenden Werthe der Schneegrenze zwar nennenswerthe Abweichungen von dem der klimatischen Schneegrenze sehr nahe kommenden Werthe von 2950 m zeigen, dass aber diese Abweichungen in jedem einzelnen Falle vollkommen erklärbar sind, was wohl auch als ein Beweis für die Richtigkeit des angewandten Ver-

fahrens angesehen werden kann. Deutlich lässt dasselbe die ungemein große Veränderlichkeit in der Höhenlage der Schneegrenze infolge der verschiedensten orographischen Verhältnisse erkennen. Es sinkt die beobachtbare Schneegrenze im Schatten des Gebirges 460 m unter den Normalwerth und erhebt sich auf der Sonnenseite 260 m über denselben — so sehr schwankt die »klimatische« Schneegrenze Ratzels.

Die Ergebnisse für die Finsteraarhorn-Gruppe werden noch weiterhin durch ganz ähnliche Werthe gestützt, welche ich für die Gletscher der Oetzthaler Alpen (Venter Gruppe) ermittelt habe.¹⁾ Ich habe hier wieder die mittlere Höhe der Gletscher, welche mit der Schneegrenze zusammenfällt, auf graphischem Wege bestimmt, und hier hat es sich zuerst gezeigt, dass der Einfluß der Lage und des Baues der Gletscher in den einzelnen Resultaten zum Ausdruck kommt. Richter hat in seinem Buche »Die Gletscher der Ostalpen« die »klimatische« Schneegrenze Ratzels mit Hilfe der Theilungslinie zwischen Abschmelzungs- und Nährgebiet nach dem Verhältnis 1 : 3 unter Berücksichtigung der verschiedenen orographischen Begünstigung zu bestimmen gesucht. Ich stelle zum Vergleiche Richter's Resultate neben die meinen:

| Name des Gletschers | A | B | Differenz B—A |
|---------------------------|---|---------------------------------|------------------|
| | Höhe der Theilungslinie nach dem Verhältnis 1 : 3 | Mittlere Höhe des Gletschers | |
| | m | m | |
| Gaisberg-Ferner | 2573 | 2835 | 262 |
| Rothmoos-F. | 2725 | 2950 | 225 |
| Langthaler-F. | 2744 | 2869 | 125 |
| Gurgler-F. | 2878 | 2978 | 100 |
| Schalf-F. | 2934 | 3054 | 120 |
| Marzell-F. | 2905 | 3009 | 104 |
| Niederjoch-F. | 2921 | 3023 | 102 |
| Hochjoch-F. | — | 2983 | — |
| Hinterreis-F. | 2792 | 2985 | 193 |
| Kesselwand-F. | — | 3091 | — |
| Vernagt-Guslar-F. | 3084 | 3084 | — |
| Mittelberg-F. | 2911 | 2937 | 26 |
| Taschach-F. | 2710 | 2989 | 279 |
| Sechsegerten-F. | — | 2905 | — |
| Gepatsch-F. | 2872 | 3010 | 138 |
| Langtaufener-F. | 2745 | 2975 | 230 |
| Steinschlag-F. | — | 2963 | — |

Richter zieht aus 12 Gletschern mit Ausschluss des Vernagt-F., bei dem obige Theilungslinie sehr hoch verläuft, das Mittel und findet dasselbe zu 2808 m²⁾. Bilde ich aus denselben 12 Gletschern, deren mittlere Höhe bestimmt wurde, das Mittel, so ergibt sich 2968 m, das ist eine Differenz von 160 m. Um 160 m liegt also im Durchschnitt die mittlere Höhe, d. h. die Schneegrenze in der Venter-Gruppe höher, als

¹⁾ Das Zahlenmaterial für die Schneegrenzenbestimmung in dieser Gebirgsgruppe wurde schon in der Arbeit »Das reducierte und wahre Areal der Oetzthaler Gletscher«, XIV. Jahresbericht des Vereines der Geographen an der Universität Wien, 1888 publiciert. Ich habe daselbst die Differenz zwischen dem wirklich in der Natur vorhandenen und dem auf unseren Karten in horizontaler Projection dargestellten Areal für die Oetzthaler Gletscher zu bestimmen gesucht; da nun das wahre Areal immer größer ist, als das reducierte, so tritt durchwegs örtlich eine Überhöhung der Gletscher ein. Daraus resultiert natürlich eine andere mittlere Höhe. Die Abweichung dieser unter Berücksichtigung des wahren Areals gefundenen mittleren Höhe von derjenigen des reducierten Areals ist aber sehr gering; die mittlere Überhöhung für 17 von mir untersuchte Gletscher beträgt nur 11 m, ein Werth, den man wohl vernachlässigen kann.

²⁾ Ed. Richter »Die Gletscher der Ostalpen«, 4 S. 174.

jene Theilungslinie nach dem Verhältniss 1:3. Bei dem einzigen größeren, nach Süd exponierten Gletscher, dem Vernagt-F., stimmt zufällig die Richtersche Zahl 3084 m mit der meinigen vollständig überein; gehen wir aber die einzelnen Gletscher durch, so finden sich Abweichungen von verschiedener Größe. Beim Mittelberg-F. beträgt mein Plus nur 26 m, erreicht aber bei einigen Gletschern 100 m und darüber, selbst 200 m, und die größten Abweichungen sind bei dem kleinen Gaisberg-F. (262 m) und beim Taschach-F. (279 m). Aus diesen Resultaten ersieht man deutlich, dass die Annahme eines constanten Verhältnisses zwischen Ablations- und Sammelgebiet nicht richtig ist, wie das auch Richter an vielen Stellen seines Werkes hervorhebt; das Verhältniss dieser beiden Theile, aus denen jeder Gletscher besteht, ist vielmehr sehr schwankend. Bei Aufsuchung der Theilungslinie nach dem Verhältniss 1:3 ergeben sich darum bei den von Richter diesbezüglich untersuchten Gletschern bedeutende Höhenschwankungen dieser Linie. Zwischen dem Gaisberg-F. (2573 m) und dem Vernagt-F. (3084 m) besteht in dieser Hinsicht eine Differenz von 511 m. Eine Schwankung der Höhe der Schneegrenze um einen solchen Betrag in einer Gebirgsgruppe, deren eigenthümliche Kammgliederung die Bildung der meisten Gletscher überhaupt und aller Thalglletscher auf der Nordseite des steil südwärts zum Vintschgau abstürzenden Kammes veranlasst, sodass diese wenigstens unter gleichmäßigeren Expositionsverhältnissen existieren, ist ziemlich unwahrscheinlich. Die von mir gefundenen mittleren Höhen bewegen sich in viel engeren Grenzen; die beiden Extreme Gaisberg-F. (2835 m) und Vernagt-F. (3084 m) ergeben bloß eine Differenz von 249 m. Im allgemeinen liegt die Schneegrenze in der Venter-Gruppe nach meinen Resultaten nahe an 3000 m; Richter gibt als allgemeines Ergebnis für die Schneegrenzenhöhe in dieser Gebirgsgruppe folgende Werthe an: Nördliche Verzweigungen 2800 m; im inneren Theile auf der Nordseite 2900 m, auf der Südseite 3100 m und darüber¹⁾, also ähnlich hohe Zahlen, wie die meine. Die Gebrüder Schlaginweit gaben die Schneelinie für das innere Ötztal sehr niedrig, mit 2706 m, an, weil sie dieselbe an der unteren Grenze der Firnfleckenregion ansetzten²⁾. Nach v. Sonklar liegt die Firnlinie in den Ötztaler Alpen 8350' = 2640 m hoch³⁾; durch Addition von 200 m erhält er die Höhe der Schneegrenze, welche er für diese Gebirgsgruppe mit 2845 m angibt⁴⁾.

Ein Vergleich unserer Ergebnisse für die Finsteraarhorn-Gruppe und die Venter-Gruppe lehrt, dass in beiden die Schneegrenze hoch verläuft; die Schwankungen in der Höhenlage der Schneelinie sind aber in der Finsteraarhorn-Gruppe viel bedeutender, als in den Ötztaler Alpen, weil in jenem Gebirgstheile die Gletscher sich nach den verschiedensten Richtungen erstrecken; die Gletscher der Finsteraarhorn-Gruppe existieren unter viel ungleichmäßigeren Bedingungen, als in der Venter-Gruppe, und darum erreicht auch die Amplitude der Höhenschwankungen der Schneegrenze zwischen den beiden Extremen Wissbach-Gl. 2490 m und Triest-Gl. 3210 m den hohen Werth von 720 m, und selbst bei den Thalglletschern ergibt sich als maximale Differenz zwischen dem Tschingel-Gl. (2700 m) und Fiescher-Gl. (3130 m) 430 m.

¹⁾ Ed. Richter, S. 173 und 280.

²⁾ Vgl. Ed. Richter, a. a. O., S. 35.

³⁾ K. v. Sonklar, „Die Ötztaler Gebirgsgruppe“, Gotha 1860, S. 286.

⁴⁾ K. v. Sonklar, a. a. O., S. 288.

Schluss.

Die Anwendung der im zweiten Abschnitt vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung der Schneegrenze hat im Bereiche des Finsteraarhornmassivs und der Venter-Gruppe befriedigende Resultate ergeben. Blicken wir zum Schlusse nochmals auf den Gang der Untersuchung zurück, den wir einschlugen, um zu den im letzten Abschnitte mitgetheilten Ergebnissen zu gelangen, so war er, in Kürze wiederholt, folgender: Wir giengen von der Thatsache aus, dass auf der gesammten Oberfläche eines Gletschers dieselben Verhältnisse herrschen, wie längs der Schneegrenze, und schlossen daraus, dass eine ganz bestimmte Beziehung zwischen der Gletscheroberfläche und der Höhe der Schneegrenze vorhanden sein müsse. Diese Beziehung wird durch den Umstand vermittelt, dass schneeiger Niederschlag und Ablation Functionen der Höhe sind. Um nun zu numerischen Werthen zu gelangen, muss bekannt sein, in welcher Art schneeiger Niederschlag und Ablation als Functionen der Höhe erscheinen; leider lässt sich das bislang nur angenähert angeben. Nehmen wir an, dass sowohl die Ablation, als auch der feste Niederschlag der Höhenabnahme oder Höhenzunahme direct proportional sind, so ist die mittlere Höhe des Gletschers der Höhe der Schneegrenze gleich. Wenn aber die Niederschläge langsamer als die Höhen zunehmen, und die Ablation rascher wächst, als die Höhen abnehmen, ist die mittlere Höhe des Gletschers immer größer, als die Höhe der Schneegrenze; die sich ergebende Differenz ist aber sehr gering. Es liefert also die mittlere Höhe der Gletscher unter allen Umständen recht brauchbare, nur sehr wenig zu hohe Werthe für die Schneegrenze. Bei den einzelnen Gletschern erhalten wir nach dieser Methode die Höhe der realen Schneegrenze, während die mittlere Höhe der Schneeregion eines zusammenhängend nach allen Richtungen vergletscherten Gebirges der idealen klimatischen Schneegrenze recht nahe kommt. Ein weiteres Verfahren, um die Lage der Schneegrenze zu ermitteln, ergab sich, indem wir das Mittel zogen aus der Höhenstufe, in welcher die schneefreie Fläche zurückzutreten beginnt, und derjenigen, welche sich dem Maximum der Schneebedeckung nähert. Auf Grundlage dieser Methoden erhielten wir für die Finsteraarhorn-Gruppe und die Venter-Gruppe Werthe für die Höhe der Schneegrenze, die auf die Richtigkeit der angewandten Methoden weisen dürften. Die Höhe der Schneegrenze fällt höher aus, als nach früheren Angaben, ergibt aber in einzelnen Amplituden, welche älteren Werthen entsprechen, und welche in jedem einzelnen Falle sich durch die orographischen Verhältnisse vollkommen erklären.