

UNTERSUCHUNGEN  
UEBER  
**DIE KLIMATE DER GEGENWART**  
UND DER  
**V O R W E L T,**  
MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG  
DER GLETSCHER-ERSCHEINUNGEN IN DER DILUVIALZEIT  
VON  
**W. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN.**

---

## QUESTION.

---

„D'après la plupart des géologues une des dernières périodes géologiques aurait été caractérisée par d'énormes masses de glace, couvrant de vastes superficies dans plusieurs pays, et formant d'énormes glaciers. La Société demande, quelle a dû être l'influence de ces masses de glace, si elles ont réellement existé, sur la faune et la flore des différents pays et sur la température de l'atmosphère ?”

## I N H A L T.

	Seite.
<b>Vorwort</b> .....	1.
<b>Abschnitt I.</b> Ueber die Bildung und Bewegung der Gletscher.....	9.
" <b>II.</b> Ueber die Ursachen der Gletscherbewegung. Gletschertheorien.....	20.
" <b>III.</b> Die vormalige Verbreitung der Gletscher in den Alpen.....	28.
" <b>IV.</b> Die erratischen Blöcke im Schweizer Tieflande und am Rande des Jura.	48.
1. Savoysches oder Mont Blanc-System.....	49.
2. Das Walliser System.....	54.
3. System der Aar.....	60.
4. System der Reuss.....	60.
5. System der Linth.....	61.
6. System des Rheins.....	61.
7. Die erratischen Gebilde an den Südabhängen der Alpen.....	63.
" <b>V.</b> Die Schliefflächen im Jura und auf der Südseite der Alpen.....	64.
" <b>VI.</b> Die erratischen Blöcke im nördlichen Europa.....	67.
" <b>VII.</b> Die Diluvial-Schrammen in Island und in Skandinavien.....	78.
" <b>VIII.</b> Einige Bemerkungen über die Landseen der Schweiz.....	86.
" <b>IX.</b> Die älteren Hypothesen zur Erklärung der Diluvial-Erscheinungen...	98.
" <b>X.</b> Einige Vorbemerkungen über die Temperatur-Verhältnisse und Klimate des Erdkörpers.....	103.
" <b>XI.</b> Ueber die Abnahme der Temperatur in den höheren Schichten der Atmosphäre.....	113.
" <b>XII.</b> Untersuchungen über das gegenwärtige Seeklima der Erde.....	118.
" <b>XIII.</b> Das Continental-Klima im Vergleich zum Seeklima.....	128.
" <b>XIV.</b> Die Wärmevertheilung auf der Erde bei der gegenwärtigen Verthei- lung der Continente.....	134.

	Seite.
<b>Abschnitt XV.</b> Die Klimate der Vorwelt.....	146.
" <b>XVI.</b> Die Hypothesen von CHARPENTIER und AGASSIZ zur Erklärung der Diluvial-Erscheinungen in der Schweiz.....	158.
1. Die Hypothese von CHARPENTIER.....	159.
2. Die Hypothese von AGASSIZ oder die Eiszeit.....	162.
" <b>XVII.</b> Nähere Kritik der beiden Hypothesen von AGASSIZ und CHARPENTIER.	168.
" <b>XVIII.</b> Ueber das Vorrücken und das Zurückweichen der Gletscher in der Gegenwart.....	180.
" <b>XIX.</b> Der Einfluss des See- und Continentalklimas auf die Gletscher- verbreitung.....	189.
" <b>XX.</b> Die Erklärung der Diluvial-Erscheinungen auf der Nordseite der Alpen. Vergleichung des Standes der Gletscher der Gegenwart und der Diluvialzeit.....	210.
1. Eocene Bildungen und ältere pliocene Bildungen, untere Süs- wasser-Molasse.....	223.
2. Meeresmolasse.....	227.
3. Obere Süswasser-Molasse und Glacialzeit.....	228.
4. Innere Modellirung des grossen Binnensees während und nach der Gletscherzeit.....	247.
" <b>XXI.</b> Einige Bemerkungen zu den Diluvial- und Glacial-Erscheinungen auf der Südseite der Alpen.....	266.
" <b>XXII.</b> Einige Beiträge zur Erklärung der nordeuropäischen Diluvial- Erscheinungen.....	276.
1. Schliffflächen von Gletschern.....	301.
2. Schliffflächen durch Treibeis in verschiedenen Niveaus....	302.
" <b>XXIII.</b> Einige Bemerkungen über den Einfluss der Erdwärme auf die Ent- wicklung der Organisation mit besonderer Berücksichtigung der Eiszeit.....	315.
1. Klimate der älteren Formationen vor dem Diluvium.....	315.
2. Das Klima zur Tertiärzeit so wie die Bedingungen für die damalige Flora.....	323.
3. Die Verbreitung der Pachydermen in der Diluvialzeit.....	340.
4. Bemerkungen über die Meeresorganisation während der Diluvialzeit.....	348.
5. Die Seeorganismen im süssen Wasser nach der Umbildung der Fiorde und Meerbusen zu Landseen.....	359.
" <b>XXIV.</b> Schluss.....	368.

## V O R W O R T.

---

Die Holländische Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem stellte im Sommer des Jahres 1860 die auf der Rückseite des Titelblatts dieser Abhandlung abgedruckte Aufgabe, offenbar von dem Gefühle geleitet, dass die bis jetzt gewonnenen Resultate über die sehr viel grössere Verbreitung der Diluvial-Gletscher, so wie die damit im Zusammenhang stehenden klimatischen Verhältnisse weder untereinander noch mit der allgemein angenommenen Ansicht eines vormals höheren Temperaturzustandes unseres Erdkörpers übereinstimmten.

Bei einer neuen Bearbeitung dieser Frage, zu deren Einsendung der 1 Januar 1861 angesetzt war, handelte es sich also darum eine Kluft in unserer wissenschaftlichen Betrachtungsweise auszufüllen und eine Anzahl nicht immer richtig gedeuteter Beobachtungen so zu erklären, dass sie mit den wohlbegründetsten Lehren der Physik und Mechanik, vornehmlich aber mit der durch mehrere grosse Mathematiker dieses Jahrhunderts hoch ausgebildeten Wärmetheorie verträglich, nicht aber damit im grellsten Widerspruch erschienen.

Obgleich ich seit einer längeren Reihe von Jahren anderen Untersuchungen als den eben genannten meine Aufmerksamkeit zugewandt hatte, so glaubte ich doch die Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe unternehmen zu können, da ich auf wiederholten Reisen durch die Alpen, durch Island und Skandinavien mit den Gletscher- und Treibeis-Erscheinungen an Ort und Stelle bekannt geworden war.

Nur wenige Monate am Ende des Jahres 1860 waren mir für die Bearbeitung dieser Aufgabe übrig, und ich entwarf so gleichsam eine erste Skizze, welche zwar in den Hauptumrissen den Gang der vorliegenden Untersuchungen enthielt, aber auch manche mir am Besten bekannte Mängel besass, die bei der Kürze der Zeit nicht so rasch verbessert werden konnten. Nachdem die Holländische Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem der eingereichten Abhandlung im Frühjahr 1861 den Preis zuerkannt hatte, richtete ich an dieselbe im Interesse der Sache die Bitte, dass mir vor dem Druck eine vollständige Umarbeitung meiner Arbeit gestattet werde. Die hohe Gesellschaft ging auf meine Wünsche in der bereitwilligsten Weise ein, und so sind unerwartet mehr als vier Jahre verflossen, während welcher ich mit wenigen Unterbrechungen, die durch zwei Reisen nach Sicilien veranlasst wurden, fast täglich mit der Ausarbeitung und Ausfeilung dieser Blätter beschäftigt gewesen bin.

Einzelne Abschnitte des ersten Entwurfs wurden völlig umgestaltet, andere aber, z.B. die Temperaturabnahme in den höheren Luftschichten, die Berechnung des Seeklimas für beide Erdhemisphären und die Vertheilung der Sonnenwärme auf der Erdoberfläche durch die gegenwärtige Gestalt der Continente, neu hinzugefügt.

Ausserdem sammelte ich auf drei verschiedenen Sommer- und Herbstreisen in den Alpen wie am Jura manche in den Text verwebte Beobachtungen und füllte durch dieselben einige Lücken in meiner eigenen Anschauung aus.

Im Sommer 1861 überschritt ich die Alpen am Bernhardin und ging

den Gletscherspuren im Rheinthal und im Val Mesolcina nach, im Herbst kehrte ich über den St. Gotthard zurück.

Im Sommer 1862 besuchte ich einen anderen Theil Graubündens, das Wallis und Zermatt, worauf ich mich nach Genf begab. Die erraticen Phänomene, welche man in so ausgezeichnete Weise im Tieflande der Schweiz und an den Rändern des Jura beobachtet, waren mir bis dahin nicht vollständig genug bekannt. Ich bestieg zunächst den kleinen und grossen Salève, um die schon von SAUSSURE beschriebenen Findlingsblöcke an Ort und Stelle zu sehen. Darauf ging ich nach dem Fort de l'Écluse und nach Perte du Rhône, beides Localitäten, welche für die Findlingsverbreitung mir von besonderer Bedeutung zu sein scheinen, und durchwanderte darauf den Rücken des Jura von Trelex bis Biel. Obgleich mehrfach durch sehr ungünstiges Wetter behindert, lernte ich doch den Lac du Joux, den Chasseron, das Val Travers und die mir bis dahin unbekanntes Schliffflächen in der Nähe von Neuchatel kennen.

Endlich sah ich im vergangenen Sommer und Herbst vollständiger als bisher die Glacierscheinungen an der Südseite der Alpen und wurde von meinem ausgezeichneten Freunde B. GASTALDI nach der Serra und dem merkwürdigen Circus von Ivrea geführt. Am Ende des October kehrte ich über Como und Chiavenna zurück und hatte auch hier Gelegenheit einige, für die vorliegende Arbeit für mich neue Beobachtungen zu machen.

Die Wirkungen, welche das Eis vornehmlich in der Gestalt der Gletscher auf die Umgestaltung der Erdoberfläche während und nach der Diluvialformation ausgeübt hat, sind zuerst von SCHEUCHZER und SIMLER, wenn auch unvollständig erkannt worden. Am Ende des verflossenen Jahrhunderts hat SAUSSURE mit der Umsicht, welche alle seine Arbeiten charakterisirt, diesen Gegenstand zwar weiter verfolgt, jedoch nicht zu dem Abschluss gebracht, welchen die neuere Wissenschaft in Anspruch nimmt.

Vor etwa drei Decennien trat die Gletscherfrage in ein neues Stadium

der Entwicklung und eine Reihe ausgezeichneter Forscher, unter denen zunächst VENEZ, RENDU, CHARPENTIER, AGASSIZ, ESCHER VON DER LINTH und FORBES genannt zu werden verdienen, haben zur Aufklärung derselben wesentlich beigetragen. Man erkannte bald, dass die Glacialerscheinungen, sowohl der Findlingstransport als auch die Bildung der Schliefflächen, nicht allein auf das Innere der Alpen beschränkt seien, sondern weit ausserhalb des Gebirges, gegen Norden bis zum Jura, gegen Süden bis zur Lombardischen Ebene sich verbreiten. Bei genauem Nachforschen wurden ganz ähnliche Erscheinungen wie in der Schweiz und in Ober-Italien auch in vielen anderen Ländern, in Deutschland, Frankreich, Dänemark, England, Schottland, Island, Skandinavien und Russland aufgefunden, und man versuchte dieselben, vielleicht etwas zu rasch, von einem gemeinsamen Standpunkte aus zu erklären.

Indem die Geologen der Schweiz von der Wirkung der Gletscher, die sie täglich beobachteten, zur Erklärung der Schliefflächen und der des Findlingstransports ausgegangen waren, übertrugen sie jene zuerst auf die Nachbarländer und bald auf den ganzen Norden Europas.

Es bildeten sich so zur Erklärung der Glacialphänomene zwei Hypothesen aus, die bei mancher Aehnlichkeit doch unter einander verschieden sind und sich mehrfach widersprechen; es sind die Hypothesen von CHARPENTIER und von AGASSIZ, die letztere ist auch unter dem Namen der Eiszeit bekannt. Die meisten Geologen der Gegenwart erklären sich für die eine oder die andere, haben jedoch wie die Urheber jener unberücksichtigt gelassen, dass sie mit der Wärmetheorie und Gletschermechanik unvereinbar sind.

Der Weg, welchen ich bei der Bearbeitung dieser Aufgabe einschlug, ist dem entgegengesetzt, den meine Vorgänger gewählt haben, denn ich gehe nicht, wie sie, von der Ansicht aus, dass der Findlingstransport wie die Bildung der Schliefflächen nur durch Gletscher hervorgebracht sei, sondern suche zunächst mit Hülfe der Wärmetheorie die verschiedenen Klimate der Gegenwart und Vergangenheit mit einander zu vergleichen.

Dann erst lässt sich beurtheilen, unter welchen besonderen Umständen und Bedingungen Eis- und Gletscherbildungen erscheinen und auf welchen Raum sie nothwendigerweise beschränkt werden müssen.

Nachdem jene beiden Hypothesen ins Leben getreten waren, wurden sie in der verschiedensten Weise beurtheilt und finden noch in der neusten Zeit, nicht nur in der Schweiz, sondern auch in England und in Italien mehr Vertheidiger als Widersacher. Bereits vor 17 Jahren habe ich in meiner physisch-geographischen Skizze von Island meine hier auseinandergesetzten Ansichten angedeutet, sie sind jedoch unbeachtet geblieben. Erst kürzlich bei der Vollendung meiner Arbeit hatte ich die Freude zu bemerken, dass auch DARVIN, dem es auf seiner grossen Reise weitere Blicke zu thun vergönnt war, die Glacierscheinungen in ganz ähnlicher Weise, als es von mir geschehen ist, zu erklären suchte.

Bei dem hohen Interesse, welches man diesem neu auftauchenden geologischen Probleme schenkte, hat auch die darauf sich beziehende Literatur ausserordentlich an Umfang gewonnen.

Wir verweisen zunächst auf AGASSIZ' *Système Glaciaire*, Paris 1847, pag. XIII, an welchem Orte ein bis dahin vollständiges Verzeichniss aller die Gletscherlehre betreffenden Werke und Abhandlungen sich befindet.

Seitdem hat sich neues Material aufgespeichert, welches bei der Herausgabe dieser Schrift zum Theil kurz vor ihrer Vollendung berücksichtigt ist.

In Russland verfolgten Herr VON BAER und Graf KEYSERLING mit Aufmerksamkeit und Umsicht die erratischen Phänomene des Nordens; in Skandinavien gingen SEFSTRÖM, KEILHAU, HÖRBYE und besonders KJERULF den Glacierscheinungen nach und schenkten auch der Entwicklung der Organisation während der Diluvialzeit ihre Aufmerksamkeit. Unter den Englischen Geologen trat TYNDALL mit seinem trefflichen Werke hervor; ebenso haben Sir CHARLES LYELL, RAMSAY und

FRANKLAND, wenn auch von sehr verschiedenen Standpunkten ausgehend, die Gletschertheorie besprochen. Ferner lieferten die Italienschen Geologen GASTALDI und OMBONI in dieser Richtung neue und werthvolle Beiträge.

Endlich bearbeiteten die Geologen der Schweiz zu gleicher Zeit das ganze Feld der Diluvialerscheinungen. Zunächst wurde die Frage über die Bildung der Alpinen Landseen im Zusammenhang mit den Glacialerscheinungen von DESOR und RAMSAY behandelt; den Ansichten des letztern traten FAVRE und mein alter und hochverehrter Freund STUDER entgegen.

Der Aufsatz STUDER's, der mir etwa vor einem Jahre bekannt wurde, erschien mir deshalb besonders interessant, da die in demselben ausgesprochene Ansicht über die Senkung des Flachlandes der Schweiz nach der Ablagerung des Diluviums mit den Untersuchungen in meiner ersten schon vor vier Jahren der Societät der Wissenschaften zu Haarlem überreichten Abhandlung vollkommen übereinstimmte. Ich habe jedoch schon damals die Grösse dieser Senkung in ähnlicher Weise, wie sie im XX<sup>ten</sup> Abschnitt bezeichnet ist, angegeben.

Endlich habe ich hier noch des klassischen Werkes von C. W. GÜMBEL, der geognostischen Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges und seiner Vorländer zu gedenken, in welchem der Verfasser gelegentlich auf den vormaligen Zusammenhang der Alpinen Landseen, auf eine allgemeine Bodensenkung des Terrains, so wie auf den Findlingstransport durch Eisschollen hingewiesen hat. Unsere von einander durchaus unabhängigen Untersuchungen stimmen so in den grösseren Zügen gut überein.

Die Societät der Wissenschaften zu Haarlem stellte ferner im zweiten Theile der Aufgabe die Frage, welchen Einfluss jene ungeheueren Diluvialgletscher, wenn sie wirklich existirten, auf die Fauna und Flora der verschiedenen Länder, so wie auf den Temperaturzustand der Atmosphäre ausgeübt haben.

Aus unseren Untersuchungen geht auf das Unzweifelhafteste hervor,

dass die Gletscher zu allen Zeiten den Charakter durchaus localer, von der Reliefform der Oberfläche abhängiger Erscheinungen an sich trugen, und dass die übrigen Eisbildungen nur auf die kältesten Jahreszeiten, so wie auf die höheren geographischen Breiten zu beschränkt sind. Ein plötzliches Sinken der Temperatur der Diluvialepoche ist völlig unbegründet; dagegen kann sogar bei einem etwas milderen Klima als das gegenwärtige ist unter gewissen Bedingungen ein höherer Grad der Gletscherverbreitung stattfinden. Danach lässt sich sogleich ersehen, dass im grossen Ganzen die Organisation in der Diluvialzeit nicht wesentlich von der jetzigen verschieden gewesen sein kann, obwohl sie durch eine andere Reliefform des Bodens, durch eine andere Vertheilung der Continente und durch einen anderen Lauf der Meeresströmungen gewisse meist nicht bedeutende oder doch auf kleinere Räume beschränkte Modificationen erlitten haben mag. Die Beschaffenheit der Organisation kurz vor, während und nach der Gletscherperiode ist von H<sub>EER</sub> theils in seiner Flora Helvetiae, theils in seinem neuen, ebenerschiedenen Werke, der Urwelt der Schweiz, aufs Trefflichste geschildert worden. Wir können jedoch weder die hohe fast aequatoriale Temperatur in der Molassezeit, noch die riesige Ausdehnung der Diluvialgletscher, wozu sich auch H<sub>EER</sub> bekennt, für begründet halten.

Zur besseren Uebersicht der hier in Betracht kommenden geologischen Verhältnisse und zur schnelleren Orientirung des Lesers schien es erforderlich oder doch wünschenswerth, eine kurze Einleitung über die wichtigsten Erscheinungen, welche auf die Bildung und Verbreitung der Gletscher so wie auf ihren Zusammenhang mit der Diluvialformation sich beziehen, meinen Untersuchungen vorauf zu schicken. Sie enthält das hauptsächlichste bis jetzt gewonnene Beobachtungsmaterial, welches hin und wieder von mir durch einige kleine Zusätze erweitert worden ist. Eine vollständige Beschreibung der Diluvialformation, etwa wie dieses in einem ausführlichen Lehrbuche über Geologie geschehen müsste, lag ganz ausserhalb des Planes dieser Blätter.

Möchten vornehmlich die Schweizer Geologen, deren unermüdliche

Thätigkeit gewiss die grösste Anerkennung verdient, sich überzeugen, dass es mir nicht um eine unerquickliche Polemik, sondern um die Erforschung der Wahrheit zu thun ist, und möchten sie durch diese Abhandlung veranlasst werden die Gletscherfrage von einem etwas veränderten Standpunkte aus zu betrachten; sie werden sich dann vielleicht überzeugen, dass ihre bisherige Anschauungsweise mit den Ergebnissen der exacten Naturforschung unvereinbar ist.

---

## ABSCHNITT I.

### UEBER DIE BILDUNG UND BEWEGUNG DER GLETSCHER.

---

Es ist eine allgemein bekannte Erfahrung, dass die Temperatur von den untern zu den höhern Luftschichten allmählig sinkt und manche Gebirge der Erde reichen so hoch empor, dass der auf sie herabgefallene Schnee im Laufe des Jahres nur unvollständig schmilzt, sich theilweise den Sommer hindurch erhält und im Herbst und Winter durch neu hinzukommende Schneemassen ergänzt wird. Der beim Herabfallen flockige, krystallisirte, Schnee, wenn er in den höhern Gebirgen schichtenweise die Erde bedeckt, erleidet durch das Bescheinen der Sonne, so wie durch das in den Sommermonaten herabfallende Regenwasser und durch ein neues Frieren in den Nächten eine eigenthümliche Umwandlung. Seine Structur wird körnig, indem die frühere krystallinische Beschaffenheit in einen amorphen Zustand übergeht. Man bezeichnet diesen so umgewandelten Schnee in der Schweiz mit dem Namen Firn; er besteht aus grössern oder kleinern Eiskörnern, welche unter sich einen nur losen Zusammenhang besitzen und besonders in der wärmern Jahreszeit mit einer dünnen Wasserhülle umschlossen sind. Das Wasser bildet so gleichsam den Kitt, der die Verbindung zwischen den einzelnen amorphen Eistheilchen vermittelt. Dieselben sind durch einen

mässigen Druck gegeneinander verschiebbar. Viele der grössern Gebirge, unter ihnen die Alpen, besitzen oberhalb der Grenze des ewigen Schnees weite, geräumige und kesselförmige Thäler, die in der einen oder der andern Weise mit den grössern tieferabreichenden Thälern sich zu verbinden pflegen. Jene sind die hauptsächlichsten Behälter, in denen die Firnmassen sich alljährlich ergänzen, indem der neu fallende, durch Wind und Lawinen von den steilern Abhängen zusammengetriebene Schnee ihren Boden mit einer neuen Schicht überkleidet.

Die Firnbehälter, wie FORBES sehr treffend bemerkt, sind die Landseen, aus denen die Gletscher, die starren, zackigen, oft mit blendenden Pyramiden geschmückten und von blauen Bändern durchwebten Eisströme hervordringen. Schon seit Jahrhunderten hat man bemerkt, dass auf Gletscher gefallene Felsblöcke ihre Lage gegen die benachbarten Gebirge verändern und aus den höhern Thalgegenden nach und nach in die tiefern hinabrücken. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass sie auf einer Unterlage ruhen, welche, wenn auch nur langsam, sich weiter fort bewegt.

Bei einem beständigen Fortschreiten würden die Gletscher alle tieferliegenden Gebirgsthäler nach und nach ausfüllen und sie in endlose Eisfelder verwandeln, wenn ihnen nicht durch die höhere Temperatur der untern Luftschichten eine natürliche Grenze gesetzt wäre.

Die Höhe der untern Gletscherenden über dem Meere ist der Hauptsache nach von der mittlern Jahrestemperatur und somit von der geographischen Breite der Gegenden abhängig.

Alle Beobachtungen zeigen uns daher, dass in den südlich gelegenen Gebirgen die Gletscher und ihre Ausläufer sich in grössern Höhen halten, in den mehr nördlich gelegenen immer weiter in die Tiefe rücken und innerhalb der Polarkreise sogar den Meeresspiegel erreichen können.

Wir müssten so beispielsweise in den Alpen unter dem 46<sup>sten</sup> Breitengrade alle grossen Gletscher genau in derselben Meereshöhe enden sehen. Dieses ist nicht der Fall; denn einige derselben bewegen sich durch tiefer gelegene Thäler; andere halten sich in einer grössern Höhe. Die Gründe, welche diese Erscheinung veranlassen, sind offenbar sehr ver-

schiedener Art. Eine verschiedene Neigung der Thalsohlen, über welche die Gletscher hinabsteigen, die Grösse der Firnreservoirs, die Richtung der Thäler und die Beschaffenheit der sie umgebenden Wände scheinen dabei wesentlich in Betracht zu kommen. Es ist ferner bekannt, dass die Gletscher in gewissen Zeiten weiter in die Thäler vordringen, in andern dagegen sich zurückziehen, je nachdem die mittleren Temperaturen der verschiedenen Jahre etwas grösser oder etwas kleiner werden, je nachdem der Schneefall ein grösserer oder ein geringerer wird.

Betrachtet man in einer gewissen Gegend statt einen einzigen Gletscher eine grössere Anzahl derselben, so werden sich jene Unregelmässigkeiten ausgleichen und man wird eine mittlere Höhe annehmen können, in welcher für eine bestimmte geographische Breite die Gletscher ihre untere Grenze erreichen, die für einige geologische Fragen von grosser Bedeutung ist.

Bei der genaueren Betrachtung der Gletscher zeigen sich mehrere bemerkenswerthe Erscheinungen, welche hier zwar nicht ausführlich beschrieben, doch im Bezug auf unsere spätern Untersuchungen kurz hervorgehoben und unsern Lesern in Erinnerung gebracht werden müssen.

Die Umbildung der Firnmassen in Gletschereis, die innere Structur der Gletscher und die Ursachen ihrer Bewegung sind zunächst ins Auge zu fassen.

Die Eismassen der Gletscher, welche in den Firnbehältern ihren Ursprung genommen haben, gehen von der körnigen Structur des Firns in das Gletschereis, welches in den tiefern Gegenden eigenthümlicher hervortritt, ganz allmählig über.

Diese Umbildung ist gewiss keine augenblickliche, sondern eine sehr langsame, welche eine Reihe von Jahren zu erfordern scheint. Das Gletschereis besitzt im Allgemeinen keine homogene Beschaffenheit; man bemerkt in demselben eine Folge von Schichten, in denen abwechselnd, je nach der Beleuchtung, ein blaugrünliches oder kornblumenblaues, durchsichtiges, weniger mit Luftblasen gefülltes, mit einem weissen, sehr körnigen, nur durchscheinenden, luftblasenreicheren Eise,

das nahezu noch das Ansehen des Firns besitzt, regelmässig abwechselt. In den untern Gegenden scheint die erste Eisart, in den obern die zweite vorzuherrschen. RENDU, dem man manche Bereicherungen der Gletscherlehre verdankt, hat, glaube ich, zuerst auf diese merkwürdige Beschaffenheit des Gletschereises aufmerksam gemacht, die darauf FORBES näher beschrieb und sie mit der Bewegung dieser Eisströme in Verbindung brachte. Dass der Firn anfänglich in das weisse poröse, dieses dann in das blaue und klare Gletschereis übergeht, kann wohl kaum bezweifelt werden. Auch das blaue Gletschereis zeigt bei einer nähern Betrachtung ein anderes inneres Gefüge als solches Eis, welches im Winter an der Oberfläche eines Teichs oder Landsees gefroren ist. Während dieses beim Zerschlagen mehr einen splittrigen Bruch etwa wie Feuerstein besitzt, zeigt jenes einen körnigen, wie wir ihn beispielsweise am weissen Marmor sehen. Das weissgraue Gletschereis ist ungleich poröser, weicher als das blaue und kann zwischen den Fingern zerdrückt werden.

Indem die weissen, weichen Eisbänder durch den Einfluss des Regens und der Tageswärme leichter schmelzen, treten die festern, bläulichen deutlicher hervor und ziehen rippenförmig den Gletscherwänden entlang. In die ausgewaschenen Vertiefungen setzt sich häufig Staub und Moerenensand, der dann schon aus der Ferne dem Eise eine schmutzige und dunkle Färbung ertheilt.

Die bänderartige Structur der Gletscher ist für ein aufmerksames Auge sehr leicht zu erkennen. Man wird dieselbe in allen alpinen Eisströmen, zB. am Rhonegletscher, am Eismeer von Chamouni u. s. w. leicht wiederfinden. FORBES bemerkt, dass VIGNE dieselbe auch an den Gletschern des Himalaja beobachtet hat; HOCHSTETTER erwähnt sie in seiner Beschreibung Neuseelands<sup>1)</sup>; ich sah sie sehr deutlich am grossen Arnarfell Jökul in Island. Der Uebergang von dem Schnee in den Firn, von diesem in das weissgraue und zuletzt in das blaugrüne Gletschereis, wird durch das beständige Thauen und Frieren an der Oberfläche des Firns und durch den Druck der Eistheile auf einander wesentlich bedingt.

<sup>1)</sup> *New-Seeland* von Dr. FERDINAND VON HOCHSTETTER, pag. 341.

Die innere Structur der Gletscher, welche auch auf ihrer Oberfläche zu Tage tritt, ist der Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen. Verschiedene Gletscherprofile sind von FORBES <sup>1)</sup> und TYNDALL <sup>2)</sup> abgebildet; die belehrendsten findet man wohl in AGASSIZ, *Système Glaciaire*, Atlas Pl. VII. Bei nahezu oval gebildeten Gletschern, wie z.B. beim Rhonegletscher, laufen die Durchschnittslinien, welche die Oberfläche mit den innern Schichtungsflächen bildet, in angenähert ovalen Ringen über den Gletscher fort. Die diesen Ringsystemen entsprechenden Schichten liegen am untern Ende fast horizontal, fallen indess gegen den Mittelpunkt ein und beschreiben nach FORBES um eine daselbst stehende Verticalaxe Kegelflächen von verschiedener Neigung.

Bei langgestreckten Gletschern werden die Structurlinien an der Oberfläche, wie man dieses z.B. am Mer de Glace beobachten kann, zu hyperbelähnlichen Curven in die Länge gezogen.

Bevor wir zu einer kurzen Darstellung der verschiedenen Theorien, welche zur Erklärung der Gletscherbewegung aufgestellt sind, übergehen, werden wir die von FORBES und von TYNDALL gemachten Beobachtungen über die Gletscherbewegung kurz zusammenstellen.

FORBES beobachtete diese Bewegung am Mer de Glace (Glacier des Bois) im Chamouni-Thal. Er begann seine Arbeit mit der Herstellung eines geodätischen Dreiecksnetzes, welches von der Quelle des Arveiron bis zum Col du Géant über den ganzen Gletscher und seine nächste Umgebung hingeleitet wurde. An einer Anzahl, auf verschiedenen Stellen des Gletschers aufgestellter Signale, deren Lage von Zeit zu Zeit mit den festen, am Rande des Gletschers liegenden Dreieckspunkten verglichen wurden, liess sich die Bewegung des Eismassen deutlich erkennen.

Die mit  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_5$ ,  $D_6$  bezeichneten Signale befinden sich in der Nähe des Montanvert, dem untern Ende des Gletschers näher;  $D_2$  und  $D_3$  stehen unfern des östlichen und westlichen Randes;  $D_4$  und  $D_6$  sind der Mitte näher. Das Signal A befindet sich am obern Rande des

---

<sup>1)</sup> *Travels through the Alps of Savoy*, Edinb. 1843, pag. 166.

<sup>2)</sup> *The Glaciers of the Alps*, London 1860, pag. 386.

Gletschers in der Nähe von les Pentes. Die Signale B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> stehen schon auf dem Glacier du Géant; B und C auf dem untern Ende des Glacier de Léchaud, etwas unterhalb des Jardin; E und E<sub>2</sub> endlich nehmen auf dem obern Ende desselben Gletschers ihren Platz ein, das erste Signal liegt am Rande, das zweite in der Mitte des Gletschers.

Für die absolute tägliche Bewegung der verschiedenen Theile dieses Gletschers ergeben sich folgende aus verschiedenen Zeitintervallen berechnete, in englischen Zollen ausgedrückte Zahlen:

ZEIT DER BEOBACHTUNG.		TÄGLICHE BEWEGUNG.	
1842.	Juli 29 — Sept. 25.....	D <sup>2</sup>	Z. 16,31
"	Juni 29 — Sept. 28.....	D <sup>3</sup>	" 23,09
"	Juli 28 — Aug. 9.....	D <sup>1</sup>	" 22,85
"	Sept. 17 — Sept. 28.....	D <sup>5</sup>	" 20,82
"	Sept. 17 — Sept. 28.....	D <sup>6</sup>	" 21,17
"	Juni 26 — Sept. 26.....	A	" 14,84
"	Juni 30 — Sept. 17.....	B	" 10,50
"	Juni 30 — Sept. 17.....	B <sup>2</sup>	" 13,11
"	Aug. 4 — Sept. 17.....	B <sup>3</sup>	" 15,30
"	Juni 27 — Sept. 17.....	C	" 9,60
"	Juli 29 — Sept. 25.....	E	" 12,30
"	Juli 19 — Aug. 8.....	E <sup>2</sup>	" 14,90

Die relativen Geschwindigkeiten des Gletschers in seinen verschiedenen Theilen, die den ganzen Sommer hindurch beobachtete Geschwindigkeit des Signales D<sup>2</sup> als Einheit angenommen, sind folgende:

RELAT. GESCHWINDIGKEIT			
D <sup>2</sup>	1,000.....	Unteres Ende	} Westl. Rand bei Montanvert.
D <sup>5</sup>	1,375.....	" "	
D <sup>6</sup>	1,356.....	" "	
D <sup>3</sup>	1,398.....	" "	} Oestl. Rand.
A	0,770.....	Nähe von les Pentes.	
B	0,574.....	Unteres Ende des Gl. de Léchaud.	
B <sup>2</sup>	0,678.....	Glacier du Géant	
B <sup>3</sup>	0,722.....	" " "	
C	0,479.....	Unteres Ende des Gl. de Léchaud.	
E	0,674.....	Oberer Theil von Gl. de Léchaud.	
E <sup>2</sup>	0,925.....	" " " " " "	

FORBES zieht aus diesen Beobachtungen folgende Schlüsse:

1) Die Bewegung des obern Theils des Mer de Glace ist im Allgemeinen langsamer als die des niedern, aber die Bewegung des mittlern Theils langsamer als beide; denn es ergibt sich:

$$\frac{D^1 + D^2 + D^3 + D^4}{4} = 1,2822, \text{ ferner } \frac{A + B + B^1 + B^2 + C}{5} = 0,6446$$

und  $\frac{E + E^1}{2} = 0,7995.$

FORBES schreibt die verschiedene Geschwindigkeit des Gletschers an diesen verschiedenen Orten, analog den Erscheinungen eines Stromes, der Breite des Gletschers zu.

2) Der Glacier du Géant bewegt sich rascher als der Glacier de Léchaud im Verhältniss von 6 : 7 (richtiger 0,546 : 0,700.)

3) Das Centrum des Gletschers bewegt sich schneller als die Seiten. Es ergibt sich nämlich:

$$\frac{D^1 + D^2}{2} = 1,199 = \text{Randbewegung}; \frac{D^3 + D^4}{2} = 1,366 = \text{Mittelbewegung.}$$

4) Die Bewegung des Gletschers ist von den Jahreszeiten und vom Stande des Thermometers abhängig.

FORBES hat dieses Resultat, welches aus der vorhin angegebenen Tabelle nicht entnommen werden kann, da wir der Kürze wegen nur die aus mehreren Tagen, Wochen oder Monaten abgeleiteten Mittelwerthe zusammenstellten, aus den täglich auf dem grossen St. Bernhard aufgezeichneten Temperaturbeobachtungen desselben Sommers abgeleitet. Man bemerkt nämlich auf das Klarste, dass die Temperaturcurve mit der, welche die Bewegung des Gletschers versinnlicht, immer gleichen Schritt hält.

Endlich darf hier das wichtige Resultat nicht unerwähnt bleiben, dass auch die Bewegung des Gletschers, obgleich in etwas langsamerer Weise wie im Sommer, während der Wintermonate fort dauert. Die mittlere tägliche Bewegung des Mer de Glace aus Beobachtungen vom

20 Oct. 1842 bis zum 12 Dec. betrug 15,8 Zoll; vom 12 Dec. bis zum 17 Febr. 1843 ergab sich 13,6 Zoll; vom 17 Febr. bis zum 4 Apr. 17,2 Zoll; während die Gletscherbewegung in den Sommermonaten an derselben Localität 22,5 Zoll gefunden wurde. Wir werden in der Folge bemerken, dass diese Winterbewegung der Gletscher für gewisse geologische Vorgänge von Bedeutung werden kann.

Fünfzehn Jahre später im Juli 1857 hat TYNDALL die Beobachtungen von FORBES in einer etwas verschiedenen Weise mit Hilfe eines Theodoliten wiederholt. Er stellte eine Reihe von Stäben quer über den Gletscher, deren Vorrücken mit Benutzung einer festen Marke von Tage zu Tage durch ein Theodoliten-Fernrohr beobachtet wurde. In 7 verschiedenen Linien standen 10 bis 20 Stäbe aufgestellt, deren Bewegung sich bestimmt zu erkennen gab. Ausser diesen Sommerbeobachtungen geben wir eine kurze Uebersicht der Winterbeobachtungen; und theilen die sehr wichtige neue, am Glacier du Tacul angestellte Beobachtung mit, welche über die Bewegung des Gletschers an seiner Oberfläche wie an seinem Boden Auskunft ertheilt.

In der nachfolgenden Tabelle sind TYNDALL's Beobachtungen zusammengestellt. (Tab. pag. 19.)

Zu diesen von TYNDALL ausgeführten Beobachtungen fügen wir noch folgende erläuternde Bemerkungen hinzu.

Die erste Versuchsreihe wurde den 17—18. Juli 1857 ausgeführt. Der Stab Nro. 7 stand auf der Mitte des Gletschers und wir ersehen aus den gefundenen Zahlen, dass hier die Bewegung nicht die schnellste ist. Auch bei FORBES' Beobachtungen ist in den Zahlen  $D^2$ ,  $D^5$ ,  $D^6$ ,  $D^3$  dieselbe Art der Bewegung zu erkennen.

Die Beobachtungen der Punkte der zweiten Linie wurden etwas oberhalb des Montanvert-Hôtels, die der ersten wenig unterhalb dieses Platzes ausgeführt.

Der Stab Nro. 20 der zweiten Linie stand weit über die Mitte des Gletschers hinaus, doch vom östlichen Rande auch noch ziemlich entfernt.

Die dritte Linie ist so gemessen, dass von einer erhöhten Stellung

der Gletscher von Rand zu Rand besser übersehen werden konnte. Der Stab Nro. 1 steht am Ost-, der Stab Nro. 12 am Westrande; die Beobachtungszeit war der 20. Juli 1857. Aus den Beobachtungen ergibt sich deutlich, dass die östliche Randbewegung des Gletschers die westliche um mehr als das Doppelte übertrifft. Der Stab Nro. 5, welcher das Maximum der Bewegung zeigte, war der östlichen Seite bedeutend näher als der westlichen.

Die vierte Linie wurde etwas aufwärts bei les Ponts den 25 und 26 Juli gemessen. Diese Zahlen zeigen das umgekehrte Resultat der dritten Linie, denn die schnellere Bewegung ist auf der westlichen, nicht auf der östlichen Seite. Das Maximum der Bewegung bemerkt man an den Stäben Nro. 12 und Nro. 13, welche etwa 340 Fuss westlich vom Centrum des Gletschers sich befinden.

Die 5<sup>te</sup> Linie wurde den 31 Juli in der Nähe von Trelaporte gemessen; sie zeigt, dass die östliche Seite des Gletschers sich etwas schneller bewegt als die westliche. Am 29 Juli und 3 Aug. beobachtete TYNDALL die Punkte der 6<sup>ten</sup> und 7<sup>ten</sup> Linie. Sie liegen auf dem Glacier du Géant und Glacier de Léchaud und geben über die Gletscherbewegung in den höhern Gegenden Aufschluss. Diese ist daselbst erheblich langsamer als in den untern und in der Mitte etwas rascher als an den Seiten.

Ein wichtiges Resultat, welches aus diesen Beobachtungen hervorgeht, ist dass der Gletscher sich nicht immer in der Mitte am schnellsten bewegt. Der geometrische Ost der Maximumbewegung wird durch eine Curve dargestellt, welche stärker als die Thalcurve gebogen ist und die an ihren Wendepunkten die Mittellinie des Gletschers schneidet (TYNDALL pag. 286).

Für die innern Strukturverhältnisse des Gletschers ist es sehr beachtenswerth, dass die drei Gletscherarme Géant, Léchaud und Talèfre, welche vereint das Mer de Glace bilden, kurz nach ihrer Vereinigung die Breite von 5200 Fuss besitzen, während die Breite des Gesamtgletschers bei Trelaporte nur 1650 Fuss, also kaum den dritten Theil seiner frühern Breite beträgt. Diese Beobachtung gibt den Beweis, dass sich

zwar nicht das Volumen, doch die Form des Gletschers bei engen Thalpassagen, ganz wie bei Flüssen, bedeutend verändert.

Wenn ein grösserer Gletscher aus mehreren Armen wie ein Strom aus Seitenflüssen zusammengesetzt ist, so wird in jedem derselben seine frühere Structur, wenn auch in etwas abgeänderter Weise, erhalten bleiben, und gibt sich meist an der Oberfläche durch die Lagerung der Schichten zu erkennen.

---

*Tägliche Sommer-Beobachtungen am Mer de Glace nach TYNDALL.*

I LINIE.		II LINIE.		III LINIE.		IV LINIE.		V LINIE.	VI LINIE.	VII LINIE.
Stab.		Stab.		Stab.		Stab.		Stab.	Stab.	Stab.
West.	S.	West.	S.	Ost.	S.	Ost.	S.	West.	N. 1..	N. 1..
N. 1.. 12,25		N. 1.. 7,50		N. 1.. 19,50		N. 1.. 6,50		N. 1.. —	N. 1.. —	N. 1.. —
2.. 16,75		2.. 10,75		2.. 22,75		2.. 8,00		2.. 13,50	2.. 10,00	2.. 8,25
3.. 22,50		3.. 12,25		3.. 28,75		3.. 12,50		3.. 12,75	3.. 12,00	3.. 9,50
4.. —		4.. 14,50		4.. 30,25		4.. 15,25		4.. 15,00	4.. 13,00	4.. 9,00
5.. 24,05		5.. 16,00		5.. 33,75		5.. 15,50		5.. 15,25	5.. 12,00	5.. 8,50
6.. —		6.. 16,75		6.. 28,25		6.. 18,75		6.. 16,00	6.. 12,75	6.. —
7.. 26,25		7.. 17,50		7.. 24,50		7.. 18,25		7.. 17,25	7.. 10,25	7.. 6,25
8.. —		8.. 19,00		8.. 25,00		8.. 18,75		8.. 19,25	8.. 10,00	8.. 8,50
9.. 28,75		9.. 19,50		9.. 25,00		9.. 19,50		9.. 19,75	9.. 9,00	9.. 7,00
10.. 31,50		10.. 21,00		10.. 18,00		10.. 21,00		10.. 19,00	10.. 5,00	10.. 5,50
Ost.		11.. 21,00		11.. —		11.. 20,50		11.. 19,50		
		12.. 22,50		12.. 8,50		12.. 23,25		12.. 17,50		
		13.. 21,00		West.		13.. 23,25		13.. 16,00		
		14.. 22,50				14.. 21,00		14.. 14,75		
		15.. 20,50				15.. 22,25		15.. 10,00		
		16.. 21,75				16.. 17,25		Ost.		
		17.. 22,25				17.. 15,00				
		18.. 25,25				West.				
		19.. —								
		20.. 25,75								
		Ost.								

TÄGLICHE WINTER-BEWEGUNG.

Stab.	Stab.
West.	
N. 1..... 7,25	N. 1..... 7,75
2..... 11,00	2..... 9,50
3..... 13,50	3..... 13,75
4..... 13,00	4..... 16,00
5..... 13,75	5..... 16,00
6..... 14,25	6..... 15,75
7..... 15,75	7..... 17,50
8..... 15,75	8..... 16,50
9..... 12,25	9..... 14,50
10..... 12,00	10..... 14,00
11..... 6,50	
Ost.	

TÄGLICHE VERTICAL-BEWEGUNG.

1 Oberfläche.....	6,00
2 Mitte.....	4,50
3 Boden.....	2,56

3 \*

## ABSCHNITT II.

### UEBER DIE URSACHEN DER GLETSCHERBEWEGUNG. GLETSCHERTHEORIEN.

---

Es ist das ununterbrochene Streben aller exacten Naturforschung, die mannigfaltigen Erscheinungen der Körperwelt von allgemeinen Gesichtspunkten aus zu betrachten, und Theorien oder Hypothesen aufzustellen, durch welche jene erklärt werden können. Einen Causalnexus zwischen beiden nachzuweisen, die Beobachtungen durch die Theorie im Voraus zu berechnen, ist das Ziel, welches wir zu erreichen beabsichtigen.

In den Naturwissenschaften, welche kaum noch an der Grenze der exacten stehen, ist man mit dem Wort Theorie ziemlich freigebig gewesen. Dieses gilt vorzugsweise von den Gletschertheorien, die zum Theil nur Muthmassungen oder leicht hingeworfene Ansichten gewesen sind, durch welche man angenähert die Erscheinungen zu erklären versuchte. Eine genügende Gletschertheorie möchte der Zukunft vorbehalten sein; sorgfältiges Baumaterial dafür zu sammeln, ist die Aufgabe der Gegenwart. Einzelne Versuche, eine solche Theorie zu bilden, sind allein von FORBES, von HOPKINS und von TYNDALL unternommen; sie werden jedenfalls dazu beitragen, den Weg für die Nachfolger zu ebnen. Wie es so häufig in allen Anfängen der Naturwissenschaften sich ereignete, dass Theorien vor den Beobachtungen geschaffen wurden, so ist es

auch bei der Erforschung der Gletscherbewegung geschehen; man ist mit Theorien hervorgetreten, die jeder Unterlage entbehrten, die für die Dauer sich als unhaltbar erwiesen und bald nach gesammelten Beobachtungen wieder aufgegeben werden mussten.

Die erste Anregung zu einer Gletschertheorie hat SAUSSURE gegeben. Eine Muthmassung desselben ist später mit dem Namen Gravitationstheorie (Sliding Theory) bezeichnet worden. SAUSSURE hat sich mit der Frage über die Gletscherbewegung niemals eingehend beschäftigt, er spricht sich darüber in folgenden Worten aus <sup>1)</sup>, welche später zu Missverständnissen Veranlassung gegeben zu haben scheinen:

„Une autre cause qui s'oppose avec beaucoup d'efficace à un accroissement excessif des neiges et des glaces, c'est leur pesanteur, qui les entraîne avec une rapidité plus ou moins grande dans les basses vallées, où la chaleur de l'été est assez forte pour les fondre. Presque tous les glaciers, tant du premier que du second genre, reposent sur des fonds inclinés et tous ceux d'une grandeur un peu considérable ont au dessous d'eux, même en hiver, des courans d'eau, qui coulent entre la glace et le fond qui la porte. On comprend donc, que ses masses glacées, entraînées par la pente du fond sur lesquels elles reposent, dégagées par les eaux de la liaison qu'elles pourroient contracter avec ce même fond, soulevées mêmes quelquefois par ces eaux, doivent peu à peu glisser et descendre en suivant la pente des vallées ou des croupes qu'elles couvrent. C'est ce glissement lent, mais continu, des glaces sur leurs bases inclinées, qui les entraîne jusque dans les basses vallées,“ etc.

Als ich bei der ersten Bearbeitung dieser Abhandlung TYNDALL's ebenso lehrreiches, als anziehendes Werk erhielt, bemerkte ich sogleich, dass er SAUSSURE's eben mitgetheilte Ansicht Gerechtigkeit wiederfahren lässt, aus dessen Worten nicht hervor geht, dass ein Gletscher als eine durchaus rigide unbiegsame Masse zu betrachten sei, die auf einer glatten, geneigten Unterlage, wie ein Stein in die Tiefe rutsche.

---

<sup>1)</sup> *Voyages dans les Alpes*, tom I pag. 453.

Obgleich SAUSSURE die Frage über die Ursachen der Gletscherbewegung nur angedeutet hat, so werden doch wohl alle Naturforscher mit ihm darin übereinstimmen, dass die Bewegung nur durch die auf alle Theile des Gletschers wirkende Schwerkraft hervorgebracht wird. Dass die Beschaffenheit der Unterlage mit in Betracht kömmt, ist ausser Zweifel. RENDU's Ansichten sind schon durch die Zeit geklärt und nähern sich mehr unserer Anschauungsweise.

Eine andere Theorie, die von SCHEUCHZER herzurühren scheint, deren sich zur Erklärung der Gletscherbewegung CHARPENTIER und AGASSIZ bedienen, ist unter dem Namen der Dilatationstheorie bekannt. Sie besteht darin, dass das Wasser, welches während des Tages bei erhöhter Temperatur in die Haarspalten des Gletschers eindringt, des Nachts gefriert und so eine Ausdehnung desselben nach unten bewirkt. FORBES hat die Gründe, welche gegen diese Theorie sprechen, klar dargelegt <sup>1)</sup>. Die von ihm erhobenen Einwände bestehen im Folgenden: die rascheste Bewegung der Gletscher fällt mit den wärmsten Tageszeiten zusammen. Das Thermometer hält sich tief innerhalb des Eises auf dem Thaupunkte; die Dilatation ist mit der Bewegung des Gletschers an den verschiedenen Stellen seiner Längenrichtung unvereinbar.

FORBES in seinem eben angeführten classischen Werke, in dem wir einen Schatz trefflicher Beobachtungen und viele gründliche Belehrung finden, hat durch eine exacte Untersuchung dieses Gegenstands neue Bahn gebrochen, wenn auch gegen die eine oder die andere seiner Ansichten Zweifel erhoben werden können. Er ist zuerst vom Felde ungenügender Hypothesen auf den Boden sicherer Erfahrungen zurückgekehrt.

FORBES' Theorie der Gletscherbewegung beruht auf folgender Annahme:

Ein Gletscher ist als eine schwerflüssige, zähe, viscose Masse, etwa wie geschmolzenes Harz oder Honig zu betrachten, welche durch den Druck ihrer einzelnen Theile genöthigt wird, über Abhänge von einer mässigen Neigung herabzuffliessen. Der Ausdruck „viscous“, der wohl nicht

---

<sup>1)</sup> *Travels through the Alps of Savoy*, pag. 34.

ganz passend gewählt war, hat zu verschiedenen Deutungen und kritischen Bemerkungen von Seiten TYNDALL's Veranlassung gegeben. Als ich nach dem Erscheinen von FORBES' trefflichem Werk angeregt wurde, die Gletschertheorie genauer zu verfolgen, kam es mir gleichfalls bedenklich vor, einen Körper als viscos zu betrachten, dessen einzelne Theile mit einem Hammer zerschlagen werden können, und der beim Zerbersten donnerähnliche Töne von sich gibt. Auch auf meiner isländischen Reise habe ich auf die mehr feste Structur des Gletschereises aufmerksam gemacht. TYNDALL bemerkt gegen FORBES' Auffassungsart ganz richtig, dass ein Gletscher, der über einen Abhang vordringt, welcher sich plötzlich nur um wenige Grade in seiner Neigung ändert, und dabei seinen innern Zusammenhang verliert, nicht für eine klebrige, viscose Masse gehalten werden könne.

Man hat auch die Bewegung eines Gletschers mit der eines fließenden Lavastromes verglichen. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Arten der Bewegung beruht in einer ganz verschiedenen Beschaffenheit und in den so durchaus verschiedenen Temperaturzuständen beider Körper.

Eine Lava, so lange sie noch in einer sehr hohen Temperatur und in vollkommener Weisglühhitze sich befindet, ist zähe und plastisch, so dass sie leicht in Formen gepresst werden kann. Man könnte sie eine viscose Masse nennen. Nachdem sie nur eine sehr kurze Zeit mit der Atmosphäre in Berührung gekommen, erstarrt ihre Oberfläche ausserordentlich rasch und verwandelt sich bald aus einem tropfbarflüssigen in einen festen Körper. Die erkaltete Oberfläche ruht so auf einer beweglichen Unterlage, die jene bei ihrer Bewegung mit fortschiebt und sie in Stücke oder Schollen zertrümmert.

Eine fließende Lava ist so einem Strom zur Zeit seines Eisgangs zu vergleichen, der in der Tiefe fließendes Wasser, auf seiner Oberfläche Schollen trägt.

Da die Flüssigkeit einer Lava und somit die Grösse ihrer Bewegung in einer gegebenen Zeit fast allein von ihrer Temperatur bedingt wird, so ist es selbstverständlich, dass diese bald gross, bald klein ausfallen kann. Eine Lava, welche im November des Jahres 1842 aus dem Krater

des Aetna in das Val del Bove, über einen Abhang von etwa 30° sich ergoss, legte in kaum 24 Stunden einen Weg von mehr als 3000 Metern zurück, bewegte sich daher etwa 6000 mal so rasch als ein Gletscher. Dagegen kann beim Erstarren die Bewegung der Lava langsamer werden, als die eines Gletschers.

Ein Gletscher besitzt im Allgemeinen eine durchaus gleichmässige Temperatur und ein von der Oberfläche bis zu seinem Boden aus zwei verschiedenen Eisarten gebildetes Schichtensystem. Die Art seiner Bewegung, wir mögen uns die moleculare Beschaffenheit seiner innern Theile in der einen oder in der andern Weise vorstellen, ist von der eines Lavastromes sehr weit verschieden.

Nehmen wir an, ein Gletscher bestände aus einem mit Wasser angemischten Eispulver, gleichsam aus einem Eisbrei, so wäre für diesen vielleicht die Bezeichnung „viscous“ erlaubt. Eine solche Masse würde sich auch über Abhänge von verschiedener Neigung, ohne zu zerbrechen, herabbewegen und so lange sie in dem genannten Zustande bliebe, keine Spaltenbildung zulassen. Ob ein solcher Eisbrei längere Zeit in dieser Beschaffenheit sich erhalten könnte, ist eine andere Frage.

Einen unverkennbaren Fortschritt hat die Gletschertheorie durch TYNDALL's treffliche Untersuchungen gemacht. Ausser den bereits mitgetheilten Beobachtungen über die Bewegung eines Gletschers in seinen verschiedenen Punkten, belehrt uns dieser ausgezeichnete Forscher durch einige neue, mit der Gletscherbildung im Zusammenhang stehende Versuche.

Vornehmlich ist das Wiederfrieren „Regelation“ zu erwähnen, ein Experiment, welches zuerst von FARADAY 1850 ausgeführt wurde (TYNDALL pag. 351). Es belehrt uns wie zwei Gletscher bei ihrer Berührung zu einem einzigen sich mit einander verbinden, gleichsam zusammenschweissen. Ein zweites (pag. 346) zeigt, dass das Eis aus einzelnen Stücken in Formen gepresst, und in die Gestalt eines Halbrings gebracht werden könne.

Ein dritter Versuch besteht darin, ein Eisprisma in seiner Längsrichtung zu pressen, wodurch senkrecht auf die Hauptaxe eine Strei-

fung hervor gebracht wird, welche die Bildung der bänderartigen Structur zu erklären scheint. Es liegt ausserhalb unseres Gesichtskreises hier in einem Auszuge TYNDALL's Forschungen mitzutheilen, doch verweise ich unsere Leser zur weitem Belehrung auf das mehrfach erwähnte, sehr gut geschriebene Werk.

Obgleich es nicht meine Absicht ist eine vollständige Gletschertheorie hier zu entwickeln, so mag es mir doch erlaubt sein einige Bemerkungen hinzuzufügen, welche einer solchen später von Nutzen werden können.

Dass die bänderartige Structur der Gletscher mit ihrer Bewegung innig zusammenhängt, ist von FORBES erkannt und wird von TYNDALL zugegeben. Nur die physikalischen Vorgänge im Innern dieser Eismassen, welche die Bewegung bewirken, werden verschieden aufgefasst.

Ich denke mir diese Erscheinung folgendermassen:

In der Gletscherbewegung spielen die beiden Eisarten, das blaugrüne, durchsichtige und das weichere, weisse, körnige Eis eine wesentlich verschiedene Rolle. Der Unterschied beider ist für die Bewegungs-Erscheinungen bisjetzt nicht genügend hervorgehoben.

Das blaugrüne, durchsichtige Eis ist ein vollkommen elastischer Körper und muss als solcher in Betracht gezogen werden; für ihn ist das Wort klebrig, „viscous“ nicht am Platze. Auch dem weissen Eis möchte ich viscosen Zustand nicht gern zuschreiben, wiewohl der Ausdruck hier erlaubter erscheint.

Das weisse Eis, wie oben erwähnt, besteht aus zwischen sich Wasser führenden Körnern und verstattet eine verhältnissmässig leichte, gegenseitige Verschiebung der einzelnen Theile. Die Ursache der Gletscherbewegung suche ich vorzugsweise im weissen Eise. Ob demselben Elasticität zukömmt, ist zweifelhaft; jedenfalls ist sie ungleich geringer als die des blauen.

Es mag hier nur mit wenigen Worten darauf hingewiesen werden, dass bei einem Gletscher von der einfachsten und regelmässigsten Form die inneren Structurflächen Flächen doppelter Krümmung darstellen, die weit davon entfernt sind Kegelflächen zu sein. Dieselben um-

schliessen auf der Oberfläche des Gletschers jene hyperboloidischen Curven und tauchen von ihnen aus in sein Inneres, indem sie am untern Ende fast horizontal liegen und nur sehr wenig rückwärts fallen; in den höheren Gegenden richten sie sich allmählig empor. Von den beiden Längsseiten des Gletschers senken sie sich gegen die Mitte des Thalbodens. Die beiden Krümmungshalbmesser der Structurflächen befinden sich in zwei Verticalebenen, von denen die eine durch die Mitte der Längsrichtung geht, die andere normal darauf stehende, den Gletscher in seiner schmälsten Richtung durchschneidet. Die stärkste Krümmung liegt in dieser zweiten Ebene.

Sobald verschiedene Gletscherarme zu einem einzigen Hauptgletscher in einem tiefen Thale sich vereinigen und zusammenfrieren, werden die Structurflächen sich gegenseitig wie Federn pressen und sich aus ihrer ersten, regelmässigen Lage herausbiegen. Wenn z.B. drei Gletscherarme sich verbinden, so wird eine längere Strecke nach ihrer Vereinigung die zwar bedeutend abgeänderte Structur jedes einzelnen noch deutlich erkannt werden. Die Structurflächen des mittlern Gletschers werden bei der Berührung mit denen der Nachbargletscher meist senkrecht aufgerichtet, oder sie werden gegen die eine oder die andere Thalwand von der Verticale ein wenig abgelenkt. Die an den Seiten liegenden Flächen dagegen behalten ihre ursprüngliche einem einfachen Gletscher zukommende Schichtenlage im Wesentlichen bei.

Ich glaube am Rhone-Gletscher bemerkt zu haben, dass, wenn der Eisstrom auf seinem Boden ein bedeutendes Hinderniss, etwa einen festliegenden Felsen, in seinem Laufe zu überwinden hat, die Schichten eine unregelmässige, mitunter wellenförmige Lagerung annehmen können.

Mit der Elasticität der vorwärts bewegten blauen Eisschichten steht die Bildung der Spalten oder Crevassen in nothwendigem Zusammenhange. Die einzelnen Federn werden durch den von hinten auf sie wirkenden Druck mehr und mehr angespannt, bis sie endlich ihren inneren Zusammenhang verlieren und dann zerspringen. Die Richtungen der Crevassen sind durch die Richtungen der an verschiedenen Stellen der Curven sich befindenden Normalen bestimmt.

Am Ende des Gletschers werden sie, im Zusammenhange betrachtet, eine fächerförmige Configuration annehmen; in seinem oberen Laufe neigen sie sich mehr oder minder steil gegen die Thalwand, so dass im allgemeinen der spitze Winkel auf der obern Seite bleibt; möglicher Weise können sie fast normal auf jener erscheinen.

Die Aehnlichkeit zwischen der Art der Bewegung eines Stromes und der eines Gletschers, die bei der Mittel- und Randbewegung in den Biegungen der Thäler deutlich zum Vorschein kommt, ist durch TYNDALL klar hervorgehoben, dagegen ist die Abhängigkeit der Bewegung von der steileren oder flacheren Neigung der Thalsole bei der Gletschermechanik bisjetzt nicht genügend berücksichtigt. Ein Gletscher wird, solange der an steilen Abhängen in ihm hervorgebrachte Druck seine Bewegung bedingt, eine kurze Strecke über eine horizontale, selbst über eine flach ansteigende Fläche fort geschoben werden können, etwa so wie ein Fluss über ein Mühlenwehr emporschießt. Dieser Bewegung wird rasch ein Ziel gesetzt. Ein Gletscher muss durch die Reibung, die er an seinem Boden zu überwinden hat auf einer horizontalen Ebene bald jede Bewegung verlieren und er ist so einem See zu vergleichen, welcher sich in der Vertiefung eines Thaies ansammelt. Selbst auf weniger als auf 2° geneigtem Terrain wird in grösserer Entfernung von den eigentlichen Abhängen der Gebirge jede eigene Bewegung des Gletschers aufhören.

Wird nach TYNDALL die bänderartige Structur der Gletscher durch den Druck normal auf die Längsrichtung eines Prismas hervorgebracht, woran ich nicht zweifle, so lässt sich, mit der Kenntniss der Gletscherbewegung, die Schichtenstructur in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen construiren. Solche Constructionen beabsichtigte ich ursprünglich dieser Abhandlung hinzuzugeben und an demselben die mechanischen Vorgänge der Gletscher-Bewegung genauer zu erörtern. Da leider die Herausgabe dieser Schrift nicht länger hinausgeschoben werden kann, so werde ich die weitere Verfolgung jener Untersuchungen auf eine andere mir gelegene Zeit verschieben müssen.

## ABSCHNITT III.

### DIE VORMALIGE VERBREITUNG DER GLETSCHER IN DEN ALPEN.

---

Alle Geologen, welche die Alpen zum Gegenstand eines genaueren Studiums gemacht haben, sind darin einverstanden, dass die Gletscher sich einst weit über ihre gegenwärtigen Grenzen ausgedehnt haben. Die zahlreichen, aus gigantischen Felsblöcken über einander gehäuften Moränen, welche sie auf ihrer Bahn zurückliessen, so wie die durch sie hervorgebrachten geschliffenen und gebuckelten Felsen (roches moutonnées) sind an dem Boden und an den Wänden vieler Thäler als unauslöschliche Denkmäler jener frühern Eisverbreitung zurückgeblieben.

Im Zusammenhange mit den nachfolgenden Untersuchungen werde ich einige der merkwürdigsten Beispiele vormaliger Gletscherverbreitung anführen, die ich auf verschiedenen Reisen in den Jahren 1831, 1834, 1851, 1853, 1854, 1856, 1858, 1861, 1862 und 1864 in fast allen Theilen der Alpen gesammelt habe. Spuren geschliffener Felsen werden meist nur auf Granit und dem Granit verwandten Steinen auch wohl auf Serpentin gefunden, auf Gebirgsarten, welche der Verwitterung am Besten widerstehen. Dagegen bemerkt man sie seltener auf dem leichter zerstörbaren Schiefer und auf Kalksteinen. Auf metamorphischem

Kalkstein sah ich sie bei Aosta; DESOR führt einige andere Beispiele auf alpinem Kalkstein an. Diese Felsschliffe finden sich, ähnlich wie in Island und in Scandinavien, sowohl an verticalen Wänden, als auch auf nahe zu horizontalen Platten. Senkrechte, von den Gletschern abgearbeitete Felswände, von denen AGASSIZ in seinem Werke verschiedene gezeichnet hat, geben das frühere, meist beträchtlich viel höhere Niveau der alten Gletscher an. Die am deutlichsten ausgesprägten, welche ich zu sehen Gelegenheit hatte, finden sich am Hinterrhein, zwischen Splügen und Andeer; im Reussthal oberhalb Amsteg; im Oberhassli bei der Handeck <sup>1)</sup>, wo sie die Sohle des Thales nach meiner Schätzung um 300 Fuss und mehr überragen.

Ferner sind in dieser Beziehung die Felswände in der Nähe der Pissevache und die bei St. Maurice zu erwähnen, welche in einer Höhe von 300 bis 400 Fuss über der Thalsole die Bearbeitung der Gletscher zeigen. Auch am Eismeer von Chamouni sind die Felswände bis zu einer ähnlichen Höhe gestreift. Sehr viel häufiger findet man die flacher geneigten Abhänge und den Boden der Thäler gebuckelt und abgeschliffen. Die Stellen, wo diese Erscheinungen in den Alpen auftreten, sind kaum zu zählen.

Das Hasslithal ist an solchen Schliffen besonders reich; ich sah sie deutlich bei Boden unterhalb Guttannen, AGASSIZ hat sie bis in die Nähe von Meiringen verfolgt. Die schönsten und zugleich tiefgefurchtesten erblickt man an der hellen Platte bei der Handeck <sup>1)</sup>.

Der Pass und die Abhänge des St. Gotthard sind auf allen Seiten stark gestreift. Wenn man von Airolo diesen Berg überschreitet, so findet man in der halben Höhe in der Nähe der Cantoniera die Schliffe auf unzähligen Platten. Ihre Richtung zielt etwa auf den Nuffenen Pass und es scheint danach, dass das ganze Val Bedretto und Canaria mit Gletschern erfüllt gewesen ist. Auch im Reuss-Thal, z.B. auf dem Wege von Andermatt gegen den Oberalpsee, findet man alte Gletscher-Spuren. Dagegen habe ich sie im Vorder-Rheinthal von Reichenau bis Sedrun

---

<sup>1)</sup> Siehe AGASSIZ, *Untersuchungen über die Gletscher. Atlas Taf. 15 und 16.*

vergeblich gesucht. Sie scheinen dort entweder gar nicht zu existiren, oder viel seltener vorzukommen, was sich aus der weicheren Beschaffenheit der dort anstehenden Gesteine genügend erklärt.

Man begegnet ferner ausgezeichneten Gletscherschliffen im Val Mesolcina. Vorzugsweise sind sie in der Nähe der Serpentine der Landstrasse unterhalb Misocco, bei Soazza zu beobachten; und steigen von hier abwärts bis unter den Wasserfall von Buffalora. Die am tiefsten gelegenen Schliffflächen dieses Thales glaube ich in einem Weinberge dicht unter Leggia im Gneus in einer Höhe von 1006 Fuss beobachtet zu haben.

Besonders reich an Schliffflächen ist das Wallis, doch auch nur in den Gegenden, wo Granit und granitartige Gesteine anstehen; so bald Glimmerschiefer und Kalksteine erscheinen, hören sie grösstentheils auf. Oberhalb Viesch erkennt man sie, obwohl nicht deutlich, im Talkschiefer; auch sind die Felsen dieser Gegend abgerundet. Die Wände an beiden Seiten des Rhonegletschers, bis zu einer Höhe von 200 Fuss über dem gegenwärtigen Niveau, sind vom Eis bearbeitet. Das Visperthal, welches an seinem unteren Ende aus metamorphischen Schiefern besteht, zeigt keine Schliffflächen; jedenfalls müssen sie dort sehr selten sein; dagegen sind sie unterhalb Zermatt auf festerem Gneus scharf ausgesprägt und begleiten darauf den Gorner-Gletscher auf beiden Seiten <sup>1)</sup>.

Sodann zeigen die Thäler der M. Blanc-Kette unzählige Beispiele von polirten Felsen.

Eine charakteristische Localität findet sich in der Allée blanche in der Nähe des grossen Brenva-Gletschers. Zur Seite des Wegs, welcher von Courmajeur zum Lac du Combal führt, liegt eine kleine, auch von FORBES, pag. 193, verzeichnete und auf Pl. IV abgebildete, unter dem Namen „Notre Dame de la Guerison“ bekannte Kapelle oder Zufluchtsstätte im Gebirge. In der Nähe derselben beobachtet man an den senkrechten Felswänden, sowohl über als unter der schmalen Strasse,

---

<sup>1)</sup> AGASSIZ, *Atlas Tafeln* 3, 4, 5.

eine grosse Mannigfaltigkeit von Schliefflächen. Es gibt dort auf Steinplatten Systeme paralleler Linien, die durch andere unter einem spitzen Winkel geschnitten werden und so auf demselben eine Art Netzwerk darstellen.

In AGASSIZ' Werk finden sich auf Tafel 18 ganz ähnliche Streifungen abgebildet; fast noch schöner und deutlicher sind die eben erwähnten in der Nähe des Brenva-Gletschers, welche an ähnliche Erscheinungen in Scandinavien erinnern.

Diese netzförmig sich kreuzenden Liniensysteme gehören nicht zu den häufigen Erscheinungen, ich sah sie im Jahre 1853 zu erst und glaubte früher kaum, dass sie durch Gletscher entstehen könnten. Sie erklären sich, wie AGASSIZ richtig angibt, durch eine veränderte Richtung in der Gletscherbewegung.

Ferner mag hier eine Gegend erwähnt werden, welche mir für die frühere Gletscherverbreitung als eine der merkwürdigsten erschienen ist. Nachdem ich im September des Jahres 1853 in Courmajeur 8 Tage, in der Absicht die Südseite des M. Blanc näher kennen zu lernen, verweilt hatte, begab ich mich nach Aosta, wo ich durch eine Empfehlung meines Freundes STUDER den Canonicus CARREL kennen lernte, der dem Leser aus FORBES' Reise bereits bekannt sein wird.

Herr CARREL hatte die Güte mich etwas östlich von der Stadt in einen Weinberg zu führen, der im Monate September mit grossen, reifen, dunkelblauen Trauben geschmückt war. Zwischen den Weinstöcken kam eine aus einem metamorphischen Kalkstein bestehende Felsplatte zum Vorschein, auf der die allerdeutlichsten Schliefflächen eines vormaligen Gletschers eingegraben sind.

Jene Localität liegt jetzt etwa 1800 Fuss über dem Meere in einem milden schon italienischen Klima. Man wird es begreiflich finden, dass eine Erscheinung dieser Art zu der Hypothese einer Eiszeit Veranlassung gegeben hat.

Endlich möchte ich noch die, durch ihre Lage ausgezeichneten, von GASTALDI beschriebenen Schliefflächen anführen, welche sich in einer Höhe von etwa 1050 Fuss im Thal der Dora Ripara, bei Avigliana,

La Sacra, Chiusa und in der Nähe von Trana auf Serpentin-Felsen finden <sup>1)</sup>).

Die Verbreitung alter Moränen in den tiefen Alpenthälern, in Gegenden, zu welchen gegenwärtig unter keinen Verhältnissen die Gletscher hinabreichen, gehört zu den merkwürdigsten Erscheinungen des Alpengebirges. Mit ihnen im Zusammenhange stehen die ungeheuren erratischen Blöcke, welche öfter wie durch die Hände von Giganten in auffallenden Stellungen über einander gehäuft und auf Gebirgsschichten von einer ganz andern geognostischen Beschaffenheit geführt worden sind als die ist, aus welcher sie selbst bestehen. Indess nicht alle diluvialen Steinwälle, nicht alle umher liegenden grossen erratischen Blöcke rühren von Moränen her, einige derselben sind vielleicht niemals mit Eis in Berührung gekommen, andere scheinen nur indirect mit Gletschern zusammenzuhängen, und es bedarf daher einer sorgfältigen Beobachtung und einer genaueren Prüfung aller Umstände, um die verschiedenen erratischen Erscheinungen richtig zu deuten und sie von einander zu trennen.

Alle erratischen Blöcke fallen von den steilen Seitenwänden der Gebirge meistens zur Winterzeit herab, da sie durch Frost von den Felswänden abgelöst werden, auf den Boden der Thäler, und es hängt von der zufälligen Verbreitung der Gletscher ab, ob sie auf diesen zu liegen kommen oder nicht. Es vergeht in der That kein Winter in den Alpen, in dem nicht solche Blöcke in Thäler herabstürzen, die entweder niemals oder nur in sehr entfernten Zeiten vergletschert gewesen sind. Wenn die geognostische Beschaffenheit solcher Blöcke mit der der zunächst anstehenden Felsen vollkommen übereinstimmt, so ist mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sie nicht auf alte Moränen zu beziehen sind. Liegen dagegen grosse, eckige Granit- oder Gneus-Blöcke innerhalb der Alpenthäler, z.B. auf Kalksteinen, auf Mergelschiefern, auf Nagelfluhe u. s. w., so kann man annehmen, dass ihr einstmaliger Transport mit bewegtem Eis in Verbindung gestanden hat.

---

<sup>1)</sup> Essai sur les terrains superficiels de la Vallée du Pô aux environs de Turin, comparés à ceux du bassin Helvétique par CH. MARTINS et B. GASTALDI.

Einige charakteristische Beispiele von wahren Moränen innerhalb der Hochalpen mögen hier kurz beschrieben werden. Auf einer Reise durch die Schweiz im Jahre 1854 ging mir ein lang gehegter Wunsch in Erfüllung, Herrn von CHARPENTIER's Bekanntschaft in Bex zu machen. Der ebenso kenntnissreiche als liebenswürdige Greis, obgleich damals schon leidend, nahm mich, einen Unbekannten, in der wohlwollendsten Weise auf und theilte mir aus dem reichen Schatz seiner in den Alpen angestellten Beobachtungen viel Neues und Belehrendes mit. Wir sprachen eben über die vormalige Verbreitung der Gletscher, als die Sonne hinter den Gebirgen auf dem uns gegenüber liegenden Rhoneufer im Sinken war. CHARPENTIER zeigte mir vom Fenster seines Arbeitszimmers in der Ferne jene riesigen Blöcke der Moräne von Monthey, die er mir den folgenden Tag zu besuchen und näher zu betrachten rieth. Bei meinem Abschied schenkte er mir sein äusserst treffliches, zur Bearbeitung dieser Blätter vielfach benutztes Werk: *Essai sur les Glaciers*, welches mir für mein Leben ein theueres Andenken an diesen hochverdienten Mann bleiben wird.

Am folgenden Morgen, den 21 August, nachdem ich auf einem kleinen Nachen über die Rhone gesetzt war, stieg ich bei grosser Hitze zum Flecken Monthey langsam empor und stand bald am Rande dieser staunenswerthen Moräne. Dem Thale entlang, etwa 500 Fuss über dem Spiegel der Rhone, liegen theils in den Weinbergen, theils in einem Walde, in einer Breite von mehreren hundert Schritten tausende von riesigen, durch eingewachsene grosse Feldspath-Krystalle ausgezeichneten Granitblöcken, welche über eine Meile weit abwärts gegen den Genfersee hin zu verfolgen sind. Sie ruhen auf Kreideschichten und stammen nach CHARPENTIER aus der obern Gegend des Val de Ferret von der Ostseite des Mont Blanc-Gebirges her. Ein Blick auf STUDER's und ESCHER's geologische Karte macht diese Ansicht sehr wahrscheinlich. Die Blöcke senken sich von dort in das Val d'Entremont herab, nehmen den Weg über Orsières nach Martigny und St. Maurice, wo sie an der Abrundung, Schleifung und Polirung der Felswände der Pissevache vermuthlich einen bedeutenden Antheil genommen haben. Bald unterhalb Monthey

musste der Gletscher, welcher diese Felsstücke trug, den Genfer-See erreichen. Alle Steine dieser Moräne zeichnen sich durch Scharfkantigkeit aus; man sieht dass sie im Wesentlichen in ihrer gegenwärtigen Beschaffenheit auf den Gletscher herabgefallen und auf ihrer Wanderung nur wenig abgenutzt sind.

CHARPENTIER hat mehrere der merkwürdigsten Blöcke dieser Moräne gemessen und in seinem eben erwähnten Werke abgebildet. Der grösste derselben, der unter dem Namen Pierre des Marmettes bekannt ist, liegt in einem Weinberge und trägt auf seinem Rücken ein kleines Haus. Seine Höhe ergibt sich 63, seine Länge 32, seine Breite 30 Fuss. Sein Volumen ist näherungsweise 60480 Cubik Fuss und sein Gewicht etwa 150000 Centner. Er übertrifft so den berühmten Block von Pierre à Bot am Jura um die Hälfte. Ferner ist der von CHARPENTIER abgebildete Pierre à Dzo zu erwähnen, der die Gestalt eines unregelmässigen vierseitigen Prismas besitzt und sich gleichfalls durch seine riesenhaften Dimensionen auszeichnet. Er hängt gegen das Thal hin bedeutend über und würde herabstürzen, wenn er nicht durch zwei etwas kleinere Steine, von denen der eine durch die überliegende Last gespalten ist, gestützt und in einer fast balancirenden Stellung gehalten würde.

Es ist eine auffallende Erscheinung, dass nur der westliche Abhang des untern Wallis diesen merkwürdigen Steinwall trägt, während er auf der entgegengesetzten Seite zwischen Bex und Aigle fehlt. CHARPENTIER hält die Moräne von Monthey für eine Median-Moräne und fügt zur näheren Erklärung eine kleine Skizze seiner Beschreibung hinzu. Beim Aufthauen und beim Zusammensinken des Gletschers habe sich diese Mittelmoräne in eine Seitenmoräne verwandelt. Wir werden auf diese nicht genug aufgeklärte Erscheinung später noch einmal zurückkommen.

Die Moräne von Monthey gehört mit zu den merkwürdigsten Phänomenen des Alpengebirges; sie muss den Beobachtern, welche sie zuerst sehen und die mit der Wirkungsweise der Gletscher unbekannt sind, als etwas durchaus Unerklärliches erscheinen.

Nicht allein im unteren Wallis, auch in vielen anderen Alpenthälern

werden einzeln umher liegende Riesenblöcke bemerkt, welche zum Theil durch Gletscher aus der Nähe ihrer ursprünglichen Lagerplätze in tiefere Thäler herabgeführt worden sind. CHARPENTIER führt eine grössere Anzahl derselben an; unter ihnen sind der Pierre du Four und Pierre de la Poudrière bei Sion durch ihre Grösse besonders bemerkenswerth.

Einen sehr grossen, ganz isolirt liegenden Granitblock dieser Art, der aus dem obern Theile des Val Mesolcina her stammt, bemerkte ich auf meiner vorletzten schweizer Reise am linken Ufer der Moesa, oberhalb Bellinzona, kurz bevor dieselbe in den Tessin sich ergiesst.

Nicht einzeln zerstreut liegenden Felsstücken, sondern eigentlichen alten Moränen begegnet der aufmerksame Beobachter in manchen Hochthälern des Alpengebirges. Eine Folge grosser Granitblöcke sieht man z.B. im oberen Ursernthale, unterhalb des Furkapasses, jurassischem Mergelschiefer aufgelagert. Eine andere ausgezeichnete Moräne erblickt man auf dem Piano di St. Giacomo, unterhalb von Bernardino, wo ebenfalls tausende von Granittrümmern über einander gehäuft sind.

Bevor wir die Moränenbildungen weiter verfolgen, mag hier mit wenigen Worten an die geritzten Rollsteine erinnert werden, welche sich zwischen dem Boden des Thales und der untern Seite der Gletscher durch heftige Reibung gebildet haben. Es ist zwar nicht auffallend, dass sie sich in den höheren Alpenthälern finden, doch ist es um so mehr zu beachten, dass sie in sehr erheblichen Entfernungen ausserhalb der Alpenkette vorkommen. Beispielsweise werden sie zwischen Lauffen und Schaffhausen sehr häufig im Diluvium des Rheinthals bemerkt. Herr Dr. MERKLEIN in Schaffhausen zeigte mir eine grosse Sammlung derselben, welche er in der Nähe dieser Stadt gefunden hatte. Ich bemerkte unter ihnen abgerundete, etwa pfundschwere Serpentin- und Gabbrogerölle, deren ursprüngliche Lagerstätte in den Graubündener-Alpen zu suchen ist.

Aus dem Vorkommen dieser Rollsteine in der Nähe von Schaffhausen kann man durchaus nicht den Schluss ziehen, dass sich die alten Gletscher einst bis in diese Gegend verbreitet haben. Kleine Steine dieser

Art können sehr wohl auf andere Weise, namentlich durch Wasser, eine Strecke lang weiter fortgeführt werden, ohne ihre früher erhaltenen Gletschereindrücke zu verlieren.

Unter den schweizer Thälern ist in Bezug auf die vormalige Gletscherverbreitung keines so wichtig und reich an Erscheinungen wie das Wallis. Es ist unter allen das grösste Längenthal der Alpen; es wird von den beiden höchsten Gebirgsketten umschlossen und steht mit dreissig bis vierzig grösseren Querthälern in Verbindung, die öfter mehrfach gespalten in den Firnreservoirs des Hochgebirges ihren Ursprung nehmen.

Die zahllosen im Wallis aufgefundenen Schliffflächen, sowie die Verbreitung der erratischen Blöcke, bezeugen eine vormalige sehr ausgedehnte Vergletscherung, die zum Gegenstand umfangreicher Untersuchungen geworden ist.

Um die obere Grenze der im Wallis verbreiteten alten Gletscher genauer zu übersehen, hat CHARPENTIER dieselbe in einer seinem *Essai sur les Glaciers* beigegebenen Karte verzeichnet. Nach den von den Gletschern zurückgelassenen erratischen Blöcken setzt er die Grenze <sup>1)</sup> bei Lax und Arnen in eine Höhe von 2800 Fuss über den Spiegel der Rhone. Bei Brigg wird sie zu 2500 Fuss angenommen, welche Höhe sie auch bis Martigny ungefähr beibehält. Bei Alesse, zwischen Martigny und Bex, erhebt sie sich zu einer Höhe von fast 3000 Fuss, oberhalb Monthey zu 2300 Fuss. Aehnliche Zahlen werden für Stalden an der Theilung des Visper- und Saas-thales, für Vallée Entremont u. s. w. angegeben. Die Ansicht CHARPENTIER's ist die, dass das ganze Wallis einst mit einer 2500 bis 3000 Fuss hohen Eisschicht überdeckt gewesen sei und ein einziger Gletscher von so staunenswerthen Dimensionen von den Quellen der Rhone und Dranse bis zum Genfer See sich ausgebreitet habe.

Wenn eine vormalig weitgrössere Ausdehnung der Gletscher im Wallis

---

<sup>1)</sup> *Essai sur les glaciers*, pag. 157.

nicht zu bezweifeln ist, so glaube ich doch, dass CHARPENTIER'S Beobachtungen eine etwas andere Deutung zulassen.

Nachdem ich das Wallis zur verschiedenen Malen gesehen hatte, untersuchte ich dasselbe vor einem Jahre in Rücksicht auf die vormalige Verbreitung der Gletscher von dem Furcapass und den Quellen der Rhone an bis zum Genfer See. Leider stellte sich zwischen Turtmann und Martigny sehr schlechtes Wetter ein, so dass ich nur die obere Hälfte des Thales mit Einschluss von Zermatt genauer besichtigen konnte.

Meine Beobachtungen sind im Folgenden kurz zusammengestellt.

Der Rhonegletscher erschien mir im August des Jahres 1862, durch die voraufgegangenen warmen Jahre von 1857, 1858, 1859 und 1861 so klein und zusammengesunken wie ich ihn nie vorher gesehen hatte. Nach einer Zeichnung von CHARPENTIER aus dem Jahre 1817, so wie nach einer andern, die ich selbst im Jahre 1851 entworfen hatte, war er damals erheblich viel grösser und in der Mitte mehr aufgeschwollen. Selbst noch im September von 1853 hatte er einen viel bedeutenderen Umfang.

Die Höhe der abgeschliffenen Felsen, welche gut zu erkennen ist und das Niveau des alten Gletschers angibt, beträgt etwa 300 bis 400 Fuss über dem Thalboden. Bis Obergesteln bezeichnen viele und grosse Blöcke die alte Moräne; unterhalb dieses Dorfes ist sie auf der Bernerseite sehr deutlich zu verfolgen. In der Mitte des Thales begegnet man neben der nach Münster führenden Landstrasse einem freidastehenden, aus Blöcken gebildeten Schuttkegel, dem Ueberrest einer alten Moräne.

Bevor man nach Münster gelangt, werden an der Nordseite des Thales die Blöcke seltener und hören bald fast ganz auf. An der südlichen Seite kommen sie auf den schiefriigen Gesteinen so gut wie gar nicht zum Vorschein. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass der alte Rhonegletscher in der Nähe von Münster sein Ende erreichte. Seine letzten Spuren scheinen durch einen sehr flach geneigten, aus Alluvium gebildeten, vornehmlich aus dem Trützithal hervorgegangenen Rücken, überdeckt worden zu

sein. Die beigefügte Skizze wird dieses Verhältniss etwas näher erörtern.

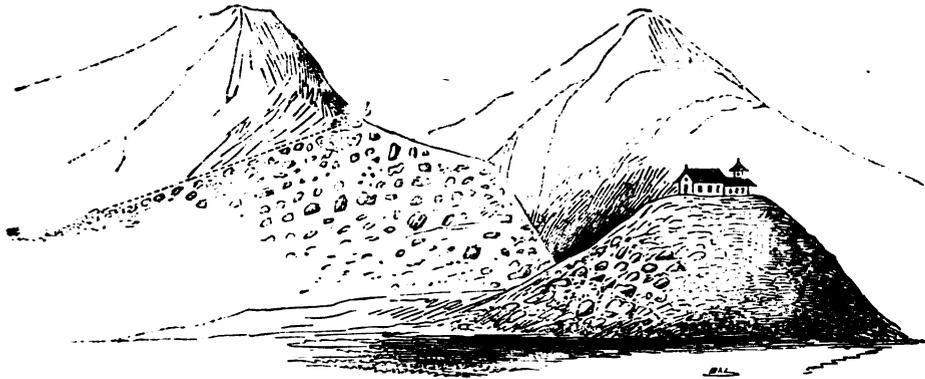


ST. ANTONIO. MÜNSTER. FURKA.

Man erblickt hier das obere Ende des Wallis. Im Hintergrunde oberhalb des Kirchthurms von Münster, liegt der Gallenstock, ein wenig rechts der Furkapass. Dann folgen zu beiden Seiten die Ausläufer der Berner- und Walliser-Gebirge. Hinter dem Dorfe Münster liegt der flachgeneigte Alluvialrücken, etwa die untere Grenze des alten Rhonegletschers. Links zur Seite und etwas näher dem Vordergrund erscheint die Moräne des alten Münstergletschers, auf der man die Kirche St. Antonio von Padua bemerkt.

Diese Localität gibt über die vormalige Vergletscherung des Wallis deutlichen Aufschluss. Nordwestlich von Münster öffnet sich das Münsterthal, welches zu dem jetzt verhältnissmässig kleinen Münstergletscher und zum Fierrenhorn emporführt. Der gegenwärtig auf ein bescheidenes Mass reducirte Gletscher erfüllte vormals nicht nur das ganze Seitenthal, sondern erstreckte sich auch in grossartigen Dimensionen in das Wallis herab. Die nachstehende Skizze wird seine frühere Verbreitung erklären.

Zwischen den beiden Hauptbergen befindet sich der Eingang zum



MORÄNE VOM MÜNSTER-GLETSCHER.

ST. ANTONIO.

Thale, davor verbreitet sich die Endmoräne des Münstergletschers aus der Zeit, als dieser sich bereits zurückziehen begann. Auf ihr liegt die eben erwähnte Kirche von St. Antonio. Der Münstergletscher hat sich vormals westlich zur Seite gebogen und ist mit Sicherheit bis in die Nähe von Biel, 4000 bis 5000 Meter weit abwärts, zu verfolgen. Die Blöcke seiner Seiten-Moräne beschreiben eine sehr deutliche Grenzlinie *a. b.*, die in der Form einer Spirale in das Thal hinabsteigt.

Die Blöcke liegen innerhalb des Münsterthals in einer Höhe von 2000 Fuss und mehr über den Boden des Wallis. An der Mündung beim Punkte *b*, liegen sie 400 bis 500 Fuss hoch und sinken sehr bald zu 150 bis zu 120 Fuss herab. Viele derselben haben scharfkanthige Formen und bestehen aus einem festen, ähnlich dem in der Nähe der Grimsel verbreiteten, Granit.

Unterhalb Münster folgt zunächst das kleine Dorf Reckingen, bei welchem von der südlichen Gebirgskette aus durch das Blinnenthal der Blinnengletscher in das Wallis einmündete. Bei der schiefriigen Beschaffenheit der Gesteine sind nur wenige Spuren seiner vormaligen Verbreitung auf seinem Wege zurückgeblieben.

In gleicher Weise war das auf der Bernerseite gelegene Bächli-Thal

mit einem Gletscher erfüllt, der auf beiden Seiten desselben zahllose Blöcke ausgestreut hat. Ein jeder einzelne Bach dieser Gegend schleppt, wie wir vorhin bei Münster gesehen haben, 3° bis 5° geneigte Alluvionsrücken mit sich, welche die älteren Gletscherspuren überdecken und sie für gewisse Gegenden unkenntlich machen.

Zwischen Biel und Selkingen mündet das Wallibachthal, dessen alter Gletscher viele und zum Theil sehr grosse Felsstücke in das Wallis herabgeführt hat. Ein neben der Landstrasse liegender Block war etwa 8<sup>m</sup> lang, 4<sup>m</sup> hoch und 5<sup>m</sup> breit. Vor dem Wallibachthal liegt, so wie vor dem Münsterthal, eine Endmoräne, auf der ebenfalls eine kleine, unter dem Namen St. Antonio bekannte Kapelle erbaut ist.

Die ganze Umgebung von Selkingen ist mit zahllosen, durch diesen Gletscher fortbewegten Trümmern überdeckt; die grösseren derselben sind eckig und so scharfkantig, als ob sie erst vor Kurzem von den höhergelegenen Felsen in die Tiefe des Thales gestürzt wären, die kleineren dagegen sind abgerollt und durch Wasser fortbewegt.

In der Nähe einer kleinen Kirche, Mutter Gottes von Blitzigen, hören die vom Wallibach herstammenden Gesteine auf, und hier scheint das Ende des Bächli- und Wallibach-Gletschers gewesen zu sein. Unterhalb Niederwald, auf dem nach Viesch führenden Wege, zeigen sich auf der Bernerseite anfangs wenige Blöcke; ein bald folgender dichter Wald erschwert ihre weitere Verfolgung, darauf erscheinen sie von Neuem und erstrecken sich bis zu dem Ufer der Rhone hinab.

In der Nähe von Viesch bedeckt Talkschiefer den Thalboden, dessen Schichten mitunter abgerundet, obwohl nicht deutlich geschliffen sind. Der vom Südfuss des Finsteraarhorns herabsteigende Viescher-Gletscher, der jetzt am Rande des Wallis endet, hat einst, so wie die übrigen Gletscher, eine grössere Ausdehnung gehabt. Unzählige, zum Theil mächtige Granittrümmer begleiten von seinem Ende an die Thalwand bis unterhalb Lax. Auf einer alten Endmoräne dieses Gletschers erblickt man heut zu Tage die Kirche von Viesch.

Etwa 300<sup>m</sup> westlich von Lax begegnet man in der Mitte des Thales unfern der Rhone einem kleinen, aus grünem metamorphischen Schiefer

gebildeten, von zahlreichen Quarzgängen durchsetzten Hügel. Dieses weiche und geschmeidige Gestein scheint öfter gebuckelt und von Eismassen bearbeitet zu sein, ohne eigentliche Risslinien oder Netzwerke zu zeigen. Ueber einem solchen Untergrunde sind zahllose, aus einem weissen Granit bestehende, vermuthlich aus den höhern Berner Alpen abstammende Granitblöcke auf und neben einander gehäuft; die meisten derselben sind scharfkantig oder wenig an ihren Ecken abgenutzt. Einer derselben, vielleicht nicht der grösste, war etwa 8<sup>m</sup> lang, 5<sup>m</sup> breit und 3<sup>m</sup> hoch.

Man befindet sich hier wieder auf einer Mittel- oder Endmoräne, welche vermuthlich durch den Vieschergletscher in diese Gegend geführt worden ist. Auch unterhalb Lax bemerkt man grosse und zahlreiche Blöcke.

Bei Mörel wird die Rhone in ein sehr enges Bett zusammengedrängt. Ihre beiden Ufer werden von Blöcken begleitet. Unterhalb dieses Ortes sind aufs Neue unzählige Felstrümmer übereinander gehäuft; ein Stein hatte eine Länge von 20<sup>m</sup>, eine Breite von 14<sup>m</sup> und eine Höhe von 4<sup>m</sup>. Ein anderer Block von riesigen Dimensionen liegt über zwei kleineren, die ihm zur Unterlage dienen, in einer fast balancirenden Stellung, wie ein ähnlicher von CHARPENTIER aus der Moräne von Monthey beschrieben wird. Viele dieser Steinmassen sind durch Gletscher auf ihre jetzigen Lagerplätze bewegt, und unterscheiden sich von ihrer aus Gneus bestehenden Unterlage; andere mögen von den höheren, steilen Thalwänden sich abgelöst haben und herabgestürzt sein.

In der Nähe von Brieg, wo die Abhänge des Wallis aus Glimmerschiefer bestehen, fehlen die Blöcke so gut wie ganz. Dieses Verhältniss dauert bis zur Mündung des nach Zermatt führenden Nicolai- oder Visperthales fort.

Am Eingang desselben begegnet man Glimmer- und Talkschiefern von heller Farbe. Grössere Blöcke sind anfangs nicht zu bemerken. Die kleineren, einen bis zwei Fuss im Durchmesser haltenden, bestehen aus Gabbro, Serpentin und einem gneusartigen Granit, und liegen eine halbe Stunde oberhalb Visp, 30<sup>m</sup> bis 50<sup>m</sup> über dem Niveau des Flusses. Bei

Stalden, wo das Thal durch einen vorspringenden Gebirgskeil in zwei Arme getheilt wird, windet sich der nach Zermatt emporführende Gebirgsstrom durch tiefe, fast unzugängliche Schluchten. Die Ufer auf beiden Seiten sind meist ausserordentlich steil und es ist nicht zu verwundern, dass sie keine grosse Blöcke tragen; kleinere, unter ihnen viele Serpentine, Gneus und Granit, finden sich in Menge eine halbe Stunde oberhalb Stalden, wo sich der Weg eine Zeit lang vom Flusse weiter entfernt. Sobald man sich der Visp aufs Neue nähert und diese auf einer Brücke überschreitet, zeigen sich immer mehr und mehr Blöcke, welche die Lage der Hauptmoräne dieses Thales bezeichnen. Das Gestein derselben ist ein sehr characteristisches Gneus, den man vielleicht mit dem Namen Knotengneus bezeichnen könnte, da einzelne aus Feldspath und Quarz gebildete weisse Knoten aus der graubraunen glimmerreichern Grundmasse hervorragen.

Diese sehr kenntliche Gebirgsart habe ich abwärts, doch nur in kleineren Stücken bis in die Nähe von Visp verfolgt, und es wäre nicht zu verwundern, wenn es auch im Wallis aufgefunden würde. Je mehr man sich St. Nicolaus nähert, desto mehr nehmen diese Blöcke an Zahl, Umfang und Scharfkantigkeit zu. Man findet zwischen St. Nicolaus und Randa die gewaltigsten unter ihnen, welche sich bis in die Nähe von Zermatt verfolgen lassen.

Einige dieser Gneustrümmen zeigen im Innern auf frischen Bruchflächen eine sehr bemerkenswerthe gebänderte Structur, welche mit dem Metamorphismus des Gesteins im Zusammenhang steht und die frühere schieferartige Beschaffenheit der Gebirgsart verräth. Diese Schichten oder Masern, die öfter zwei und drei Mal unter sehr spitzen Winkeln gegen einander gebogen sind, gleichen aufgerollten und mehrfach zusammengeknickten Papierbogen.

Oberhalb St. Nicolaus begegnet man in der Mitte des Thales mehreren ganz freistehenden, spitzigen, aus Moränenschutt gebildeten Hügeln, wie wir sie auch verschiedentlich im Wallis selbst bemerkt haben. Sie sind Theile von Endmoränen, welche der alte Gletscher bei gelegentlichem Vorrücken vor sich aufgestaut und später zurückgelassen hat.

Am Tobel unterhalb Zermatt findet man in grosser Auswahl jene vorhin erwähnten geschliffenen und gebuckelten Felsen.

Aus den so eben mitgetheilten Beobachtungen wird sich der Leser dieser Blätter eine deutliche Vorstellung von der vormaligen Eisbedeckung des Wallis machen können. Dieses Längenthal ist nicht in der Weise vergletschert gewesen, wie es sich CHARPENTIER vorstellt; es wurde nicht durch einen einzigen, vom Gallenstock bis zum Genfersee ausgedehnten Riesengletscher erfüllt, der mit einer starren Eismasse die Thalwände bis zu einer Höhe von 3000 Fuss bedeckte.

Die neueren, sorgfältig angestellten Versuche haben uns belehrt, dass die Gletscher nicht durch Dilatation, sondern durch die ihnen eigenthümliche Art von Flüssigkeit aus den höheren in die tieferen Thäler herabgedrängt werden. Zu ihrer Weiterbewegung ist jedenfalls ein gewisses Gefälle erforderlich. Nur für eine kurze Strecke, nicht aber für grössere Entfernungen würde ein Gletscher auch über eine horizontale Fläche fortgeschoben werden können, so lange er von seiner Rückseite einen starken Druck erleidet. Bei der ausserordentlich geringen Neigung des Wallis, die vom Fusse des Rhonegletschers bis zum Genfersee  $0^{\circ} 28'$  und von Martigny bis zum Rhonegletscher  $0^{\circ} 36'$  beträgt, kann sich ein Gletscher auf Entfernungen von 17 bis fast 22 geographischen Meilen nicht mehr fortbewegen. Auch zeigt die Erfahrung, dass alle Gletscher der Schweiz und Savoyens ein sehr viel grösseres Gefälle als das ebengenannte besitzen. So findet man für das Mer de Glace als mittlere Neigung  $8^{\circ} 52'$ , für die geringste Neigung  $4^{\circ} 19'$ . Für den untern Theil des Aargletschers, vom Zusammenfluss des Lauteraar- und Finsteraargletschers an, ergibt sich die Neigung  $3^{\circ} 58'$ . Für den ganzen Gletscher findet man eine Neigung von etwa  $8^{\circ}$ . Die mittlere Neigung des grossen Aletschgletschers beträgt  $6^{\circ} 51'$ . Die Neigung des Hauptarms des Arnarfell-Jökuls an den Quellen der Thiorsáa beobachtete ich etwa  $8^{\circ}$ .

Hiernach kann wohl als Minimum der Neigung, unter der ein Gletscher sich fortbewegt, wenn man nicht einzelne Stellen, sondern grössere Strecken desselben berücksichtigt, kaum unter  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  angenommen

werden. Es erscheint daher ein fortgesetzter Eisfluss von der Quelle der Rhone bis in die Nähe des Genfersee's wenigstens bei der gegenwärtigen Neigung des Thales, als unmöglich. Wenn man jedoch die in den Seitenthälern des Wallis liegenden Gletscher berücksichtigt, so ist ein für den Transport der Steine nöthiger Zusammenhang der einzelnen Gletscher sehr wohl denkbar.

Die durchschnittlichen Gefälle einiger Seitenthäler des Wallis lassen sich aus den nachfolgenden Zahlen ersehen :

Neigung vom Fusse des Karstelnhorns bis Münster.....	12°	0'
"    "    Finsteraarhorns bis Viesch.....	10	0
Gries bis Ulrichen.....	9	13
Albrun bis Viesch.....	7	40
"    "    Weisshorns bis Sieders.....	6	57
"    der Jungfrau bis Naters.....	6	56
"    des Weisshorns bis Turtmann.....	5	20
Moro bis Visp.....	4	25
Col des Fenestres bis Monthey.....	3	41
Pass Theodule bis Visp.....	3	39

Alle erratischen Blöcke, welche im Tieflande der Schweiz und an den Rändern des Jura verbreitet sind, insofern sie aus dem Wallis abstammen, mussten einst an Bex und an Monthey vorbei passiren. Die Fortbewegung derselben durch das Zusammenwirken der einzelnen Gletscher ist vollkommen erklärbar.

Der Rhonegletscher schob beispielsweise seine erratischen Blöcke, theils auf Seiten- theils auf Mittelmoränen bis in der Nähe von Münster. Hier schweisste sich derselbe mit dem Gletscher vom Nüffenenpass, der durch das Eginenthal herabdrang, mit dem Gletscher aus dem Trützithal und mit dem Münstergletscher zusammen. Die Seiten-Moränen des Rhonegletschers wurden durch diese Verbindung zu einer Mittelmoräne, die, obgleich der Rhonegletscher bereits sein Ende erreicht hatte, durch die nachfolgenden etwas tiefer gelegenen, aus den Seitenthälern mit grösserer Neigung hervordringenden Gletscher weiter und weiter transportirt und immer durch neue Seitenmoränen verstärkt

wurde. So konnten nach und nach die Gesteine aus den höchst liegenden Theilen des Wallis bis zum Genfersee gelangen, ohne dass es nöthig wäre anzunehmen, dass der Rhonegletscher selbst in einem Continuum das ganze Thal erfüllt habe.

Der Gletscher, der die Moräne von Monthey zurückliess, stieg mit einem Gefälle von  $4\frac{1}{2}^{\circ}$  sogleich vom östlichen Ende der Mont-Blanc Kette in das Val de Ferret herab, verband sich mit dem im obersten Ende dieses Thales gebildeten und wurde dann wahrscheinlich durch Nebenzweige, z.B. durch den, die Schlucht von Tête Noire erfüllenden Trientgletscher, verstärkt. Auf der beigefügten Karte der Schweiz, deren Massstab leider für unsere Zwecke viel zu klein und deren Topographie ziemlich mangelhaft ist, habe ich es versucht die vormalige Gletscherverbreitung im Wallis und in seinen Seitenthälern angenähert zu skizziren.

Der Alpenwanderer, der vom Gorner-Grath oder vom Pass von St. Theodule auf die Schweizer und Savoyschen Schneefelder, auf ihre Spalten und glänzenden Eisnadeln und auf die dunklen, sie umgebenden, mit Gräsern und Moos sparsam bewachsenen Felswände geblickt hat, wird sich ein anschauliches Bild des Wallis aus der Zeit, als sein Boden noch mit weitausgedehnten Gletscherarmen überdeckt war, entwerfen können.

Keine Städte, keine Dörfer belebten dieses Thal; kein Mettenglöcklein von der Waldkapelle, das am Abend mit hellem Klange den Wanderer begrüsst, wurde vernommen; kein Schlag der Axt, der Bäume fällt, liess sich aus der Ferne vernehmen. Nur Herden von Steinböcken und von Gemsen, von keinem menschlichen Tritte verfolgt, wanderten harmlos an der Seite der Moränen und stiegen weidend an den waldlosen Abhängen zwischen Gestrüppen von Rhododendren und über Rasen von Primeln und Gentianen auf und nieder. Ein Lämmergeier zog in weiten Kreisen schwebend über den Schichten der Wolken da hin, der Wolf und der Bär verfolgten ihre Beute. Die Stille in dieser grossartigen Einöde wurde nur durch das Pfeiffen des Murmelthiers unterbrochen, zu dem der Donner stürzender Steine und Lauinen, so wie das ferne Krachen berstender Gletscher, sich gesellte, durch das Echo von einer Felsenwand zur andern weiter geführt.

Die luftige Pyramide des Finsteraarhorns, die Silberhörner der Jungfrau und die Riesengestalt des Monte Rosa, höher und steiler wie jetzt, sahen wie die Wächter der Ewigkeit gegen Norden und Süden in das offene Land hinaus; sie wurden bald vom Schleier der Nebel umzogen, bald wurden ihre zackigen Gestalten und ihre blauen, im Schatten liegenden Schneefelder, mit dem Purpur der untergehenden Sonne durchwirkt. Kein Zeuge dieser erhabenen Pracht war zugegen; schweigend gingen die Gestirne über den Alpen auf und wieder unter und so schwanden Reihen von Jahrtausenden, als wie ein einziger Tag <sup>1)</sup>).

Doch welche Veränderungen hat seitdem das Wallis erlebt! Seine einst baumlosen Abhänge sind in der tiefe mit Laubhölzern, höher hinauf mit dunklen Fichten bewaldet und trefflicher Weinbau überzieht etwa die untere Hälfte dieses Thales. Der Bär und der Steinbock haben sich in die entferntesten Schlupfwinkel zurückgezogen. Dagegen hat eine wohlhabende und industrielle Bevölkerung Dörfer neben Dörfern, Städte neben Städten erbaut. Das Rollen und Zischen der Locomotiven, so wie die Stangen der Telegraphendrähte verkünden lauter als der Donner der Eisströme, den geistigen Umschwung, der auf der Oberfläche unseres Planeten nach der Vergletscherung öder Gebirge gefolgt ist.

*Anmerkung.* Zu der vorhin erwähnten Vergletscherung des St. Gotthard ist noch Folgendes nach Beobachtungen auf meiner letzten Reise hinzu zu fügen. Die zwischen Andermatt und Hospital auf Chloritschiefer und Gneus eingegrabenen Gletscherschliffe zielen auf die Furka, so dass ohne Zweifel das ganze obere Ursernthal bis zu diesem Gebirgsübergang einstmals vergletschert war. Die Gotthardsstrasse ist schon bei Rotonda gebuckelt. Auf dem Pass zwischen den verschiedenen kleinen Seen und besonders an der Theilung der beiden Strassen nördlich vom Hospig, und östlich von dem grossen

---

<sup>1)</sup> Nur der genialen Naturauffassung Calam's ist es in bewunderungswürdiger Weise gelungen die Poesie in dieser Landschaft wiederzugeben. Das unvergleichliche, im Leipziger Museum aufbewahrte Bild, ein Blick auf das Hochgebirge von Zermatt, und auf die Kette des Monte Rosa im Hintergrund, kurz vor der aufgehenden Sonne, gibt uns eine klare Vorstellung des Wallis zur Zeit seiner Vergletscherung.

See findet man unzählige Streifen, die besonders schön glänzen, wenn die Gesteine vom Regen benetzt werden. Die Feldspathcrystalle sind öfter polirt und vom Eis durchschnitten. Die Richtung des Gletschers ging abwärts nach Hospital, und verband sich dort mit dem von der Furka hinabsteigenden Arme.

---

## ABSCHNITT IV.

### DIE ERRATISCHEN BLÖCKE IM SCHWEIZER TIEFLANDE UND AM RANDE DES JURA.

---

Die erratischen Blöcke und die ohne Zweifel mit ihnen in engsten Zusammenhange stehenden Felsschliffe, welche ausserhalb der Alpenkette, sowohl im Jura wie in dem Schweizer-Tieflande verbreitet sind, haben in einem fast noch höheren Grade wie die verwandten Erscheinungen innerhalb dieses Hochgebirges die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gelenkt. Das Vorkommen durchaus isolirter, oft riesiger Granitgeschiebe auf den Gipfeln und Rücken hoher Kalkgebirge ist so merkwürdig und beim ersten Anblick so äusserst räthselhaft, dass man sich nicht wundern darf, wenn zur Erklärung dieser Erscheinung die verschiedensten Hypothesen zu Hülfe genommen worden sind; die unhaltbarsten derselben hat man jedoch sonderbarer Weise zuerst, die einfachsten zuletzt berücksichtigt.

Bevor wir diese Hypothesen genau betrachten, und ihre Haltbarkeit näher beleuchten, werden wir die hauptsächlichsten Beobachtungen über die erratischen Blöcke ausserhalb der eigentlichen Alpenkette noch ein Mal kurz zusammenstellen. SAUSSURE, CHARPENTIER, AGASSIZ, STUDER und ESCHER VON DER LINTH haben in dieser Richtung zahlreiche Beobach-

tungen gemacht, welche ich mit meinen eigenen in den letzten Jahren in der Schweizer Ebene so wie am Jura gesammelten zu verbinden suchen werde.

Die auf der Nordseite der Alpen vom Fort de l'Ecluse bis zum Bodensee verbreiteten Findlinge lassen sich, wie dieses von CHARPENTIER, AGASSIZ und ESCHER <sup>1)</sup> gezeigt worden ist, auf verschiedene Stammgebiete, auf das des M. Blanc, des Wallis, der Berner Alpen, des St. Gotthard, der Glarner- und Graubündener Alpen zurückführen. Alle diese Gesteinstrümmer sind gleichsam fächerförmig vor den Ausgängen der Hauptthäler verbreitet und in gewissen Grenzbezirken sind die von verschiedener Abkunft mit einander auf das Innigste gemischt, woraus sich ergibt, dass die auf den Karten verzeichneten Grenzen nur eine sehr angenäherte Geltung besitzen.

Ueber die verschiedenen Stamm- und Verbreitungsbezirke der alpinen Findlinge fügen wir nachstehende Bemerkungen hinzu.

### I. *Savoysches oder Mont Blanc-System.*

Dasselbe erstreckt sich von Chamouni aus, dem Thale der Arve entlang, bis unterhalb Bonneville, von wo es über die Ebene südlich vom Genfer See und über verschiedene isolirt liegende Berge sich verbreitet und bis zum Rande des Jura vom Fort de l'Ecluse bis zum Fusse des M. Tendre vordringt.

Die Chamouni-Gesteine, unter denen die sogenannten Protogine die wichtigsten sind, so wie die Gneusgesteine vom M. Brevent und die in der Nähe des Mer de Glace anstehenden metamorphischen Schiefer, lassen sich fern von ihren ursprünglichen Lagerstätten in einzelnen Bruchstücken ziemlich gut wiedererkennen.

Für die Verbreitung und eigenthümliche Ablagerung der Savoyschen Blöcke ist keine Gegend der Schweiz wichtiger, als die des kleinen und

---

<sup>1)</sup> Die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt.

grossen Salève bei Genf, welche bereits von SAUSSURE <sup>1)</sup> näher beschrieben worden ist.

Nach den Beobachtungen des ausgezeichneten Alpenforschers ergibt sich am Salève die obere Grenze der Findlinge zu etwas mehr als 460 Toisen oder 2760 Fuss über dem Genfer See und zu 3914 über dem Meeresspiegel. Es ist dieses der höchste Punkt ausserhalb des Alpengebirges, an welchem erratische Blöcke gefunden worden sind. Am 31 August 1862 stieg ich von Genf aus zu diesem mir bis dahin unbekanntem Berge empor, um seine wunderbaren erratischen Gesteine näher kennen zu lernen. Nachdem ich bei Etrombières die Arve überschritten hatte, fand ich in der Nähe des Schlosses am Fusse des kleinen Salève den ersten aus gneusartigem, grüngefärbten Talkschiefer bestehenden Block; Gesteine dieser Art beobachtet man in der Nähe von Servoz.

Das Plateau des kleinen Salève fällt gegen Nordost flach ab und erreicht auf der Südwestseite die grösste Höhe 2764 Fuss über dem Meere und 1610 Fuss über dem Genfer See. Es wird mit zahllosen Findlingen überdeckt, welche zwischen dem niedrigen Gebüsch zerstreut liegen. Vorzugsweise ist die dem M. Blanc zugekehrte Seite des Berges reich an diesen Gesteinen. Manche derselben sind von erheblicher Grösse; einer derselben ist 20<sup>m</sup> lang, 10<sup>m</sup> breit und über 3<sup>m</sup> hoch, und gleicht einem gestrandeten Schiffe, das bei seinem Untergang mit dem Kiel sich in den Erdboden eingewühlt hat. Auf dem Salève erscheinen nur Savoysche Gesteine, die sich sehr wohl erkennen lassen; weisse Granite, Protogine, Glimmer- und Talkschiefer, die bis zur höchsten Spitze des Berges emporsteigen.

Der grosse und kleine Salève sind durch eine tiefe und steile Schlucht von einander getrennt, die gleichsam wie ein geöffnetes Thor sich den Alpen zuwendet. In derselben liegt das Dorf Monnetier, wo einzelne Blöcke den Durchgang zwischen beiden Bergen gesucht und ihn doch nicht gefunden haben. Von hier ab sieht man die Findlinge in grosser Anzahl auch am grossen Salève emporsteigen; der höchste, welchen ich

<sup>1)</sup> SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, T. I. pag. 169.

bemerkte, liegt etwa 500<sup>m</sup> südlich von 13 Arbres in einer Höhe von etwa 3666 Fuss über dem Meere und von 2512 Fuss über dem Genfer See. Da bereits der Abend angebrochen war und ich früher als ich wünschte meinen Rückweg antreten musste, so ist es mir sehr wahrscheinlich, dass ich nicht ganz zu dem von SAUSSURE angegebenen Niveau der höchsten Blöcke gelangt bin.

Die Niederungen in der Umgebung von Genf, die Länderstrecken in der Nähe des Seeufers sind noch reicher als die Höhenzüge an grossen und kleinen, scharfkantigen und abgerundeten erratischen Gesteinen. Die südlich und südöstlich von Genf ausgebreiteten Findlinge sind Savoyscher Abkunft; unter ihnen ist der zwischen dem Salève und Carouge sich befindende Pierre aux trois Femmes und die bei Genf im See liegenden Pierres à Niton, welche letztern vielleicht von Walliser Abstammung sind, besonders beachtenswerth. Einer dieser Steine dient als Wasser-marke im See.

Die M. Blanc Findlinge erstrecken sich dann über das Nordufer der Rhone hinaus, gegen den M. de Sion, bis zum Durchbruch des Stromes durch die Kette des Jura. Hier ist eine der wichtigsten Localitäten, welche über die Verbreitung der erratischen Blöcke im Schweizer Tieflande Aufschluss ertheilt.

Zuerst durchbricht die Rhone einen nach Süd-Südost gerichteten, aus Kreide und Corallrag gebildeten, Ausläufer des Jura, welcher unter dem Namen M. du Vauche bekannt ist; steile und hohe Wände begleiten die Ufer. Das Fort de l'Ecluse versperrt hier den Ausgang des Thales. Etwa eine halbe Meile oberhalb Bellegarde bahnt sich der Strom durch graue, fein geschlammte Meeresmolasse und bei Perte du Rhône durch jurassische Kalksteine sein Bett.

Ueber der Meeresmolasse besonders am linken Flussufer in einer Höhe von 200—300 Fuss über dem Rhonespiegel liegen verschiedene abgerundete Findlinge. So bemerkt man z.B. beim Emporsteigen von Perte du Rhône zu dem Dorfe Fiole auf einer Wiese etwa 160 Fuss über dem Flusse einen mit Flechten überkleideten Block von metamorphischem Schiefer. Kurz darauf folgt ein zweiter etwas kleinerer von schwar-

zem Kalkstein. Ein anderer, welcher dem ersten ähnlich ist, ragte aus der Ackerkrume hervor. In dem Dorfe Fiole finden sich häufig Fragmente metamorphischer Gesteine. Unfern des Dorfes liegt ein Granitblock, der theilweise von der Ackerkrume umhüllt gegen 2<sup>m</sup> lang und etwa 1<sup>m</sup>,5 breit und hoch ist. Anderen kleineren Blöcken von schwarzgrauem Kalkstein alpinen Ursprungs begegnet man zwischen Fiole und Eloise.

Alle diese Findlinge oder der grössere Theil derselben sind von keiner hervorragenden Grösse und können auch leicht durch strömendes Wasser, welches in früheren Zeiten ein anderes Niveau einhielt, bei der allmählichen Bildung des Thales mit fortbewegt sein.

Vom Fort de l'Ecluse an verbreiten sich darauf die erratischen Gesteine zunächst bis Gex dem Fusse des Jura entlang. Auf dieser Strecke habe ich jedoch dieselben nicht verfolgt und ich beziehe mich daher auf die Beobachtungen von AGASSIZ und von CHARPENTIER. Dagegen bin ich ihnen von Trelex bis Neuchâtel, so weit es die Witterung erlaubte, sehr sorgfältig nachgegangen. Auf dem von Nyon nach Trelex langsam emporsteigenden Wege begegnet man ihnen häufig; sie erreichen dort ihre Grenze am unteren Ende der Kreideformation am Fusse der nach St. Cergues führenden Serpentine in einer Höhe von 1800 Fuss über dem Meere und 646 Fuss über dem Genfer See. Weiter aufwärts an der Landstrasse und in der Umgebung von St. Cergues sucht man nach ihnen ganz vergeblich. Sobald man indess unter dem Plateau von Arzier in den tiefen mehr nördlich gelegenen, mit Wald bedeckten Thaleinschnitt herabsteigt, gelangt man aufs Neue in das Bereich der Findlinge. Ferner kommen zwischen Arzier und Begnins Gneus- und Protogingesteine des M. Blanc zum Vorschein. Dicht unter Arzier begegnet man vielen Trümmern von Granit mit hellem Quarz, braunem Glimmer, röthlichem Feldspath und Hornblende-Nadeln; auch ist ein Gneusblock, der an einem flachen Abhang auf einer Wiese ruht, von 5<sup>m</sup> Länge, 4<sup>m</sup> Breite, und 2<sup>m</sup>,5 Höhe besonders bemerkenswerth. Die Grenze zwischen Kreide und Molasse scheint auch hier die Grenze der erratischen Gesteine zu bezeichnen, welche zu einer Höhe von 1400 Fuss über dem Genfer See emporsteigt.

In das enge Queerthal von Bassins verbreiten sich die Findlinge aufwärts, ein sehr grosser liegt weiter zurück im Walde. Im Dorfe Bassins sind alle Umfassungsmauren aus alpinen Gesteinen erbaut; unter ihnen bemerkt man viele dunkelgrüne Talkschiefer Walliser Ursprungs; schwarzen und dunkelgefärbten Kalksteinen begegnet man häufig zwischen Bassins und Longirod.

Bei Gimel und Bière sind die Blöcke weniger verbreitet, dagegen gelangt man bei Mollens und Montricher zu einem reichhaltigen Magazine derselben. Die Findlinge steigen in jener Gegend bis zu einem Drittheil des Pré de Mollens 1800 Fuss hoch über den Spiegel des Genfer Sees empor. Die meisten derselben sind zwar Walliser Ursprungs, doch gibt es einige dazwischen, welche wahrscheinlicher Weise aus dem Chamouni-Thal herkommen. Zu diesen rechne ich ein Protogin-Gestein mit dichtem pistaziengrünen Epidot, welches ich nur an einer Stelle in den Alpen, am Nant des Pelerins zwischen Chamouni und dem Glacier des Bossons gefunden zu haben mich erinnere.

Die erratischen Gesteine dieser Gegend werden meist von Italienern, die eigens für diesen Zweck nach dem Jura kommen, mit Pulver gesprengt und dann weiter zu Brunnensteinen, zuweilen von 6<sup>m</sup> Länge, zu Pfeilern und Schwellen bearbeitet. Auf der ganzen Strecke von Perte du Rhône und Fort de l'Ecluse bis Mollens sind Findlinge Savoyischer und Walliser Abkunft mit einander gemischt; gegen Perte du Rhône hin herrschen die ersten, am Fuss des M. Tendre jedoch die zweiten vor.

Die allmähliche Mischung dieser Gesteine für so grosse Oberflächen gehört gewiss mit zu den wunderbarsten Erscheinungen, welche durch die Bewegung der Gletscher entweder gar nicht oder doch nur in höchst gezwungener Weise erklärt werden kann.

## II. Das Walliser System.

Das Walliser Gebiet der erratischen Blöcke ist eines der ausgedehntesten der Schweiz, dessen Grenzen durch die charakteristische geognostische Beschaffenheit der Findlinge am Genausten festzustellen sind. Man findet hier ausgezeichnete grüne, seidenglänzende Schiefer aus der Nähe von Lax; ferner Talkschiefer mit Quarzschnüren und Hornblendenadeln aus dem Binnenthale und vom Rhône-gletscher; Glimmerschiefer mit Granaten vom Fusse des Simplon; gebänderten Gneus dem vorhin beschriebenen aus dem Nicolaithale sehr ähnlich; Gabbro und Serpentin, sowohl von Zermatt, als aus dem Saasthale; weissen Granit mit dunkelgrünem Glimmer von einer mir unbekanntem Localität; schöne Granite von grobem Korn, bestehend aus ziemlich hellem Quarz, weissen Feldspathzwillingen, braunem Glimmer und Spuren von Talk, vermuthlich vom Fusse des grossen St. Bernhard; weisse Quarzite und prachtvolle grüne Smaragditgesteine, vielleicht aus dem Saasthale <sup>1)</sup>; grünen Talkgranit von Dents Blanches <sup>2)</sup>; Grauwacken von Montagne de Foully; Puddingstein aus Valorsine, und endlich Kalksteine von dunkelgrauer und schwarzer Farbe, die sich von denen des Jura wesentlich unterscheiden und aus der Umgegend von St. Maurice und Bex herkommen.

Alle diese aus der Mündung des Wallis hervorgegangenen Findlinge haben sich fächerförmig über das Schweizer Tiefland bis zu den Rän-

---

<sup>1)</sup> Ich fand diese schöne Gebirgsart am Fusse des M. Tendre, auch ist sie in anderen Gegenden des Schweizer Tieflands aufgefunden worden. Zwei ausgezeichnete Exemplare derselben werden in der, in das Eigenthum unserer Universität übergegangenen Blumenbach'schen Sammlung aufbewahrt, mit dem Fundort „Canton Bern“. Die genauere ursprüngliche Lagerstätte habe ich niemals ermitteln können; sie ist jedoch ohne Zweifel bekannt und vermuthlich in einem der Seitenthäler des M. Rosa zu suchen.

<sup>2)</sup> Blöcke dieses eigenthümlichen Granits finden sich dicht bei der Sternwarte von Neuchâtel. Nach den Untersuchungen des Herrn GERLACH, ingénieur des mines zu Sion, stammt derselbe aus dem obern Ende der Vallée d'Hérenes vom Fusse der Dents Blanches. *Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel*, T. V. 1861, pag. 519.

den und Höhen des Jura ausgebreitet und mischen sich, wie bereits bemerkt, etwa vom Fusse des M. Tendre bis zum Fort de l'Ecluse mit den Savoyschen, so dass keine bestimmte Grenze zwischen beiden angegeben werden kann. Die Findlinge Walliser Abkunft überdecken gegen Osten die Anhöhen oberhalb Villeneuve und Vevey, wenden sich dann in nordöstlicher Richtung gegen Bulle, berühren Plaffeyen und Schwarzenburg und verbreiten sich darauf bis Burgdorf und Solothurn.

Etwa vom Fuss des M. Tendre an gegen Nordosten hin scheinen die Savoyschen Gesteine aufzuhören und werden wohl ganz durch Walliser Findlinge ersetzt. Von Mollens ab erstreckt sich darauf am Jura ihre Grenze unterhalb la Combe des Criblets hin und bildet daselbst eine kleine bis in die Nähe von Salmard gehende Bucht. Der auf einem Plateau gelegene 5092 Fuss hohe Mt. Tendre befindet sich über der erratischen Grenze, welche hier zu 3300 Fuss über das Meer und zu 2146 Fuss über den Genfer See emporsteigt. Für eine längere Strecke erhält sich die Grenzlinie in dem angegebenen Niveau, bis oberhalb La Saboterie, wo sie gegen Molendru und Pré de Joux eine bedeutende Einbiegung macht. Von Pré Magnin verfolgt man sie in nordöstlicher Richtung bis in die Nähe von Juriens, wo sie sich aufs Neue nach Nordwesten zurückbiegt und dann in einer starken Krümmung bis zum Rande des Orbethales vorspringt. Der Lac de Joux, dessen Ufer und Umgebung ich untersuchte, liegt ausserhalb des Bereichs der erratischen Erscheinungen, wie dies auch auf der Karte von ESCHER VON DER LINTH angegeben ist.

Wenn man von Le Pont aus dem Lac Brenet entlang geht, begegnet man zuerst zwar grossen herabgestürzten Kalksteinen, doch fehlt jede Spur alpiner Findlinge. Den ersten obwohl kleinen Bruchstücken von Glimmerschiefer begegnete ich im Walde unterhalb des Dorfes Ballaigues, nachdem ich einen kleinen Seitenfluss der Orbe überschritten hatte. Die erratische Linie, welche hier einen tiefen Busen in das Juragebirge beschreibt, hat sich von La Saboterie aus um etwa 500 Fuss gesenkt, denn die von mir aufgefundenen Bruchstücke südwestlich von Ballaigues, liegen in einer Höhe von etwa 870<sup>m</sup> oder 2678 Fuss über dem Niveau

des Meeres und 1524 über dem Genfer See. Nach CHARPENTIER'S Skizze erstreckt sich die Grenze der erraticen Blöcke bis Jougne, während ich sie an einen Punkt etwa 1000<sup>m</sup> westlich von Ballaigues verzeichnet habe. Eine neue Untersuchung des Terrains wird diese Unsicherheit leicht aufklären können. Von Ballaigues steigt die Grenze aufs Neue bis über Thiole empor und erstreckt sich darauf dem Fuss des Mont Suchet entlang, indem sie sich in einer Höhe von 3300 bis 3500 Fuss über dem Niveau des Meeres erhält. Unterhalb der Aiguille de Beaufort bildet sich wieder eine kleinere gegen Westen vorspringende Bucht.

Die Umgebung von Lignerolles ist ausserordentlich reich an Walliser Gesteinen, welche in der grössten Auswahl in der Nähe dieses Ortes verbreitet sind. Montblanc-Gesteine scheinen dagegen zu fehlen oder doch viel seltener zu sein.

Zu den merkwürdigsten Localitäten, die über die Verbreitung der alpinen Findlinge Aufschluss geben, gehört der Chasseron. Seine Position ist nach der eidgenössenschaftlichen Vermessung Lat. = 46° 51' 8",58, Long. = 24° 12' 8",60; seine Höhe beträgt 4886 Fuss über dem Meere. Die Umgebung dieses Berges bildet im Jura den eigentlichen Mittelpunkt der erraticen Erscheinungen.

Von Yverdon aus, in dessen Umgebung unzählige Blöcke gefunden werden, erreicht man in etwas mehr als einer Stunde den Fuss des Jura, und die gegen die Ebene geöffnete, mit steilen Felswänden begrenzte Schlucht von Covatannaz. An den Rändern derselben, ungeachtet der Steilheit des Terrains, erblickt man grössere und kleinere aus Granit, Gneus und Glimmerschiefer bestehende Blöcke. Nach oben hin öffnet sie sich in das kesselförmige Thal von St. Croix und La Sagne, welches mit zahllosen, doch meist nicht sehr grossen erraticen Blöcken ausgefüllt ist. Die Findlinge sind hier bis ausserhalb des Ortes auf dem Wege nach la Chaux zu verfolgen und erreichen ihre grösste Höhe in der Nähe von Replan NNO. von St. Croix.

Die Höhe des Fundaments der Kirche von St. Croix ist 1168<sup>m</sup>. Die höchsten Blöcke liegen etwa 40<sup>m</sup> höher, also 1208<sup>m</sup> = 3719 Fuss über dem Meere und 2565 Fuss über dem Genfer See. Sie liegen also 1167

Fuss unter dem Gipfel des Chasseron und nahezu mit den Blöcken des grossen M. Salève in demselben Niveau. Die niedrigsten Begrenzungen der Thalwände von St. Croix heben sich fast auf 200 Fuss über die Grenze der erratischen Blöcke.

Die Findlinge ziehen darauf in demselben Niveau dem Fusse des Chasseron entlang, bilden noch ein Mal eine kleine Bucht und gelangen dann zum Fusse des M. Aubert, an welchem sich die Grenzlinie um mindestens 300 Fuss gesenkt hat.

Nördlich von M. Aubert liegt der 4516 Fuss hohe Creux du Vent, einer der merkwürdigsten Berge für die Art der Verbreitung der erratischen Gesteine. Das bei Boudri endende, von der Reuse durchströmte Val Travers zieht in westsüdwestlicher Richtung von zwei Bergketten des Jura umgeben bis nach La Chaux und ist hier nur durch einen schmalen Rücken von dem kesselartigen Thale von St. Croix getrennt. In dieses etwa 4 Meilen lange Thal, welches nur einen engen Eingang besitzt, dringen die Findlinge über Noiraigue, Travers, Motiers, Fleurier bis Buttes ein.

Am 9<sup>ten</sup> Sept. 1862 machte ich in Combe Varin, einem am Rande eines Tannenwaldes freundlich gelegenen Landhause, die Bekanntschaft des Herrn Professor DESOR, dem ich zu besondern Danke verpflichtet bin, da er mich nicht nur in der gastfreisten Weise aufnahm, sondern mir auch manche lehrreiche Anfschlüsse über die Verbreitung der erratischen Blöcke im Val Travers ertheilte.

Schon dicht unterhalb Fleurier begegnet man den ersten Spuren derselben. Nach Herrn Professor DESOR sollen sie bis Buttes verbreitet sein und sogar in das beckenförmige, nur gegen Südost mit einem engen Eingange versehene Thal von St. Sulpice vordringen. Sie folgen merkwürdiger Weise nicht nur dem Thale der Reuse, sondern haben auch auf der Westseite vom Creux du Vent zwischen Provence und Motiers die Bergkette überschritten. Um den Creux du Vent läuft so eine in sich geschlossene Findlingslinie, welche näherungsweise in einem Niveau von 2832 Fuss sich erhält und nur auf dem Rücken der Kette etwas höher emporzusteigen scheint.

An der nördlichen Thalwand vom Val Travers zieht sich die erratische Linie von Buttes bis in die Nähe von Combe Varin in einer Höhe von 800—900 Metern oder 2700 Fuss in nordöstlicher Richtung fort. Von Les petits Ponts ab verfolgt man sie an den oberhalb Neuchâtel liegenden Abhängen des Jura bis zum Fusse des Chaumont und dem des Chasseral. Der bekannte Pierre à Bot, ein Granitblock von 50 Fuss Höhe, 20 Fuss Breite und 40 Fuss Länge von einem Volumen von 40000 Cubikfuss und einem Gewicht von etwa 72000 Zoll-Centnern, liegt etwas unter der Grenzlinie der erratischen Blöcke in einem Niveau von  $685^m = 2110$  Fuss über dem Meere und 956 Fuss über dem Spiegel des Genfer Sees. Nach AGASSIZ finden sich die höchsten Blöcke am Chaumont bis zu einem Niveau von 3282 Fuss. Tourmann <sup>1)</sup> beobachtete an der Nordseite des Chasseral die Blöcke bis zu einer Höhe von fast  $1200^m = 3694$  Fuss über dem Meere. Diese Angabe ist nicht ganz zuverlässig, vermuthlich ein wenig zu gross.

Vom Chasseral aus erstreckt sich die erratische Grenzlinie bis auf die Höhe des Jura zwischen Biel und Sonceboz, wo ich viele Granitblöcke sah, welche gelegentlich zum Bau der Strasse verwendet worden sind. Fast noch merkwürdiger wie die Verbreitung der Findlinge im Val Travers ist die im Thale von St. Immer und im Thale von La Sagne. Beide Localitäten, welche AGASSIZ beschrieben, habe ich nicht gesehen, doch möchte ich vermuthen, dass die Blöcke von Biel aus im Thale der Suze aufwärts gewandert sind.

Die Grenzlinie der Walliser Findlinge bewegt sich darauf unter dem Weissenstein fort und erreicht in der Nähe von Solothurn ihr Ende.

Bis zum Jahre 1860 und 1861, als ich zuerst die Bearbeitung dieser Schrift begann, waren mir obgleich ich die Schweiz öfter besucht hatte, die hauptsächlichsten Gegenden des Jura, in denen sich erratische Blöcke finden, noch unbekannt. Um diesen Mangel in der eigenen Anschauung zu ergänzen, habe ich im September des Jahres 1862, leider meist bei schlechtem Wetter, einen grossen Theil des Jura durchwandert in der

<sup>1)</sup> CHARPENTIER, *Essai*, pag. 160.

Absicht die Verbreitung der alpinen Findlinge näher kennen zu lernen, und ich sammelte so die eben mitgetheilten Beobachtungen.

Im Tieflande der Schweiz liegen die Findlinge unregelmässig über der Oberfläche verbreitet, theils auf der Nagelfluhe, theils auf der Marinen- und Süsswasser-Molasse. Hier und da zeigen sich mächtige Blöcke, kleineren mehr abgerundeten Stücken begegnet man auf Schritt und Tritt. Von der Molasse steigen sie zu der Neocomformation empor und bilden darauf, wie es AGASSIZ sehr bezeichnend beschreibt, Felskränze um die höchsten Kuppen des Coralrag, deren Abhänge bei steiler Neigung sie nicht zu tragen vermögen.

Für eine gründlichere Untersuchung der Diluvialerscheinungen der Schweiz wäre eine genaue ganz zuverlässig construirte Grenzlinie der Findlingsblöcke im Jura, in Verbindung mit einer grossen Anzahl sorgfältig bestimmter Höhenpunkte ein dringendes Bedürfniss.

AGASSIZ gibt nur ungefähr die Verbreitung der alpinen Findlinge im Jura an. Auf STUDER's und ESCHER's Karte ist jene Grenzlinie nicht verzeichnet; in CHARPENTIER's *Essai* und in ESCHER's *Abhandlung* finden sich nur approximative Skizzen derselben, welche zur genauern Erforschung des Problems nicht vollkommen ausreichen. Da die topographischen Hülfsmittel der Schweiz in neuerer Zeit durch DUFOUR's treffliche Generalstabs Karte wesentlich vervollkommnet sind, dürfte es nicht schwer halten in dieselbe die Grenzlinie der alpinen Findlinge mit Schärfe einzuzichnen, und wenn mehrere Geologen sich in diese Arbeit theilten, so würde sie im Laufe eines einzigen Sommers mit der nöthigen Schärfe auszuführen sein. Einen Theil jener erratischen Linie habe ich ziemlich genau, als ich im September 1852 den Jura bereiste, auf der genannten Karte von Perte du Rhône bis Neuchâtel construiert, doch konnte ich während meines Aufenthalts in Genf nicht alle Blätter jener Karte erhalten; dazu war die Witterung sehr regnerisch und die ohne hin beschränkte Zeit vergönnte mir nicht diese Aufnahme zum Abschluss zu bringen. Auf der kleinen beiliegenden, aus STEIERS Atlas entnommenen Karte der Schweiz, welche in topographischer Beziehung manches zu wünschen übrig lässt, habe ich die erratische Linie nach

eigenen Beobachtungen, so gut wie es die Umstände verstatteten, einzuzeichnen gesucht.

### III. *System der Aar.*

Die Findlinge aus dem Flussgebiete der Aar sind über einen verhältnissmässig geringern Raum als die aus dem Wallis stammenden verbreitet. Ihre ursprünglichen Lagerstätten sind nur im Oberhassli-Thal von Meiringen ab bis zur Grimsel, dem Zinkenstock und bis zu dem Fusse des Finsteraarhorns zu suchen. Nach ESCHER'S VON DER LINTH sorgfältigen Beobachtungen verzweigen sich diese Findlinge von Tracht aus über den Brünig, wo ich dieselben gesehen zu haben mich erinnere, bis in die Nähe von Sarnen; übrigens begleiten sie die beiden Ufer des Briener und Thuner Sees. Am untern Ende des letztern nehmen sie eine grössere Breite ein und sind bis in die Nähe von Burgdorf zu verfolgen, wo sie mit den Walliser Gesteinen in Verbindung treten. ESCHER gibt auf seiner Karte sowohl nördlich als auch südlich von Bern zwei halbkreisförmige Steinwälle an, welche in ähnlicher Art an den untern Enden mehreren Seen in verschiedenen anderen Gegenden des Schweizer Tieflandes gefunden werden.

Die aus dem Oberhasslithal stammenden Findlinge sind viel weniger mannigfaltig als die des Wallis und bestehen verzugsweise aus einem Granit und einem granitartigen Gneuss; sie gleichen denen vollkommen, welche aus derselben Gegend durch die alten Gletscher in das Oberwallis nach Münster und Viesch herabgeführt worden sind.

### IV. *System der Reuss.*

Das eigentliche Stammegebiet der Findlingsblöcke dieses Systemes ist kaum grösser als das der Aar; es verbreitet sich durch das Thal der Reuss vom St. Gotthard bis zum Vierwaldstädter See und umfasst zugleich die mit dem Hauptthale in Verbindung stehenden Nebenthäler.

Die See-Ufer sind meist zu steil um erratische Blöcke tragen zu können, die jedoch an flacheren Abhängen, wie z.B. in der Nähe von Bauen bemerkt werden. Das Verbreitungsgebiet derselben erstreckt sich einerseits von Brunnen über Schwiz nach dem Zuger- andererseits über Luzern nach dem Sempacher und Baldegger See. Nach ESCHER's Karte sind die Nordenden beider Seen wiederum durch halbkreisförmige Blockwälle eingefasst, die auch in der Verlängerung des Zuger Sees bei Bremgarten angetroffen werden. Endlich erreicht das Gebiet der Reussfindlinge den Fuss des Hauenstein und tritt wahrscheinlich gegen Westen mit dem Walliser, gegen Osten mit dem Linth- und Limmatbezirk in Verbindung.

#### V. *System der Linth.*

Weniger ausgedehnt als das Stammgebiet der erratischen Gesteine der Reuss ist das der Linth, welches mit Ausnahme eines einzigen Punktes keine Granite, sondern nur geschichtete Gebirgsarten aus der Jura-Kreide und Tertiärformation enthält; es umfasst das Flussgebiet der Linth und einen Theil des Canton Schwiz. Die Findlinge dieses Systems begleiten die Ufer des Züricher und Griefen Sees, deren nördliche Enden von gekrümmten Steinwällen eingeschlossen werden. Der obere Theil dieser Gegend ist mir bisjetzt unbekannt, wesshalb ich meine Leser auf ESCHER's Beschreibung verweise.

#### VI. *System des Rheins.*

Sowohl das Stamm- wie das Verbreitungs-Gebiet der Findlinge dieses Systems übertrifft alle andern, selbst das der Rhône an Umfang. Das erstere umfasst den oberen Lauf des Vorder- Mittel- und Hinter-Rheins mit den durch Graubünden und Vorarlberg ausgebreiteten Seitenthälern, während das zweite über das untere Rheinthal, so wie über die Umgebung des Wallenstädter und Boden-Sees sich ausbreitet. Die

Gegend von St. Gallen, Herisau Frauenfeld, Winterthur und Schaffhausen bezeichnet auf der Südwest-Seite des Boden-Sees, die Umgebung von Bregenz, Lindau, Friedrichshafen und Ravensberg, vermuthlich bis zur Wasserscheide der Donau auf der Nordseite desselben, den Verbreitungs-Bezirk der Rheinischen Findlinge.

Soweit ich diese ausgedehnten Länderstrecken aus eigener Anschauung kennen gelernt habe, sind in derselben die eigentlichen grössern scharfkantigen Findlingsblöcke, welche sich so charakteristisch an den Rändern des Jura abgelagert haben, sehr viel seltener. ESCHER VON DER LENTH gibt zwar die Granitblöcke vom Ponteljastobel bei Trons und deren Wanderung bis in die Nähe des Boden- und des Züricher Sees an, ich selbst habe sie in diesen Gegenden jedoch nicht oder nur unvollständig beobachtet.

Auf der Nordseite des Boden-Sees zwischen Ravensberg und Friedrichshafen kommen weit ausgedehnte öfter mit Torfmooren überdeckte Diluvial-Ablagerungen zum Vorschein, die meist aus jurassischen Kalkstein-Geröllen bestehen, zwischen denen, obwohl seltener, einzelne Quarz- und Granit-Geschiebe angetroffen werden. Alle diese Ablagerungen, denen auf der Südseite der Alpen vollkommen entsprechende nachzuweisen sind, gehen dem erratischen Phänomen voraus, und sind durch strömendes Wasser, nicht aber durch Eis und Gletscherbewegung auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze geführt. Eigentliche Findlinge, welche bei Hohentwyl vorkommen sollen, denen des Jura ähnlich, habe ich in dieser Gegend nicht zu beobachten Gelegenheit gehabt.

An den Ufern des Boden-Sees z.B. zwischen Rorschach und Arbon findet man einzelne, doch nur kleinere aus den Hochalpen abstammende Geschiebe zu deren Fortbewegung vormalige Gletscher durchaus nicht erforderlich sind. Unter ihnen bemerkt man Kalksteine verschiedener Färbung, Gneusstücke, Syenitgerölle und ein grüngeflecktes, aus einer amorphen serpentinarartigen Grundmasse bestehendes, mit Quarz, Hornblende und Glimmer durchwirktes, vermuthlich aus den Graubündener Alpen herstammendes Gestein.

Dieselben Diluvial Ablagerungen, welche man nördlich von Frie-

drichshafen beobachtet, begleiten beide Ufer des Rheins zwischen Eglisau und Schaffhausen; zwischen ihnen findet man zwar durch Eis bearbeitete Rollsteine, grössere alpine Findlinge scheinen zu fehlen.

VII. *Die erratischen Gebilde an den Südabhängen der Alpen.*

An der Südseite der Alpen wiederholen sich, obwohl auf einer etwas beschränktern Oberfläche, dieselben Erscheinungen wie auf der Nordseite dieses Gebirges. Weite aus abgeriebenen Rollsteinen von Kalk, Granit, Gneus, Glimmerschiefer und Serpentin-Bruchstücken gemischte Lager bilden den Untergrund, über welchem die Findlingsblöcke und der Gletscherschutt sich verbreiten. Diese Gesteine, welche den grossen Thalbildungen der Alpen folgen, stehen, wie später gezeigt werden wird, mit den Landseen, welche jene häufig nach unten hin absperren, in enger Verbindung.

So standen das Thal der Isère, das des Dora Baltea und Dora Riparia vermuthlich mit vormaligen jetzt grösstentheils verschwundenen Landseen in Verbindung; das Thal der Tosa und des Tessin werden in ihrem unteren Laufe durch den Lago Maggiore, das der Adda und Maira durch den Comer-See, das des Oglio durch den Lago d'Iseo, endlich das des Mincio in seinem untern Laufe durch den Lago di Garda begrenzt. Dieses sind auch die Strassen, durch welche die Findlingsblöcke bis in die Ebene des Po zu ihrer südlichen Grenze gelangen. Wir sehen so in der Nähe von Avigliana, Rivoli und Alpignana grosse und viele Serpentinblöcke, unter denen der Stein von Pianezza (25<sup>m</sup>, 14<sup>m</sup>, 12<sup>m</sup>) einer des merkwürdigsten ist.

Es ist nicht meine Absicht in diese Untersuchungen näher einzugehen und wir verweisen in dieser Beziehung auf die ausgezeichneten und detaillirten Arbeiten von MARTINS, GASTALDI <sup>1)</sup> MORTILLET und OMBONI.

<sup>1)</sup> 1. *Essai sur les terrains superficiels de la Vallée du Po aux environs de Turin, comparés à ceux du Bassin Helvétique*; par CH. MARTINS et B. GASTALDI.

2. *Appunti sulla Geologia del Piemonte di B. GASTALDI*. Torino 1853.

## ABSCHNITT V.

### DIE SCHLIFFFLÄCHEN IM JURA UND AUF DER SÜDSEITE DER ALPEN.

---

An den Rändern des Jura erscheinen ausgezeichnete Felsschliffe, welche denen die man in den Hochthälern und auf den Pässen der Alpen findet, in der auffallendsten Weise ähnlich sind; sie werden wie AGASSIZ angibt mit dem Namen Laves bezeichnet, da man früher glaubte, dass sie durch Wasser ausgewaschen sein. Sie erstrecken sich nach den Beobachtungen dieses ausgezeichneten Forschers der ganzen Länge des Jura entlang, vom Fort de l'Ecluse bis in die Nähe von Arau und werden nicht nur auf dem Portland und Neocomien, sondern auch im Schweizer Tieflande auf der Molasse beobachtet. Sie sind stets von erraticem Material, sei es von Findlingen oder Moränenschutt begleitet, und steigen zu grösseren Höhen selbst bis zu einigen Kuppen empor und verbreiten sich bisweilen in die Binnenthäler dieses Gebirges. Man begegnet ihnen z.B. nördlich von Bellegarde, im Thale von Chezery und in der Umgebung des Lac de Joux. Ich habe daselbst nach solchen Felsschliffen vergeblich gesucht und habe in der Nähe dieses Sees kein erratices Phaenomen, wenigstens keine Findlingsblöcke bemerken

können. Viele dieser Streifen werden erst sichtbar, nachdem Sand und Dammerde, welche sie zu bedecken pflegen, zur Seite geräumt sind; einige derselben bieten Spiegelflächen dar, welche man jedoch nicht mit den sogenannten Rutschflächen verwechseln darf. Sie sind bald wellenförmig gebogen, bald geradlinig und mitunter so scharf ausgeprägt, dass man sie mit den Linien vergleichen möchte, welche ein Diamant oder Feuerstein in das Glas eingräbt; Versteinerungen, denen sie zufällig auf ihrem Wege begegnen, sind von ihnen glatt, wie von der Hand eines Künstlers, durchschnitten.

Die ausgezeichnetsten Localitäten, an denen man diese Felsschliffe gefunden hat, erscheinen nach AGASSIZ auf dem Mail, einem Spaziergange an der Seeseite von Neuchâtel, und am Plan, am Vereinigungspunkte beider Strassen. Fast noch schönere fanden sich vormals in der Nähe von Combettes oberhalb Landeron, welche von AGASSIZ auf Tafel 17 seines Atlases abgebildet worden sind. Jetzt jedoch sind sie nicht mehr zu sehen, da sie vor einiger Zeit durch die Anlage eines Steinbruches zerstört wurden.

Auf meinen früheren Reisen durch die Schweiz konnte ich den Jura nur sehr flüchtig berühren. Erst im Herbst von 1862 lernte ich zuerst diese Felsschliffe in der Nähe von Neuchâtel durch eigene Anschauung kennen. Die sehr deutlichen und charakteristischen auf dem Mail ganz in der Nähe des neuen Observatoriums zeigen auf weissen Kalksteinplatten eingegraben eine Menge paralleler Furchen neben einander. Sie sind indess nicht mehr scharf ausgeprägt, sondern durch die Verwitterung abgerundet und abgenutzt, was bei der sehr weichen Beschaffenheit dieses Kalksteines nicht auffallen kann.

Diese Furchen oder Streifen laufen etwa der Hauptrichtung des Sees parallel oder sind etwas landeinwärts gebogen. Auf einigen Platten ändern sie plötzlich ihre Richtung um 20° bis 30° mehr gegen Norden hin.

Unmittelbar in ihrer Nähe und dicht vor dem Eingange des Observatoriums bemerkt man mehrere erratische Blöcke von verschiedener Grösse, darunter den bereits erwähnten von sogenanntem grünen Granit. Diese und ähnliche Findlinge scheinen jene Streifen hervorgebracht zu haben.

Eine andere sehr interessante Localität für die Beobachtung der Schlißflächen, auf welche mich Herr Professor DESOR aufmerksam zu machen die Güte hatte, befindet sich NNO von der ebenbeschriebenen Stelle dicht neben einem Steinbruche, zu welchem Herr Dr. HIRSCH, Director des Observatoriums, der mir in Neuchâtel in der freundschaftlichsten Weise entgegen kam, mich begleitete. Die Streifen folgen hier im Allgemeinen der vorhin angegebenen Richtung, sind aber schärfer ausgeprägt und werden von einer fast fussdicken Glacialschicht bedeckt, unter der sie nach Wegräumung derselben zum Vorschein kommen.

Die geschliffenen Felsen am Observatorium liegen etwa 1500 Fuss über dem Meeresspiegel, die am Steinbruche befinden sich etwas höher.

Auf der Südseite der Alpen entfernen sich die geschliffenen Felsen nicht ganz so weit, wie auf der Nordseite von der eigentlichen Centralkette dieses Gebirges, steigen aber doch bis in die äussersten Ausgänge der Thäler bis zum Rande der Lombardischen und Po-Ebene herab und zwar in ein erheblich niedrigeres Niveau als das, welches der Neuchâtel See darbietet.

Sie liegen bei Como noch südlich vom gegenwärtigen Seeufer in einer Höhe von etwa 850 Fussen über dem Meeresspiegel. Der grosse Glacial-Circus der Serra von Ivrea, eine der merkwürdigsten Localitäten für diese Art der Erscheinungen in den Alpen, wohin mich mein ebenso lebenswürdiger als sehr kenntnisreicher Freund B. GASTALDI, dem diese Gegend aufs allergenauste bekannt ist, den 7<sup>ten</sup> September letzten Jahres führte, zeigt an seinem Boden fast überall auf harten und zähen Dioriten Roches montonées und gestreifte und polirte Felsen.

Man beobachtete dieselben unterhalb Andrate in einer Höhe von 650<sup>m</sup>; im Dorfe Chiaverano und in den Weinbergen der Nachbarschaft in einer Höhe von 360<sup>m</sup> und in der Stadt Ivrea selbst, bei 268<sup>m</sup> = 825 Fuss über dem Meeresspiegel.

In ähnlicher Weise erscheinen nach den Beobachtungen GASTALDI's die geschliffenen Felsen bei Avigliana und La Sacra am Ausgange des Thales der Dora Riparia in einer Höhe von etwa 1050 Fussen über dem Meere.

---

## ABSCHNITT VI.

### DIE ERRATISCHEN BLÖCKE IM NÖRDLICHEN EUROPA.

---

Gleich der Kette der Alpen, die in einem weiten Gürtel Findlingsblöcke, gegen den Jura wie gegen die Lombardische Ebene vorgeschoben hat, so haben in ganz ähnlicher Weise alle andere Centralgebirge der gemässigten, wie der kalten Zone erratische Blöcke rings um sich ausgestreut.

Die skandinavische Halbinsel in Verbindung mit Finnland ist der hauptsächlichste Herd, von welchem im nördlichen Europa diese Gesteine sich über einen grossen Theil Russlands und Polens, so wie über die baltische Ebene, über Seeland, die cimbrische Halbinsel, Niedersachsen, Westphalen und einen Theil von Holland verbreitet haben. Die geographische Grenze derselben ist auf der trefflichen geognostischen Uebersichtskarte Europas von ANDRÉ DUMONT, nach den Beobachtungen von LEOPOLD VON BUCH, F. HOFFMANN, PUSCH, Sir J. R. MURCHISON und andern eingetragen. Sie zieht in einem weiten, an der Ostküste Englands beginnenden Bogen, der sich nach dem Texel fortsetzt, durch Holland und gelangt so in das nördliche Deutschland, wo sie zunächst an der Südseite des Teutoburgerwaldes weiter verfolgt wird.

Auch durch die gegen Norden geöffnete Porta Westphalica dringen die Blöcke bis in die Gegend von Herford und Vlotho ein. Ihre Grenzlinie geht darauf südlich von Hannover hin, erreicht die Ausläufer des Jura- und Kreide-Gebirges, tritt darauf in die Thäler der Innerste <sup>1)</sup> und Ocker und gelangt so bis zum Fusse des Harzes. Nachdem sie dieses Gebirge, welches wie eine Halbinsel aus der norddeutschen Ebene hervorragt, im Norden berührt und darauf gegen Osten in einer Bucht umgeben hat, erstreckt sie sich nach Thüringen bis in das Thal der Unstrut. Die südlichsten Punkte, an denen im mittlern Deutschland die Skandinavischen Blöcke erscheinen, sind in der Umgebung von Weimar und Burgtonna ( $51^{\circ} 4' \text{ N.B.}$ ) Am erstern Orte liegen sie vermuthlich über, an andern, nach CREDNER's Beobachtungen, unter dem Elephantenknochen führenden Travertin.

Weiter gegen Osten erstreckt sich die Grenzlinie der skandinavischen Findlinge über Altenburg und Dresden, dem Erzgebirge entlang und erreicht im südlichen Schlesien in der Nähe von Troppau den 50sten Breitengrad. Bald darauf berührt sie Polen, wo sie aufs Neue mehrere starkgekrümmte Buchten beschreibt. Sie wendet sich dann nach Russland, überschreitet den Dniپر in seinem obern Laufe, bildet noch ein Mal an den Ufern der Desna und des Don, etwa 60 geographische Meilen südwestlich und südlich von Moscau, zwei sehr tief einschneidende Busen und steigt darauf mit mehr wellenförmigen Biegungen durch das Flussgebiet der Petschora bis zum Eismeere empor.

Zwischen dieser Grenzlinie, welche Skandinavien und Finnland im Südwesten, Süden und Osten umschliesst, verbreiten sich diese nordischen Findlinge nicht nur über das Festland, sondern auch über fast alle Inseln der Nord- und Ostsee. Auch sind sie über Norwegen, Schweden und Finnland ausgestreut. Ihre Grösse ist, so wie im Schwei-

---

<sup>1)</sup> Ein grosser ausgezeichneter skandinavischer Granitblock lag in früherer Zeit am Fusse des Wallmodenberges am Abhang des Kreidegebirges, etwa 30 Fuss über der Innerste. Er scheint gelegentlich zum Wegbau benutzt zu sein, wenigstens habe ich ihn schon seit längeren Jahren nicht mehr gesehen.

zer Tieflande und am Jura, eine sehr verschiedene. Von den kleinsten Bruchstücken beginnend gelangen sie zu riesenhaften Dimensionen und stehen denen im Jura in keiner Weise nach. Vornehmlich sind Blöcke kleinerer Art über jene weiten Flächen in unabsehbarer Menge zu Hunderten von Millionen verbreitet. Ihre Formen sind meist abgerundet und ihre Ecken und Kanten abgenutzt, abgerollt und abgeschliffen; man erkennt an ihnen aufs Deutlichste, dass sie sich gegenseitig bearbeitet und Sand und Kies aus sich gebildet haben. Steinen dieser Art begegnet man z.B. in den Niederungen zwischen der Elbe und Weser, in Schleswig-Holstein, in der baltischen Ebene und besonders in Polen und Russland.

Auf einer Reise, welche ich vor einigen Jahren nach St. Petersburg machte, hatte ich vielfach Gelegenhet diese Art von Findlingen genauer zu beobachten. Von Königsberg aus begleiteten sie mich auf einem jeden Schritt über Mariampol und Düneberg, wo die Festung aus ihnen gebaut ist, bis nach Pskow und St. Petersburg; ihre kahlen abgeriebenen Köpfe blicken überall aus den Morästen und Torfmooren hervor.

Wesentlich verschieden von diesen Findlingen, die bei einer mässigen Grösse leicht durch den Wellenschlag des Meeres hin und her getrieben werden können, sind jene grossen Felstrümmer, die sich durch ihre eckigen, scharfkantigen Formen auszeichnen. Sie sind Seitenstücke zu dem Pierre des Marmettes bei Monthey und dem Pierre à Bot bei Neuchâtel. Man findet sie ungleich seltener als jene ersteren und sie entfernen sich weniger weit von den gegenwärtigen Küsten. Einer der bemerkenswerthesten Findlinge dieser Art ist der grosse Markgrafenstein auf den Rauenschen Bergen bei Fürstenwalde. Aus einem Theile desselben ist die vor dem Berliner Museum stehende, 22 Fuss im Durchmesser haltende Vase verfertigt worden; ein anderer Theil, wie ich höre, befindet sich jetzt noch an Ort und Stelle. Ein zweiter ganz ähnlicher nur etwas kleinerer Block wird in der Nähe jenes grösseren beobachtet. Es gibt noch jetzt eine Lithographie des grossen Markgrafensteines, welche ihn so zeigt, wie er um Pfingsten des Jahres 1827 auf seiner Lagerstätte zu sehen war. Aus derselben lassen sich seine Dimensionen ange-

nähert beurtheilen. Die Höhe desselben betrug etwa 30 Fuss, die Länge und Breite 25 Fuss. Sein Volumen steht so den grössten alpinen Findlingen kaum nach.

Einen andern ganz ähnlichen, obwohl etwas kleinern Findling erinnere ich mich vor einer langen Reihe von Jahren im Herzogthume Lauenburg, zwischen Möllen und Büchen gesehen zu haben. Ob derselbe jetzt noch existirt oder ob er auch seine Verwendung beim Wegbau gefunden hat, ist mir nicht bekannt.

Für die Geologie des nordeuropäischen Tieflandes ist es ebenso wichtig wie für die Schweiz, die ursprünglichen Lagerstätten jener Findlinge näher zu erforschen; indess wird dazu eine sehr genaue Kenntniss der skandinavischen und finnischen Gebirgsarten verlangt. Wenn man die nördlich vom Rande des Harzes ausgebreiteten Findlinge zuerst erblickt, könnte man vermuthen, dass sie aus diesem Gebirge abstammten. Eine auch nur etwas genauere Untersuchung belehrt uns jedoch sehr bald, dass die Granite des Brockens und der Rosstrappe eine andere, von den Findlingsgraniten verschiedene Beschaffenheit besitzen; namentlich werden gneusartige Gesteine an keine Stelle des Harzes angetroffen.

Alle Geologen sind darin einverstanden, dass nur in Skandinavien und in Finnland solche Gesteine anstehen, wie wir sie in den nordeuropäischen Findlingen erblicken. Von manchen derselben ist mit vollkommener Sicherheit, oder doch mit grosser Wahrscheinlichkeit ihre ursprüngliche Lagerstätte anzugeben. Das unter den Findlingen am meisten verbreitete Gestein ist der röthliche und bräunliche Gneus, dem man im südlichen Schweden allgemein begegnet. Fast eben so häufig sind röthliche und weisse, zum Theil schon stark an der Oberfläche verwitterte Granite, die sowohl aus Schweden als aus Norwegen und Finnland abstammen. Letztere bemerkte ich sehr häufig in Polen. Sodann findet man Hornblendeschiefer und hornblendereiche Syenite, ebenso Porphyre von verschiedener Färbung und Beschaffenheit. Graugelbe Porphyre mit weissen Feldspathkrystallen, auch braunrothe fand ich in der Umgebung von Braunschweig. Sie sind in der Nähe von Elfdalen, sowie bei Christiania zu Hause.

Ferner begegnet man nicht selten z.B. bei Blankenese den schwarzen, grobkörnigen, von den Ufern des Wennern-Sees stammenden Trappgesteinen und Quarziten von einem mir unbekanntem Vorkommen. Ein sehr merkwürdiger Findling, sicher nicht von skandinavischer Abkunft, wurde kürzlich in der Nähe von Oldenburg bemerkt, bestehend aus einer basaltischen mit grösseren Olivin-Körnern gemischten Lava, vermuthlich von den Ufern des Rheins. Aehnliche Gesteine sind auch in der Lüneburger Heide gefunden <sup>1)</sup> Unter den erratischen Gesteinen sedimentärer Formationen sind graue und gelbgraue Kalksteine aus der silurischen und rothe aus der devonischen Formation in einigen Gegenden nicht selten; ebenso hat man devonische Sandsteine und Schiefer unter ihnen beobachtet. Sie stammen aus Gothland, Oeland, Schweden und vielleicht auch von der Kurländischen, Livländischen und Esthländischen Küste <sup>2)</sup>. Man findet sie in kleinen, meist nur spannelangen, Orthoceratiten, Trilobiten und Corallen führenden Bruchstücken, die von der Elbe bei Lauenburg bis zur mecklenburgischen Küste verbreitet sind. Die in den nordischen Blöcken vorkommenden Mineralien deuten ebenfalls auf ihren skandinavischen Ursprung. Ausser dem Orthoklas und Oligoklas erscheint bisweilen in der Nähe von Berlin rauchgrauer starkgestreifter Labrador, ferner sind Glimmer, Quarz, Hornblende, Granat, Epidot, Turmalin, Zircon, Beryll, Staurolith, Schwefel- und Arsenikkies und Dichroit zu erwähnen, letzterer ist mitunter in der Nähe von Travemünde und bei Braunschweig gefunden worden.

Es ist eine allgemein bekannte, im nördlichen Deutschland wie in Polen beobachtete Erscheinung, auf welche bereits PUSCH aufmerksam gemacht hat, dass die Grösse, Anzahl und Mannichfaltigkeit der erratischen Blöcke von Süden nach Norden hin in auffällender Weise zunimmt. Während z.B. am Nordrande des Harzes nur einzelne derselben vorkommen, sind sie in der Lüneburger Heide und in den Ebenen nördlich von Magdeburg in solcher Menge verbreitet, dass sie zu den Umfassungsmauern der Gärten und Felder, zum Bau der Landstrassen

<sup>1)</sup> *Zur wissenschaftlichen Bodenkunde des Fürstenthums Lüneburg von H. STEINFURT, Lüneburg 1864.*

<sup>2)</sup> *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft VI pag. 6.*

und zum Strassenpflaster vielfach benutzt werden. In noch grösserer Menge erscheinen sie am Strande der Ostsee, z.B. bei Travemünde, wo die Hafendämme aus ihnen bestehen.

Die nordischen Findlingsblöcke sind über jene weite Fläche, von den Mündungen des Rheins bis zur Petschora, abgesehen davon, dass ihre Zahl mit der Entfernung von ihren Stammsitzen abnimmt, ganz regellos vertheilt. In einigen Gegenden, z.B. in den polnischen Ebenen, wie dieses gleichfalls von PUSCH sehr richtig hervorgehoben ist, werden sie in verhältnissmässig geringeren Mengen gefunden, während sie um manche Höhenzüge, an denen sie einen Widerstand gefunden haben, in dichten Gürteln sich verbreiten. Dieselbe Beobachtung hat BOLL <sup>1)</sup> in Mecklenburg gemacht, wo in gewissen Streifen in der Richtung NW—SO grosse Mengen von Blöcken aufgehäuft sind, während sie an andern Orten weniger häufig vorkommen. Eigentliche Moränenbildungen, die auf die Verbreitung vormaliger Gletscher schliessen liessen, sind in allen diesen Gegenden niemals beobachtet worden.

Die geognostische Beschaffenheit der Findlingsblöcke hat mit den anstehenden Gesteinen von Skandinavien und Finnland, die ihnen am nächsten, gewissermassen diametral gegenüber liegen, die meiste Aehnlichkeit. So bemerkt man im nordwestlichen Deutschland Norwegische Abkömmlinge. Im nördlichen wie im nordöstlichen Deutschland finden sich vornehmlich Schwedische Gesteine, rother Gneus, schwarzer Trapp, Porphyr und Kalkstein. Nach PUSCH's trefflichen Untersuchungen bestehen die Findlinge in Polen und im südwestlichen Russland <sup>2)</sup> aus Gebirgsarten, welche theils in Finnland, theils an den Ufern des Ladogasees zu Hause sind. In gewissen Grenzdistricten mischen sich die Findlinge verschiedener Abstammung mit einander; die Skandinavischen und Finnländischen, die Finnländischen und die von den Ufern des Ladogasees; in ähnlicher Weise wie in den Niederungen der Schweiz oder an den Rändern des Jura Walliser und Savoysche Findlinge mit einander gemischt gefunden werden.

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft*, Band III. pag. 436.

<sup>2)</sup> G. G. PUSCH, *Beschreibung von Polen*, pag. 570.

Indem die nordischen Diluvialblöcke von den Ufern der Nord- und Ostsee an in das Innere Deutschland's, Polen's und Russland's vordringen, gelangen sie nach und nach in ein sehr verschiedenes Niveau. Die äussersten Grenzen zu denen sie sich erheben, sind besonders beachtenswerth. Nach den Beobachtungen vom Bergrath RÖMER in Clausenthal, erreichen sie in der Nähe von Ocker mindestens die Höhe von 800 Fuss über dem Niveau der Nordsee. Etwa zu derselben Höhe von 850 Fuss gelangen sie im Unstrut-Thale, und erhalten sich ungefähr in derselben im mittleren Deutschland. Im südlichen Schlesien erreichen sie, wie es scheint ihre grösste Höhe von etwas über 1000 Fuss <sup>1)</sup>).

Eine auch nur etwas genauere Untersuchung des nordischen Diluviums mit Inbegriff der erratischen Blöcke muss uns überzeugen, dass sehr lange Zeiträume über die Bildung desselben hingegangen sind. FORCHHAMMER hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass die skandinavischen Findlinge einzeln bis an das Ende der Kreideformation zurückgehen, und während der Tertiärzeit sich allgemeiner verbreitet haben. Die bei weitem grössere Menge derselben ist jedoch gegen das Ende der Diluvialzeit ausgestreut und ihr Transport reicht bis in die Gegenwart hinein. Durch diese Beobachtungen wird wohl die Hypothese am Besten wiederlegt, dass alle diese Findlinge durch eine grosse, ganz unerklärbare Fluth auf ihre gegenwärtigen Lagerstätten geführt worden sind.

Im nördlichen Deutschland wird das ältere Diluvium aus Lehm aus weiten Sandflächen, die mit vormaligen Dünenbildungen im Zusammenhang stehen, und aus Kiesschichten, wie z.B. in der Nähe von Celle und in einzelnen Theilen der Lüneburger Heide, gebildet. In den letzteren spielen abgerundete Kalksteine und unzählige Feuersteingeschiebe, die aus der Kreideformation abstammen, eine hervorragende Rolle. Dazwischen erscheinen Quarzgerölle, die sich in der Nähe von Uelzen klar und durchsichtig finden und aus wasserhellen Bergkrystallen abgerundet sind. Sie lassen mitunter ihre hexagonalen Krystallformen

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellsch.* XI, p. 18.

erkennen. Gerölle dieser Art aus verschiedenen Gegenden des norddeutschen Tieflandes befinden sich in unserm Universitätsmuseum und stammen aus BLUMENBACH'S Sammlung. Ferner findet man in diesem Kies doch weniger häufig kleinere Rollstücke von Granit, Gneus, Syenit, u. s. w. Ueber allen diesen Schichten sind sowohl die abgerundeten als auch die scharfkantigen, grösseren nordischen Findlinge ausgestreut und steigen sodann vom Diluvium zu älteren Formationen, zum Tertiär der Kreide, dem Jura und selbst bis zur Grauwacke empor.

Nicht nur in dem bogenförmigen Verbreitungsbezirke, dessen Ausdehnung wir eben beschrieben haben, sondern auch in Skandinavien selbst werden in den verschiedensten Niveau's, theils abgerundete, theils scharfkantige erratische Blöcke vom Süden bis zum Norden der Halbinsel gefunden. So liegt beispielsweise bei Årup unweit Christianstadt, ein Block, welcher den grossen Markgrafenstein in seinen Dimensionen noch übertreffen soll. Weiter unten werden wir Gelegenheit haben auf die erratischen Erscheinungen Skandinaviens noch einmal zurückzukommen.

Es ist eine wichtige Erscheinung, dass die Findlingsblöcke auf manchen im offenen Meere gelegenen Inseln angetroffen werden. In der Nordsee sind in dieser Beziehung folgende Punkte besonders beachtungswerth.

1) Die Inseln an der Nordküste von Deutschland und Holland, vom Texel bis zur Mündung der Weser, tragen fast alle, wenn auch nur kleinere Findlinge. Sie sind, wie ich kürzlich von meinem Freunde und Collegen Professor WICKE hörte, in Borkum sehr häufig. Auf Norderney werden sie nur sehr einzeln gefunden, indess bemerkte ich daselbst vor einigen Jahren einen kleineren aus Labrador und Hornblende bestehenden Findling, der aus dem südlichen Norwegen abzustammen schien.

2) Helgoland. Diese grösstentheils aus geflecktem Keuper gebildete, rings von senkrechten 100 bis 120 Fuss hohen Abstürzen umgebene Insel trägt auf verschiedenen Stellen ihres Plateaus ziemlich grosse aus nordischem Granit bestehende Findlinge von denen es unerklärlich ist, wie sie zu ihren Lagerstätten bei der gegenwärtigen Reliefform des

Landes gelangen könnten. Kleinere nordische Geschiebe von verschiedener geognostischer Beschaffenheit sind am Meeresboden dieses Theiles der Nordsee allgemein verbreitet und werden durch den Wogenschlag, z.B. an die Sandinsel von Helgoland, in grosser Menge angespült.

3) Alle Inseln an der Westküste von Schleswig, unter ihnen hauptsächlich Sylt und Föhr, führen unzählige nordische Blöcke der verschiedensten geognostischen Beschaffenheit. Sie sind selten über 1<sup>m</sup>,5 lang, zeigen mehr oder minder abgerundete Kanten, und sind in einigen Gegenden so häufig, dass sie zur Umfassung der Felder und Gärten vielfach benutzt werden. Es ist besonders beachtenswerth, dass diese Inseln nicht allein durch das Meer, sondern auch durch die cimbrische Halbinsel, die sich von der Elbe aus wie ein Damm zwischen Nord- und Ostsee hinstreckt, von Skandinavien getrennt und dem ungeachtet von der Einwanderung dieser Findlinge überzogen worden sind. In einer ganz ähnlichen Lage erblickt man die erratischen Blöcke bei Blankenese am Strande der Elbe, wo sie gegen Norden und Osten durch einen 300 Fuss hohen, gegen den Strom steil abfallenden Hügelzug überragt werden.

4) An der Ost-Küste Englands sind gleichfalls skandinavische Findlinge bemerkt worden.

5) Auf allen Inseln der Ostsee sind die nordischen Findlinge in noch viel grösserer Menge als auf denen der Nordsee verbreitet. Ausser Seeland und den benachbarten dänischen Inseln, findet man sie auf Bornholm, Gothland, Dagoë, Oesel, Hochland, Tätters, Lavensari u. s. w. Die verhältnissmässig seltneren scharfkantigen Blöcke, auf die wir später noch ein Mal zurückkommen werden, sind auf diesen Inseln besonders beachtenswerth.

Die erratischen Findlinge sind Erscheinungen die, wie DARVIN schon hervorgehoben hat, nicht innerhalb der Tropen auftreten und nur in den Kalten und in einem Theile der gemässigten Zonen gefunden werden. Den 45 Breitengrad kann man in Europa als ihre südlichste Grenze betrachten. An einigen ausser-europäischen Punkten nähern sie sich etwas mehr dem Aequator und erreichen bisweilen den 38<sup>sten</sup> Breitengrad.

Auf einigen Inseln des nördlichen Europas und auf Inseln des atlantischen Oceans sind gleichfalls erratische Blöcke, jedoch nicht skandinavischer Abstammung, aufgefunden.

1) Findlinge auf Island. Alle geognostischen Untersuchungen Islands haben es unzweifelhaft festgestellt, dass diese mehr als 1800 Quadratmeilen grosse Insel nur aus neueren vulkanischen Gesteinen, aus Trapp, Basalt, Trachyt und submarinen vulkanischen Tuffen aufgeführt ist. Anstehend gibt es auf Island weder Granite, noch metamorphische noch Flötzgesteine. Dagegen werden an der Nord- und Ostküste verschiedene Findlinge bemerkt, die eine weite Seereise hinter sich haben und aus Grönland oder aus Spitzbergen abzustammen scheinen. Zuerst begegnete ich denselben am Fusse des bekannten tertiären Conchylienlagers von Halbjarnastadr-Kambur, nordöstlich von Husavik. Dort liegt am Strande einige Fusse über dem mittleren Meeresspiegel, ein vielleicht 40 Cubikfuss haltender, aus einem eigenthümlichen serpentinarartigen Gestein bestehender Block, wie ein fremder Gast auf einem unwirthlichen Gestade. Sein Vaterland, so wie die Zeit seiner Herkunft bleiben uns unbekannt. Nicht weit von denselben, im Bereiche des Wogenschlags, fand ich ein zum Theil abgeriebenes Stück von weissem Granit mit rosenrothen Granaten. Ferner begegnete ich, sowohl im Eskifiord wie im Vapnafiord, verschiedenen kleinern Bruchstücken von Granit, Gneus und von einem weissen Talkschiefer, der an den in den Alpen, z.B. im Visperthal verbreiteten, erinnert.

2) Findlinge auf den Azoren. Vor einigen Jahren erhielt ich durch die Güte von Sir CHARLES LYELL eine vollständige Sammlung der auf dieser Inselgruppe von Herrn HARTUNG gesammelten Gesteine. Unter ihnen befinden sich von Granit-Findlingen abgeschlagene Bruchstücke, die unter denselben Verhältnissen wie im nordöstlichen Island vorkommen. Sie mögen vielleicht von der Küste Grönland's oder von Labrador aus diese weite Reise zurückgelegt haben.

3) Irland. Auch auf dieser Insel beobachtet man am Rande des Meeres Findlingsblöcke, die wohl nicht skandinavischer, sondern schottischer Abkunft sein dürften. Ebenso fand ich auf dem 100 Fuss hohen

Plateau der Insel Staffa granitische Geschiebe, welche auch nur aus dem benachbarten Schottland, oder von der Insel Mull herkommen.

Auch im nördlichen Amerika sind die erratischen Blöcke über weite Flächen innerhalb der kalten und gemässigten Zone verbreitet und erstrecken sich etwa bis zum 42<sup>sten</sup> Breitengrade. Ueber das Vorkommen derselben verweisen wir auf einen sehr interessanten Aufsatz von DESOR <sup>1)</sup>, in welchem die skandinavischen und nordamerikanischen Diluvialformationen verglichen sind. Wir werden weiter unten auf diese Verhältnisse Bezug nehmen.

Zur näheren Kenntniss der erratischen Formation des südlichen Amerikas liefert uns zuerst DARVIN sehr werthvolles Material.

---

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, Band IV, pag. 669.

## ABSCHNITT VII.

### DIE DILUVIAL-SCHRAMMEN IN ISLAND UND IN SKANDINAVIEN.

Im Norden Europa's, in Island und in Skandinavien, bemerkt man an unzähligen Orten und in einem sehr verschiedenen Niveau gestreifte und polirte Felsen, welche den Schliffflächen der Alpen und denen des Jura so ähnlich sind, dass sie sich nicht von ihnen unterscheiden lassen. Sie sind unter dem Namen der Frictionsstreifen oder der Diluvions-schrammen bekannt und in Island in Trapp- und Basaltgesteinen, in Norwegen, Schweden und Finnland in Granit und Gneus eingegraben. So wie die verwandten alpinen Erscheinungen hat ihre Entstehung zu manchen Vermuthungen Veranlassung gegeben. Man hat sie bald durch vormalige Gletscher, bald durch die Wirkungen der von AGASSIZ angenommenen allgemeinen Eisbedeckung, bald nach SEFSTRÖM durch die Bewegung der petridilaunischen Fluth <sup>1)</sup> zu erklären gesucht.

Seit SEFSTRÖM's Untersuchungen haben sich verschiedene skandinavische Geologen mit der Lösung dieses Problemles beschäftigt, doch hat man im allgemeinen gefunden, was besonders KJERULF hervorhebt, dass

---

<sup>1)</sup> POGGEND. *Ann.* B. XLIII, pag. 535.

die Hypothese einer grossen Fluth die Erscheinungen nicht zu erklären vermöge. Die Mehrzahl der Beobachter stimmt jetzt wohl darin überein, dass nur bewegtes Eis, welches Steintrümmer als Schleifmaterial unter sich fortbewegte in ähnlicher Weise wie in den Alpen, nicht aber fließendes Wasser jene Streifen erzeugt hat.

Die Gründe, welche gegen eine solche allgemeine Fluth sprechen, sind von KJERULF für Skandinavien, von AGASSIZ für die Schweiz so schlagend hervorgehoben, dass es überflüssig erscheint, hier auf diese Frage noch ein Mal einzugehen.

An den geschliffenen Felsen Skandiaviens wird von SEFSTRÖM eine Stosseite und eine Lehseite unterschieden um damit die Richtung zu bezeichnen, in welcher sich die Fluth bewegt hat; indess hebt KJERULF in seiner Abhandlung sehr richtig hervor <sup>1)</sup>, dass man mit dem Begriff Stosseite und Lehseite in Skandinavien sehr freigebig zu Werke gegangen sei, was doch wohl kaum etwas anderes heisst, als dass man überhaupt aus der Beschaffenheit der Streifen nicht immer erkennen kann, von wo der Stoss ausgegangen und welcher Richtung er gefolgt ist.

FORCHHAMMER erklärt die Bildung der Stoss- und Lehseite ohne die Annahme einer Fluth und hebt ausdrücklich hervor, dass weder die Hypothese von SEFSTRÖM, noch die von AGASSIZ für Dänemark passe.

Die Trümmer, welche beim Abschleifen der Felsen erzeugt sind, haben sich in einzelnen Hügeln oder in länglichen Rücken aufgehäuft und werden Åsar genannt. Sie führen mitunter Seeconchylien <sup>2)</sup>, die auf ihre Bildungsweise und auf ihren Ursprung hindeuten.

In Island beginnen diese Felsschliffe dicht über dem Niveau des Meeres, steigen dann immer höher und höher zu den Hochebenen und Gebirgspässen empor.

Die ersten Schlißflächen sah ich nordöstlich von Reykjavik auf einem neuern lavaähnlichen Trappgestein, etwa normal auf der Richtung der Küste eingegraben und kaum zwei Fuss über dem mittlern Meeres-

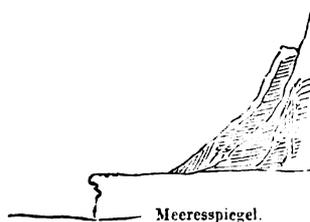
---

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft*, XII, pag. 396.

<sup>2)</sup> *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft*, IV, pag. 617.

spiegel. Die Streifen waren zwar recht deutlich zu erkennen, erstreckten sich jedoch nur über eine einzige Steinplatte von mässigen Umfange.

Sehr viel ausgezeichnetere und weiter ausgedehnte Felsschliffe bemerkt man am Rande des Hvalfiorder auf horizontalen Trappplatten in einer Höhe von etwa 15 bis 20 Fuss über dem Meeresspiegel. Man bemerkt daselbst mehrere sehr deutlich ausgebildete, dem Ufer parallele, halbzolltiefe, mit unter auf beiden Seiten durch schmale Streifen oder Linien begrenzte Furchen. Die Oberfläche dieser Platten wird gegen das Meer hin durch eine senkrechte Wand abgeschnitten, welche an einer Stelle von unten her gleichsam wie durch Feilen bearbeitet scheint und an ein übergebogenes architectonisches Gesimse erinnert.



DURCHSCHNITT DES HVALFIORDER STRANDES.

Fast dieselbe Erscheinung ist von J. C. HÖRBYE in seiner werthvollen Abhandlung <sup>1)</sup> von einem Felsen östlich vom Dorfe Ljungdal in Herjeådal beschrieben und auf Tafel IV Fig. 6 abgebildet worden. Von den Isländischen Ufern an verfolgt man die Felsschliffe bis in das Innere der Insel, wo sie den Reisenden, welcher ihnen einige Aufmerksamkeit schenkt, auf allen Wegen begleiten. Man beobachtet sie z.B. an einem kleinen Trachythügel am untern Ende des Quellensystems des Geysers. Auch erscheinen sie sehr deutlich, der Richtung des Thales parallel, auf einem verhältnissmässig neuen Lavagestein, welches man auf dem Wege von Geysir nach dem Uebergangplatze der Hvitå überschreitet. Ebenso findet man sie an verschiedenen Stellen auf dem Wege

<sup>1)</sup> *Observations sur les phénomènes d'érosion en Norvège*, Christiania, 1857. pag. 31.

zwischen Esia und Baula; sehr häufig in der Nähe des zuletzt genannten Berges. An allen diesen Localitäten halten sie sich in einem sehr mässigen Niveau über dem Meere, das kaum 600 bis 1000 Fuss übersteigen dürfte. Die merkwürdigsten, grossartigsten und zugleich ausgebreitetsten Schriffe beobachtete ich im östlichen Island auf der Höhe des Passes zwischen Dalhus-Bär und dem Hafenplatz von Eskifiord, in einer Höhe, welche ich mehr als 2000 Fuss über dem Meeresspiegel schätze. Die Furchen, welche der Thalrichtung folgten und auf den Eskifiord hielten, waren ausserordentlich scharf ausgebildet und überdeckten am Passe das ganze Plateau. Mehrere derselben, die an beiden Seiten von schmälern Streifen begleitet wurden, waren einige Zoll tief in ein sehr festes und feinkörniges Trappgestein eingegraben. Sie sind von den zurückgelassenen Spuren mancher alpiner Gletscher in der Thal nicht zu unterscheiden, und sind ohne Frage nur durch bewegtes Eis hervor gebracht worden.

Die zahlreichen Erosions-Phänomene, welche die skandinavische Halbinsel darbietet, kenne ich nur theilweise und unvollständig aus eigener Anschauung. Auf meiner Rückreise von Island im October und November 1846 erlaubte mir die schon sehr vorgerückte Jahreszeit nicht die höher gelegenen Gegenden Norwegens zu besuchen, und meine wenigen Beobachtungen erstrecken sich daher nur auf die Küstendistricte, nördlich von Egersund ab, wo ich landete, über Arendal und Fredriksvärn nach Christiania; von da über Udevalla bis zum Wennern-See, nach Trollhättan über Gothenburg bis Helsingborg. Die skandinavischen Geologen, mit SEFSTRÖM beginnend, dann KEILAU, HÖRBYE und KJERULF, geben über diese Diluvionserscheinungen so viele Beschreibungen und so ausgedehnte und umfangreiche Beobachtungen, dass ich unsere Leser füglich auf dieselben verweisen kann.

Nur einige Beobachtungen, welche mein Freund FRAPOLLI, mit dem ich einen Theil jener Reise zusammen machte, und ich hie und da anstellten und die ich auch in HÖRBYE's Abhandlung bestätigt gefunden habe, mögen hier mit einigen Worten erwähnt werden. Die meisten Schriffflächen sind in Skandinavien in Gneus eingegraben, theils auf nahe-

zu horizontalen Platten, theils an senkrechten Felswänden, die sich mitunter unmittelbar aus dem Meere hervorheben. Auf den horizontalen Platten erreichen die Furchen bisweilen eine Tiefe von 8 bis 10 Zoll; die einzelnen Streifen, welche die Hauptfurchen zu begleiten pflegen, sind eine bis zwei Linien tief. Oefter kreuzen sich zwei und drei, selbst vier Liniensysteme mit einander, in denen man die Altersfolge derselben erkennen kann; es ist dies eine Erscheinung, welche auch in den Alpen, obwohl selten, an eigentlichen Gletscherschliffen beobachtet wird. Bei verticalen, in die See vorspringenden Granitfelsen bemerkt man öfter gebuckelte Flächen und Streifensysteme von wellenförmiger Beschaffenheit. Auf diese hat auch HÖRBYE aufmerksam gemacht und sie in Fig. 9 Taf IV seiner Abhandlung abgebildet.

Wir glaubten auch an einigen Felsen zwei verschiedene Systeme wellenförmiger Linien zu erkennen, welche sich gegenseitig durchschnitten und eine Art von Netzwerk hervorbrachten.

HÖRBYE macht sodann in seiner Abhandlung auf die sogenannten Erosionsflecken aufmerksam, die durch ein gewaltsames Anstossen von Steinen, an solche Felsen, welche diese Eindrücke bis jetzt bewahrt haben, entstanden sind. Mitunter liegen mehrere dieser Flecke in einer geraden Linie, Taf. IV, fig. 3, und bilden so den Uebergang zu den Furchen.

Die Richtungen der Diluvialstreifen, welche man in Karten verzeichnet hat, laufen in einem so grossem Lande wie Skandinavien nach allen Himmelsgegenden; öfter folgen sie den Biegungen der Fiorde oder den Richtungen der Hauptthäler. Ein grosser Theil derselben (HÖRBYE's Abhandl., Tafel II) steht normal auf den Küstenumrissen.

Nach KJERULF's Beobachtungen folgen sie in den höheren Gebirgsgegenden den Hauptthälern und scheinen von gewissen Mittelpunkten aus sich fächerförmig zu verbreiten.

Zu der genaueren Erklärung der geologischen Vorgänge, durch welche die Streifen und Furchen entstanden sind, ist es von besonderer Wichtigkeit darauf aufmerksam zu machen, dass dieselben nicht nur auf dem Skandinavischen und Finnischen Festlande, sondern auch fast auf allen

grössern und kleinern Inseln in der Ostsee und auf denen der Nordsee, welche der Norwegischen Küste zunächst liegen, in grosser Menge und Formmannigfaltigkeit gefunden werden.

Einige der interessantesten Beispiele mögen hier ihren Platz finden.

Zunächst hat Herr Professor Conferenzzrath FORCHHAMMER in Copenhagen, der sowohl Bornholm, als auch Seeland sehr genau untersucht hat, die nachfolgenden Beobachtungen mir mitzutheilen die Güte gehabt:

Die Insel Bornholm ist ungemein reich an geschliffenen und abgerundeten Felsen, doch nirgends findet man das in Schweden verbreitete Phänomen der Stoss- und Lehseite. Die Granit- und Gneusfelsen sind in der Regel kugelig oder ellipsoidisch abgerundet, ähnlich wie die gebuckelten Felsen (roches moutonnées) in den Hochthälern der Schweiz. Der höchste Hügel der Insel, der 500 Fuss über dem Spiegel des Meeres liegt, Rytterknegt genannt, ist auf seinem flachen, abgerundeten Gipfel ausgezeichnet schön und deutlich in der Richtung von S 42° W gestreift. An den Abhängen des Hügels weichen die Streifen gegen diese Normalrichtung etwas ab; auf der einen Seite folgen sie der Richtung S 33° W; auf der andern der von S 51° W. Die Streichungslinie des Gipfels entspricht der Richtung der grössten Wasserfläche der Ostsee. Am südlichen Abhange des granitartigen Gneuses, wo er von den wenig geneigten Schichten des ältesten skandinavischen Uebergangssandsteins überdeckt wird, folgen die Streifen der Richtung S 3° W.

Die schönsten und deutlichsten Streifen beobachtet man auf der insel-förmigen, nur durch eine flache Sandniederung mit Bornholm verbundenen Klippe Hammer, welche sich durch den hohen Grad von Politur auszeichnen. Die Richtung dieser Streifen schwankt zwischen W 7° S und S 38° W; sie ist durchschnittlich parallel mit der Hauptstromrichtung, welche die Wassermassen aus der Ostsee zum Sundee führt.

Am Wasserspiegel an der Ostseite der Insel kommen weniger deutliche Streifen vor, welche etwa normal auf der Küste stehen und bei der regelmässigen und daurenden Hebung der Insel auf kein hohes Alter Anspruch machen können.

Am Interessantesten sind die losen gestreiften Blöcke an der West-

und Südseite von Bornholm. Das Ufer ist hier bis weit in die See hinaus mit einer grossen Masse von losen Blöcken von Granit, Uebergangssandstein und Keupersandstein bedeckt; viele derselben sind an ihrer Oberfläche regelmässig geradlinig gestreift. Die Streifen stehen in der Mehrzahl der Fälle normal auf dem Ufer. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Blöcke, nachdem sie abgerissen waren, an der Stelle gestreift wurden, wo wir sie jetzt beobachten. Es gibt zwei Stellen an der Küste, wo die gestreiften Blöcke sehr häufig vorkommen; die eine ist nicht weit von dem Fischerdorfe Arnager, unter dem senkrechten und hohen aus Grünsand bestehenden Ufer. Die sehr scharfkantigen, aus dieser Formation herrührenden Feuersteine, scheinen hier wesentlich als Schleifmaterial gedient zu haben. Die zweite Stelle befindet sich bei Homandshold und zeigt ein ähnliches Verhältniss. Herr Professor von SEEBACH, der im vergangenen Sommer Bornholm besuchte, hat FORCHHAMMER's Beobachtungen vollkommen bestätigt. Besonders merkwürdig sind die Streifen auf dem Kalkfelsen von Faxoe auf Seeland, auf einem der jüngsten Kreideformation angehörenden Corallenriff, welcher theils aus einem löchrigen, auch kreideartigen, theils aus einem dichten marmorartigen Kalksteine besteht.

An dem gegen Osten geneigten Abhang, etwa 200 Fuss über dem jetzigen Meeresspiegel, findet sich letzteres Gestein besonders schön entwickelt. Beim Abräumen der Oberfläche, zur Anlage eines neuen Steinbruches, fand sich dieser Kalkstein ausgezeichnet geschliffen und gestreift.

Drei Systeme von Streifen konnte man mit Bestimmtheit nachweisen, auch liess sich aus ihrem gegenseitigen Durchsetzen ihr relatives Alter bestimmen. Das älteste am wenigsten deutlich erhaltene Streifensystem folgt der Richtung  $O 2^{\circ} N$ ; das zweite, das deutlichste von allen, schwankt zwischen  $O 22^{\circ} S$  bis  $O 18^{\circ} S$ . Das dritte und jüngste liegt in der Richtung  $O 44^{\circ} S$ . Die Bewegung, durch welche diese Streifen hervorgebracht sind, ist daher im Laufe der Zeit von O nach SO herumgegangen und ist von der Richtung des Wellenschlages, wie von der jedesmaligen Configuration des Landes abhängig. Der gestreifte Kalkstein von Faxoe wird mit einer 12 bis 14 Zoll starken Sandschicht überdeckt,

welche in ähnlicher Weise am Hammer von Bornholm als Schleifmaterial gedient hat. Wir sehen hier eine ganz ähnliche Erscheinung wie die, welche wir in der Nähe von Neuchâtel kennen gelernt haben, wo die in den jurassischen Kalkstein eingegrabenen Schliffe auch von einem Diluvial- oder Gletscherschutt überdeckt werden.

Ein ausserordentlich grosses Material von Beobachtungen bieten die Inseln dar, welche die Westküste von Norwegen von Stavanger an bis zum Nordkap begleiten. Vielleicht eine jede dieser Hunderte von Inseln besitzt ihre Frictionsstreifen z.B. Rennesö, geogr. Breite  $59^{\circ} 5'$ ; Karmö  $59^{\circ} 10'$ ; Bomloe  $59^{\circ} 45'$ ; Grip  $63^{\circ} 13'$ ; Smölen  $63^{\circ} 18'$ ; Hitteren  $63^{\circ} 20'$ ; Lofoten  $68^{\circ}$ — $70^{\circ}$ , u. s. w.

Die kleine und flache eben erwähnte Insel Grip <sup>1)</sup> ist dadurch besonders merkwürdig, dass sie sehr stark gestreift ist und sowohl vom Festlande, wie von andern Inseln ziemlich weit entfernt liegt. Ueberhaupt sind die flachen Inseln jener Gegend von sehr tiefen Furchen durchzogen und mit Felsschliffen überdeckt.

---

<sup>1)</sup> *Observations sur les phénomènes d'Erosion en Norwège, recueillies par J. C. HÖRBYE, Christiania 1857.*

## ABSCHNITT VIII.

### EINIGE BEMERKUNGEN UEBER DIE LANDSEEN DER SCHWEIZ.

---

Die Seen der Schweiz, an deren felsigen Ufern sich dunkle Tannewälder bespiegeln und hohe Wallnuss- und Kastanienbäume ihre breiten Zweige über die kaum bewegte, smaragdgrüne Fluth hinaushängen, bilden im Verein mit einem duftigen Hintergrunde, auf dem wolkenumsäumte Gipfel und ewige Schneefelder im Golde der sinkenden Sonne erglühen, die bewunderungswürdige, unübertroffene Schönheit dieses Gebirgslandes. Ihre Lage, ihre Form, ihre Verbreitung ist für die Entwicklungsgeschichte des Alpengebirges von grosser Bedeutung, und es werden durch sie mehrere geologische Vorgänge eine genügende Erklärung finden.

Alle Schweizer Seen sind ohne Ausnahme mehr oder minder wassererfüllte Thäler, die entweder von hohen Gebirgen und Felswänden, oder von flachen Hügelreihen, welche sich in die Ebene verbreiten, oder von beiden zugleich begrenzt werden. Den verschiedenartigen Bau, welchen uns die Thalbildungen zeigen, finden wir auch bei den Seen wieder und es ist selbstverständlich, dass in der Schweiz, in einem

Lande von so verschiedener geognostischer Beschaffenheit, die so allgemein verbreiteten Seen bald mit dieser, bald mit jener geologischen Formation, bald mit der einen, bald mit der andern Stellung der Gebirgsschichten in Berührung kommen.

Für unsere Zwecke sind zunächst drei Erscheinungen beachtenswerth:

1) Die Niveauverhältnisse der Schweizer Seen im Vergleich zu ihrer Grösse.

2) Ihre grössere Verbreitung in früheren Zeiten.

3) Ihr gruppenweiser, vormaliger Zusammenhang.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend theilen wir die Schweizer Seen in folgende 6 Hauptgruppen:

I. Savoysche	Gruppe.
II. Lemanische	"
III. Jurassische	"
IV. Vierwaldstädter	"
V. Nordschweizer	"
VI. Lombardische	"

Die absolute Höhe dieser Seen hängt theils von ihrer Grösse, theils von ihrer Entfernung von der Alpen- oder Jurakette ab. In der nachfolgenden Zusammenstellung ist das Niveau dieser Seen über dem Spiegel des Meeres und zugleich ihre Oberfläche in runden Zahlen, in Quadratmeilen und ihren Bruchtheilen angegeben. Die Höhenbestimmungen sind aus STUDER'S und ESCHER'S Karte entnommen, die Grösse der Oberflächen beruht auf Schätzung.

I. SAVOYSCHER GRUPPE.

	Höhe	Oberfl.
Lac du Bourget . . . . .	697	0,70
Lac Aiguebellette * . . . . .	1154	0,06

## II. LEMANISCHE GRUPPE.

Genfer See . . . . .	1140,3 <sup>1)</sup>	9,00
Lac d'Annecy . . . . .	1367	0,55

## III. JURASSISCHE GRUPPE.

Bieler See . . . . .	1336	0,80
Neuenburger See . . . . .	1339	4,20
Murten See . . . . .	1340	0,40
Lac de Joux * . . . . .	3106	0,13
Lac des Rousses * . . . . .	3309	0,01

## IV. VIERWALDSTÄDTER GRUPPE.

Zuger See . . . . .	1277	0,7
Vierwaldstädter See . . . . .	1340	1,7
Hallwyler See . . . . .	1388	0,15
Baldegger See * . . . . .	1400	0,08
Sarner See . . . . .	1550	0,15
Lauerzer See . . . . .	1386	0,05
Thuner See . . . . .	1712	0,70
Brienzer See . . . . .	1736	0,50
Lungern See * . . . . .	2024	0,07
Egeri See * . . . . .	2257	0,10
Sempacher See . . . . .	1561	0,20

## V. NORDSCHWEIZER GRUPPE.

Boden See . . . . .	1218	8,8
Züricher See . . . . .	1258	1,6
Wallenstädter See . . . . .	1306	0,5
Greifen See . . . . .	1351	0,2
Pfäffikon See * . . . . .	1664	0,03

<sup>1)</sup> Das neuste Nivellement des Genfersee's über dem Spiegel des mittelländischen Meeres ergibt  $372^m,362 = 1146,3$  Fuss und ist  $2^m,668$  geringer als die auf der Karte des General DUFOUR angegebene. *Bibliothèque universelle*, Nro. 73. Janvier 1864.

## VI. LOMBARDISCHE GRUPPE.

Lago di Garda . . . . .	218	5,0
" Maggiore . . . . .	643	2,9
" di Como . . . . .	656	2,7
" d'Iseo . . . . .	591	1,1
" di Lugano . . . . .	880	1,05
" di Varese . . . . .	798	0,15
" d'Orta * . . . . .	1146	0,18
" d'Idro * . . . . .	600	0,3
" Pusciano * . . . . .	798	0,07

Man ersieht aus diesen Zahlen, dass die absolute Höhe dieser Seen, wenn man jede Gruppe für sich betrachtet, von ihrer Grösse abhängt; die grössern Seen liegen immer tiefer als die kleinern. Ihre Höhe hängt aber auch von ihrer grössern oder geringern Entfernung von der Centalkette der Alpen und des Jura ab. Die den Gebirgen näher liegenden Seen haben im Allgemeinen eine höhere Lage. Nur wo zwei Seen, wie z.B. der Neuenburger und Bieler durch einen grössern Fluss verbunden sind, kann eine Ausnahme statt finden, da beide Seen nahe zu in demselben Niveau liegen und eigentlich nur für einen einzigen See gelten können.

Wenn wir die kleinen mit \* bezeichneten Seen unberücksichtigt lassen, so finden wir für die mittlern Niveau's der 6 Hauptgruppen folgende Zahlen:

I . . . . .	697	} 1345 mittleres Niveau.
II . . . . .	1265	
III . . . . .	1338	
IV . . . . .	1493	
V . . . . .	1283	
VI . . . . .	631	

Aus denselben geht hervor, dass man für die genannten Seen drei Hauptniveaus annehmen kann. Das Niveau auf der Nordseite der Alpen,

das auf der Südseite und ein zwischenliegendes, welches das eine mit dem andern vermittelt. Die beiden grössten Seen auf der Nordseite der Alpen, der Genfer und der Bodensee, haben bei einer ähnlichen mittleren Tiefe nahe zu dieselbe Oberfläche und obgleich ziemlich weit von einander entfernt, beträgt ihre Niveaudifferenz nur 64 Fuss. Die jurassischen Seen, die dicht am Rande einer hohen Bergkette liegen, so wie die Seen der Vierwaldstädter Gruppe, die ganz oder zum Theil von hohen Bergen umschlossen sind, besitzen ohne Ausnahme ein etwas höheres Niveau, als das der beiden Hauptseen.

Alle diese jetzt einzeln dastehenden Wasserbecken hatten vormals eine erheblich grössere Ausdehnung, und es lässt sich mit Sicherheit nachweisen, dass viele derselben einst unter sich im Zusammenhang stehend erst später von einander getrennt worden sind.

Treten wir z.B. bei Villeneuve an die Mündung der Rhone oder bei Flühele an die der Reuss, so bemerken wir, dass diese trüben mit Sand und mit Gletschergrus erfüllten Ströme eine Strecke lang ihren Weg durch das ruhige Wasser fortsetzen und bald darauf alle aufgelösten erdigen Massen am Boden des Sees ablagern.

Es wird so von Tausend zu Tausend Jahren eine Deltabildung geschaffen, welche weiter und weiter um sich greift und allmählig einen Theil des Sees in eine wagerechte Alluvionsebene verwandelt. Obgleich zu der gänzlichen Vernichtung aller Schweizer Landseen ungeheuere Zeiträume erfordert werden, so ist es doch nicht zu verkennen, dass ein grosser Theil dieses Zerstörungswerks bereits vollbracht in ferner Vergangenheit hinter uns liegt.

Ueberblicken wir den Genfer See etwa von der Höhe des M. Salève, von wo die kleinern Bodenerhöhungen weniger deutlich hervortreten oder so gut wie ganz verschwinden, so erscheint zwischen diesem Berge und dem mauerartigen Rücken des Jura eine weite, flach wellenförmige Ebene.

Sie macht auf uns unwillkürlich den Eindruck, dass sie einst zum See gehört habe, der jetzt in der Gestalt einer kleinen Wasserlache in einer unbedeutenden Vertiefung auf ein sehr bescheidenes Mass sich zurückgezogen hat. Eine von mir den 6<sup>ten</sup> Sept. 1862 aus der Nähe

von Longirod am Jura flüchtig entworfene Skizze (Fig. IV Anhang) zeigt den grossen M. Salève und den Molasse-Rücken, der diesen mit dem Jura bei dem Fort de l'Ecluse verbindet; im Mittelgrunde liegt die fast horizontal erscheinende Ebene, in welcher der Genfer See nur noch einen kleinen Theil ausfüllt. Stellen wir uns ferner auf den kleinen M. Salève und blicken gegen Süden in der Richtung nach Chamouni, so zeigt sich auch hier eine fast horizontale bis zum Fusse der Hochalpen ausgedehnte Ebene, aus welcher der M. Salève wie eine freistehende Insel hervorragt. Auch von diesem Standpunkte aus ist es gewiss nicht zu verkennen, dass der Genfer See gegen Süden hin einst eine sehr viel grössere Ausdehnung gehabt und sich nach und nach in seine gegenwärtige Ufer zurückgezogen habe.

Bei einer auch nur etwas genauern Betrachtung der nächsten Umgebung von Genf wird man sich bald überzeugen, dass der See noch in der neueren Zeit einen erheblich grössern Umfang besessen, einen wesentlichen Theil der gegenwärtigen Stadt eingenommen und beide Ufer um ein beträchtliches Stück überschritten habe. Dieselbe Erscheinung tritt uns an vielen andern Stellen entgegen, vielleicht aber nirgend deutlicher als am obern Ende des Sees in dem von Villeneuve nach Bex, Monthey, und St. Maurice führenden Rohnethale. Dass der Genfer See aus demselben ganz allmählig zurückgedrängt ist, wird gewiss von keinem Geologen in Abrede gestellt werden, denn der ganze Boden dieses Thales ist mit einer vollkommen horizontalen Schicht von Alluvium überkleidet, durch welche die Rhone bis zu ihrer Mündung gegenwärtig ihren Weg sich gebahnt hat.

Eben so deutlich lässt es sich erkennen, dass der See von Annecy einst eine erheblich viel grössere Ausdehnung gehabt hat. Fassen wir darauf die jurassische Gruppe ins Auge, so zeigt sich auch hier, dass die drei Hauptseen derselben, der Neuenburger, Bieler und Murten See vor nicht zu langer Zeit einen einzigen grössern See bildeten, der alle aus Alluvium bestehenden Niederungen von Iverdon über Murten nach Erlach und Aarberg, welche auf Dufour's Generalstabskarte deutlich hervortreten und noch jetzt theilweise sumpfiges Terrain zeigen,

überdeckt hat. Von Iverdon dem Thal der Orbe aufwärts bis Orbe, erstreckte sich der See, dessen Verbreitung durch den sumpfigen schilfbewachsenen Boden hie und da bezeichnet wird. Zwischen der Orbe und der Venoge braucht nur eine verhältnissmässig niedrige Schranke zu fallen und die jurassische Seegruppe ist mit dem Lemán verbunden.

Der Vierwaldstädter See erstreckte sich einst, nach den horizontal ausgebreiteten Diluvialschichten zu urtheilen, bis Altorf, vordem sehr wahrscheinlich bis Amsteg und vielleicht bis in die Nähe des Pfaffensprungs. Von Brunnen aus verzweigte er sich sodann über Schwiz nach dem Lauerzer, von diesem zum Zuger See. Der im Jahre 1806 vorgekommene bekannte Bergfall am Rossberg hat die beiden ebengenannten Seen durch gestürzte Blöcke beträchtlich weiter von einander getrennt. Ferner verbindet die hohle Gasse von Küsnacht den Zuger mit dem Vierwaldstädter See, so dass das Rigigebirge in keiner von uns sehr entlegenen Zeit eine Insel bildete, von der aus die vormalige Seeverzweigung jetzt noch zu erkennen ist. Es stand sodann der Hallwyler mit dem Baldegger See, dieser mit dem kleinen Rothsee, mit dem Sempacher und Vierwaldstädter See in Verbindung. Endlich verzweigte sich vom letztern ein Arm, der den Alpnacher-, Sarner- und Lungern-See mit einander verband. Der Thuner See erstreckte sich der Aar entlang gegen Bern; er war bei Interlaken mit dem Briener-See verbunden, der das Unterhasslithal mindestens bis Meieringen erfüllt hat. Sinkt endlich die Wand des Brünig, so ist auch die Verbindung dieser beiden Seen mit dem Vierwaldstädter hergestellt.

In gleicher Weise sind die Seen der Nordschweizergruppe im Zusammenhang gewesen und besaßen dabei eine ungleich grössere Ausdehnung. Zunächst erstreckte sich der Boden-See, wie das Terrain zuverlässig nachweist, bis in die Nähe von Ravensburg und verbreitete sich von da ohne Unterbrechung bis Schaffhausen; erst später hat sich zwischen Rheinek, Bregenz und Hohenembs durch die Arbeit des Rheins ein vollständiges Delta gebildet, welches den See nach und nach zurückdrängte. Alsdann verengte sich der See und behielt etwa dieselbe

**Breite bis Sargans.** Der alte Seeboden ist theils durch das aufgeschüttete Alluvium, theils durch den feuchten Moorgrund, auf welchem Torf gestochen wird, und durch Schilfflächen, die sich in versumpften Wiesen ausbreiten, deutlich charakterisirt.

Bei Sargans gabelte sich einst der See, so wie der Lago Maggiore bei Pallanza oder der Lago di Como bei Bellaggio. Der eine Arm erstreckte sich über Ragaz nach Chur bis zu der Viamala, der andere wendete sich gegen Zürich. Der Wallenstädter und der Züricher See, durch den Linth-Canal mit einander verbunden, sind die letzten Ueberreste jenes Seearmes, der vielleicht in der Nähe von Eglisau oder Schaffhausen den Rhein erreichte, wie verschiedene kleine Zwischenseen anzudeuten scheinen. Der Bodensee, der sich von Stein aus den Rhein abwärts erstreckte, schloss diese Wasserverbindung, so dass das Sentisgebirge ähnlich dem Rigi sich auf einer Insel befand.

Werfen wir endlich noch einen Blick auf die Lombardischen Seen, so tritt auch hier ihre einstmalige grössere Ausdehnung und ihr früherer Zusammenhang schlagend hervor. So erstreckte sich der eine Arm des Lago Maggiore mindestens bis Vogogna, vielleicht bis Domo d'Ossola, der andere bis Bellinzona; abwärts reichte er in die Lombardische Ebene. Der Lago di Monate, Lago di Varese und Lago di Gomabio sind einzelne Ueberreste desselben. Der Lago Maggiore stand sodann bei Luvino mit dem Luganer-See in Verbindung und dieser zwischen Porlezza und Menaggio mit dem Comer-See. Der zwischen beiden gelegene kleine See Lago di Piano deutet auf die frühere Verbindung hin. Der Comer-See erstreckte sich einst theils bis Chiavenna, theils bis Sondrio im Val Tellina, wie dieses jetzt noch sehr deutlich zu erkennen ist, in noch frühern Zeiten mag er bis Tirano sich ausgedehnt haben.

Die blosse Arbeit des Alluviums und Diluviums kann zwar eine Trennung zweier Seen bewirken, eine wesentliche Niveaudifferenz wird aber zwischen ihnen kaum eintreten können. Geben wir den frühern Zusammenhang der einzelnen Glieder dieser Gruppen zu, so sind die öfter sehr beträchtlichen Niveaudifferenzen, z.B. zwischen dem Zuger und Egeri See von 980 Fuss, zwischen dem Vierwaldstädter und dem Lungern See von 684 Fuss u. s. w.

nur durch eingetretene Bodenschwankungen zu erklären. Man wird so zu der Annahme hingedrängt, dass der Spiegel des einen Sees gehoben oder der des andern gesenkt sei. Selbstverständlich können auch beide Spiegel durch ungleichmässige Hebung oder Senkung ihren gegenseitigen Stand verändern, indess lässt sich die Art der Bewegung aus der zurückbleibenden Niveaudifferenz nur dann erkennen, wenn die Lage beider Spiegel direct mit dem Meeres-Niveau verglichen werden kann.

Wenn man sich mit dieser Betrachtungsweise einverstanden erklärt, so muss man sich auch überzeugen, dass die Reliefform der Schweizer Gebirge während und nach der Bildung des Diluviums sehr erheblich verändert worden ist. Sind z.B. vormals der Vierwaldstädter und Briener See mit einander in Verbindung und daher in einem Niveau gewesen und sind beide erst durch die Bildung des Brünig von einander getrennt, so muss innerhalb einer Strecke von einigen Meilen eine Bodenschwankung von mindestens 2000 Fussen stattgefunden haben. Dass damit die Lage der Gebirgsschichten wesentlich abgeändert wird ist selbstverständlich.

Ursprünglich horizontale Schichten werden in eine geneigte Stellung gelangen und es wird so eine Faltung des ganzen Terrains hervorgebracht, welche in den Molassegebirgen deutlich hervortritt und sogar noch in den diluvialen Ablagerungen erkannt werden kann.

Dass solche Bodenschwankungen mit verschiedener Stärke in mässigen Entfernungen von einander auftreten, geht aus den directen Beobachtungen an den skandinavischen Küsten unverkennbar hervor. Ausserdem aber weist der Bau mancher kleiner, mit senkrechten Ufern umgebener Inseln (z.B. Cyclopen, Helgoland, Staffa u. s. w.) darauf hin.

Alle diese Bodenschwankungen erfordern, ehe sie merklich hervortreten, sehr lange Zeiträume, wesshalb ich ihnen bereits früher schon den Namen von säcularen Hebungen und Senkungen gegeben habe.

Wenn die Schweizer Landseen während und nach der Diluvialzeit gruppenweise im Zusammenhang gewesen sind, bleibt dann nur noch ein Schritt übrig alle diese einzelnen Gruppen zu einem grösseren Meeresarme zusammenzusetzen.

Obgleich ein vormaliger Zusammenhang dieser Landseen sehr nah zu liegen scheint, so wird er von AGASSIZ nicht erwähnt und von CHARPENTIER gerade zu widersprochen. DESOR kann sich mit diesem Gedanken nicht befreunden, obwohl er zugibt, dass die Schweizer Seen einst eine grössere Ausdehnung gehabt haben.

Die allmähliche Bildung von Landseen in Folge von Bodenschwankungen beschränkt sich nicht allein auf die Schweiz, sondern ist eine in viel grössern Dimensionen über die ganze Erdoberfläche verbreitete Erscheinung.

Die fast zahllosen Landseen, denen man in Skandinavien, in Finnland, im nördlichen Russland und in Island begegnet, sind nichts anderes als vom Meer durch Bodenerhebung abgesperrte Fiorde, deren Niveau bald mehr bald weniger verrückt ist. In grossartigereim Massstabe begegnet man derselben Erscheinung in Amerika und Asien. Die Hudsonsbay zunächst, wenn man will, ist ein ungeheurer grösstentheils abgesperrter Fiord, dem es vielleicht in der Zukunft vorbehalten ist die Rolle eines Landsees zu spielen und das Salzwasser mit süssem zu vertauschen. Die vielen Landseen des nördlichen America's vom Ontario bis zum Slaven- und Bärensee sind die Ueberreste grosser Fiorde, die einst auf der einen Seite mit dem Eismeer, auf der andern mit dem Lorenzobusen im Zusammenhang gestanden haben. Es existirte sodann ohne Zweifel eine bis zum heutigen Tage kaum unterbrochene Wasser-Verbindung zwischen dem Lake Superior, dem Winipeg See, dem Nelson Fluss und der Hudsonsbay, so dass Canada und Labrador während der Diluvialzeit eine grosse Insel bildeten. Der Felsabsatz am Niagarafall ist eine solche gehobene Terrasse, durch welche die Becken des Ontario und Erie-Sees von einander getrennt sind.

Auch im südlichen America zu beiden Seiten der Andeskette zeigen die Landseen ein ähnliches Verhältniss. Betrachten wir darauf Europa und Asien im Zusammenhang, so begegnen wir einem ähnlichen Systeme von Landseen, das mit dem noch nicht völlig abgesperrten mittelländischen und schwarzen Meere beginnt. Das Caspische Meer ist bereits getrennt und noch mit dem schwarzen nahe zu in demselben Niveau.

Darauf folgen der Aral-See, der Balkasch- und Baikal-See, deren Oberflächen nach und nach eine höhere Lage einnehmen

Wie klein sind diese Schweizer Seen theils allein, theils im Zusammenhang betrachtet, zu den ebengenannten amerikanischen und asiatischen Seen. Das ganze schweizer Tiefland ist kaum halb so gross als der Ladoga und vielleicht 10 mal kleiner als der Aral-See.

In den letzten drei Jahren haben verschiedene Geologen die Entstehung der Schweizer Seen zum Gegenstand längerer Untersuchungen gemacht.

Zuerst ist über diesen Gegenstand eine Abhandlung von DESOR erschienen, welche der Verfasser mir mitzutheilen die Güte hatte <sup>1)</sup>. Er theilt die Landseen in 5 verschiedene Gruppen, die nachfolgende Benennung führen: 1) Lac de vallon, 2) Lac de cluse, 3) Lac d'erosion, 4) Lac de combe, 5) Lac mixte.

DESOR bringt die Typen unter 1), 2), 4) in unmittelbaren Zusammenhang mit der Entstehung der Alpen, und bezeichnet sie als orographische Seen. Die Entstehung der ausgenagten Seen, Lacs d'erosion, erklärt er in wenigen Worten zusammengefasst auf folgende Weise:

Man beobachtet gegenwärtig, dass die Seen, z.B. der Bodensee, der Genfer See u. s. w. durch die Arbeit der Flüsse nicht ausgehöhlt, sondern im Gegentheil mit Alluvium ausgefüllt werden. Wie geht es zu, dass diese Seebecken nicht schon früher mit ältern Alluviums ausgefüllt worden sind? Die Antwort auf diese Frage ist die, dass in der Diluvialzeit alle Becken der Schweizer Seen mit ungeheuern Gletschern erfüllt wurden, welche die Anhäufung und Ausfüllung der diluvialen Gerölle verhinderten. Nachdem das Eis geschmolzen, sind jene ursprünglichen aufs Neue mit Wasser erfüllten Aushöhlungen wieder zum Vorschein gekommen. Um diese endlich zu erklären, geht DESOR auf die erste Bildung und Erhebung der Alpen zurück, bei welcher Katastrophe Strömungen oder Wasserfluthen entstanden seien, mächtig genug um jene Aushöhlungen der Seen hervorzubringen.

<sup>1)</sup> *De la Physionomie des Lacs Suisses.* Neuchâtel 1860.

MORTILET und OMBONI <sup>1)</sup> theilen im Wesentlichen die von DESOR ausgesprochene Ansicht, welche endlich durch RAMSAY und TYNDALL, wie uns scheint zum äussersten Extrem geführt worden ist.

RAMSAY <sup>2)</sup>, der mit dem Studium der Gletscher von Schottland und Wallis sich ausführlich beschäftigt hatte, stellte die Hypothese auf, welche in England vielen Anklang zu finden scheint, dass die Schweizer Seen durch die Erosion von Gletschern gebildet wären; noch weiter geht TYNDALL <sup>3)</sup>, der sogar die ganze Thalbildung der Schweiz auf Gletschererosion zurückführt.

Alle diese Versuche die Erscheinungen zu erklären stossen auf grosse Schwierigkeiten, indem sie auf der einen Seite mit der Wärmetheorie der Erde, anderseits mit der Bauart der Alpenthäler unvereinbar sind.

Nachdem bereits der Druck dieser vor 4 Jahren begonnenen Schrift angefangen war, erhalte ich so eben die treffliche Abhandlung <sup>4)</sup> meines alten Freundes STUDER, welche ein neues Zeugnis von der tiefen und sehr gründlichen Kenntnis ablegt, die der Verfasser derselben, wie kaum ein anderer, von allen Theilen des Alpengebirges besitzt.

STUDER spricht sich an dieser Stelle mit Entschiedenheit gegen die Erosion der Seebecken und gegen die Bildung der Thäler durch Gletscher aus und führt zur Unterstützung seiner Ansicht eine Reihe der schlagendsten Gründe an, mit denen ich vollkommen einverstanden bin.

Die Erosion, welche an der Bildung der Reliefform eines jeden Gebirges, so auch an der der Alpen einen gewissen Antheil genommen hat, wird gewöhnlich ihrer Quantität nach sehr überschätzt, wie dieses in einem der spätern Abschnitten unserer Untersuchung, in welchem wir noch einmal auf den Ursprung der Seen der Schweiz zurückkommen, gezeigt werden wird.

<sup>1)</sup> *Quelques considérations sur la classification des lacs à propos des bassins du revers méridional des Alpes.* Lugan 1861.

<sup>2)</sup> *Quarterly Journal of the geological Society*, Vol. XVIII Nro. 71.

<sup>3)</sup> *The philosophical Magazine*, Sept. 1862.

<sup>4)</sup> *De l'origine des Lacs Suisses* par M. B. STUDER; *Bibliothèque universelle*, Nro. 74. Février 1864.

## ABSCHNITT IX.

### DIE ÄLTEREN HYPOTHESEN ZUR ERKLÄRUNG DER DILUVIAL-ERSCHEINUNGEN.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten eine kurze Uebersicht von der Bildungsweise, der Bewegung und Verbreitung der Gletscher gegeben hatten, wurden wir durch fortgesetzte Untersuchungen zu der Annahme hingedrängt, dass jene Eisfelder einst ihre gegenwärtigen Grenzen weit überschritten haben. Wir beobachteten die unverkennbarsten Gletscherspuren in der Mitte der herrlichsten Weinberge; wir fanden gigantische, von den höchsten Gebirgsgipfeln stammende Granitblöcke bis zu den Enden der Thäler geführt, über Kalkstein und Molasse abgelagert; wir sahen endlich dass dieselben nicht allein zum Fusse der Alpen gelangt, sondern auch über weite Ebenen und welliges Land, nördlich fast bis zu den höchsten Gipfeln des Jura, südlich bis zu den Grenzen der lombardischen Ebene fortgeführt worden sind. Diese merkwürdigen Erscheinungen zu erklären, ist gewiss eine der interessantesten Aufgaben der Geologie. Es hat zwar in den letzten Decennien nicht an Versuchen gefehlt um der Lösung dieses fast unbegreiflichen Räthsels auf die Spur zu kommen, allein viel Unerklärliches und Ungereimtes ist bis jetzt noch zurückgeblieben. Auch bei dieser Frage hat es sich

aufs Neue herausgestellt, dass die Naturforscher vom Drange nach Erkenntniss getrieben, oft schneller mit wunderbaren Hypothesen, als mit verbürgten Beobachtungen bei der Hand waren; doch ist dieser Gang der Behandlung hier wie in andern viel wichtigern Fällen nicht ohne nachtheilige Folgen geblieben.

Die merkwürdige Verbreitung der Findlingsblöcke auf den Kalksteinen des Jura so wie in Skandinavien und an den Ufern der Nord- und Ostsee über den verschiedensten Formationen ist eine so auffallende Erscheinung, dass man sich nicht wundern darf, ihre Erklärung zuerst versucht zu sehen. Die Erscheinungen dagegen, welche die Gletscher uns darbieten, sind weniger allgemein verbreitet, liegen sehr viel versteckter und erfordern schon längere und umsichtige Untersuchungen. Es ist daher begreiflich, dass die Gletscherfrage viel später in den Vordergrund getreten und mit der Verbreitung der Findlinge in Verbindung gebracht worden ist. Man griff anfänglich zu der Hypothese grosser Fluthen um die Verbreitung der Findlinge zu erklären; grosse Fluthen wurden gern da in Anspruch genommen, wo andere Erklärungsweisen fehlten. Traditionen derselben sind den Culturvölkern des Alterthums überkommen, greifen bis auf den heutigen Tag in religiöse Vorstellungen ein und sind so auch, uns fast unbewusst, in wissenschaftliche Kreise übergegangen.

Das einzig generelle Phänomen dieser Art, welches wir kennen, welches auf Erden so lange bestanden hat als das Meer selbst, ist die Ebbe und Fluth, jenes taktmässige Sinken und Steigen des Meerwassers, welches der Zeit wie dem Raume nach durch NEWTON's grosse Entdeckung auf das Gebiet der exacten Naturforschung zurückgeführt worden ist. Die anziehenden Kräfte der Sonne und des Mondes und die Stellung dieser beiden Weltkörper zur Erde schreiben der Fluthhöhe eine gewisse Grenze vor, welche durch die meist sehr langsamen Strömungen des Meeres, durch Windrichtungen und durch die Beschaffenheit der Ufer um etwas verstärkt oder geschwächt werden kann. So lange die kosmischen Verhältnisse dieselben bleiben werden und dieselben gewesen sind, ist die Grenze der Fluthhöhe niemals überschritten worden.

Vom wissenschaftlichen Standpunkte aus ist es somit ganz undenkbar, dass plötzliche Fluthen, welche die höchsten Gebirge überschwämmt und deren zerstörende Spuren man noch nach Jahrtausenden zu erkennen glaubte, jemals existirt haben. Die höchsten Springfluthen, begünstigt von Stürmen und Strömungen erreichen nur selten die Höhe von 60 Fussen und können so für kurze Zeit auf flachen Landstrichen locale Ueberschwemmungen hervorbringen, wie wir sie beispielsweise im Jahre 1825 an der ostfriesischen Küste erlebt haben.

Die Ebbe und Fluth durch Wind und Strömungen unterstützt, welche im Laufe von  $6\frac{1}{4}$  Stunde etwa 200 Cubikmeilen Wasser von dem einen Erdquadranten in den andern überführt <sup>1)</sup> arbeitet in einer eng vorgeschriebenen Zone Jahr aus Jahr ein an den Küsten der grossen Oceane, indem sie nach und nach die Felsen zertrümmert, die Ufer unterwühlt, und die von ihr benagten Gesteine in Kiesel, Gerölle, Sand und Staub auflöst. Durch die allmähliche sehr langsame Veränderung der Küstenconturen in Folge säcularer Bodenschwankungen wird der schmale Fluthgürtel nach und nach verschoben und das vom Meere zermalnte Gestein über weitere Strecken der Erdoberfläche verbreitet. So sind im Laufe der Zeit unsern Küsten entlang grosse Diluvialablagerungen entstanden, an deren Bildung sich auch die Arbeit der Ströme und Flüsse betheiligt haben mag. Es ist gewiss nicht wunderbar, dass man in frühern Zeiten solche im Laufe von Jahrtausenden entstandene Diluvialgebilde für das Werk einer einzigen grossen Fluth ansah; eben so erklärlich ist es, dass man die mit ihnen in enger Verbindung stehenden Findlinge sich nur durch strömendes Wasser fortbewegt dachte.

Eine etwas genauere Beobachtung wird uns jedoch bald überzeugen, dass der Wellenschlag und die Meeresströmungen sich darauf beschränken verhältnissmässig kleinere, Zoll- bis Fusslange Geschiebe, theils an den Ufern, theils am Boden des Meeres fortzubewegen. So bemerkte ich z.B. am westlichen Ufer von Elba Fragmente eines sehr eigenthümlichen, nicht auf dieser Insel anstehenden Gabbro, der vermuthlich vom

---

<sup>1)</sup> BESSLER, *Ueber Fluth und Ebbe*, SCHUMACHER'S *Jahrbuch* für 1838.

benachbarten Corsica herübergewandert ist. Ebenso erblickt man kleinere Gerölle von Quarz, Granit, Kalk und Feuerstein in solchen Gegenden, wo dieselben nicht in nächster Nähe anstehen und nur durch den Wellenschlag des Meeres, in der vorher angegebenen Weise, oder durch locale Fluthen, auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze geführt sind.

Wenn man dem Kampfe der Brandung an felsigen Ufern zuschaut, wird man bald gewahr werden, dass schon ein sehr bedeutender Wellenschlag erforderlich ist um Steine vom Volumen einiger Cubikmeter, auch nur auf eine kurze Entfernung an einem ebenen Ufer weiter zu schieben; ebenso sind selbst furchtbar angeschwollene Bergströme ganz ausser Stande Riesensteine, gross genug um das Fundament eines Leuchthurms zu tragen, denen wir bei Monthey, am Jura und im norddeutschen Tieflande begegnen, fortzubewegen. Wie können Blöcke vom Volumen vieler Tausend Cubikmeter durch Strömung oder Wellenschlag selbst bis zu den Gipfeln ganz isolirt stehender Gebirge gelangen? AGASSIZ <sup>1)</sup> hat in seinem Werke die Gründe deutlich aus einander gesetzt, dass solche Stromtheorien unmöglich genügen können um die Verbreitung der Findlinge in Bereiche der Alpen und des Jura zu erklären. Seinen Erörterungen, mit denen ich einverstanden bin, wüsste ich kaum noch etwas wesentliches hin zu setzen.

Nachdem man sich in der Schweiz von der Richtigkeit dieser Ansicht allgemein überzeugt hatte, wurde man nach und nach auf die Gletscher und auf die Bewegung der Felsblöcke durch Eis aufmerksam.

Nachdem der ältere ESCHER VON DER LINTH und VENETZ die Gletscher auf den Schauplatz gezogen, wurde die Eistheorie vornehmlich von CHARPENTIER und von AGASSIZ weiter ausgebildet. Die Ansichten beider Geologen, obwohl sie in mancher Weise mit einander übereinstimmen, weichen doch in einigen sehr wesentlichen Punkten von einander ab. Beide gerathen theils unter sich, theils mit den Ergebnissen der exacten Naturwissenschaften in Widerspruch und werden später von uns ausführlich beleuchtet werden.

---

<sup>1)</sup> *Untersuchungen über die Gletscher*, pag. 262.

Einen ähnlichen Gang der Entwicklung hat dieses geologische Problem in Skandinavien genommen. Nachdem man daselbst auf die Verbreitung der Findlinge und auf die mit ihnen im Zusammenhang stehenden Felsschliffe aufmerksam geworden war, versuchte SEFSTRÖM durch die Hypothese seiner petrodilaunischen Fluth die Erscheinungen zu erklären. Die Antwort aber auf die Frage wie eine solche vom Nordkap bis zum Rande des Harzes, bis Schlesien, Polen und Moscau ausgedehnte Fluth, habe entstehen können, ist man schuldig geblieben, oder alle Erklärungen welche man dafür zu geben suchte, haben sich als durchaus ungenügend und unhaltbar herausgestellt. Schon vor längerer Zeit machte FORCHHAMMER darauf aufmerksam, dass eine solche Fluth den Beobachtungen nicht genüge; in derselben Weise urtheilt KJERULF, der in einem trefflichen Aufsätze <sup>1)</sup> hervorhebt, dass die skandinavischen Geologen, nachdem sie die Diluvialerscheinungen genauer erforscht, SEFSTRÖM's Hypothese als unhaltbar erkannt und sie grösstentheils aufgegeben hätten.

---

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, Band XII, pag. 393.

## ABSCHNITT X.

### EINIGE VORBEMERKUNGEN ÜBER DIE TEMPERATUR- VERHÄLTNISSE UND KLIMATE DES ERDKÖRPERS.

Ueber die Temperaturzustände der Erde und über die verschiedenen Entwicklungsstufen, die dieselben in unabsehbaren Zeiträumen durchlaufen haben, so wie über die physikalischen Gründe, welche dieselben bedingen, sind sowohl unter den Geologen von Fach, wie unter den Laien in den Naturwissenschaften nicht immer ganz klare und richtige Ansichten verbreitet gewesen. Begegnen wir z.B. in den Ablagerungen der Steinkohlenformation, öfter in sehr nördlichen geographischen Breiten, fossilen jetzt auf der Erde erloschenen Pflanzenformen, von denen man nach der Analogie mit noch jetzt lebenden Arten annehmen muss, dass sie unter einer wärmeren Temperatur einst sich entwickelt haben, so sagt man, dass das Klima der Erde seit jener Zeit sich verändert habe. Begegnen wir in den Schichten des deutschen Keuper und Jura den Cycadeen, oder kommen wir nach Oeningen und erblicken in den dortigen Tertiärschichten Pflanzenformen, welche jetzt am Rande des Mittelmeer-Beckens oder in den südlichen Vereinigten Staaten Amerikas verbreitet sind, und fragen nach der Ursache dieser

Erscheinung, so wird uns wieder, wie an hundert anderen Orten der Erde, die Antwort zu Theil, dass das Klima ein anderes geworden sei. Wenden wir uns darauf vom Bodensee nur einige Meilen gegen Süden und Südwesten und begehen am Fusse der Alpen Felsschliffen und zahllosen Findlingsblöcken, die sich durch das Schweizer Tiefland verbreiten und bis zu den Rändern und Kuppen des Jura emporsteigen und fragen aufs Neue nach der Ursache dieser Erscheinung, so vernehmen wir voll Verwunderung, dass jene Gegenden in denen einst Palmengruppen sich verbreiteten, durch starre Eismassen und mehrere Tausend Fuss dicke Riesengletscher bedeckt gewesen sind, die ihre Moränen über das Schweizer Tiefland und über die Landseen hinausgeschoben haben; das vormalige tropische Klima sei in ein arctisches umgewandelt.

Wie können in einem Klima solche Verwandlungen vor sich gehen, sind sie überhaupt, die Frage wird doch wohl zu thun erlaubt sein, mit der so hoch ausgebildeten Wärmethorie unseres Erdkörpers in Einklang zu bringen?

Mit leeren Hypothesen, mit blossen Vermuthungen und individuellen Ansichten wird bei der Beantwortung dieser Frage nicht geholfen; nur das Studium der exacten Naturforschung wird uns zu einem sicheren Ziele führen. In dieser Beziehung lassen uns jedoch alle bis jetzt angestellten geologischen Untersuchungen vollkommen im Stich und es erscheint daher an der Zeit einen neuen und bisjetzt wenig gebahnten Weg zu betreten.

Unter dem Klima eines Ortes verstehen wir die eigenthümlichen Witterungsverhältnisse desselben, die der Entwicklung der Organisation bald fördernd bald störend entgegen treten. Sie sind von mannigfaltigen Ursachen abhängig, welche physikalisch einzeln untersucht, und dann gemeinsam in ihrer Gesamtwirkung betrachtet werden müssen.

Alle Klimate werden durch die Wärme und durch die Art ihrer Einwirkung auf die sehr verschiedenartig beschaffenen Theile der Erdoberfläche und der Atmosphäre bedingt, so dass sich daher nur von Seiten der Wärmethorie eine glückliche Lösung unseres Problems erwarten lässt.

Bevor wir jedoch auf die verschiedene Beschaffenheit der Klimate und auf die Art ihrer Verbreitung, der Zeit wie dem Raume nach, so wie auf ihre gegenseitigen Beziehungen näher eingehen, werden wir die Hauptmomente der Lehre der Erdwärme nach FOURIER's Untersuchungen unsern Lesern in das Gedächtniss zurückrufen.

Die Erde bei ihrer Bewegung im planetarischen Raume ist der Strahlung der sie umgebenden Fixsterne ausgesetzt und sie würde die Temperatur des Weltraums besitzen, wenn sie nicht noch aus zwei andern Quellen, von der Sonne und aus ihrem eigenen Innern eine gewisse beträchtlich viel grössere Wärmequantität empfinde. Unter der Temperatur des planetarischen Raums versteht man die, welche ein in demselben befindliches, gegen die Strahlung der Sonne geschütztes Thermometer anzeigen würde. Sie ist eine für die ganze Erdbahn constante und sehr niedrige, die man tiefer als den Frierpunkt des Quecksilbers, auf etwa -- 60° C. zu schätzen pflegt, ist aber dem ungeachtet für die Art der Erwärmung der Erde von grosser Bedeutung. Vorausgesetzt die Erde befände sich von der Sonne beschienen in einem Raume ohne alle Temperatur, so würden die Wärmeerscheinungen an ihrer Oberfläche sich ganz anders gestalten, als man sie wirklich beobachtet. Die Wärmeabnahme von dem Aequator zu den Polen, würde eine ausserordentlich viel raschere sein und die Pole selbst würden eine ungeheuere Kälte besitzen. Die geringste Veränderung der Entfernung zwischen Sonne und Erde würde grosse Temperaturschwankungen zur Folge haben und ebenso würde beim Eintritte einer jeden Nacht dieselbe grosse Kälte plötzlich eintreten, welche mit dem Bestehen der organischen Schöpfung sich nicht vereinigen liesse.

Die Sonnenstrahlen, welche die Erde unausgesetzt bescheinen, bringen für ihre Erwärmung zwei wesentlich verschiedene Wirkungen hervor, eine constante und eine periodische.

Stellen wir uns vor, dass weder die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe, noch die jährliche um die Sonne existire, so dass für eine sehr lange Zeit nur eine Seite der Erde der beständigen Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt sei, so ist es einleuchtend, dass auf dieser

Halbkugel eine verhältnissmässig hohe und constante Temperatur, die bis zu einer gewissen Tiefe in das Innere eindringe, hervorgebracht werden würde.

Nehmen wir nun ferner an, sowohl die Bewegung der Erde um ihre Axe, als auch die jährliche um die Sonne wäre unendlich schnell, so würde diese einseitig erregte Temperatur über die ganze Kugeloberfläche symmetrisch sich vertheilen und auf die Hälfte ihres frühern Masses herabsinken. Es würde so für einen jeden Parallelkreis eine constante mittlere Temperatur entstehen, welche vom Aequator zu den Polen hin gesetzmässig abnähme. Treten nun die Bewegungen der Erde in der Art ein, wie wir sie wirklich beobachten, so werden alle Punkte in einer Tiefe von etwa 33 Metern diese constante Temperatur annehmen, denen sowohl aus dem Erdinnern, wie von der Sonne soviel Wärme zugeführt wird, als sie dem Weltenraume wieder abgeben.

In der über diesen Punkten von constanter Temperatur liegenden Schicht machen sich zusammengesetztere Wärmerscheinungen geltend, welche durch den Calcul vollständig zu beherrschen sind. Bis zu einer Tiefe von nicht ganz zwei Metern reichen die Einwirkungen der täglichen Sonnenerwärmung, während sich bis zu einer Tiefe von 30 bis 40 Metern die jährlichen Temperatureinflüsse erstrecken. In diesem Raume steigt die Temperatur täglich und jährlich auf und ab, indem der Erde in der einen Hälfte der Periode ebenso viel Wärme zugeführt wird, als sie in der andern Hälfte derselben wieder verliert. Die auf der Erdoberfläche befindliche Wärmemenge gleicht einer bestimmten Quantität Wasser, welche ein Gefäss bis zu seinem Rande erfüllt, der durch eine Oeffnung genau soviel Wasser zugeführt wird, als durch eine andere wieder ausfliesst. Die Tiefen, in welche die täglich, wie die jährlich erzeugte Erdwärme eindringt, verhalten sich nach FOURIER, wie die Quadratwurzeln aus den beiden Perioden, wie  $1 : \sqrt{365}$ , oder wie  $1 : 19,1$ , eine Zahl, welche mit den Beobachtungen wohl übereinstimmt.

Die auf ein Quadratmeter fallende, von der Sonne im Laufe eines Jahres ein- und ausgehende Wärme wird im Klima von Paris, wenn für die

Oberfläche die Leitungsfähigkeit des Gusseisens zu Grunde gelegt wird, eine Eissäule von derselben Basis und der Höhe von 3<sup>m</sup>,1 zu schmelzen vermögen. Wir werden bei der Fortsetzung unserer Untersuchungen von der ebengenannten Zahl noch weitem Gebrauch machen.

Die Erde verfügt so über ein ganz bestimmtes Wärmequantum, welches wir mit  $\Omega$  bezeichnen und dass in sehr verschiedener Weise über ihre Oberfläche vertheilt werden kann.

Zuerst ist zu beachten dass die Erde auf ihrer elliptischen Bahn um die Sonne, die im Anfang des Januar im Perihel, in Anfang des Juli dagegen im Aphel steht, in der Weise erwärmt wird, dass der Sommer auf der nördlichen Halbkugel etwas kälter, der Winter dagegen etwas wärmer ausfällt als auf der südlichen. Das im ganzen Jahre erzeugte Wärmequantum und daher die mittlere Jahrestemperatur bleibt nichts desto weniger für beide Halbkugeln unter übrigens gleichen Umständen vollkommen gleich.

Die Grösse der Periheldistanz ergibt sich = 0,98322; die der Apheldistanz = 1,01678. Da die Beleuchtungen, und diesen proportional die Erwärmungen, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen der Erde von der Sonne sich verhalten, so ergibt sich für die Beleuchtung das Verhältniss von 107 : 100. Unter dem 45<sup>sten</sup> Breitengrade fällt daher auf der nördlichen Halbkugel der Sommer etwa 0°,5 R kälter und der Winter ebensoviel wärmer aus als auf der südlichen.

Das für die Erde disponibele Wärmequantum  $\Omega$  ist mit einer Flüssigkeit zu vergleichen, welche über einer bestimmten Oberfläche gleichmässig oder ungleichmässig verbreitet werden kann. Die Atmosphäre, wie das Meer, werden als schlechte Wärmeleiter, so wie auch in Folge ihrer Beweglichkeit, indem sie in kurzer Zeit grosse Wärmemengen von einer Stelle der Erdoberfläche zur andern befördern können, zu einer Ausgleichung der Klimate wesentlich beitragen.

Die Atmosphäre der Erde und die in derselben gebildeten Niederschläge üben auf die Gestaltung der Klimate einen wesentlichen Einfluss aus. Indem die Sonnenstrahlen die Luftschichten durchdringen, absorbiren die höhern und dünnern weniger Wärme als die dichten

untern, welche dazu in unmittelbarer Berührung mit der Erde am meisten erwärmt und dann ausgedehnt werden.

Die Wärmeabnahme in der Atmosphäre ist nicht unter allen geographischen Breiten dieselbe und verdient noch einer etwas nähern Untersuchung. Es ist daher selbstverständlich, dass wenn die Beschaffenheit der Klimate zweier Orte gegen einander beurtheilt werden soll, dabei die Höhe dieser Orte über dem Meere oder der Grad der Dichtigkeit der Luftschichten zu berücksichtigen ist. Handelt es sich darum die Klimate der Vorzeit unter einander oder mit denen der Gegenwart zu vergleichen, so sind nothwendiger Weise die Niveauveränderungen in erster Stelle in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen.

Die Temperaturabnahme in den höheren Luftschichten betrachten wir nach Mittelwerthen und nehmen dafür den statischen Zustand der Atmosphäre an. In der That aber steigt von der Erdoberfläche die erwärmte Luft beständig empor und wird durch die herabsinkende Kältere ersetzt. Die so hervorgebrachten Strömungen, welche in Verbindung mit der Rotation der Erde die Bildung der Passatwinde veranlassen, tragen wesentlich zu der Ausgleichung der Temperaturen in den verschiedenen geographischen Breiten bei.

Die von der Sonne an der Erdoberfläche und der Atmosphäre erzeugte Wärme wird durch die Wolkenschichten, welche die Ausstrahlung derselben verhindern, zusammengehalten, und so vorzugsweise die Kälte der Nächte vermindert. Die von den unsrigen oft sehr abweichenden klimatischen Eigenthümlichkeiten der Vorwelt sind theilweise durch einen fast beständig verschleierten Himmel veranlasst, und unter gleichen oder ähnlichen Umständen würden auch in unserer Zeit die Nachtfroste bis zu den Polarkreisen hin so gut wie ganz ausgeschlossen sein.

In einer ähnlichen Weise wie der Luftkreis wirkt das Weltmeer auf die Ausgleichung der Temperaturen. Nehmen wir an, die Erdoberfläche sei jetzt noch ganz mit Wasser bedeckt, wie sie aller Wahrscheinlichkeit nach bei der ersten Entwicklung der organischen Schöpfung mit Wasser bedeckt war, so müssten sich alle klimatischen Verhältnisse auf beiden Halbkugeln vollkommen symmetrisch gestalten. Ueberall von

dem Aequator zu den Polen würde dieselbe durchaus gleichförmige und langsame Temperaturabnahme statt finden und die Unterschiede zwischen der Sommer- und Wintertemperatur wären weniger ausgesprägt als auf dem Festlande. Sowohl die Strömungen des Meeres und der Atmosphäre, als auch die Verdampfung und die Bildung der atmosphärischen Niederschläge würden auf beiden Halbkugeln gleichförmig erscheinen, und das Klima eines Ortes wäre unter solchen Verhältnissen allein von seiner geographischen Breite abhängig.

Die Isothermen oder die auf der Erdoberfläche in sich zurücklaufenden Linien, welche Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur mit einander verbinden, sind unter der eben gemachten Voraussetzung den Breitenkreisen parallel. Die wärmste mittlere Temperatur fällt unter dieser Voraussetzung mit dem Aequator, die kälteste mit den beiden Polen zusammen.

Diese symmetrische Lage der Isothermen wird bei dem Emporsteigen der Continente wesentlich verändert, denn es ist nothwendig, dass bei der bessern Leitungsfähigkeit der festen Erdrinde die Continente im Sommer mehr Wärme absorbiren und im Winter wieder ausstrahlen als es das Meer vermag. Daher wird für die Continente am Aequator eine viel grössere Wärme entwickelt, oder die Wärmeabnahme zu den Polen hin ist hier eine viel raschere als auf der See.

Die den Passatwinden entsprechenden Meeresströmungen vermitteln gleichfalls den Wärmetransport von den aequatorialen zu den Polargegenden und haben einen wesentlichen Antheil an der Ausgleichung der Klimate. Durch die wärmern Strömungen werden die Isothermen den Polen genähert, durch die grösseren Continentalmassen werden sie von ihnen entfernt, so dass durch den combinirten Einfluss die grösste Unregelmässigkeit in ihrer Gestaltung hervorgebracht wird.

Mit der allmäligen Bildung der Continente und unter dem Einflusse der Strömungen der Luft und des Meeres wird das constante Wärmequantum  $\Omega$  über der Erdoberfläche sehr unregelmässig vertheilt und es kann im Laufe der Zeit, wenn sich die Lage der Continente gegen die Oceane verändert, von der einen Gegend der Erde fort und einer andern zuströmen. Eine weitere Untersuchung dieses Gegenstandes wird

uns jedoch belehren, dass dieses Zu- und Abströmen der Wärme nach den verschiedenen Gegenden der Erde innerhalb gewisser, unüberschreitbarer Grenzen sich erhalten wird.

Unter solchen Verhältnissen ist es ersichtlich, dass eine für die verschiedenen Meridiane gleichmässige Wärmeabnahme vom Aequator zu den Polen fast nirgend erwartet werden kann und es erscheint daher nutzlos dieselbe nach einer periodischen Function zu berechnen, welche die Beobachtungen nur in sehr unvollständiger Weise darzustellen vermöchte; dagegen lässt sich bei vollständiger See- oder vollständiger Landbedeckung durch eine periodische Function für die Temperaturabnahme vom Aequator zu den Polen eine hinreichend genaue Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung erzielen.

Die Eigenthümlichkeit der verschiedenen Klimate wird endlich noch durch die Feuchtigkeitsverhältnisse und durch den Grad der atmosphärischen Niederschläge bedingt, welche möglichst mit in Betracht gezogen werden müssen, doch wird es schwer halten ihre Gesetzmässigkeit schon jetzt bei mangelhaften Erfahrungen der Rechnung zu unterwerfen.

Nachdem wir so die Hauptmomente, welche bei der Erwärmung der Erde durch die Sonne in Betracht kommen, hervorgehoben haben, ist noch der Einfluss zu berücksichtigen, welchen die innere Erdwärme, auf die Oberfläche unseres Weltkörpers ausübt und ausgeübt hat. Gegenwärtig übt die innere Wärme, welche von der Erschaffung der Erde an in ihr verwahrt worden ist, auf die Oberfläche eine kaum bemerkbare Wirkung aus und beträgt nach FOURIER höchstens noch  $\frac{1}{10}$  Centesimalgrad. Die im Laufe eines Jahres durch ein Quadratmeter in den Weltraum entweichende Wärme, würde eine Eissäule von derselben Basis und 30<sup>mm</sup> Höhe zu schmelzen vermögen.

In unserer Zeit wird für eine Tiefenzunahme von 30 bis 40 Metern ein Wachsthum der Temperatur von 1° C. beobachtet. Sehr lange Zeiträume werden vergehen, bis dieser vom Innern der Erde herrührende Temperaturüberschuss auf die Hälfte seiner gegenwärtigen Grösse herabsinkt, oder dass für Tiefe von 60<sup>m</sup> bis 80<sup>m</sup> eine Temperaturzunahme von 1° C. beobachtet werden wird. Wir sind so bereits dem

einstmals zu erreichenden Grenzwerte der Erdtemperatur so nahe gerückt, dass der Wärmeverlust, den die Erde noch zu erwarten hat, keine irgend merkliche Veränderung in den Klimate bewirken kann. Blicken wir dagegen in die Vergangenheit zurück, so wird die aus dem Erdinnern hervorgehende Wärme auf die Gestaltung der urweltlichen Klimate, wie wir dieses später zeigen werden, nicht ohne Einfluss sein; denn es werden wiederum, obwohl in entgegengesetzter Weise, ausserordentlich lange Zeiträume erfordert, während welcher die Wärmezunahme im Innern der Erde sich verdoppelt, so dass bei einer Tiefenzunahme von  $15^m$  bis  $20^m$  eine Temperaturzunahme von  $1^\circ C.$  beobachtet werden würde. Auf der Erdoberfläche würde dann die Gesamttemperatur des Erdkörpers den Finalzustand, zu welchem diese Temperatur herabsinken kann, nicht um  $\frac{1}{3}^\circ C.$  sondern um  $\frac{1}{15}^\circ C.$  übertreffen. Bei einer dreifachen Wärmezunahme erhielte man einen Wärmeüberschuss von  $\frac{1}{15}^\circ C.$ , bei der 30 fachen Zunahme einen Ueberschuss von  $1^\circ C.$  u. s. w.

Unsern Mittheilungen zu Folge hängt das Klima eines Ortes von folgenden Bedingungen ab:

- 1) von der Höhe desselben über dem Meere;
- 2) von seiner geographischen Breite;
- 3) von der Art der Vertheilung von Land und Meer auf der Erdoberfläche;
- 4) von dem Feuchtigkeitszustande, der Wolkenbildung und von der Grösse der atmosphärischen Niederschläge;
- 5) von den Strömungen der Luft und denen des Meeres;
- 6) von der innern Erdwärme.

So entsteht zunächst das reine Seeklima der Gegenwart, in welchem die Einflüsse unter 1) und 6), so wie die Einwirkungen der Continente verschwinden. Zweitens bildet sich das Continentalklima der Gegenwart. Für dasselbe ist die Bedingung unter 1) von grosser Wichtigkeit. Der Einfluss der See hört dagegen im wesentlichen auf, auch die Verhältnisse unter 5) kommen gar nicht oder nur theilweise zur Geltung. Die Bedingung unter 6) verschwindet. Beide Hauptklimate verbinden sich mit einander und es entstehen die gemischten Klimate, welche

Eigenthümlichkeiten jener in mehr oder minder hervortretender Weise enthalten.

Die Klimate der geologischen Formationen waren von denselben Bedingungen abhängig als die der Gegenwart, nur der Einfluss der innern Erdwärme trat noch hinzu, der um so merkbarer wird, um so weiter man in die Vergangenheit zurückgeht. Die ältern geologischen Formationen wurden mehr von dem See- als von dem Continentalklima beeinflusst, da das Festland anfänglich nicht existirte und sich im Laufe der Zeit erst nach und nach gebildet hat; dagegen kommen in den geologischen Abschnitten, die unserem Zeitalter kurz vorauf gehen, allerdings die Continentaleinflüsse wesentlich mit in Betracht.

Stellen wir uns nun die Aufgabe, die Klimate der Gegenwart mit denen der Vergangenheit zu vergleichen, so müssen jene 6 Bedingungen jede für sich untersucht werden, und erst dann wird man den Zusammenhang der fast tropischen Klimate der Steinkohlenformation mit den arktischen der Diluvialperiode begreifen lernen.

Im Nachfolgenden gehen wir so zur weitem Erforschung der einzelnen klimatischen Bedingungen über.

## ABSCHNITT XI.

### ÜBER DIE ABNAHME DER TEMPERATUR IN DEN HÖHEREN SCHICHTEN DER ATMOSPHERE.

Die Temperaturabnahme von den niedern zu den höheren Luftschichten, nimmt, wie die nachfolgenden Beobachtungen deutlich zeigen, mit der geographischen Breite ab. Wenn  $E$  die Höhe eines Ortes in pariser Fussen in der das Thermometer um  $1^{\circ}$  C. sinkt und  $\varphi$  die Polhöhe desselben bedeutet, so erhält man folgende Zahlenübersicht:

	$\varphi$	HÖHE	$E$	BEOB.
Pichincha .....	0° 14	14748	622,3	A. VON HUMBOLDT.
Chimborasso .....	— 1 28	18330	629,9	—
Guadalupe .....	4 30	10118	598,7	—
Nevada de Tolucca .....	10 6	14232	613,4	—
Fuerte de la Cuchilla .....	10 33	4842	569,6	—
Silla de Caracas .....	10 37	8100	591,2	—
Cofre de Perotte .....	19 29	12588	569,6	—
Pic von Teneriffa .....	28 17	11206	571,7	—
Aetna .....	37 30	10300	546,0	W. S. v. W.
St. Gotthard .....	46 32	6600	538,0	DOVES TEMP. T.
Paris Luftschiffahrt .....	48 50	21500	533,5	GAY-LUSSAC.
England .....	53	5000	468,0	GLAISCHER und COXWELL, DALTON.
Hekla .....	63 59	4961	355,0	W. S. v. W.

Die auf den Aetna sich beziehende Zahl ist ein provisorisches Mittel aus 94 einzelnen in verschiedenen Höhen und zu verschiedenen Jahreszeiten zwischen 5000 und 10200 Fuss angestellten Beobachtungen. Die definitive Zahl aus allen unsern Beobachtungen werde ich bei einer andern Gelegenheit veröffentlichen.

Die Zahl für den St. Gotthard ist aus der mittlern Jahrestemperatur der meteorologischen Station auf diesem Berge und der von Lausanne abgeleitet. Beide Orte liegen unter derselben Breite und in keiner allzugrossen Entfernung von einander. Die Beobachtungen sind aus DOVE's Temperatur-Tafeln entlehnt.

Die Zahl für England ist das Mittel aus zwei verschiedenen Beobachtungen. DALTON fand  $E = 408$ . Aus den Beobachtungen von GLAISCHER und COXWELL ergab sich bei einer Luftschiffahrt bis zu einer Höhe von 5000 Fuss  $E = 468,0$ . Das Mittel aus beiden Zahlen  $E = 438$ . Die Zahl für Paris ist aus den Beobachtungen der Luftschiffahrt von GAY-LUSSAC entlehnt.

Die Zahl für den Hekla ist von mir aus einer Beobachtung im Jahre 1846 abgeleitet. Die übrigen Zahlen beruhen auf Beobachtungen von ALEXANDER VON HUMBOLDT.

Setzen wir:

$$a + b \cos \varphi = E$$

so ergibt sich aus allen 13 Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$a = 159,9 \quad b = 450,7.$$

Zwischen der Rechnung und Beobachtung erhält man mit denselben folgende Uebereinstimmung:

	BEOB.	BFR.	BEOB.-BFR.
Pichincha.....	622,3	610,6	+ 11,7
Chimborasso.....	629,9	610,5	+ 19,4
Guadalupe.....	598,7	609,1	- 10,4
Nevada de Toluca.....	613,4	603,6	+ 9,8
Cuchilla.....	569,6	603,0	- 33,4
Silla de Caracas.....	591,2	602,0	- 1,8

	BEOB.	BER.	BEOB.-BER.
Coffre de Perotte.....	569,6	553,9	— 14,3
Pic von Teneriffa.....	571,7	555,9	+ 15,8
Actna.....	546,0	516,6	+ 29,4
St. Gotthard.....	489,8	472,1	+ 17,7
Paris.....	533,5	459,6	— 73,9
England.....	438,0	430,2	+ 7,8
Hekla.....	355,0	356,7	— 1,7

Bezeichnen  $a'$  und  $b'$  die auf die Reaumur'sche Scale bezogenen Constanten  $a$  und  $b$ , so wird  $a' = 199,9$  und  $b' = 563,4$ . Mit  $a$  und  $b$  berechnet man folgende von 10 zu 10 Breitengraden fortschreitende Tabelle:

Tab. I.

$\varphi$	$E$	DIFF.
0	610,6	
10	603,7	6,9
20	583,4	20,3
30	550,2	33,2
40	505,2	45,0
50	449,6	55,6
60	385,2	64,4
70	314,1	71,1
80	238,2	75,9
90	159,9	78,3

Bezeichnet man mit  $T$  die mittlere Temperatur eines Ortes in der Höhe  $h$  und der Breite  $\varphi$ , so findet man in einer grösseren Höhe  $h'$  derselben Gegend die mittlere Temperatur

$$t = T - \frac{h' - h}{a + b \cos \varphi}$$

Es werde z.B. die mittlere Temperatur des Brockens aus der mittleren Temperatur des diesem Berge nahe gelegenen Göttingens berechnet:

Für Göttingen wird  $T = 6,72$  R.,  $h = 480$ . Die Höhe des Brockens  $H = 3508$  Fuss,  $\varphi = 52^\circ$ ,  $a' = 199,9$ ,  $b' = 563,4$ .

Es ergibt sich die mittlere Temperatur auf dem Brocken:

$\tau = 1^{\circ},19$  R. berechnet,  $\tau = 1,39$  beobachtet (Mittel aus den älteren und neueren Beobachtungen, welche  $0^{\circ},73$  und  $2^{\circ},06$  R. ergeben. Dove Temp. Tab. pag. 27.)

Die Isotherme von  $0^{\circ}$  findet sich alsdann in der Höhe:

$$h' = T (a + b \cos \varphi)$$

Setzen wir ferner den Erfahrungen gemäss die mittlere Temperatur der Schneelinie unter dem Aequator  $\tau^{\circ} = -0,40$  C. und in den Alpen unter dem 46<sup>sten</sup> Breitengrade  $\tau' = -3^{\circ},5$  C., so erhält man:

$$\tau = -0,4 - 4,31 \sin \varphi$$

Die Höhe der Schneelinie ergibt sich alsdann vom mittleren Seeklima ausgehend:

$$H = (T + 0,4 + 4,31 \sin \varphi) (a + b \cos \varphi)$$

Hiermit berechnet man die nachfolgende Tabelle:

Tab. II.

$\varphi$	$h'$	$H$	$\varphi$	$h'$	$H$	$\tau$ C.
0	16186	16431	— 0	16186	16431	— 0,40
10	15723	16117	— 10	15240	15933	— 1,15
20	13792	14766	— 20	13021	14113	— 1,87
30	11224	12654	— 30	9959	11362	— 2,55
40	8107	9709	— 40	6591	8193	— 3,17
50	5081	6744	— 50	3475	5130	— 3,70
60	2616	4168	— 60	1059	2654	— 4,13
70	983	2378	— 70	— 398	999	— 4,45
80	169	1274	— 80	— 926	178	— 4,64
90	— 19	718	— 90	— 768	— 14	— 4,71

Aus diesen Zahlen ersieht man dass die Schneelinie und somit auch die Gletscher auf der südlichen Halbkugel durchschnittlich genommen unter dem  $45^{\circ}$  Breitengrade um 1564 Fuss tiefer herabsteigen als auf der nördlichen. Es ist übrigens einleuchtend dass die Formel

$\tau = T - \frac{H}{a + b \cos \varphi}$  nur innerhalb mässiger Grenzen als annähernd

richtig angesehen werden kann; denn in grösseren Höhen wird sich in allen Theilen der Atmosphäre unter den verschiedensten geographischen Breiten die dort herrschende Temperatur, der Temperatur des Weltraums asymptotisch nähern.

Für die Aufstellung einer allgemeineren Formel, welche die Temperatur in jeder beliebigen Höhe darstellt, und bei welcher die Dichtigkeit der Luft in den verschiedenen Schichten berücksichtigt werden muss, fehlen bisjetzt die nöthigen Beobachtungen namentlich die mittleren Jahrestemperaturen aus den höheren Gegenden der Atmosphäre.

Die zur Berechnung der Schneelinie aufgestellte Formel gibt in der Nähe des Aequators ein etwas zu grosses Resultat, woraus es wahrscheinlich wird, dass die beiden Constanten  $a$  und  $b$  noch etwas zu gross gefunden sind und durch neu hinzu gezogene Beobachtungen verbessert werden müssen. Uebrigens weichen bekanntlich die Beobachtungen über die Höhe der Schneelinie besonders in den tropischen Gegenden oft sehr von einander ab. In den mittleren Breiten, um die es sich vorzugsweise bei unseren ferneren Untersuchungen handelt, stimmt die Höhe der berechneten Schneelinie mit der aus den Beobachtungen gefundenen gut überein.

## ABSCHNITT XII.

### UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS GEGENWÄRTIGE SEEKLIMA DER ERDE.

---

Ogleich es bekannt ist, dass Inseln in den Ozeanen durch ein sehr gleichmässiges Klima und in den höheren geographischen Breiten durch eine grössere mittlere Jahrestemperatur, als die in demselben Parallelkreise auf den Continenten herrschende sich auszeichnen, so sind doch diese Temperatur-Beobachtungen selten im Zusammenhang betrachtet und einer streng wissenschaftlichen Kritik unterworfen worden.

Wir haben es hier versucht die mittlern Temperaturen, die wir mit  $T$  bezeichnen, von 19 meteorologischen Stationen, welche ein charakteristisches Seeklima besitzen, und entweder gar nicht, oder nur in sehr geringer Weise durch die Continente beeinflusst sind, zugleich mit den Abweichungen  $t$ , zwischen dem wärmsten und kältesten Monat für eine genauere Berechnung zusammenzustellen. Wir erhalten so zunächst folgende Uebersicht:

	$\varphi$	$T$	$t$
1 Reykjavik .....	64° 8'	3,30	12,39
2 Thiorshavn.....	61 55	5,60	7,70
3 St. Michael.....	37 45	13,53	6,39
4 Madeira.....	32 38	15,83	4,80
5 Honolulu.....	21 16	19,30	3,31
6 Barbadoes.....	13 4	21,32	2,01
7 Singapore.....	1 17	21,63	1,65
8 Batavia.....	— 6 9	20,59	2,22
9 Samarang.....	— 6 50	22,16	1,82
10 Ascension.....	— 8 5	19,99	
11 Helena.....	— 15 55	15,59	3,11
12 Port Louis.....	— 20 10	20,75	3,88
13 St. Denis.....	— 20 51	19,97	3,52
14 Aukland.....	— 36 51	11,81	8,41
15 St. Paul.....	— 38 43	11,30	
16 Macquarie.....	— 42 12	10,40	9,41
17 Falkland.....	— 52 0	6,77	8,26
18 Port Famine.....	— 53 38	4,40	
19 Cap Horn.....	— 56 0	3,27	

Alle diese Temperaturen sind mit Ausnahme der approximativen, der Insel St. Paul, die ich aus der Reise der österreichischen Fregatte Novara entnommen habe, aus Dove's Temperaturtafeln entlehnt worden.

Die Abhängigkeit der mittlern Temperatur von der geographischen Breite lässt sich durch die Formel

$$T = \eta + \theta \sin \varphi + \xi \cos 2 \varphi$$

ausdrücken, wo die 3 Constanten  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $\xi$  aus drei Gleichungen durch Elimination zu bestimmen sind. Mit Benutzung der 16 überschüssigen Gleichungen berechnet man diese Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Setzen wir als genäherte Werthe:

$$\eta = 9,80, \theta = 2,09, \xi = 11,61$$

so ergibt sich zunächst zwischen der Beobachtung und der Rechnung folgende Uebereinstimmung:

	BEOB.	BER.	BEOB.-BER.
1	3,30	4,49	- 1,19
2	5,60	5,18	+ 0,42
3	13,53	13,99	- 0,46
4	15,83	15,78	+ 0,05
5	19,30	19,11	+ 0,19
6	21,32	20,70	+ 0,62
7	21,63	21,45	+ 0,18
8	20,59	20,92	- 0,33
9	22,16	20,83	+ 1,33
10	19,99	20,66	- 0,67
11	15,59	19,09	- 3,50
12	20,75	17,93	+ 2,82
13	19,97	17,72	+ 2,25
14	11,61	11,81	0,00
15	11,20	11,02	+ 0,18
16	10,42	9,53	+ 0,89
17	6,77	5,34	+ 1,43
18	4,40	4,67	- 0,27
19	3,27	3,72	- 0,45

Zunächst ergeben sich dann die folgenden 19 Fehlergleichungen:

$$\begin{aligned}
 1 \quad d\eta - 0,6193 d\xi + 0,8998 d\theta - 1,19 &= 0 \\
 2 \quad d\eta - 0,5568 d\xi + 0,8823 d\theta + 0,42 &= 0 \\
 3 \quad d\eta + 0,2504 d\xi + 0,6123 d\theta - 0,46 &= 0 \\
 4 \quad d\eta + 0,4184 d\xi + 0,5393 d\theta + 0,05 &= 0 \\
 5 \quad d\eta + 0,7369 d\xi + 0,3627 d\theta + 0,19 &= 0 \\
 6 \quad d\eta + 0,8978 d\xi + 0,2261 d\theta + 0,62 &= 0 \\
 7 \quad d\eta + 0,9990 d\xi + 0,0224 d\theta + 0,18 &= 0 \\
 8 \quad d\eta + 0,9771 d\xi - 0,1071 d\theta - 0,53 &= 0 \\
 9 \quad d\eta + 0,9717 d\xi - 0,1190 d\theta + 1,33 &= 0 \\
 10 \quad d\eta + 0,9605 d\xi - 0,1406 d\theta - 0,67 &= 0 \\
 11 \quad d\eta + 0,8496 d\xi - 0,2742 d\theta - 3,50 &= 0 \\
 12 \quad d\eta + 0,7623 d\xi - 0,3448 d\theta + 2,82 &= 0 \\
 13 \quad d\eta + 0,7466 d\xi - 0,3559 d\theta + 2,25 &= 0 \\
 14 \quad d\eta + 0,2807 d\xi - 0,5997 d\theta &= 0 \\
 15 \quad d\eta + 0,2176 d\xi - 0,6255 d\theta + 0,18 &= 0 \\
 16 \quad d\eta + 0,0976 d\xi - 0,6717 d\theta + 0,89 &= 0 \\
 17 \quad d\eta - 0,2119 d\xi - 0,7880 d\theta + 1,43 &= 0 \\
 18 \quad d\eta - 0,2968 d\xi - 0,8052 d\theta - 0,27 &= 0 \\
 19 \quad d\eta - 0,3746 d\xi - 0,8290 d\theta - 0,45 &= 0
 \end{aligned}$$

Aus diesen 19 Gleichungen findet man in bekannter Weise:

$$\begin{aligned} 19 d\eta + 7,0768 d\xi - 2,1158 d\theta + 3,4900 &= 0 \\ 7,0768 d\eta + 8,3826 d\xi - 0,9235 d\theta + 2,4963 &= 0 \\ - 2,1158 d\eta - 0,9235 d\xi + 5,9660 d\theta - 2,8303 &= 0 \end{aligned}$$

Diesen Gleichungen genügen die Werthe:

$$d\eta = - 0,0629, \quad d\xi = - 0,1983, \quad d\theta = 0,4214.$$

Verbessert man mit diesen Fehlern die genäherten Elemente, so wird:

$$\eta = 9,7371 \pm 0,2738, \quad \xi = 11,4117 \pm 0,4075, \quad \theta = 2,5114 \pm 0,4082.$$

Mit diesen definitiven Elementen ergibt sich zwischen Rechnung und Beobachtung folgende Uebereinstimmung:

	$\varphi$	$T$ BEOB.	$T$ BER.	DIFF.
1 Reykjavik.....	64° 8'	3,30	4,929	- 1,629
2 Thiorshavn.....	61 55	5,60	5,599	+ 0,001
3 St. Michael.....	37 45	13,53	14,132	- 0,602
4 Madeira.....	32 38	15,83	15,866	- 0,036
5 Honolulu.....	21 16	19,30	19,057	+ 0,243
6 Barbadoes.....	13 4	21,32	20,550	+ 0,770
7 Singapore.....	1 17	21,63	21,193	+ 0,437
8 Batavia.....	- 6 9	20,59	20,619	- 0,019
9 Samarang.....	- 6 50	22,16	20,527	- 1,633
10 Ascension.....	- 8 5	19,99	20,315	- 0,355
11 St. Helena.....	- 15 55	15,59	18,744	- 3,154
12 Port Louis.....	- 20 10	20,75	17,570	+ 3,180
13 St. Denis.....	- 20 15	19,97	17,363	+ 2,607
14 Aukland.....	- 36 51	11,81	11,434	+ 0,376
15 St. Paul.....	- 38 43	11,20	10,649	+ 0,551
16 Macquarie.....	- 24 12	10,40	9,164	+ 1,236
17 Falkland.....	- 52 0	6,77	4,998	+ 1,772
18 Port Famine.....	- 53 38	4,40	4,328	+ 0,072
19 Cap Horn.....	- 56 0	3,27	3,380	- 0,110

Der mittlere Fehler für eine einzelne Beobachtung der ganzen Reihe findet sich  $\varepsilon \pm 1^{\circ},465$  R. Der wahrscheinliche Fehler für die Aequatorialtemperatur wird  $\varepsilon = \pm 0,815$ .

Die Coefficienten  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $\xi$  lassen sich auch noch auf eine andere Weise berechnen.

In der Reihe:

$$f(\varphi) = \eta + \eta' \cos \varphi + \eta'' \cos 2 \varphi + \theta' \cos 3 \varphi \dots + \eta^* \cos * \varphi \dots \\ + \theta \sin \varphi + \theta' \sin 2 \varphi + \theta'' \sin 3 \varphi \dots + \theta^* \sin * \varphi \dots$$

werden bekanntlich die Coefficienten durch bestimmte Integrale ausgedrückt. Es wird nämlich allgemein:

$$\theta^* = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) \cos * \varphi d\varphi \text{ und } \eta^* = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) \sin * \varphi d\varphi$$

Mit Hülfe der mechanischen Quadratur lassen sich die Werthe der Coefficienten  $\eta$ ,  $\theta$  und  $\xi$  leichter als vorhin ermitteln.

Wir verweisen, was die weitere Ausführung der Rechnung anbelangt, auf die Untersuchungen über die allgemeinen Störungen der Metis von OTTO LESSER, Marburg 1861, Seite 48 und 49.

Um diese Methode anzuwenden bestimmt man zunächst graphisch aus den Beobachtungen die Temperaturen von 16 in einem Meridian von einander gleichweit entfernt liegenden Hauptpunkten; indem wir die in der genannten Abhandlung eingeführte Bezeichnung beibehalten, legen wir für die weitere Rechnung folgende 16 Werthe zu Grunde:

$Y_0 = 21,5$	$Y_8 = + 21,5$
$Y_1 = 18,80$	$Y_9 = + 16,6$
$Y_2 = 11,75$	$Y_{10} = + 8,4$
$Y_3 = 3,0$	$Y_{11} = - 0,4$
$Y_4 = 0,8$	$Y_{12} = - 4,2$
$Y_5 = 3,0$	$Y_{13} = - 0,4$
$Y_6 = 11,75$	$Y_{14} = + 8,4$
$Y_7 = 18,8$	$Y_{15} = + 16,6$

Hiermit berechnet man weiter:

$$\begin{array}{ll}
 Y_0 + Y_8 = (0,8) = 43,0 & Y_0 - Y_8 = \left(\frac{0}{8}\right) = 0 \\
 Y_1 + Y_9 = (1,9) = 35,4 & Y_1 - Y_9 = \left(\frac{1}{9}\right) = 2,2 \\
 Y_2 + Y_{10} = (2,10) = 20,15 & Y_2 - Y_{10} = \left(\frac{2}{10}\right) = 3,35 \\
 Y_3 + Y_{11} = (3,11) = 2,6 & Y_3 - Y_{11} = \left(\frac{3}{11}\right) = 3,4 \\
 Y_4 + Y_{12} = (4,12) = -3,4 & Y_4 - Y_{12} = \left(\frac{4}{12}\right) = 5,0 \\
 Y_5 + Y_{13} = (5,13) = 2,6 & Y_5 - Y_{13} = \left(\frac{5}{13}\right) = 3,4 \\
 Y_6 + Y_{14} = (6,14) = 20,15 & Y_6 - Y_{14} = \left(\frac{6}{14}\right) = 3,35 \\
 Y_7 + Y_{15} = (7,15) = 35,4 & Y_7 - Y_{15} = \left(\frac{7}{15}\right) = 2,2
 \end{array}$$

$$(0,4) = (0,8) + (4,12) = 39,6$$

$$(1,5) = (1,9) + (5,13) = 38,0$$

$$(2,6) = (2,10) + (6,14) = 40,3$$

$$(3,7) = (3,11) + (7,15) = 38,0$$

$$(0,2) = (0,4) + (2,6) = 79,9$$

$$(1,3) = (1,5) + (3,7) = 76,0$$

Aus diesen Gleichungen folgt:

$$4 C^{\circ} = (0,2) = (1,3) \text{ im Mittel } \frac{C^{\circ}}{2} = \eta = 9,744$$

$$4 C' = \left(\frac{0}{8}\right) + \left\{ \left(\frac{2}{10}\right) - \left(\frac{6}{14}\right) \right\} \cos 45^{\circ}, C' = \eta' = 0$$

$$4 S' = \left\{ \left(\frac{2}{10}\right) + \left(\frac{6}{14}\right) \right\} \cos 45^{\circ} + \left(\frac{4}{12}\right), S' = \theta = 2,434$$

$$4 C_2 = (0,8) - (4,12) = \{ [(1,9) - (5,13)] - [(3,11) - (7,15)] \} \cos 45^{\circ}, \\ C_2 = \xi = 11,599.$$

Es sind dieses nahe zu dieselben Coefficienten, welche wir bereits vorhin erhalten haben.

Mit den ersten berechnet man für die beiden Hemisphären folgende von 10 zu 10 Breitengraden fortschreitende Temperaturtabelle:

Tab. III.

$\varphi$	$T$	$t$	$T + \frac{t}{2}$	$T - \frac{t}{2}$
90	0,84	8,73	5,20	— 3,52
80	1,49	8,62	5,80	— 2,82
70	3,36	8,27	7,50	— 0,78
60	6,20	7,71	10,05	2,35
50	9,68	6,95	13,15	6,21
40	13,33	6,01	16,34	10,32
30	16,70	4,93	19,17	14,23
20	19,34	3,72	21,20	17,48
10	20,89	2,44	22,11	19,67
0	21,14	1,12	21,70	20,58
— 10	20,03	2,44	21,25	18,81
— 20	17,62	3,72	19,48	15,76
— 30	14,19	4,93	16,66	11,72
— 40	10,10	6,01	13,11	7,09
— 50	5,83	6,95	9,31	2,35
— 60	1,86	7,71	5,71	— 1,99
— 70	— 1,37	8,27	2,77	— 5,51
— 80	— 3,46	8,62	0,85	— 7,77
— 90	— 4,19	8,73	0,17	— 8,56

Die Isothermen von  $0^\circ$  R werden durch die quadratische Gleichung:

$$\sin \varphi^2 - \frac{\theta}{2\xi} \sin \varphi - \frac{(\eta + \xi)}{2\xi} = 0.$$

bestimmt. Es wird nämlich:

$$\sin \varphi = \frac{1}{4\xi} \{ \theta \pm \sqrt{\theta^2 + 8\xi(\eta + \xi)} \}$$

woraus die südliche Isotherme von  $0^\circ$  R. bei  $— 65^\circ 33'$  gefunden wird.

Für das Klima eines Ortes ist zwar die mittlere Jahrestemperatur desselben ein wesentliches Element, indess kommen dabei noch andere Verhältnisse in Betracht. Der Unterschied zwischen der Sommer- und Wintertemperatur, oder der noch etwas grössere Unterschied der Temperaturdifferenz zwischen dem wärmsten und kältesten Monat, der einer-

seits von der geographischen Breite, anderseits von der Vertheilung von Land und Meer abhängig ist, werde durch  $t$  bezeichnet. Das allmähliche Wachsen dieses Werthes mit der geographischen Breite wird durch das ungleichmässige Bescheinen der Erdoberfläche von der Sonne bedingt; denn während unter dem Aequator Tag und Nacht von 12 zu 12 Stunden mit einander wechseln, steht die Sonne in der Nähe der Pole im Sommer Monate lang am Himmel, während sie in den Wintermonaten fehlt. Dass so ein verhältnissmässig heisser Sommer auf einen kalten Winter folgt und dass der Temperaturunterschied zwischen diesen beiden Jahreszeiten grösser ausfallen muss als unter dem Aequator, ist selbstverständlich.

Die Abhängigkeit des Werthes von  $t$  von der geographischen Breite lässt sich durch die Function

$$t = \alpha + \beta \sin \varphi$$

ausdrücken.

Aus den auf Seite 119 zusammengestellten Beobachtungen von  $t$ , mit Ausschluss derer von Reykjavik, Macquarie und Aukland, welche offenbar durch continentelle Einflüsse zu gross sind, berechnet man nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$\alpha = 1,117 \text{ und } \beta = 7,613.$$

Mit diesen Elementen ergibt sich zwischen Rechnung und Beobachtung folgende Uebereinstimmung:

	$\varphi$	$t$ BEOB.	$t$ BER.	BEOB.-BER.
Thiorshavn.....	61° 55	7,70 R.	7,83	— 0,13
St. Michael.....	37 45	6,39	5,77	+ 0,62
Madeira.....	32 38	4,80	5,22	— 0,42
Honolulu.....	22 16	3,31	3,87	— 0,56
Barbadoes.....	13 4	2,01	2,84	— 0,83
Singapore.....	1 17	1,65	1,29	+ 0,36
Batavia.....	— 6 9	2,22	1,94	+ 0,28
Samarang.....	— 6 50	1,82	2,03	— 0,21
St. Helena.....	— 15 55	3,11	3,21	— 0,10
Port Louis.....	— 20 10	3,88	3,75	+ 0,13
St. Denis.....	— 20 15	3,25	3,83	— 0,58
Falkland.....	— 52 0	8,26	7,12	+ 1,14

Die für die nördliche und südliche Halbkugel von 10 zu 10 Breitengraden berechneten Werthe von  $t$  sind in der Tabelle III aufgenommen.

Ferner berechnen wir mit diesen Elementen die zweite Abtheilung der Temperaturtafel III für das Seeklima, indem auch die Grössen  $T + \frac{1}{2}t$  und  $T - \frac{1}{2}t$ , oder die Temperaturen des wärmsten und kältesten Monates hinzugefügt werden.

Es lässt sich nicht verkennen, dass das Seeklima der Gegenwart, wie es in der Tabelle III dargestellt ist, von continentellen Einflüssen nicht ganz hat befreit werden können. Wäre dieses möglich, so würde für die Polargegenden eine noch etwas mildere Temperatur hervorgehen.

Bei unserer Rechnung haben wir absichtlich die mittleren Temperaturen den Polen möglichst nahe gelegener Punkte hinzugezogen; indess sind diese, wie z.B. die Temperatur von Reykjavik, nicht ganz frei von solchen Einflüssen des Festlandes. Island selbst übt hier bei einer Oberfläche von mehr als 1800 Quadratmeilen, eben so wie das benachbarte Grönland, eine deutlich erkennbare Einwirkung auf die mittlere Jahrestemperatur der Küstenpunkte aus, indem dieselbe im Vergleich mit der Rechnung um  $1^{\circ},6$  zu klein wird.

Bei 19 in der angegebenen Weise combinirten Beobachtungen, wie die mittleren Fehler zeigen, unterliegt es jedoch keinem Zweifel, was auch aus der Fortsetzung unserer Untersuchungen hervorgehen wird, dass die Coefficienten  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $\xi$  denen sehr nah stehen, die man bei vollständiger Seebedeckung der Erde erhalten würde.

Wenn man dieselben nur aus zwei mittleren Temperaturen von Inseln, welche sehr weit von allen Continenten entfernt sind, z.B. aus St. Michael und Honolulu, berechnet, so fände sich  $\eta = 10,760$ ,  $\xi = 10,606$  und damit eine Aequatorialtemperatur  $\eta + \xi = 21^{\circ},366$  und eine Polartemperatur  $\eta - \xi = 0^{\circ},154$ . Es ist dieses ein Resultat, welches mit dem aus allen Beobachtungen erhaltenen nahe zu übereinstimmt.

Durch die continentellen Einflüsse wird auch der Unterschied zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat grösser, wie dieses z.B. die Beobachtungen von Reykjavik zeigen. In unserer berechneten Tabelle für das Seeklima sind die Zahlen unter  $t$  vermuthlich noch ein wenig zu gross.

Die übrigbleibenden Unregelmässigkeiten, oder die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung im Seeklima, rühren weniger von dem Einfluss der Continente als von den Strömungen der Luft und des Meeres her. Ein sehr charakteristisches Beispiel zeigt in dieser Beziehung die mitten im atlantischen Ocean gelegene Insel St. Helena, auf der in Folge der grossen südlichen Strömung, die vom Cap der Guten Hoffnung bis gegen Ascension sich verbreitet, ein Sinken der mittleren Jahrestemperatur von  $3^{\circ},3$  R. bewirkt wird. Selbst bis Ascension hin ist dieser Einfluss noch merklich.

Umgekehrt ist die beobachtete mittlere Temperatur von Faroer und Bergen u. s. w., durch den Einfluss des Golfstroms, und die der Falklandinseln durch den Einfluss der La Plata-Strömung etwas grösser als die berechnete. Wir haben an dieser Stelle noch darauf aufmerksam zu machen, dass eine Insel, oder zwei nahe zu unter derselben Breite von einander nicht sehr entferntliegende Küsten, z.B. die Nord- und Südküste von Island, das nördliche Norwegen und Grönland, hier von einer warmen, dort von einer kalten Strömung bespült werden können. Es wird dann für solche Klimate die Differenz der beiden durch die Strömungen veränderten Temperaturen in Betracht kommen, die möglicher Weise unter derselben Breite mehrere Grade betragen kann.

---

## ABSCHNITT XIII.

### DAS CONTINENTAL-KLIMA IM VERGLEICH ZUM SEEKLIMA.

---

Es ist mit viel grössern Schwierigkeiten verbunden, die Temperatur-Beobachtungen von Orten, welche sich durch ein vollständiges Continentalklima auszeichnen, in nöthiger Anzahl zur Ausbildung einer Theorie herbei zu schaffen, als solche die sich auf das Seeklima beziehen.

Beobachtungen aus dem Innern Asiens würden für unsere Zwecke besonders erwünscht erscheinen. Sie fehlen indess noch gänzlich, mit Ausnahme derer, welche die Russischen meteorologischen Stationen in Sibirien und die Englischen in Indien geliefert haben. Ebenso sind die Beobachtungen in Innern von Africa noch sehr sparsam, nur die während zweier Jahre im Kouka angestellten haben wir mit benutzen können. Mit verhältnissmässig ungenügendem Material ist hier der Versuch gemacht worden für das Continentalklima die Wärme-Abnahme vom Aequator zu den Polen zu berechnen. Die mittleren Jahrestemperaturen von den folgenden 8 Orten sind für diese Aufgabe benutzt und zuvor auf den Meeresspiegel reducirt worden. Nämlich:

	$\varphi$	HÖHE	$T$	$T$ RECH. AUF D. MEER	$t$
Jakutzk .....	61° 1'	200'	— 8°,25	— 7,82	50,78
Tomsk.....	56 30	246	— 0,54	— 0,06	30,60
Irkutzk.....	52 1	1355	+ 0,27	+ 2,75	30,77
Pecking.....	39 54	79	+ 9,80	+ 9,92	23,98
Cawnpore.....	26 29	500	+ 21,43	+ 22,14	14,54
Benares.....	25 18	300	+ 21,45	+ 21,87	14,13
Calcutta.....	22 38	78	+ 22,40	+ 22,50	9,19
Kouka.....	13 10	1200	+ 22,95	+ 24,56	9,08

In der Gleichung:

$$T' = \eta' + \xi' \cos 2 \varphi$$

bestimmt man aus den angeführten Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$\eta' = 6^{\circ},990 \text{ und } \xi' = 22,055.$$

Mit diesen Elementen findet man zwischen Rechnung und Beobachtung folgende Uebereinstimmung:

	BEOB.	BERECH.	BEOB.-BER.
Jakutzk .....	— 7,82	— 5,36	— 2,46
Tomsk.....	— 0,06	— 1,63	— 1,57
Irkutzk.....	+ 2,75	+ 1,44	+ 1,31
Peking.....	+ 9,92	+ 10,90	— 0,98
Cawnpore.....	+ 22,14	+ 20,27	+ 1,87
Benares.....	+ 21,87	+ 20,99	+ 0,88
Calcutta.....	+ 22,50	+ 22,51	— 0,01
Kouka.....	+ 24,56	+ 26,75	— 2,19

Die Unterschiede zwischen den Temperaturen des kältesten und wärmsten Monats, welche unter der Columnne  $t$  sich befinden, lassen sich durch die Formel

$$t' = \alpha' + \beta' \sin \varphi$$

nur sehr ungenügend darstellen. Schliesst man indess die Beobachtung von Jakutzk aus, so kann man mit den Werthen  $\alpha' = 0$  und  $\beta' = 40^{\circ},0$  für die verschiedenen Breiten die nachfolgende Tabelle von  $t$  berechnen:

$\varphi$	$t'$
0	0,00
10	6,95
20	13,65
30	20,00
40	25,72
50	30,64
60	34,64
70	37,59
80	39,39
90	40,00

Zur bessern Vergleichung mit der Tabelle III berechnet man für das  
Continentalklima :

Tab. IV.

$\varphi$	$T'$	$T' + \frac{t'}{2}$	$T' - \frac{t'}{2}$
0	29,05	29,05	29,05
10	27,72	31,19	24,25
20	23,88	30,70	17,06
30	18,02	28,00	8,02
40	10,82	23,68	— 2,04
50	3,16	18,48	— 12,16
60	— 6,99	10,33	— 21,31
70	— 9,99	8,80	— 28,78
80	— 13,71	5,95	— 33,43
90	— 15,07	4,93	— 35,07

Aus der Vergleichung der Tabellen III und IV ergibt sich Folgendes :

1) Am Aequator ist die mittlere Jahrestemperatur für das Seeklima etwa 8° R. geringer als für das continentale. Das erstere nimmt vom Aequator gegen die Pole hin sehr viel langsamer ab als das letztere. Während so auf der nördlichen Halbkugel unter ziemlich hohen Breiten ein verhältnissmässig mildes Seeklima beobachtet wird, zeigt das continentale in den Tropen eine erstickende Hitze und an beiden Polen eine strenge Winterkälte, bei welcher das Quecksilber friert.

2) Der Unterschied zwischen den mittleren Temperaturen des wärmsten

und kältesten Monats besitzt sowohl für das See- wie für das Continentsklima unter dem Aequator den kleinsten Werth; dass die Constante  $\alpha' = 0$  angenommen wurde, ist nur die Folge mangelhafter Beobachtungen. Mit dem Wachsen der geographischen Breite gehen darauf  $t$  und  $t'$  bis zu den Polen hin weiter und weiter aus einander. Auf den Continenten ist die Sommertemperatur immer grösser als auf der See, im Winter dagegen ist sie niedriger.

3) Die geographische Breite, in welcher auf dem Continent, wie auf der See dieselbe mittlere Jahrestemperatur herrscht, findet man aus der Gleichung:

$$\sin \varphi = \frac{\theta}{4(\xi - \xi')} \mp \frac{1}{4(\xi - \xi')} \sqrt{\theta\theta + 8(\xi - \xi')\{(\eta - \eta') + (\xi - \xi')\}}$$

Für die nördliche Halbkugel wird:

$$\begin{array}{lll} \eta = 9,7371, & \theta = 2,5114, & \xi = 11,4117 \\ \eta' = 6,990 & & \xi' = 22,055 \end{array}$$

Daraus berechnet man  $\varphi = 33^\circ 24'$ .

Nördlich von diesem Breitengrade ist die mittlere Temperatur des Continentsklimas kälter, südlich von demselben ist sie wärmer als die des Seeklimas.

4) In der Zeit, in welcher die Erde noch ganz mit Wasser bedeckt war, fand zwischen den Isothermen und den Breitenkreisen Parallelismus statt. Die ursprüngliche Lage dieser Linien hat sich durch das allmähliche Emporsteigen der Continente langsam verändert, bis bei der gegenwärtigen Vertheilung von Land und Meer die jetzt beobachtete Configuration der Isothermen eingetreten ist. Ferner leuchtet ein, dass durch eine neu eintretende Formveränderung der Continente eine neue Gestaltung der Isothermen hervorgebracht werden wird.

Für das Seeklima liegt die Temperatur des Nordpols noch etwas über  $0^\circ$ ; die Isotherme von  $0$  für das Continentsklima liegt dagegen bei  $54^\circ 52'$ . Durch den Einfluss des Continents wird daher die Isotherme von  $0^\circ$  im Inneren von Asien um etwa  $35^\circ$  gegen Süden hin abgelenkt.

Das See- und Continentalklima mischen sich z.B. in Europa in der mannigfaltigsten Weise. Die Zahlen in den Tabellen III und IV enthalten die nöthigen Elemente für eine approximative Berechnung der Temperaturen gemischter Klimate.

Um dieses Verhältniss deutlicher zu zeigen, stellen wir von den folgenden 7 Orten, welche nahe zu unter derselben geographischen Breite liegen, die Werthe von  $T'$  und  $t$  zusammen:

	BREITE	LÄNGE	$T'$	$t$	HÖHE	RED. AUF D. MEER
1 Antrim.....	55° 0'	0° 0'	7,05	12,77	0	7,05
2 Kopenhagen.....	55 41	18 38	6,27	15,27	0	6,27
3 Tilsit.....	55 5	27 48	5,80	18,30	0	5,80
4 Moscau.....	55 45	43 41	3,57	23,48	400	4,37
5 Kasan.....	55 48	55 10	1,53	26,26	150	1,83
6 Slataust.....	55 11	65 48	0,47	27,43	980	2,27
7 Tomsk.....	56 30	91 13	-0,66	29,65	300	-0,06

Nehmen wir für einen Ort in der Breite von 55°, der 10° westlich von Antrim liegt, volles Seeklima an, und setzen:

$\eta - \xi = 0,84$  und  $\eta + \xi = 21,14$  (siehe Tabelle III)  
so wird  $\eta = 10,99$  und  $\xi = 10,15$ .

Für das Landklima ergab sich:

$\eta' + \xi' = 29,045$   
und für Tomsk  $\eta' + 0,3907 \xi' = -0,06$ .  
Daraus folgt  $\eta' = 8,14$  und  $\xi' = 20,91$ .

Aus diesen 4 Constanten ist ersichtlich, dass durch den Einfluss der Continente der Werthe von  $\eta$  sich verringert, der von  $\xi$  sich vergrößert; der Einfluss der See wirkt in entgegengesetzter Weise. Diese Bemerkung ist für die Untersuchungen im nächsten Abschnitt nicht ohne Belang.

Die vom Land und Meer abhängigen Constanten  $\xi''$  und  $\eta''$  für ein gemischtes Klima, und so die mittleren Jahrestemperaturen für jeden der genannten Orte lassen sich näherungsweise aus den Werthen von  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\xi$  und  $\xi'$  der Länge proportional interpoliren.

Man findet alsdann :

	$\eta''$	$\xi''$	$T_{\text{BEOB.}}$	$T_{\text{BER.}}$	BEOB.-BER.
See.....	10,99	10,15	7,52	7,52	+ 0,00
Antrim.....	10,71	11,21	7,05	7,16	- 0,11
Kopenhagen.....	10,18	13,18	6,27	5,38	+ 0,89
Tilsit.....	9,93	14,16	5,80	5,05	+ 0,75
Moscau.....	9,48	15,86	4,37	3,67	+ 0,70
Kasan.....	9,16	17,07	1,56	2,88	- 0,32
Slataust.....	8,86	18,23	2,27	1,74	+ 0,53
Tomsk.....	8,14	20,91	- 0,06	- 0,06	0,00

Der Einfluss der See auf das Continentalklima scheint noch bis in die Gegend von Moscau bemerklich zu sein.

In ähnlicher Art könnte man zwischen dem genannten Punkt in der See und Tomsk die Werthe von  $t''$  aus  $t$  und  $t'$  bestimmen, indess kann zwischen der Rechnung und den noch sehr mangelhaften Beobachtung keine so günstige Uebereinstimmung erzielt werden.

## ABSCHNITT XIV.

### DIE WÄRMEVERTHEILUNG AUF DER ERDE, BEI DER GEGENWÄRTIGEN VERTHEILUNG DER CONTINENTE.

---

Bei der Aufsuchung der Ursachen, welche eine unregelmässige Vertheilung der Wärme und somit eine ungleiche Temperatur der beiden Erdhemisphären veranlassen, kömmt den eben mitgetheilten Rechnungen zu Folge die Art der Vertheilung des Landes so wie des Meeres auf der ganzen Erdoberfläche wesentlich in Betracht. Zur genaueren Erforschung dieses Gegenstandes habe ich die nachfolgende approximative Messung ausgeführt. Der etwa 302<sup>mm</sup> im Durchmesser haltende, nach den vorzüglichsten Quellen von C. ADAMI gezeichnete Erdglobus (Berlin im Verlag von DIETRICH REIMER 1856) wurde bei dieselben zu Grunde gelegt. Seine Oberfläche wird durch 36 sorgsam construirte Meridiane und durch 17 von 10° zu 10° entfernte Parallelkreise in 612 Felder getheilt. Eine Anzahl derselben ist ganz mit Land, eine andere ganz mit Wasser bedeckt. In den übrigen Feldern lässt sich das Oberflächen-Verhältniss von Land zu Meer leicht durch Schätzung ermitteln. Wir erhalten so auf der nördlichen wie auf der südlichen Halbkugel von

10 zu 10 Breitengraden fortschreitend durch zwei von einander unabhängige Messungen folgende Zahlen, welche in 18 verschiedenen Zonen der Erdkugel das Verhältniss von Land und Meer angeben.

Tab. V.

## Nördliche Halbkugel.

	VERHÄLTNISS				IN QUADRATMEILEN		
	I	II	Land	Meer	Land	Meer	Oberfläche
90—80	1,000	1,000	1,000	35,000	1953	68346	70299
80—70	10,920	10,910	10,915	25,085	63240	143340	208580
70—60	24,580	24,400	24,490	11,510	231860	108960	340820
60—50	19,956	20,030	19,993	16,007	256820	205630	462450
50—40	16,830	16,940	16,885	19,115	267420	302730	570150
40—30	15,310	15,230	15,270	20,730	280150	380320	660470
30—20	13,528	13,408	13,468	22,532	273390	457360	730750
20—10	9,740	9,630	9,685	26,315	209510	569270	778780
10—0	8,210	8,212	8,211	27,789	183200	620010	803210
1767543 + 2857966 = 4625509 Quadratmeilen.							

## Südliche Halbkugel.

	VERHÄLTNISS				IN QUADRATMEILEN		
	I	II	Land	Meer	Land	Meer	Oberfläche
0°—10°	8,508	8,502	8,505	27,495	189760	613150	803210
10—20	7,490	7,650	7,570	28,430	163760	615020	778780
20—30	8,140	8,290	8,215	27,785	166750	564000	730750
30—40	4,250	4,219	4,234	31,766	77678	582792	660470
40—50	1,080	1,080	1,080	34,920	17104	553046	570150
50—60	0,330	0,280	0,305	35,695	3918	458532	462450
60—70	6,330	6,210	6,270	29,730	59361	281459	340820
70—80	22,290	22,270	22,280	13,720	129090	79490	208580
80—90	36,000	36,000	36,000	0,000	70299	—	70299
877720 + 3747889 = 4625509.							

Wir haben bei der Berechnung dieser Tabelle die Erde als Kugel betrachtet und bei allen nachfolgenden Rechnungen ihren Halbmesser approximativ zu  $r = 858,0$  geographische Meilen angenommen.

Hiernach verhält sich das Land zum Meere:

auf der nördlichen Halbkugel.....	1767543	: 2857966
auf der südlichen Halbkugel.....	877720	: 3747889
auf der ganzen Erde.....	2645263	: 6605855.

In runden Zahlen verhält sich auf der Erdoberfläche das Land zum Meere wie 2 : 5. Nehmen wir die mittlere Tiefe des Meeres zu  $\frac{1}{3}$  Meile an, so beträgt das Volumen des Meeres 1651439 Cubikmeilen, also  $\frac{1}{1600}$  des Volumens der Erde und etwa  $\frac{1}{8000}$  der Erdmasse.

Aus diesem Ueberschlage ist ersichtlich, dass das Meer einen fast verschwindend kleinen Theil des ganzen Erdkörpers ausmacht, welcher nur bei der Bildung der alleräussersten Oberfläche mit thätig gewesen sein kann.

Nehmen wir nun an, das die Erde das eine Mal ganz mit Wasser, das andere Mal ganz mit Land bedeckt sei, so lässt sich mit Berücksichtigung der Gleichungen:

$$\begin{aligned} \eta + \theta \sin \varphi + \xi \cos 2\varphi &= T \\ \eta' + \xi' \cos 2\varphi &= T' \end{aligned}$$

in jedem dieser beiden Fälle die auf der ganzen Erdoberfläche durch die Sonne erzeugte Wärmemenge berechnen.

Man findet leicht:

$$1) \int_0^r \left\{ \eta + \frac{x}{r} \theta + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi \right\} 2 r \pi dx = \left( \eta + \frac{\theta}{2} + \frac{\xi}{3} \right) 2 \pi r r = \Omega$$

$$2) \int_0^r \left\{ \eta' + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi' \right\} 2 r \pi dx = \left( \eta' + \frac{\xi'}{3} \right) 2 \pi r r = \Omega'.$$

Substituiren wir für das Seeklima der nördlichen Halbkugel die vorhin gefundenen Werthe (Seite 121) nämlich:

$$\eta = 9,7371, \quad \xi = 11,4117, \quad \theta = 2,5114$$

und für das Continentalklima (Seite 129)

$$\eta' = 6,990, \quad \xi' = 22,055$$

so ergibt sich:

$$\begin{aligned} \Omega &= 68438000 \\ \Omega' &= 66339000. \end{aligned}$$

Die Grössen  $\Omega$  und  $\Omega'$  bedeuten die Anzahl der Wärmegrade, welche durch die Summation aller mittleren Jahrestemperaturen, die einzeln auf jeder Quadratmeile als beobachtet gedacht und in Reaumurscher Scale ausgedrückt, gefunden werden.

Die mittlere Jahrestemperatur, ergibt sich bei vollkommener Seebedeckung der Erde für die nördliche Halbkugel:

$$\eta + \frac{\theta}{2} + \frac{\xi}{3} = T = 14^{\circ},796 \text{ R.}$$

Dagegen findet man bei vollkommener Landbedeckung der Erde für die nördliche Halbkugel:

$$\eta' + \frac{\xi'}{3} = T' = 14^{\circ},342 \text{ R.}$$

Der gewiss unerwartet geringe Unterschied beider,  $T - T' = 0^{\circ},454$  ist wohl nur die Folge der bei der Bestimmung der mittleren Temperaturen begangenen Beobachtungsfehler; auch belehrt uns das eben erhaltene Resultat, dass die Erwärmung der Erdoberfläche im Wesentlichen nur von der Sonnenbeleuchtung abhängt. Das so berechnete Wärmequantum:  $\frac{\Omega + \Omega'}{2} = 67388500$ , welches sich je nach der Configuration von Wasser und Land in der verschiedensten Weise über der Erdoberfläche vertheilen lässt, heisst die ideale Wärmemengen der Erde.

Der Mittelwerth aus beiden Zahlen

$$\frac{T + T'}{2} = T'' = 14,569 \text{ R.}$$

ist die ideale mittlere Jahrestemperatur der Erdoberfläche.

Aus der Gleichung:

$$\sin \varphi^2 - \frac{\theta}{2(\xi + \xi')} \sin \varphi + \frac{2 T'' - \{(\eta + \eta') + (\xi + \xi')\}}{2(\xi + \xi')} = 0$$

$$\text{und } \sin \varphi = 0,01879 \pm \frac{1}{2} \sqrt{(1,25865)}$$

ergibt sich die mittlere Temperatur der Erde auf der nördlichen Halbkugel für die gefundenen Werthe von  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $\xi$ ,  $\eta'$ ,  $\xi'$  in der Breite  $\varphi = 35^{\circ} 26'$ , auf der südlichen Halbkugel bei  $\varphi' = 32^{\circ} 50'$ .

Mit Hinzuziehung der sowohl aus der See- als aus der Landbedeckung abgeleiteten mittleren Temperatur  $T' = 14,569$  und der Aequatorial- und Polar-Temperatur, gelangt man zu einer neuen, etwas abgeänderten Bestimmung der Coefficienten

$$\eta, \xi, \theta, \eta^{\circ}, \xi^{\circ}, \theta^{\circ}, \eta', \xi'.$$

Man findet nämlich:

$$\begin{array}{rcl} \eta + \xi & = & 21,1488 \qquad \eta^{\circ} + \xi^{\circ} = 21,1488 \\ \eta + \theta - \xi & = & 0,8368 \qquad \eta^{\circ} - \theta^{\circ} - \xi^{\circ} = -4,1900 \\ \eta + \frac{\theta}{2} + \frac{\xi}{3} & = & 14,5690 \qquad \eta^{\circ} + \frac{\theta^{\circ}}{2} + \frac{\xi^{\circ}}{3} = 14,5690 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{und} & & \eta' + \frac{\xi'}{3} = 14,569 \\ & & \eta' + \xi' = 29,0450. \end{array}$$

Aus denselben folgt:

$$\begin{array}{rcl} \eta & = & 10,4200 \qquad \xi = 10,7290 \qquad \theta = 1,1450 \\ \eta^{\circ} & = & 9,5992 \qquad \xi^{\circ} = 11,5496 \qquad \theta^{\circ} = 2,2396 \\ \eta' & = & 7,3310 \qquad \xi' = 21,7140 \end{array}$$

Nimmt man nun die beiden Integralwerthe zwischen den Grenzen  $x = 0$  und  $x = r \sin \varphi$ , so findet sich:

$$\begin{array}{l} 1) \quad 2rr\pi \left\{ (\eta + \xi) \sin \varphi + \frac{\theta}{2} \sin \varphi^2 - \frac{2}{3} \xi \sin \varphi^3 \right\} = \Omega \\ 2) \quad 2rr\pi \left\{ (\eta + \xi) \sin \varphi - \frac{\theta}{2} \sin \varphi^2 - \frac{2}{3} \xi \sin \varphi^3 \right\} = \Omega^{\circ} \\ 3) \quad 2rr\pi \left\{ (\eta' + \xi') \sin \varphi - \frac{2}{3} \xi' \sin \varphi^3 \right\} = \Omega' \end{array}$$

Die Gleichungen 1) und 2) geben die Wärmesumme bei den verschiedenen Werthen zwischen den Grenzen 0 und  $r \sin \varphi$  auf der nördlichen und südlichen Halbkugel für das gegenwärtige Secklima an; die Gleichung 3) dagegen würde auf vollständige Landbedeckung der Erde sich beziehen.

Es ist ersichtlich, dass für  $\frac{d\Omega'}{d\varphi} = 0$ , d. h.  $\sin \varphi = \sqrt{\frac{\eta' + \xi'}{2 \xi'}}$  oder  $\varphi = 54^{\circ} 51' 54''$ ,  $\Omega'$  ein Maximum erreicht. Alle Länderstrecken, welche nördlich von der genannten Breite liegen, werden Kälte bringend

wirken und die Erwärmung zwischen diesem Breitengrade und dem Aequator theilweise compensiren.

Wir berechnen zuerst die nachfolgende Tabelle für die verschiedenen Werthe von  $\Omega$ ,  $\Omega^\circ$  und  $\Omega'$ :

Tab. VI.

$\varphi$	NÖRD. HALBK.	SÜDL. HALBK.	NÖRD. HALBK.
	Meer	Meer	Land
	$\Omega$	$\Omega^\circ$	$\Omega'$
10	16894000	16638000	22979000
20	32444000	31425000	43271000
30	45487000	43165000	58795000
40	55187500	51279000	68575000
50	61416000	55891000	72805000
60	65211400	57699000	72986000
70	66815000	57800000	70676000
80	67305000	57301400	68364300
90	67388500	57029000	67388500

Es sind dieses die idealen auf der Erdoberfläche vertheilten Wärmemengen unter der Voraussetzung von vollkommener Meer- oder Landbedeckung.

Die Zonenwerthe, oder die Differenzen in den unter  $\Omega$ ,  $\Omega^\circ$ ,  $\Omega'$  überschriebenen Columnen, die wir mit  $\Sigma$ ,  $\Sigma^\circ$ , und  $\Sigma'$  bezeichnen, und die mittleren Temperaturen jeder einzelnen Zone sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tab. VII.

$\varphi - \varphi'$	$\Sigma$	$T$	$\Sigma^\circ$	$T^\circ$	$\Sigma'$	$T'$
0—10	16894000	21,03	16638000	20,71	22979000	28,61
10—20	15550000	19,97	14787000	19,00	20292000	26,06
20—30	13043000	17,85	11740000	16,06	15524000	21,25
30—40	9700500	14,69	8114000	12,28	9770000	14,79
40—50	6258500	10,98	4612000	8,09	4230000	7,42
50—60	3765400	8,14	1808000	3,91	181000	0,39
60—70	1603600	4,70	101000	0,29	— 2310000	— 6,78
70—80	490000	2,35	— 498600	— 2,39	— 2311700	— 11,08
80—90	83500	1,19	— 272400	— 3,87	— 975800	— 13,88

18\*

Mit Berücksichtigung dieser Zahlen ist es einleuchtend, dass wenn die nördliche Halbkugel bis zur Breite  $54^\circ 51' 54''$  ganz mit Continent, und von da ganz mit Meer bedeckt wäre; die südliche Halbkugel dagegen vom Aequator bis zur Breite  $-54^\circ 51' 54''$  nur Meer und von diesem Parallelkreis an bis zum Südpol nur Continent existirte, dass dann der grösstmögliche Temperatur-Unterschied zwischen beiden Hemisphären entstehen würde.

Für die nördliche Halbkugel findet sich alsdann:

$$\int_0^{r \sin \varphi} \left\{ \eta' + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi' \right\} 2r\pi dx + \int_{r \sin \varphi}^1 \left\{ \eta' + \frac{x\theta}{r} + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi \right\} 2r\pi dx = \Omega_0$$

Für die südliche Halbkugel wird:

$$\int_0^{-r \sin \varphi} \left\{ \eta' + \frac{x\theta}{r} + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi \right\} 2r\pi dx + \int_{-r \sin \varphi}^1 \left\{ \eta' + \left(1 - \frac{2xx}{rr}\right) \xi' \right\} 2r\pi dx = \Omega'_0$$

wo  $\varphi = 54^\circ 51' 54''$ .

Die weitere Rechnung ergibt mit einem Mittelwerth der Constanten von Seite 138,  $\eta = 10,0096$ ,  $\xi = 11,1393$ ,  $\theta = 1,6923$  und  $\eta' = 7,3310$ ,  $\xi' = 21,7140$ .

$$\Omega_0 = 7325000 + 3552000 = 76802000$$

$$\Omega'_0 = 63837000 - 5861000 = 57976000$$

und die mittlere Temperatur der nördlichen und südlichen Halbkugel bei dieser Vertheilung von Land und Meer:

$$T_0 = 16,604$$

$$T'_0 = 12,534$$

$$T_0 - T'_0 = 4,070.$$

Dieses wäre die grösste Temperaturdifferenz, welche bei der angenommenen Vertheilung von Land und Meer zwischen der nördlichen und südlichen Halbkugel stattfinden könnte. Der Mittelwerth zwischen den Temperaturen der beiden Halbkugeln gibt  $14^\circ,569$  oder die mittlere Temperatur der Erde, von der wir ausgegangen sind, so dass  $2^\circ,04$  Wärme von der südlichen zur nördlichen Halbkugel übergeführt werden. Das Klima des mittlern Deutschlands würde bei einer solchen Vertheilung von See und Land etwa dem Klima des Lombardei entsprechen und gegen das jetzt vorhandene wesentlich gewinnen.

Durch die gegenwärtige unsymmetrische Configuration der Continente wird sich die Wärmevertheilung auf beiden Hemisphären etwas anders gestalten, doch wird der Temperaturunterschied geringer sein als ihn der eben berechnete Grenzwert hängigt. Mit Berücksichtigung der Tab. V, welche die Vertheilung von Land und Meer in den 18 verschiedenen Zonen über die ganze Erdoberfläche enthält, und mit Hinzuziehung der Constanten von Seite 138 berechnet man, der Oberfläche des Landes und des Meeres proportional, für die Temperatur-Vertheilung auf der nördlichen Halbkugel folgende Zahlen:

Tab. VIII.

## NÖRDLICHE HALBKUGEL.

$\varphi-\varphi$	Meer $\Sigma$	Land $\Sigma^{\circ}$	$\Sigma + \Sigma^{\circ}$
0—10	13046600	5241500	18288100
10—20	11366000	5459100	16825100
20—30	8183600	5807750	13971350
30—40	5586000	4144500	9730500
40—50	3323300	1984000	5307300
50—60	1674250	100520	1774770
60—70	508010	— 1571400	— 1063390
70—80	333670	— 700890	— 367220
80—90	81182	— 27106	54076
	44076612	+ 20437974	= 64514586 = $\Theta$

Verfahren wir nun in derselben Weise mit der südlichen Halbkugel, so ergibt sich aus der Tabelle V und VII folgende Uebersicht:

Tab. IX.

SÜDLICHE HALBKUGEL.			
	Meer	Land	
$\varphi - \varphi'$	$\Sigma$	$\Sigma^\circ$	$\Sigma + \Sigma^\circ$
0—10	12707000	5428750	18135750
10—20	11678000	4267000	15945000
20—30	9061000	3542500	12603500
30—40	7160200	1149100	8309300
40—50	4473600	124010	4597610
50—60	1792700	1533	1794233
60—70	83406	— 402350	— 318924
70—80	— 190029	— 1430700	— 1620720
80—90	—	— 975800	— 975800
	46765886	+ 11704063	= 58469949 = $\Theta'$

Dieser Rechnung zu Folge beträgt bei der gegenwärtigen Vertheilung der Continente die reale, den Beobachtungen entsprechende Wärmemenge auf der nördlichen Halbkugel  $\Theta = 64514586$ ; auf der südlichen dagegen  $\Theta' = 58469949$ . Die mittlere Temperatur der nördlichen Halbkugel würde folglich  $T' = 13,948$  und die der südlichen  $T'' = 12,641$  gefunden werden; d. h.  $T' - T'' = 1,307$ .

Aus dieser Untersuchung ergibt sich, dass die grössere Kälte auf der südlichen Hemisphäre allein durch eine andere Vertheilung der Continente als auf der nördlichen, vornehmlich nur durch das Vorhanden sein eines antarctischen Continents bedingt wird (Seite 132). Jede andere Erklärungsweise dieses Phaenomens, welches die Meteorologen und Geographen vielfach beschäftigt hat, scheint danach durchaus unzulässig zu sein.

Um dieses Verhältniss noch klarer hervortreten zu lassen, gehen wir von der realen Wärmemenge der nördlichen Halbkugel und von der berechneten Seetemperatur am Aequator aus.

Wir haben alsdann die beiden Gleichungen:

$$\eta + \xi = 21,149$$

$$\frac{\Theta}{2r r \pi} = \eta + \frac{\xi}{3} = 13,948$$

Daraus ergibt sich  $\eta = 10^2,3475$  und  $\xi = 10^2,8015$ . Mit diesen Zahlen findet man für das reale Seeklima der nördlichen Halbkugel folgende Zahlen:

Tab. X.

$\varphi - \varphi'$	$\Omega$	$\Sigma$
0—10	16813000	16813000
0—20	32125000	15312000
0—30	44752000	12627000
0—40	54031000	9279000
0—50	59965000	5934000
0—60	63083000	3118000
0—70	64290000	1207000
0—80	64521000	231000
0—90	64516000	- 5000

Substituiert man nun in  $\Sigma$  die Kältemenge mit Berücksichtigung der Constanten  $\eta' = 7,33$  und  $\xi' = 21,714$ , welche aus der angenommenen Grösse und Lage des antarctischen Continents sich ergibt, so wird man damit das Seeklima der südlichen Halbkugel berechnen und dieses mit den Beobachtungen aus Tabelle III vergleichen können.

Es findet sich alsdann die Wärmemenge der südlichen Halbkugel  $\Theta'$  aus folgenden Zahlen zusammengesetzt:

$\varphi - \varphi'$	$\Sigma^\circ$
0—10	16813000
10—20	15312000
20—30	12627000
30—40	9279000
40—50	5934000
50—60	3092118
60—70	594450
70—80	- 1342670
80—90	- 975800
<hr/>	
	61333098 = $\Theta'$

Ferner wird:

$$\frac{\theta'}{2\pi r r'} = \eta + \frac{\xi}{3} = 13,26$$

$$\eta + \xi = 21,14$$

also:  $\eta = 9,32, \xi = 11,82.$

Mit diesen Zahlen berechnet man die nachfolgende Temperatur-Tabelle, welche man mit der aus den Beobachtungen abgeleiteten Tabelle III vergleichen kann:

SÜDLICHE HALBKUGEL.			
$\varphi$	$T.$ BEOB.	$T.$ BER.	BEOB-BER.
0	21,14	21,14	0,00
10	20,03	20,43	- 0,40
20	17,62	18,35	- 0,73
30	14,19	15,23	- 1,04
40	10,10	11,37	- 1,27
50	5,83	7,27	- 1,44
60	1,86	3,41	- 1,55
70	- 1,37	0,27	- 1,64
80	- 3,46	- 1,79	- 1,67
90	- 4,19	- 2,50	- 1,69.

Es ist hier zwischen Rechnung und Beobachtung eine befriedigende Uebereinstimmung erzielt, die sich kaum im Voraus erwarten liess, doch ist es einleuchtend, dass die noch übrig bleibende Differenz von einer nicht ganz richtigen Bestimmung der Constanten, namentlich von  $\theta$  (Seite 121) abhängt; würde diese Grösse etwa um  $\frac{1}{5}$  verkleinert, so ergäbe sich eine fast genaue Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. Selbst ein etwas kleineres arctisches Continent als das angenommene würde zur Erklärung der Temperatur-erscheinungen auf der südlichen Halbkugel nach ausreichen. Jedenfalls ist es nach den Gesetzen der Wärmetheorie ganz unzweifelhaft, dass die niedrige Temperatur des Seeklimas auf der südlichen Halbkugel nur die Folge eines bisjetzt wenig bekannten Continents sein kann; eine vollständige Meeresbedeckung kann einen solchen Einfluss nicht ausüben.

Die ungleiche Temperatur der beiden Erdhemisphären wird zunächst eine verschiedene Lage der Schneelinie nördlich und südlich vom Aequator bedingen. In Folge davon werden für die geographische Breite des 45<sup>sten</sup> Grades die Gletscher der südlichen Halbkugel im Mittel um etwa 1566 Fuss tiefer herabrücken als es auf der nördlichen möglich ist.

Die durchaus unsymmetrische Vertheilung von Land und Meer auf der Erdoberfläche ist daher auf das Vorwärtsrücken und auf das Zurückweichen der Gletscher nicht ohne Einfluss, sie ist aber nicht hinreichend um die Gletscher-Erscheinungen in der Diluvialzeit zu erklären, oder gar eine Vergletscherung eines grossen Theiles der Erde zu bewirken.

## ABSCHNITT XV.

### DIE KLIMATE DER VORWELT.

---

Ueber die Beschaffenheit der Klimate der Vorwelt wird man sich dann nur eine genügende Ansicht verschaffen können, wenn man von der Beschaffenheit der Klimate der Gegenwart ausgeht und diese mit Berücksichtigung der verschiedenen physikalischen, auf der Erdoberfläche eingetretenen Veränderungen auf frühere Zeiten überträgt. Ein stetiger Uebergang der einen in die anderen ist durchaus nothwendig und naturgemäss; eine sprungweise Fortpflanzung der Wärme erscheint als unmöglich, denn die Erdwärme, wie FOURIER bezeichnend hervorhebt, zeigt die Charaktere der Stabilität, welche alle grossen Erscheinungen des Weltalls darbieten.

Das Verhältniss des Festlandes zum Meere, welches sich gegenwärtig etwa wie 2 : 5 verhält, ist vormals ein anderes, meist gewiss sehr viel kleineres gewesen, und wir müssen daher zur Beurtheilung der urweltlichen Klimate von dem Seeklima unserer Zeit, wie es im Abschnitt XII dargestellt ist, ausgehen.

Beim Studium aller älteren geologischen Formationen wird man auf eine allgemeiner verbreitete Seebedeckung der Erdoberfläche hingewiesen.

Zuerst tauchten Inselgruppen hie und da auf, welche sich allmählig unter einander verbanden und erst nach der Vollendung der Tertiärzeit machen die grössern Continente, in Verbindung mit ihren klimatischen Eigenthümlichkeiten sich geltend.

Die Wärmemenge, welche sich heutzutage auf der Erde entwickelt, hängt fast nur allein von der Sonnenbeleuchtung ab, die innere Wärme dagegen ist kaum noch bemerkbar. Nach FOURIER'S Untersuchungen übertrifft der gegenwärtige Wärmezustand den endlichen Wärmezustand, den er nach vollkommener Erkaltung des Erdkörpers annehmen würde, nur um  $\frac{1}{30}$  Centesimalgrad; POISSON findet diese Grösse wenig verschieden  $= 0^{\circ},02658$  C.

Das Erdinnere, welches jetzt noch von einer sehr hohen Temperatur beherrscht wird, lässt diese geringe Wärmemenge durch die schon bedeutend dicke Rinde sehr langsam hindurch; als dieselbe einst nur halb so dick war, als sie gegenwärtig ist, konnte die doppelte, bei einem Drittheil die dreifache Wärmemenge entweichen. Eine angenäherte Kenntniss von der Dicke der Erdrinde wird für verschiedene Fragen der Geologie von grosser Wichtigkeit sein und wir besitzen in der That die Mittel diese Grösse näherungsweise zu bestimmen.

Nehmen wir die Temperatur der geschmolzenen Silicatmassen zu  $2400^{\circ}$  C. an und rechnen für 40 Meter Vertiefung eine Wärmezunahme von  $1^{\circ}$  C., so würde daraus die Dicke der Erdrinde zu 96000 Meter sich ergeben. Da indess die Temperatur des Schmelzpunkts der Silicate sehr unsicher ist, so erscheint eine andere Methode die Dicke der Erdrinde zu ermitteln zuverlässiger zu sein. Die Dichtigkeitszunahme im Innern der Erde bietet ein geeignetes Hülfsmittel dar <sup>1)</sup>.

Es bezeichne  $D^{\circ} = 2,665$  die mittlere Dichtigkeit an der Erdoberfläche.

Ferner sei  $D = 5,67$  die mittlere Dichtigkeit der Erde,  $D' = 10,177$  die Dichtigkeit im Mittelpunkte desselben und  $D'' = 2,912$  die Dichtigkeit einer Schicht in der Tiefe  $\delta$ , in der die Silicatmassen zu schmelzen beginnen. Es sei ferner  $R$ , der Halbmesser der Erde und  $r$  der Halbmesser der eingeschriebenen der Tiefe  $\delta$  entsprechenden Kugel.

<sup>1)</sup> Vulkanische Gesteine von Sicilien und Island, Seite 315 und 396.

Ferner sei das Dichtigkeitszunahme Gesetz :

$$D' = D' - (D' - D^0) \frac{r}{R}$$

Daraus folgt weiter die Dicke der Erdrinde etwa unter dem 45<sup>sten</sup> Breitengrade, während sie unter dem Aequator jedenfalls geringer, unter den Polen grösser angenommen werden kann :

$$\delta = R - r = R \left\{ 1 - \sqrt{\frac{D' - D''}{D' - D^0}} \right\}$$

Die in den Vulkanen emporsteigenden Laven sind ursprünglich an der Grenzschicht zu Hause, an welcher die festen und flüssigen Massen sich von einander scheiden. Für den Mittelwerth des specifischen Gewichts der Laven ergibt sich aus einer grössern Anzahl von Beobachtungen  $D' = 2,912$ . Damit berechnet man  $\delta = R - r = 105625^m = 14,2$  geographischen Meilen oder etwa  $\frac{1}{8}$  des Erdhalbmessers.

Nach den bereits mitgetheilten Bemerkungen kann man folgende Tabelle berechnen, in welcher  $\delta$  die Dicke der Erdrinde,  $\tau$  den Temperatur-Ueberschuss an der Oberfläche,  $\vartheta$  die Tiefe in der Erde, in welcher das Wasser bei einfachem Atmosphärendruck sieden würde, und  $\varepsilon$  die Tiefe bedeutet, welche für 1° C. Wärmezunahme beobachtet wird:

$\varepsilon$	$\tau$ C.	$\delta$	$\frac{\delta}{R}$	$\vartheta$
32 <sup>m</sup> ,000	0,033	105625 <sup>m</sup>	0,01660	3200 <sup>m</sup>
16,000	0,066	52812	0,00830	1600
1,067	1,000	3521	0,00050	107
0,533	2,000	1760	0,00025	53
0,356	3,000	1174	0,00017	36
0,266	4,000	880	0,00012	27
0,213	5,000	704	0,00010	21
0,021	50,000	70	0,00001	2
0,010	100,000	35	0,00000	1

Diese Tabelle gibt zu den nachfolgenden Bemerkungen Veranlassung :

- 1) Die Mächtigkeit der silurischen Schichten ist zwar nicht immer mit vollständiger Sicherheit zu ermitteln und wird wechselnd zwischen

400 und 1200<sup>m</sup> angegeben. Nehmen wir als Durchschnittswerth derselben etwa 600<sup>m</sup> an, rechnen wir ferner für die tiefergelegenen krystallinischen Gesteine, eine Dicke von 280<sup>m</sup>, so würde bei dieser Voraussetzung von Seiten der Erdwärme ein Temperatur-Ueberschuss an der Erdoberfläche von höchstens 4° C. oder 3°,2 R. gegen das Ende der silurischen Formation zu erwarten sein. Dieser Temperatur-Ueberschuss wird anfangs sehr rasch, darauf langsam aber durchaus stetig während ausserordentlich langer Zeiträume sich vermindern; jede Discontinuität, jede sprungweise Aenderung, wie sie AGASSIZ zur Erklärung der Eiszeit annimmt, widerspricht der allgemeinen Wärmetheorie.

2) In den Zeiten, in welchen ein Temperatur-Ueberschuss der innern Erdwärme von 4 Centesimalgraden vorhanden war, musste alles Wasser in einer Tiefe von etwa 80 Fuss zum Sieden gelangen. Das Festland, wo dieses sich schon gebildet hatte, war mit Thermen und dem Geyser ähnlichen Kochbrunnen durchzogen; warme Wasserdämpfe stiegen überall empor.

Die Oeane wurden nicht wie jetzt nur durch die Sonne, sondern auch von ihrem Boden aus erwärmt, indem überall siedende Quellen sich in das Meerwasser ergossen. Unter solchen Verhältnissen mussten starke von den gegenwärtigen sehr verschiedene Meeres-Strömungen entstehen, die das von unten her erwärmte Wasser aus den aequatorialen in die polaren Gegenden führten.

Sowohl am Meeresboden als auch in den noch tiefer gelegenen Erdspalten war das Wasser unter Hochdruck vorhanden und konnte so bei günstigen Umständen zu sehr hohen Temperaturen gelangen. Quellen dieser Art erklären die Granitbildung, die Bildung der Quarzkrystalle und die anderer krystallisirter Mineralkörper in granitischen Gängen.

3) Die Ansammlung des Weltmeeres ging vor sich als die Erdrinde noch eine sehr geringe Dicke hatte. Nachdem die Temperatur weit genug gesunken war, trübte sich die weitausgedehnte Atmosphäre zunächst an den beiden Polen, und die ersten Wasserniederschläge konnten

beginnen. Jener Trübung in den höhern Luftschichten, die sich allmählig weiter und weiter gegen den Aequator ausdehnte, folgte für eine gewisse Zeit ein Zustand vollkommener Nacht, indem die Niederschläge so dicht wurden, dass das Sonnenlicht sie nicht zu durchdringen vermochte.

Bei einer Sonnenwärme unter dem Aequator von  $26^{\circ},4$  C., und bei einem innern Wärmeüberschusse von  $73^{\circ},6$  C., würde sich mit Berücksichtigung der ebenangeführten Tabelle, das erste Meerwasser, in sofern kein Hochdruck der Atmosphäre vorausgesetzt wird, über einer  $48^m$  dicken Erdkruste angesammelt haben. Würde dagegen Hochdruck unter einer dichteren Atmosphäre vorausgesetzt, so kann die primitive Erdkruste bei der Bildung des Weltmeers noch etwas geringer gewesen sein. Auch hier wird das überhitzte Wasser, welches überall mit dem Meeresboden in Berührung kam, umgestaltend auf die Gesteine einwirken.

In Folge der weiteren Abkühlung und der fortgesetzten Bildung von Niederschlägen verminderte sich nach und nach der Druck der Atmosphäre und damit die Temperatur des Meerwassers, welche erst unter den normalen Siedepunkt, dann zu der Grösse herabsank, in der die erste Organisation sich zu entwickeln begann.

Diese Temperatur lässt sich zwar nicht genau angeben und um so weniger, da uns nicht bekannt ist, welches die ersten Organismen gewesen sind, doch geht soviel aus den angeführten Betrachtungen hervor, dass wenn wir am Ende der silurischen Zeit eine Dicke der Erdkruste von  $800^m$  bis  $900^m$  annehmen, durch die innere Erdwärme höchstens nur ein Temperatur-Ueberschuss an der Oberfläche von etwa  $3^{\circ},2$  R. zu erwarten ist. Derselbe genügt aber vollkommen bei einer modificirten Weise der Wärmeverbreitung, um daraus alle Erscheinungen der urweltlichen Pflanzengeographie genügend zu erklären.

Jene vormalige von der gegenwärtigen verschiedene Art der Wärmevertheilung an der Erdoberfläche hatte in Folgendem ihren Grund:

Die Atmosphäre war feuchter und immer noch etwas dichter als in unsern Zeiten, und der beständig oder grösstentheils mit Wolken bedeckte

Himmel, welcher die Ausstrahlung der Wärme verhinderte, gleich der Glas-Decke eines Treibhauses, die sich vom Aequator zu den Polen erstreckte. Die kalten Winternächte, welche selbst noch in den mittleren geographischen Breiten dem Leben der Pflanzen so nachtheilig sind, waren so gut wie ganz ausgeschlossen; doch auch die Sonnenstrahlen wurden aus demselben Grunde von der Erdoberfläche abgehalten und so fiel der Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat, den wir mit  $t$  bezeichnet haben, erheblich viel geringer aus als in unserer Zeit.

Nehmen wir beispielsweise an, dass etwa in der Mitte der gemässigten Zone gegenwärtig in den 6 Wintermonaten vom October bis zum Ende des März nur 60 klare Nächte beobachtet würden und in jeder derselben, was sehr gering veranschlagt ist, ein Sinken der Temperatur von  $5^{\circ}$  R. erfolgte, so würde im Mittel die Kälte der Nächte um  $1,7$  R. gegen einen solchen Winter erniedrigt werden, in welchen der Himmel fortwährend bedeckt wäre. Ein beständig bedeckter Himmel würde auch noch in unserer Zeit die Temperaturextreme ausgleichen, die Nachfröste im Wesentlichen ausschliessen und die Temperaturen der verschiedenen Jahreszeiten einander nähern.

Solange die Erde noch ganz oder doch zum grössten Theil mit Wasser bedeckt war, wehten vorherrschend warme Seewinde, welche einen ununterbrochenen Wärmestrom von dem Aequator zu den Polen hinführten. Bei stärkerer Verdunstung wurde so unter den Tropen Wärme gebunden, die nach erfolgten Niederschlägen in den Polargegenden wieder frei geworden, die mittlere Jahrestemperatur um etwas erhöhen musste. Endlich übten die Meeresströmungen vormals, solange sie noch durch die innere Erdwärme mit angeregt waren, auf die Klimate der gemässigten und besonders der polaren Zonen einen viel kräftigeren Einfluss aus, als gegenwärtig, wo eine der Quellen der Erwärmung des Meerwassers weggefallen ist.

Aus der Vergleichung der Temperaturen des theoretischen Seeklimas mit den Beobachtungen wird man die Unregelmässigkeiten, welche von kalten oder warmen Strömungen herrühren, ihrer Grösse nach erkennen können. So liegt z.B. Thiorshavn in der Verlängerung des

Golfstroms. Die Faroer, so wie ein grosser Theil des nördlichen atlantischen Oceans werden durch den Einfluss desselben in ihrer mittleren Jahrestemperatur um  $1^{\circ}$  R. erhöht. Die Falklandsinseln liegen in der Laplata-Strömung; ihre mittlere Jahrestemperatur gewinnt durch dieselbe ebenfalls  $1^{\circ}$  R. Auf St. Helena ist es umgekehrt, durch die grosse antarctische Strömung wird die mittlere Jahrestemperatur dieser Insel um 3 Grad herabgedrückt. Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse ist es nicht möglich die Wärmemengen in Rechnung zu bringen, welche durch die aequatorialen Strömungen den Polargegenden zugeführt wird; indess kann man, ohne einen zu grossen Irrthum zu begehen, annehmen, dass die einstmaligen zugleich von der Sonnen- und Erdwärme erzeugten Strömungen, die sich vor der Bildung der Continente viel regelmässiger und symmetrischer vertheilten, eine Temperaturerhöhung bewirkten, welche die von den gegenwärtigen Strömungen in den höheren Breiten hervorgerufene um etwas übertroffen haben.

Unter den jetzt herrschenden Temperaturverhältnissen und bei völliger Seebedeckung der Erde würde in der Breite von  $67^{\circ} 25'$  das Wasser der Oberfläche bei einer Temperatur von  $4^{\circ},1$  C. die grösste Dichtigkeit besitzen. Von diesem Parallelkreise an, indem das schwerste Wasser sinkt, taucht die Fläche, welche die Punkte der grössten Dichtigkeit mit einander verbindet, sowohl gegen den Pol, als gegen den Aequator in die Tiefe. Zwischen diesem Parallelkreis und dem Pole befindet sich kälteres und leichteres Wasser und hier vornehmlich findet die Bildung des Polareises in der Gegenwart statt. Solange noch eine höhere Erdtemperatur herrschte, war die Eisbildung an den Polen ausgeschlossen und Wasser von der grössten Dichtigkeit, welches jetzt in die Tiefe sinkt, war nicht vorhanden. Die Strömungen nahmen wenigstens theilweise den umgekehrten Weg, indem das erwärmte Wasser vom Boden des Meeres zur Oberfläche stieg und so die Lufttemperatur auch in höhern Breiten erhöhte.

Dies sind die wesentlichen Momente, welche in den früheren geologischen Perioden eine von der gegenwärtigen verschiedene Wärmevertheilung bewirkt und in den polaren Gegenden ein ungleich milderes

Klima erzeugt haben, welches sich in den Erscheinungen der urweltlichen Pflanzenwelt wieder abspiegelt. Mit Rücksicht auf das eben Gesagte, werden wir den nachfolgenden Ueberschlag machen, der die Beschaffenheit des Klimas etwa in der Mitte in der silurischen Formation deutlicher hervortreten lässt.

Wir finden zunächst:

Die mittlere Seetemperatur unter dem Aequator.....	= 21°,04 R.
Beitrag der innern Erdwärme.....	= 3°,20 R.
Aequatorialwärme etwa für das Ende der Silur. Formation...	24°,24 = $\eta + \xi$

Dagegen findet man:

Mittlere Seetemperatur der Gegenwart unter 45° Breite...	= 10°,69
Beitrag der Erdwärme.....	= 3°,20
Wärmetransport durch Winde und Niederschläge.....	= 1°,00
Wärmetransport durch Meeresströmungen durchschnittlich..	= 2°
Mittlere Jahrestemperatur unter 45° in der Silur. Formation.	16°,89 = $\eta$ und $\eta - \xi = 9,34$
Jahresamplitude $t$ für 45° in der Gegenwart.....	= 6°,48
Jahresamplitude in Folge bedeckten Himmels in der silurischen Zeit. (Siehe Seite 151.).....	= 4°,78

Mit diesen Grössen berechnet man alsdann folgende Temperaturtabelle für das Ende der genannten Formation:

Tabelle XI.

$\varphi$	Wärmster Monat.		Kältester Monat.	
	$T$	$T + \frac{t}{2}$	$T - \frac{t}{2}$	$t$
0	24,24	24,80	23,68	1,12
10	23,79	24,79	22,79	2,01
20	22,52	23,96	21,08	2,88
30	20,56	22,40	18,72	3,69
40	18,17	20,39	15,96	4,43
50	15,61	18,14	13,08	5,06
60	13,22	16,01	10,43	5,58
70	11,26	14,23	8,29	5,95
80	9,99	13,08	6,90	6,19
90	9,54	12,68	6,40	6,27

Dieses silurische Klima geht nun im Verlauf ausserordentlich grosser Zeiträume continuirlich in das Seeklima der Gegenwart über, indem die Einwirkung der innern Erdwärme auf die Oberfläche fast verschwindet und der Wärmetransport durch Luft- und Seeströmungen sehr vermindert, dagegen der Temperaturunterschied der wärmsten und kältesten Jahreszeit durch Ausstrahlung vergrössert wird.

In der eben berechneten Tabelle der Temperatur der silurischen Formation ist der Wärmeüberschuss an der Erdoberfläche vielleicht etwas zu gross, der durch die Strömungen der Luft und des Meeres verursachte Wärmetransport wahrscheinlich etwas zu klein veranschlagt worden. Auch ist der Wärmeunterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monate vermuthlich etwas geringer und somit das Klima der polaren Zonen noch etwas gleichmässiger anzunehmen.

In dem unermesslichen Zeitraume, von der silurischen Zeit bis zur Gegenwart, haben sich die verschiedenen geologischen Formationen nach und nach eine über der andern abgelagert. Nehmen wir an, dass die Zeiten, während welcher diese Niederschläge erfolgten, der Dicke der Schichten proportional sind, so wird man, von der eben mitgetheilten Tabelle ausgehend, die Temperaturverhältnisse, welche in diesen Formationen stattfanden, näherungsweise berechnen können.

Wir legen für die Mächtigkeit der Formationen folgende mittlere Werthe zu Grunde:

		<i>x</i>
1 Silurische Formation.....	600 <sup>m</sup>	0,0000
2 Devonische " .....	1000	0,2247
3 Steinkohlen " .....	1200	0,4944
4 Permische " .....	300	0,5749
5 Trias " .....	700	0,7191
6 Jura " .....	600	0,8539
7 Kreide " .....	200	0,8989
8 Tertiär " .....	300	0,9663
9 Diluvial " .....	150	1,0000

Bezeichnen wir den Zeitmoment am Ende der silurischen Formation mit 0, die von da bis jetzt abgelaufene Zeit mit 1, so erhalten wir für das Ende einer jeden Formation in der Tabelle die Zahlen unter  $x$ .

Der von der innern Erdwärme am Ende der silurischen Formation herrührende Temperatur-Ueberschuss sei =  $3^{\circ},2$  R., derselbe in der Gegenwart = 0,027. Die zwischen diesen beiden Grenzen liegenden den Zeiten  $x$  entsprechenden Werthe der Temperaturüberschüsse, welche wir mit  $\gamma$  bezeichnen, bestimmen sich folgendermassen.

In der Gleichung:

$$\gamma = a + b e^{-x}$$

$$\text{wird für } x = 0 \quad \gamma = 3,200 = a + b$$

$$\text{wird für } x = 1 \quad \gamma' = 0,027 = a + \frac{b}{e}$$

Aus diesen beiden Gleichungen ergibt sich:

$$\gamma = - 1,819 + 5,019 e^{-x}$$

Hiermit berechnet man für das Ende einer jeden Formation folgende Werthe von  $\gamma$ , sodann  $\eta + \xi$  oder die Aequatorial-Temperatur und  $\eta$  die Temperatur unter dem 45<sup>sten</sup> Breitengrade, indem man annimmt dass auch die durch Luft und Seeströmungen von den Tropen zu den Polarkreisen transportirte Wärme der Zeit proportional abgenommen habe.

	$\gamma$	$\eta + \xi$	$\eta$
Ende der Silurische Formation.....	3,200	24,24	16,89
" " Devonische " .....	2,190	23,21	15,21
" " Steinkohlen " .....	1,242	22,26	13,61
" " Permische " .....	1,005	22,03	12,76
" " Trias " .....	0,626	21,65	12,17
" " Jura " .....	0,317	21,34	11,45
" " Kreide " .....	0,224	21,24	11,21
" " Tertiär " .....	0,090	21,11	10,88
" " Diluvial = Gegenwart .....	0,027	21,02	10,69

Nimmt man ferner an, dass auch  $t$  der Zeit proportional wachse, so gelangt man schliesslich für die Mitte der Formationen zu folgender Zahlenübersicht:

20 \*

Tabelle XII.

IN GRADEN VON REAUMUR.

Devonische Formation.				Steinkohlen Formation.			Permische Formation.		
$\varphi$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$
0°	23,73	24,29	23,17	22,74	23,30	22,18	22,15	22,71	21,59
10	23,26	24,28	22,24	22,23	23,31	21,15	21,60	22,72	20,48
20	21,93	23,40	20,46	20,79	22,38	19,20	20,05	21,71	18,39
30	19,88	21,77	17,99	18,57	20,63	16,51	17,66	19,84	15,48
40	17,38	19,65	15,09	15,85	18,35	13,35	14,74	17,37	12,11
50	14,71	17,31	12,11	12,97	15,84	10,00	11,62	14,66	8,58
60	12,20	15,07	9,33	10,25	13,42	7,08	8,70	12,06	5,34
70	10,15	13,21	7,09	8,03	11,42	4,64	6,31	9,91	2,71
80	8,83	12,06	5,60	6,59	10,12	3,06	4,76	8,50	1,02
90	8,36	11,58	5,14	6,09	9,66	2,52	4,22	8,01	0,43

Trias Formation.			Jura Formation.			Kreide Formation.			
	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$
0	21,84	22,40	21,28	21,50	22,06	20,94	21,30	21,86	20,74
10	21,28	22,42	20,14	20,91	22,08	19,74	20,69	21,88	19,50
20	19,65	21,36	17,94	19,23	21,00	17,46	18,79	20,60	16,98
30	17,16	19,40	14,92	16,65	18,98	14,32	16,31	18,69	13,93
40	14,10	16,82	11,38	13,49	16,32	10,66	13,09	15,99	10,19
50	10,84	13,98	7,70	10,13	13,40	6,86	9,63	12,98	6,28
60	7,79	11,27	4,31	6,97	10,59	3,35	6,35	10,07	2,63
70	5,29	9,01	1,57	4,39	8,27	0,51	3,87	7,86	— 0,12
80	3,67	7,55	— 0,21	2,71	6,75	— 1,33	1,97	6,12	— 2,18
90	3,10	7,03	— 0,83	2,13	6,23	— 1,97	1,37	5,58	— 2,84

Tertiär Formation.			Diluvial Formation.			Gegenwart.			
	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$	$T$	$T + \frac{1}{2} t$	$T - \frac{1}{2} t$
0	21,18	21,74	20,62	21,07	21,63	20,51	21,02	21,58	20,46
10	20,56	21,76	19,36	20,23	21,44	19,02	20,40	21,62	19,18
20	18,81	20,64	16,98	18,48	20,33	16,63	18,60	20,46	16,74
30	16,11	18,53	13,69	15,81	18,26	13,36	15,86	18,33	13,39
40	12,81	15,76	9,86	12,53	15,53	9,53	12,38	15,39	9,37
50	9,29	12,70	5,88	9,05	12,51	5,59	8,90	12,38	5,42
60	5,99	9,77	2,21	5,77	9,61	1,93	5,53	9,39	1,67
70	3,29	7,34	— 0,76	3,10	7,21	— 1,01	2,78	6,92	— 1,36
80	1,54	5,76	— 2,68	1,35	5,64	— 2,94	0,98	5,29	— 3,33
90	0,93	5,21	— 3,35	0,52	4,86	— 3,82	0,36	4,73	— 4,01

Diese Tabelle bezieht sich auf vollständiges Seeklima der Erde, welches in den ersten Formationen fast allein als massgebend anzusehen ist; in den spätern dagegen treten die continentellen Einflüsse langsam hervor und mit ihnen werden die Isothermen von den Parallelkreisen nach und nach abgelenkt und ihrer gegenwärtigen Lage entgegengeführt. Was nun ins Besondere die Diluvialformation anbelangt, so war das Seeklima derselben etwas milder als das der Gegenwart und es liegen hier keine Gründe vor, welche eine allgemeine Eisbedeckung eines sehr grossen Theiles der beiden Hemisphären als wahrscheinlich erscheinen liessen. Es ist ferner kein Grund vorhanden anzunehmen, dass während der Diluvialzeit die Einflüsse des Continentalklimas grösser gewesen seien als in unserer Zeit; im Gegentheil lässt sich das Umgekehrte vermuthen. Wenn wir nun durch die Beobachtungen zu der Annahme genöthigt werden, dass in der Diluvialzeit gewisse Gegenden der Erde mit Eis, vornehmlich mit Gletschern bedeckt gewesen sind, so können wir die Ursachen dieser Erscheinung durchaus nicht als allgemeine, sondern nur als örtliche bezeichnen, die sich über verhältnissmässig kleine Räume ausgedehnt haben.

## ABSCHNITT XVI.

### DIE HYPOTHESEN VON CHARPENTIER UND AGASSIZ ZUR ERKLÄRUNG DER DILUVIAL-ERSCHEINUNGEN IN DER SCHWEIZ.

Im dritten Abschnitt dieser Abhandlung ist die vormalige grössere Ausdehnung der Gletscher durch die tiefergelegenen Alpenthäler besprochen worden. Niemand wird jetzt noch die Richtigkeit dieser Erscheinung in Abrede stellen können, obwohl das Quantitative der diluvialen Gletscherverbreitung mitunter sehr überschätzt zu sein scheint.

Wenn wir zunächst auf das Gebiet innerhalb der Hochthäler der Alpen uns beschränken und jene Vorländer mit ihren Findlingsblöcken auf der Nord- und Südseite dieses Gebirges vorläufig unberücksichtigt lassen, so muss man zugestehen, dass eine allgemeine Verbreitung der Gletscher auch für diese Gegend eine erhebliche Veränderung des Klimas erfordert. In dem Thale von Aosta verbreitet sich gegenwärtig über unverkennbaren Gletscherspuren eine fast südeuropäische Vegetation; in der Nähe von Ivorne, wo der beste Wein der Schweiz gebaut wird, liegen Riesenblöcke vormaliger Moränen.

Die Ursachen, welche diese klimatischen Veränderungen bewirkt haben, müssen durch wissenschaftliche Untersuchungen, nicht aber durch Hypothesen erklärt werden, die mit den unumstösslichen Gesetzen der Physik in Widerspruch stehen.

Noch grössere Schwierigkeiten haben die erratischen Erscheinungen ausserhalb der Alpen, im Schweizer Tieflande, an den Rändern des Jura und an den Grenzen der Lombardischen Ebene den Geologen bereitet und ihre Erklärung hat zu den verschiedensten Hypothesen Veranlassung gegeben.

Nachdem man allgemein erkannt hat, dass grosse Fluthen, für welche die Wassermenge in solchen Gebirgen nicht beschafft werden kann, den Transport jener Findlinge nicht bewirken konnten, wurde man Schritt für Schritt naturgemäss auf die Eis- und Gletscherbildung und auf die damit im Zusammenhang stehenden Diluvialphaenomene zurückgeführt.

Es bestehen der Hauptsache nach zwei wesentlich verschiedene Hypothesen, durch welche man das vorliegende geologische Räthsel zu erklären suchte, erstens die Hypothese von CHARPENTIER, zweitens die von AGASSIZ, welche letztere allgemein unter dem Namen der Eiszeit bekannt ist. Mit geringen Modificationen neigen sich die Geologen der verschiedenen Länder der einen oder der andern dieser beiden Hypothesen zu.

Bevor wir den Grad ihrer Haltbarkeit genauer untersuchen, ist es erforderlich unsere Leser mit dem Wesen derselben bekannt zu machen.

#### 1) *Die Hypothese von CHARPENTIER.*

CHARPENTIER, nachdem er richtig, vielleicht in einem etwas zu grossem Maassstabe, die vormalige Verbreitung der Gletscher innerhalb der Alpen nachgewiesen hatte, lässt aus allen Haupthälern dieses Gebirges riesige Gletscherarme hervorgehen, welche nicht nur die Landseen ausfüllen, sondern auch nach und nach das ganze Schweizer Tiefland in der Weise überdecken, dass eine ungeheuere Eisschicht von mindestens

1000 Meter Dicke, bis zu den Höhen des Jura sich aufgestaut hat. Diese Riesengletscher hätten dann aus den Thälern des Hochgebirges vornehmlich aus dem grössten derselben, dem Wallis, in der Gestalt von Moränen die Findlingsblöcke mit sich geführt, um sie theils in der Ebene, theils an den Rändern und Kuppen des Jura wieder abzusetzen. Nach und nach, bei einer Veränderung der klimatischen Verhältnisse hätten sich dann die Gletscher in ihre gegenwärtigen Grenzen zurückgezogen, während ihre Moränen ausserhalb der Alpen zurückgeblieben seien.

In wie weit diese Hypothese mit den Erfahrungen übereinstimmt, werden wir nachher untersuchen. Indess ist es doch erlaubt nach den Ursachen zu fragen, durch welche ein so grosser Wechsel des Klimas herbeigeführt werden konnte, um zuerst jene ungeheuere Ausdehnung, dann aber das Zurückweichen der Gletscher zu erklären.

CHARPENTIER, der bereits im Jahre 1835 eine Abhandlung über die vormalige Verbreitung der alpinen Gletscher veröffentlichte <sup>1)</sup>, ging damals zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung von dem richtigen Gesichtspunkte aus, dass die Alpen und der Jura in der Diluvialzeit eine grössere Höhe als in der Gegenwart gehabt hätten. Statt dieser allein haltbaren Hypothese weiter nachzugehen und an sie die nothwendigen Folgerungen zu knüpfen, hat er sie in seiner letzten, von uns öfter erwähnten Arbeit „*Essai sur les Glaciers*“, vermuthlich von den gleichzeitigen Arbeiten von AGASSIZ beeinflusst, für ungenügend erklärt. Indem er sie zurücknahm setzte er an ihre Stelle eine andere, sehr viel unwahrscheinlichere, die bei ihrer weiteren Prüfung auf sehr viel grössere Schwierigkeiten stösst, welche vom rein geologischen Standpunkte aus manche Bedenken erregt und mit der Wärmetheorie durchaus unverträglich erscheint.

CHARPENTIER geht schliesslich von der Ansicht aus, dass eine Reihe kalter und regnerischer Jahre, ähnlich denen von 1812 bis 1818, genügen würden um eine so grossartige Verbreitung der Gletscher zu

---

<sup>1)</sup> *Annales des mines*, 1835.

bewirken, welche in der Diluvialzeit für den Transport der Findlinge bis zu den Rändern des Jura erfordert wird. Als ich das Vergnügen und die Freude hatte diesen ausgezeichneten Alpenforscher im Jahre 1854 in Bex kennen zu lernen, theilte er mir mit, dass bei länger fortdauernden kalten Jahren, wie die genannten, die Gletscher bald die Thore von Genf wieder erreichen würden. Diese Frage werden wir später einer genaueren Prüfung unterwerfen.

In seinem Werke <sup>1)</sup> spricht sich CHARPENTIER etwa in derselben Weise aus:

„C'est donc *après le soulèvement des Alpes*, que dut survenir cette longue suite d'années froides et pluvieuses, qui occasionna la formation des glaciers diluviens.”

An einer andern Stelle finden wir folgende Worte:

„Mais pour concevoir l'accroissement considérable des glaciers, on n'a pas besoin de supposer un froid excessif, un climat de Sibérie. Une longue série d'années pareilles aux années pluvieuses et froides qui se succédèrent depuis 1812 jusques en 1817, aurait bien suffi pour former les glaciers diluviens les plus étendus des Alpes.”

Wenn wir auch mit CHARPENTIER darin übereinstimmen, dass die grosse Ausdehnung der alpinen Gletscher nach der Erhebung der Alpen statt fand, so ist doch mit Ausnahme einer andern Reliefform der Erdoberfläche, die CHARPENTIER verwirft, kein physikalischer Grund vorhanden, welcher uns anzunehmen erlaubte, dass nach jener Katastrophe eine gänzliche Umgestaltung des Klimas, und die Aufeinanderfolge einer sehr langen Reihe nasser und kalter Jahre eingetreten sei.

Um nun diese durchaus nothwendige Aenderung des Klimas zu erklären, greift CHARPENTIER zu einer neuen Hypothese, welche kurz zusammengefasst sich etwa in folgenden Worten ausdrücken lässt.

Die Erde habe während und nach der Erhebung der Alpen eine Menge Spalten und Risse bekommen, aus denen anfangs siedende, dann heisse Wasserdämpfe emporgestiegen seien. Nach ihrer Condensation seien Nebel

---

<sup>1)</sup> *Essai sur les glaciers*, pag. 311 und pag. 319.

und Wolken gebildet, welche indem sie den Himmel bedeckten, die Sonnenstrahlen abhielten und eine Reihenfolge kalter und regenerischer Jahre erzeugten, durch welche jene grossartige Ausdehnung der Gletscher bewirkt worden sei. Die aus den Hochthälern der Alpen hervordringenden Eismassen gelangten so zunächst in die Schweizer Ebene und überdeckten schliesslich einen Theil des Jura bis zu einer Höhe von 3100 Fuss über dem Niveau des Genfer Sees.

2) *Die Hypothese von AGASSIZ oder die Eiszeit.*

AGASSIZ's Ansicht über dieses geologische Problem sei durch seine eigenen Worte hier wiedergegeben:

„Meiner Ansicht nach kann nur auf folgende Weise das Ganze der eben aus einander gesetzten Thatsachen mit den Ergebnissen der Geologie in Einklang gebracht werden. Zu Ende der geologischen Epoche, welche der Erhebung der Alpen voraufging, bedeckte sich die Erde mit einer ungeheuern Eiskruste, welche von den Polargegenden her über den grössten Theil der nördlichen Halbkugel sich erstreckte. Die Skandinavische Halbinsel, Grossbritannien, die Nord und Ostsee, das nördliche Deutschland, die Schweiz, das Mittelmeer bis zum Atlas, das nördliche America und das Asiatische Russland waren ein ungeheures Eisfeld, aus welchem nur die höchsten Spitzen der damals bestehenden Berge (die Centralalpen waren noch nicht) auftauchten und dessen Grenzen uns noch heute überall durch die Grenzen der erraticen Blöcke bezeichnet sind. Bei der Erhebung der Alpen wurde auch diese Eiskruste, wie alle andern Gesteinsschichten, gehoben; die Trümmer, welche bei dieser Umwälzung von den erhobenen Gebirgen sich lossrissen, fielen auf das Eis und wurden nachher auf seiner Oberfläche fortbewegt, wie noch heute die Blöcke der Moränen auf der Eisfläche der Gletscher“, etc.

AGASSIZ zieht aus der Hypothese der Eiszeit, welche er auch auf ältere Perioden der Erdgeschichte, nicht bloß auf das Diluvium ausdehnt, eine Reihe von Folgerungen, die für die Entwicklung der Organisation unseres Planeten von grosser Bedeutung zu werden scheinen. Er bringt die im Eise und in der gefrorenen Erde von Sibirien aufgefundenen Elephanten, so wie die Ueberreste anderer diluvialer Säugethiere mit ihr in Verbindung; schliesslich nimmt er an, dass das Ende einer jeden grossen geologischen Epoche durch eine solche Eiszeit characterisirt gewesen sei, welche nach ihrer Bildung die Vernichtung der vorhandenen Schöpfung bedingt habe. Nach einem längeren Zeitraume habe jedoch auch jede dieser Eiszeiten ihr Ende erreicht; die Erdwärme sei darauf plötzlich, obgleich nicht ganz zu ihrer frühern Höhe, emporgestiegen und eine neue, doch verschiedene Organisation sei erschaffen worden.

Wir finden in dieser Beziehung in AGASSIZ's Werk, pag. 306 noch folgende wichtige Stelle:

„Man hat mir oft entgegnet, die Annahme eines solchen Frostes, welcher die ganze Erde bis in grosse Entfernungen von den Polen mit einer solchen Eisdecke überzogen hätte, sei im Widerstreit mit den so gut begründeten Thatsachen, welche eine fortwährende Abnahme der Temperatur seit den ältesten Zeiten bis in die Gegenwart darthun. Allein nichts spricht dafür, dass diese Temperaturabnahme fortwährend eine allmähliche gewesen sei. Im Gegentheil, wer die Natur von einem physiologischen Gesichtspunkte zu betrachten gewöhnt ist, wird eher geneigt sein anzunehmen, die Temperatur der Erde habe sich auf einen gewissen Grad während der Dauer einer ganzen geologischen Epoche erhalten, sei dann plötzlich am Ende einer jeden Epoche bedeutend gesunken und habe dadurch den Untergang aller organischen Wesen bereitet; sie habe dann wieder zu Anfang der folgenden Periode zugenommen, wenn gleich zu einem geringeren Grade, als in der vorhergehenden Periode, so dass man die Abnahme der Erdwärme durch folgende Linie ausdrücken könnte:



„Ich nehme daher an, dass die Temperatur der Erde grosse Schwankungen erlitten habe, welche sich mehrfach in der Erdgeschichte wiederholt haben; dass die grösste Kälte immer am Ende der geologischen Perioden eingetreten ist; dass die Bildung jener grossen Eisdecke, deren Ausdehnung wir theilweise durch die Findlingsblöcke kennen, früher stattfand als die Erhebung der Alpen, und dass erst nach dieser Erhebung, als die Temperatur schon wieder gestiegen war, die Eismassen in der Richtung der Bodenneigung von den Alpen zum Jura sich zu bewegen anfangen, bis sie sich später innerhalb der Alpen zurückgezogen haben, wo sie mehr oder weniger ihre heutige Gestalt erlangt und Moränen sich längs der sie einschliessenden Thalwände abgelagert haben.“

„Was nun die Bildung dieser grossen Eisdecke betrifft, so könnte man sie auf folgende Weise erklären. Als die Temperatur sank, strömte wahrscheinlich aller Wasserdunst aus den Aequatorialgegenden nach den Polargegenden hin, wo er sich in der Form von Regen, Reif und Schnee niederschlug. Dadurch entstanden ungeheuere Anhäufungen von Schnee und Eis, in denen die damaligen Thiere und Pflanzen eingehüllt wurden. Diese Eisdecke muss sehr mächtig gewesen sein; in der Schweiz wenigstens war sie gleich der Höhe, zu welcher die Findlingsblöcke sich über die Ebene erheben. Uebrigens welche Meinung man auch über die Entstehung dieser ungeheueren Eismassen haben mag, ihr einstiges Dasein wenigstens lässt sich nicht mehr in Zweifel ziehen.“

Nachdem wir die beiden hauptsächlichsten Hypothesen kurz dargelegt haben, durch welche man die vormalige Gletscher-Verbreitung in den Alpen wie in dem Jura zu erklären suchte, werden wir dieselben zunächst unter einander und dann mit den Ergebnissen der exacten Naturwissenschaften vergleichen. Da sowohl die Werke von CHARPENTIER als von AGASSIZ, in demselben Jahre 1841 erschienen, so beziehen sich AGASSIZ's Widerlegungen auf CHARPENTIER's erste im Jahre 1834 erschienene Abhandlung. Die von CHARPENTIER gegen die Hypo-

these der Eiszeit gemachten Einwürfe knüpfen sich dagegen an einen Vortrag, welchen AGASSIZ bei der Eröffnung der Schweizer naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Neuchâtel am 24 Juli 1837 gehalten hat. Auch durch mündliche Mittheilungen und durch persönlichen Umgang hatten beide Gelehrte ihre Ansichten über die Gletscherfrage mit einander ausgetauscht. Es lässt sich nicht verkennen, dass einige von AGASSIZ gegen CHARPENTIER's Hypothese angeführte Gründe schlagend sind. Umgekehrt zeigt CHARPENTIER die volle Unzulänglichkeit der Eiszeit oder der Hypothese von AGASSIZ und der Leser wird so mit einem gewissen Misstrauen gegen beide erfüllt.

Zur bessern Beurtheilung der Sache führen wir zuerst AGASSIZ's eigene Worte an und tragen darauf die Widerlegung CHARPENTIER's vor.

„CHARPENTIER verfolgte so die Spuren der Gletscher bis in weite Entfernungen; da er aber von der irrigen Meinung ausging, die Findlingsblöcke des Jura seien ächte Moränen, so schloss er daraus, die Gletscher der Alpen müssten in frühern Zeiten eine weitgrössere Ausdehnung gehabt haben, so dass sie ihre Moränen bis auf den Gipfel des Jura schieben konnten. Um eine solche riesenhafte Ausdehnung der Gletscher in Einklang zu bringen mit den klimatologischen Zuständen unseres Himmelsstrichs, nahm er an, die Alpen müssten damals eine weitbeträchtlichere Höhe erreicht haben, wodurch sie im Stand gewesen wären solche Gletscher zu unterhalten; als aber nach und nach die Alpenkette sich wieder gesenkt habe, hätten auch die Gletscher abgenommen und wären in die höchsten Alpenthäler zurückgetreten, wo wir sie noch jetzt antreffen.

„So scharfsinnig diese Theorie sein mag, so spricht doch kein einziges der uns bekannten Phänomene für diese grössere Höhe der Alpenkette. Zu dem haben wir auch bei Gelegenheit der Form der Gletscher gesehen, dass ihre Länge weniger von der Höhe der Kuppen, denen sie sich anschliessen, als von der Lage der Eismeere, deren natürliche Ausflüsse sie sind, abhängt. Ferner zeigt sich ein grosser Unterschied zwischen den Lagerungsverhältnissen der alpinen Findlingsblöcke und denen des Jura. Erstere sind meist nichts anderes als Bruchstücke

alter, mehr oder weniger zerstörter oder verschobener Moränen, welche eine frühere, unverhältnissmässig grössere Ausdehnung der Gletscher andeuten; diese dagegen zeigen durch ihre Zerstreuung und Vertheilung in Zonen, dass sie einer anderen bewegenden Ursache ihre Lagerung verdanken, und es kann der Transport derselben, wenn sie wirklich (wie wir später erweisen werden) durch Eis an ihre Stelle geschafft worden sind, unmöglich durch eigentliche Gletscher, wie CHARPENTIER will, bewerkstelligt worden sein; denn sie bilden weder lange Linien, wie Seitenmoränen eines in einem Felsenthale eingeschlossenen Gletschers, noch Endmoränen, wie sie ein riesiger von den Alpen her durch die Schweizer Ebene gegen den Jura hinabsteigender Gletscher gehabt haben müsste. Welch ein ungeheurer Wall müsste es gewesen sein, der solchen Gletscher begrenzte. Ferner, wären die Findlingsblöcke nach der Art der Moränen an den Jura gebracht worden, so müssten sie alle abgerundet sein, während die meisten ihre scharfen Kanten und Ecken beibehalten haben. Endlich bleibt noch diese andere Schwierigkeit: will man die auf dem Südabhang des Jura gelegenen Blöcke für Moränen eines grossen Gletschers ansprechen, so ist kein Grund vorhanden, warum man nicht auch den Transport der im Innern des Jura befindlichen, dem Gletscher zu schreiben, und überhaupt den Gletscher da voraussetzen sollte, wo Spuren von der Einwirkung des Eises vorhanden sind. Dann müsste aber der Gletscher nicht allein an die erste Kette angelehnt, sondern er müsste über mehrere der höchsten Ketten hinweggegangen sein. Eine solche Ausdehnung stünde aber in keinem Verhältniss mehr zu den Alpen, so hoch man sie sich auch denken möchte."

Die Widerlegung der Hypothese CHARPENTIER's durch AGASSIZ lässt sich kurz in folgenden Sätzen zusammenstellen.

1) Die Findlingsblöcke des Jura sind keine ächten Moränen und zeigen durch ihre Zerstreuung und Vertheilung in Zonen, dass sie einer anderen bewegenden Ursache ihre Lagerung verdanken.

2) Es spricht kein einziges der uns bekannten Phänomene für eine vormalige grössere Höhe der Alpen.

3) Das Eindringen der alpinen Blöcke in die hintern Thäler des Jura ist durch eigentliche Gletscher nicht zu erklären.

CHARPENTIER's Einwendungen gegen die Hypothese der Eiszeit bestehen hauptsächlich in folgenden drei Punkten <sup>1)</sup>:

1) AGASSIZ nimmt an, dass bereits vor der Erhebung der Alpen eine ungeheuere Kälte eingetreten und, nachdem sich die nördliche Halbkugel vom Pole an bis zum Mittelländischen und zum Kaspischen Meere mit einem dichten Eispanzer bedeckt habe, die Vernichtung der damals vorhandenen Organisation gefolgt sei. Die Gründe, die uns zur Annahme einer solchen Hypothese nöthigen, werden durchaus vermisst.

2) Die Bildungsweise einer solchen Eisschicht, welche bis zu den Höhen des Jura eine Dicke von über 1000 Metern erfordert, ist unerklärbar; jedenfalls erscheint die von AGASSIZ angegebene Erklärung durchaus ungenügend.

3) Der Transport der erratischen Blöcke auf einer solchen Eisschicht ist vollkommen unmöglich.

Auf diesen letzten Punkt werden wir weiter unten noch etwas näher einzugehen Gelegenheit haben.

<sup>1)</sup> *Essai sur les glaciers*, pag. 232.

## ABSCHNITT XVII.

### NÄHERE KRITIK DER BEIDEN HYPOTHESEN VON AGASSIZ UND CHARPENTIER.

Die beiden von AGASSIZ und CHARPENTIER zur Erklärung der Glacialerscheinungen angeführten Hypothesen sind mit der Wärmetheorie nicht zu vereinigen, wie dieses durch die nachfolgenden Erörterungen deutlicher dargelegt werden wird.

Aus unsern Untersuchungen im XV Abschnitt ergeben sich nämlich folgende Resultate:

Die von der Sonne an der Erdoberfläche erzeugte Wärme ist eine constante Grösse, der sich nichts hinzufügen und nichts entziehen lässt, die aber durch eine verschiedenartige Verbreitungsweise von Land und Meer in verschiedener Art vertheilt wird. AGASSIZ's Eiszeit erfordert für die ganze nördliche Halbkugel bis zum Atlas und zum Kaspischen Meere eine geradezu arctische Kälte, welche nicht auf ein Mal bei einem gewissen Breitengrade z.B. bei  $35^{\circ}$  abbrechen kann, sondern sich nach den Gesetzen der Stetigkeit in gewisser Weise bis zum Aequator ausdehnen muss.

Die durch die Eiszeit hervorgebrachte Kälte wird von AGASSIZ so

gross angenommen, dass die Landseen der Schweiz bis zu ihrem Boden ausfrieren und selbst in der *Sommerzeit* nicht aufthauen. CHARPENTIER bemerkt schon dagegen, dass der Genfer See in der Gegenwart selbst bei einer Kälte von  $-20^{\circ}$  R. mit Ausnahme einiger flachen Stellen niemals zufriert <sup>1)</sup>. Ein Klima, in welchem die mittlere Sommertemperatur kaum  $0^{\circ}$  übersteigt und die im Winter beständig weit unter  $-20^{\circ}$  R. sinkt, ist auf der ganzen Erde nicht zu finden, am allerwenigsten aber unter dem 46<sup>sten</sup> Breitengrade.

Nehmen wir z.B., um einer solchen Eiszeit zu genügen, die mittlere Jahrestemperatur für den 45<sup>sten</sup> Breitengrad zu  $-10^{\circ}$  R. an, bei welcher immer noch eine mässige Sommerwärme von  $+4^{\circ}$  R. sich ergäbe, und lassen die Wärme am Aequator, wie man sie jetzt beobachtet, so wird:

$$\begin{aligned}\eta + \xi &= 21,0 \\ \eta &= -10,0 \\ \xi &= 31,0\end{aligned}$$

Die Temperatur am Pole findet sich unter dieser Voraussetzung  $\eta - \xi = -41^{\circ},0$  R. und die mittlere Temperatur der Erdoberfläche  $-- + \eta \frac{\pi}{3} = +0^{\circ},33$ . Damit würde eine mittlere Temperaturerniedrigung von  $13^{\circ}$  bis  $14^{\circ}$  R. eintreten und der Einfluss der Sonnenwärme so gut wie erloschen sein.

Nehmen wir ferner während der Eiszeit unter dem 45<sup>sten</sup> Grade die mittlere Jahrestemperatur  $= 0^{\circ}$  an, so erhalten wir:

$$\begin{aligned}\eta + \xi &= 21,0 \\ \eta &= 0 \\ \xi &= 21,0\end{aligned}$$

Die mittlere Erdtemperatur würde daher  $7^{\circ}$  R., und sänke auf die Hälfte ihres unveränderlichen Werthes herab. Die Sommertemperatur der Eiszeit wäre etwa derselben gleich.

Die Beobachtungen ergeben ferner, dass in der Diluvialepoche auch

<sup>1)</sup> *Essai sur les glaciers*, pag. 234.

auf der südlichen Halbkugel dieselben Glacialerscheinungen vorkommen, so dass an ein Ueberströmen der Wärme von einer Hemisphäre zur andern, wie sie auf Seite 140 von mir berechnet ist, nicht gedacht werden kann. Jener Wärmetransport beträgt aber auch nur im äussersten Falle 2,1 und würde selbst, wenn er im ganzen Umfange stattfände, die Eiszeit nicht erklären können.

Nach unseren vorhin mitgetheilten Untersuchungen, kann von einem Sinken der ganzen Wärmemenge der Erde nur dann die Rede sein, so lange noch die innere Erdwärme mit in Betracht kommt. Ihr Einfluss, welchen sie auf die Erdoberfläche ausübte war aber während der Bildung des Diluviums jedenfalls etwas grösser als jetzt und konnte nur im entgegengesetzten Sinne wirkend eine Verbesserung der Klimate, aber gewiss keine Eiszeit hervorbringen. Ein Steigen der mittleren Erdtemperatur nach einem voraufgegangenen Sinken ist unmöglich, und die von AGASSIZ angeführte discontinuirliche Curve, welche mit Berücksichtigung verschiedener auf einander folgender Eiszeiten die Temperaturabnahme der Erde versinnlicht, widerspricht allen Grundsätzen der exacten Naturforschung. Als ein generelles Phaenomen der Erde kann daher eine solche Eiszeit nicht angenommen werden.

Wenn AGASSIZ die Bildung einer ungeheueren fast die Hälfte des Erdkörpers überziehenden Eisdecke, die doch gewiss als eine allgemeine, grossartige Erscheinung zu betrachten wäre, mit den Worten zu erklären sucht: „Als die Temperatur sank strömte wahrscheinlich aller Wasserdunst aus den Aequatorialengegenden zu den Polargegenden“ u. s. w., so liegt darin ein doppelter physikalischer Fehler.

1) Die Temperatur der Erde kann aus den vorhin angegebenen Gründen nicht sinken und darauf wieder steigen, wie sich dieses AGASSIZ vorstellt.

2) Dieser massenhaft vom Aequator zu den Polen strömende Wasserdampf würde ganz die entgegengesetzte Wirkung ausüben, da die in den Tropen an den Wasserdampf gebundene Wärme, nach erfolgten Niederschlägen wieder frei geworden, die Temperatur der Polargegenden nur erhöhen könnte.

Wenn wir die Möglichkeit der Existenz einer solchen Eiszeit auch zugestünden, so lassen sich mit ihr die Erscheinungen, welche die Diluvialformation begleiten, sowohl die Bildung der Schliflächen, als auch die Verbreitung der Findlingsblöcke, besonders an den Rändern des Jura nicht genügend erklären. CHARPENTIER hat bereits auf die Mängel jener Hypothese aufmerksam gemacht, während wir umgekehrt die Mängel der von CHARPENTIER aufgestellten, durch AGASSIZ richtig beleuchtet finden.

AGASSIZ legt die Bildung der grossen 1000<sup>m</sup> dicken Eiskruste vor die Erhebung der Alpen, welche indem dieses Gebirge emporsteigt nicht nur gehoben, sondern auch zerbrochen wird. Durch die so gebildeten Oeffnungen und Spalten gelangen die Findlingsblöcke an die Oberfläche des Eises und gleiten auf dieser, wie im Schlitten von den Alpen bis zum Jura, dem Ort ihrer Bestimmung herab.

Ueber die Erhebung der Alpen scheinen sich AGASSIZ und manche andere Geologen keine deutliche Vorstellung gemacht zu haben, indem sie dieselbe als eine urplötzliche auffassen. Wir werden weiter unten auf diese wichtige Frage noch ein Mal zurückkommen; im Bezug auf die Theorie von AGASSIZ treten uns die mannigfaltigsten Hindernisse und unüberwindbare Schwierigkeiten in den Weg.

Die Millionen erratischer Blöcke, die sich durch die Schweiz verbreiten, welche den verschiedensten Formationen und somit den verschiedensten Niveaus angehören, werden nach dieser Hypothese durch die Eiskruste an die Oberfläche derselben getrieben. Welche Kräfte müssten es sein, die z.B. einen Pierre à Bot von seinem Muttergestein lossrissen und auf die Eisschicht schleuderten? Nur durch vulkanische Kräfte könnten solche oder ähnliche Erscheinungen bewirkt werden und diese werden hier gänzlich vermisst. Die eckigen oder scharfkantigen Findlinge sind verhältnissmässig selten und auch sie zeigen ohne Ausnahme Spuren von später erfolgter Abnutzung. Die weit grössere Anzahl der Findlinge ist abgerundet, abgeschliffen und abgerollt, was auf langjährige Berührung mit Wasser oder auch mit Eis schliessen lässt; dagegen ist an ihnen keine Spur vulkanischer Einwirkung oder

Schmelzung zu bemerken, selbst die wasserhaltigen Silikate, z.B. die Talkschiefer, sind ganz unverändert geblieben.

Befinden sich ein Mal alle diese Trümmer durch die Einwirkung unerklärlicher Kräfte auf der Eisschicht, so sind noch andere erforderlich, um sie 20 bis 30 Meilen weit von ihren ursprünglichen Lagerplätzen auf ihre neuen zu führen. CHARPENTIER bemerkt schon sehr richtig, dass Blöcke auf Gletschern von 5° bis 10° Neigung fest und wie angemauert liegen, wie können sie daher auf einer Eisschicht von 1° Neigung von den Alpen zum Fusse des Jura gelangen? Sie sollen aber am Fusse dieses Gebirges ihre Laufbahn nicht beendigen, sondern nun noch zu Kuppen und Bergrändern, die sich mitunter 1000 Meter über die Ebene und den See erheben, emporsteigen! Welche Unwahrscheinlichkeiten, welche Unmöglichkeiten werden hier zur Erklärung verhältnissmässig einfacher Erscheinungen künstlich mit einander verbunden.

Endlich stellt AGASSIZ die vormalige grössere Höhe der Alpen bestimmt in Abrede (Seite 178) und weist damit die einfachste, naturgemässeste Lösung des Räthsels von der Hand.

Nicht viel weiter reicht CHARPENTIER's Hypothese, die jedoch vor jener immer noch den Vorzug besitzt nicht ganz so unwahrscheinlich zu sein, obwohl sie die Erscheinungen ebensowenig zu erklären vermag. CHARPENTIER vermeidet die polare Kälte der Eiszeit und glaubt die Verbreitung der Gletscher von den Alpen bis zum Jura könne durch eine lange Reihe nasskalter Jahre, wie die von 1812 bis 1817 beobachteten, bewirkt werden. Eine solche Verschlechterung des Klimas, sei bald nach der Erhebung der Alpen dadurch bewirkt, dass aus allen Spalten des Gebirges erst siedend heisse, dann warme Wasserdämpfe hervorströmten, welche ungewöhnlich starke Nebel und atmosphärische Niedersläge und so eine Reihe kalter, regnerischer Jahre erzeugt hätten.

Welche ungeheuerere Quantität siedender Wasserdämpfe würde aber erfordert werden, um über das ganze Alpengebirge eine auch nur merklich grössere jährliche Regenmenge als die gewöhnliche zu erzeugen. Sie könnten aber nur, die Richtigkeit der Hypothese angenommen, eine bedeutende Erhöhung der mittlern Jahrestemperatur, kein Sinken

derselben hervorbringen, denn das Alpenbirge würde einem durch Wasserdampf geheizten Gewächshause zu vergleichen sein und es würden die Erscheinungen eintreten, welche das mildere Klima in der Devonischen- und in der Steinkohlenformation bewirkt haben.

Wir wollen es zwar nicht in Abrede stellen, dass einst bei der Bildung der Alpen an vielen Orten heisse Quellen thätig gewesen sind, deren letzte Ueberreste in Gastein, Pfeffers, Bormio, Leuk und Cormajeur beobachtet werden. Dieselben konnten, wenn sie überhaupt einen Einfluss ausübten, nur eine Verbesserung des Klimas hervorbringen. CHARPENTIER'S Hypothese stösst aber noch auf verschiedene andere nicht zu überwindende Schwierigkeiten. Die sowohl aus dem Wallis, als auch die aus dem Chamounithal hervorbrechenden Gletscher begegneten in ihrem Laufe in der Nähe von Monthey und Genf dem Lemmanischen-See, der in der diluvialen Epoche jedenfalls einen grössern Umfang hatte als in unserer Zeit. AGASSIZ nimmt um einer grossen Schwierigkeit zu entgehen eine ungeheuerer Kälte an, bei welcher die bis auf ihren Boden zugefrorenen Landseen von den Gletschern überwunden werden.

CHARPENTIER aber, der mit einer geringeren Kälte mit einer mittleren Temperatur, wie die zwischen 1812--1817 auszukommen glaubt, findet vor den Diluvialgletschern eine weite offene Wasserfläche. Welche Erscheinungen werden nun eintreten, wenn ein solcher Gletscher den See berührt?

Indem der Gletscher vorwärts rückt gelangt das specifisch sehr leichte, ganz mit Luftblasen durchzogene Eis über die Wasserfläche, in der es durch das Thauen und durch den Wellenschlag des Sees von der Hauptmasse des Gletschers abgetrennt wird. Es entstehen so schwimmende Eisschollen oder Eisblöcke, welche sich über den See fortbewegen und nach und nach in ihm aufgelöst werden.

Die Grönländischen und Antarktischen Gletscher zeigen bei ihrer Berührung mit dem Meere dieselbe Erscheinung. Die von ihnen abgesonderten, schwimmenden Eisberge, welche den Schiffern beider Hemisphären allgemein bekannt sind, dringen mitunter durch die Meere der gemäs-

sigten Zone bis in die Nähe der Wendekreise vor. Aber auch in der Schweiz zeigt uns der kleine am Rande des Aletschgletschers gelegene Merjelen See ein lehrreiches Beispiel dieser Art. Jener See wird durch den Gletscher, der ihn berührt nicht ausgefüllt, sondern die abgelösten Eisschollen schwimmen solange auf ihm umher bis sie verschwinden. AGASSIZ bildet diese interessante Erscheinung <sup>1)</sup> in seinem Atlas ab und hätte aus derselben, wie ich glaube, für seine Theorie vielen Nutzen ziehen können.

Wir nehmen beispielsweise an, dass in den damals jedenfalls grössern Genfer See zwei Gletscher, der eine bei Monthey, der andere etwa in der Nähe von Bonneville mündeten, und stellen uns vor, dass ein jeder derselben in Front 4000<sup>m</sup>, also über eine halbe Meile Breite gehabt habe. An seinem Ende, wo der Gletscher im Allgemeinen flach gebogen abfällt, ertheilen wir ihm die ungeheuere, kaum in Grönland irgendwo beobachtete Höhe von 300<sup>m</sup> fast 1000 Fuss. Sein mittleres jährliches Vorrücken, wie im Jahre 1817 betrage 50<sup>m</sup>. Unter dieser Voraussetzung würde in einem Jahre dem See von beiden Gletschern:

$300.8000.100 = 240000000$  Cubicmeter Eis zugeführt werden.

Veranschlagen wir ferner die Oberfläche des damaligen Genfer Sees zu 12 Quadratmeilen, so würde jene Eismasse einer Schicht gleichkommen, welche den See mit einer Dicke von 0<sup>m</sup>,36 bedeckte.

Nach FOURIER'S Untersuchungen wird im Klima von Paris bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8°,58 R. jährlich eine Eisschicht von 3<sup>m</sup>,1 geschmolzen. In Genf beobachtete man im Jahre 1816 die mittlere Jahrestemperatur 7°,09 R. Setzen wir nun die zu schmelzende Eismasse der Temperatur proportional, so würde in Genf eine Eisschicht von 2<sup>m</sup>,56 jährlich schmelzen, also eine mindestens 7 mal grössere Eismasse als die dem See durch den Gletscher zugeführte. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass durch den Wärmetransport aus südlichen Gegenden, durch warme Winde und Gewitterregen eine noch erheblich grössere

<sup>1)</sup> Atlas zu den Untersuchungen über die Gletscher, Taf. 12.

Eismasse geschmolzen werden kann. Dazu kommt, dass den Beobachtungen zu Folge die mittlere Temperatur des Wassers im Genfer See die mittlere Jahrestemperatur zu Genf um  $1^{\circ},52$  R. übertrifft und so die schwimmenden Eisschollen schneller als in der Luft aufgelöst werden. Endlich nehme ich an, dass der See einst sehr viel grössere Dimensionen als die gegenwärtigen gehabt habe, so dass wenn man das in den See mündende, schon ausserordentlich hoch veranschlagte Gletschereis auch der Masse nach verdoppelte oder verdreifachte es im Laufe eines Jahres völlig verschwinden müsste. Unter diesen Umständen erscheint es vollkommen unmöglich, dass ein so grosser und dabei so tiefer See unter dem  $46^{\text{ten}}$  Breitengrade von einem Gletscher überwältigt und gänzlich von seinem Boden bis zu seiner Oberfläche mit Eis in der Weise ausgefüllt werde, um die Unterlage für einen ungeheuren weiter vorrückenden Gletscher zu bilden.

Jetzt erst nach so vielen Unmöglichkeiten beginnen für CHARPENTIER die Haupthindernisse. Das Eis findet schon an den Ufern des Sees z.B. zwischen Villeneuve und Lausanne bedeutende Höhenzüge, welche überwunden werden müssen. Ein jeder Gletscher ist eine halb-flüssige Masse, welche zunächst den Thälern folgt. Wie kann aber ein Gletscher bei einer solchen Beschaffenheit einen ganz frei stehenden  $1000^{\text{m}}$  über der ihn umgebenden Ebene liegenden Berg, wie den grossen M. Salève erklimmen um auf seinem höchsten Rücken die Findlingsblöcke abzusetzen? Warum folgte der Gletscher nicht dem flachen fast mehr als Meilen breiten Thale, welches sich von Bonneville bis zum Genfer See erstreckt?

Nach der Ueberwindung dieser Hindernisse, hat der Gletscher das Schweizer Tiefland mit seinen verschiedenen Höhenzügen zu überdecken bis er endlich zum Fusse des Jura gelangt, an dem er sich noch ein Mal emporstämmt und die Findlingsblöcke bis dicht unter die höchsten Gipfel des Gebirges hinauf trägt.

Wo sind die Kräfte zu finden, welche eine solche Eismasse in Bewegung setzen? Kann eine Eismasse von solcher Ausdehnung überhaupt noch bewegt werden? Wie geht es zu, dass wenn wirklich dieser Rie-

sengletscher als eine halbflüssige Masse bis dicht unter die Gipfel des Chasseron, Chasseral und Chaumont gelangt, während manche andere Wege in der Tiefe der Thäler ihm offen standen? Warum folgte er nicht dem Laufe der Rhone, dem der Aar und dem des Rheines? Warum durchbrach er nicht das Juragebirge in seinen tiefen Sätteln ohne zu den Gipfeln emporzusteigen? Wie konnte endlich ein Gletscher in die gegen die Alpen fast geschlossenen engen und gewundenen Thäler, in das Val Travers, in das Thal von St. Immer eindringen? Sind denn die an dem Jura ausgetreuten Findlinge wirkliche Moränen, welche ein Gletscher vor sich herschob? Wie kommt es endlich, dass gemischte Gesteine verschiedenen Ursprungs aus den Thälern des Wallis und des M. Blanc über weite Flächen bunt durch einander gestreut sind?

Alle diese Fragen sind sowohl von CHARPENTIER, wie von den Anhängern seiner Theorie gar nicht, oder sehr ungenügend untersucht und beantwortet.

Man wird uns vielleicht erwidern die Gletscher hätten noch ungleich grössere Dimensionen gehabt, als die schon mehr als riesenhaften, welche wir so eben im Wallis und im Chamounithale angenommen haben; die Gletscher hätten sich mit der doppelten, dreifachen, vielleicht zehnfachen Geschwindigkeit bewegt; der Druck der Gletscher in den Alpen habe die Eismassen bis zum Jura vorangedrängt u. s. w.

Auch auf diese Einwürfe mögen folgende Bemerkungen hier ihren Platz finden:

1) Die Gletscher im obern Wallis sind zwar in der Diluvialzeit sehr viel ausgedehnter gewesen als heutzutage, indess werden ihre Dimensionen, wie man sich aus den zurückgelassenen Moränen überzeugen kann, von den Glacialisten überschätzt. (Siehe Abschnitt III). Eine durchschnittliche Dicke der Gletscher von 300<sup>m</sup> scheint in den meisten Gegenden schon viel zu hoch veranschlagt. Wenn auch an einzelnen Stellen Schliffflächen und Findlinge bis 1000<sup>m</sup> über der Thalsohle gefunden werden, so berechtigen diese noch nicht zu der Annahme, dass eine zusammenhängende Eismasse das ganze Thal überkleidet habe.

2) Es ist ein Irrthum zu glauben, dass die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung der Grösse der Gletscher proportional sei. Die grossen Gletscher Islands z.B. der Hof und Arnarfells Jöckul mit 40 Quadratmeilen Oberfläche scheinen auf dem Plateau sich kaum zu bewegen und vorzurücken, da sie sonst in kurzer Zeit die benachbarten Thäler erfüllt hätten. Aus den Beobachtungen von FORBES ist ferner bekannt, dass die Bewegung der Gletscher am Schnellsten in der heissesten Jahres- und Tageszeit, und am geringsten in den Wintermonaten ist. Bei einer niedrigeren Temperatur, wie sie jene Erscheinungen erfordern, ist daher eine langsamere Bewegung der Eismassen sehr viel wahrscheinlicher.

3) CHARPENTIER nimmt an, dass eine von den Alpen bis zum Jura ausgedehnte Eismasse sich nach der Art eines Gletschers bewege und Moränen vor sich herschiebe. AGASSIZ hat es bereits sehr richtig erkannt und darauf aufmerksam gemacht, dass die am Jura zerstreut liegenden Findlinge keine ächten Moränen sind und nirgend als solche Steinwälle auftreten, welche die Gletscher der Gegenwart begleiten.

4) Der Druck soll ferner von den innern Thälern des Alpengebirges aus jene ungeheuere Eisschicht gegen den Jura hin fortschieben. Machen wir uns diesen Vorgang doch etwas klarer und nehmen beispielsweise an, dass ein zusammenhängender Gletscher, der einen der Hauptzuflüsse zu dem grossen, zwischen dem Jura und den Alpen liegenden Eismeere bilden soll, sich von dem gegenwärtigen Rhonegletscher bis Martigny erstrecke. Derselbe habe die Form eines Stabs von der Länge  $l$ , von der Breite  $b$  und der Höhe  $h$ ; bezeichne  $D$  die Dichtigkeit des Eises,  $g$  die Schwerkraft und  $\theta$  die Neigung des Bodens, so wird die Kraft, welche den Gletscher vorwärts treibt, in die beiden Componenten:

$$lbh Dg \sin \theta = P$$

$$lbh Dg \cos \theta = Q$$

zerlegt. Die Grösse  $P$  würde man den Druck nennen, den der Gletscher an seinem untern Ende auf eine ihm querwiderstehende Fläche ausübt, von dem noch ein bedeutender Theil durch den Widerstand oder die Reibung am Boden aufgehoben wird. Die Druckkraft  $P$  würde an der bei Martigny dem Gletscher gegenüberliegenden

Bergwand vollkommen aufgehoben und es bleibt von dieser Seite her keine Kraft übrig, welche den Gletscher unter einem rechten Winkel von Martigny aus bis zum Genfer See fortbewegt.

Ebenso werden die Druckkräfte, welche die Seitengletscher des Wallis z.B. der Zermattgletscher, der Vieschergletscher u. s. w. normal gegen den Hauptgletscher des Wallis ausüben, verschwinden. Da diese Bedingung nicht vollständig eingehalten wird, so kann ein kleiner Theil der bewegenden Kraft dem Gletscher des Hauptthals zu Gute kommen.

Bei Martigny wird der alte Rhonegletscher den Gletschern, welche aus dem Val de Ferret hervordringen, begegnen; diese ergreifen die vom obern Wallis herabgeführten Moränen und drängen sie jetzt etwa in der Richtung von S. nach N. gegen den Genfer See, wo die dem unteren Walliser Gletscher etwa bei Montreux gegenüberliegenden Berge dessen letzte Druckkraft aufheben. Wie aber von jener Druckkraft noch etwas übrig bleibt, um bei Biel und Solothurn Felsblöcke auf die Rücken des Jura zu schieben, ist nicht wohl einzusehen. Am allerwenigsten aber können solche von den Alpen her wirkende problematische Druckkräfte in die fast verschlossenen und gewundenen Thäler von Travers und St. Immer ein- und aufwärts dringen.

5) Veranschlagen wir in runden Zahlen das Terrain, welches mit den Mont-Blanc- und Walliser-Findlingsblöcken überdeckt wird, zu 90 Quadratmeilen und nehmen wir die Dicke jenes Eismeer, was die Lage der Findling erheischt, zu mindestens 1000<sup>m</sup> an, und rechnen wir den Zufluss, welchen dieses Eismeer aus dem Wallis und von M. Blanc erhält, wie vorhin, jährlich zu 240000000 Cubikmetern, so würden etwa 20000 Jahre erfordert werden, um die nach dieser Hypothese zwischen den Alpen und dem Jura befindliche Eismasse zu liefern, vorausgesetzt, dass bei einer solchen Oberfläche in jener Zeit weder ein Verdampfen noch ein Abschmelzen stattfände. Da aber CHARPENTIER zur Erklärung des Phaenomens nur gewöhnliche nasskalte Sommer annimmt, so würde dieser Riesengletscher in der Schweizer Ebene einer mittlern Jahrestemperatur von 7° R. und einer Sommertemperatur von mindestens 12° R. ausgesetzt sein. Bei einer solchen Temperatur erscheint

aber eine Ansammlung von Eis, wie wir sie beispielsweise so eben angenommen haben, ganz unmöglich. Die Oberfläche von 90 Quadratmeilen entspricht in runden Zahlen einer Oberfläche von 4955664000 Quadratmetern, über die sich eine Eisschicht von 0<sup>m</sup>,048 ausbreitete; diese aber würde in weniger als einer Woche in der genannten Temperatur vollständig aufgezehrt und geschmolzen werden. CHARPENTIER und seine Anhänger verlegen hier unbewusst den Gletscher in ein Niveau, in dem er sich weder bilden noch erhalten kann.

Um indess unseren Lesern noch deutlicher zu zeigen, dass durch das Eintreten einer längern Reihenfolge nasskalter Jahre, gleich denen welche zwischen 1812 und 1817 dagewesen sind, die in der Diluvialzeit angenommene Vergletscherung nicht entstehen könne, lassen wir im folgenden Abschnitt eine besondere Untersuchung dieses Gegenstandes folgen.

## ABSCHNITT XVIII.

### ÜBER DAS VORRÜCKEN UND DAS ZURÜCKWEICHEN DER GLETSCHER IN DER GEGENWÄRT.

---

Bei gegebenen klimatischen Verhältnissen schwanken die unteren Enden der Gletscher um einen mittleren Stand hin und her, indem sie ein Mal in einer gewissen Reihe von Jahren vorrücken und in den Thälern sich verbreiten, ein anderes Mal, nachdem sie eine Zeit lang stehen geblieben sind, sich wieder zurückziehen. Sie gelangen alsdann zu ihrem mittleren und von diesem nach der entgegengesetzten Seite gewandt, zu ihrem möglichst höchsten Standpunkte.

Im Laufe dieses Jahrhunderts hat man verschiedene Beispiele eines aussergewöhnlichen Vorrückens und Zurückgehens der Gletscher beobachtet. Der Grund dieser Erscheinung liegt in den meteorologischen Verschiedenheiten der einzelnen Jahre oder der Jahresgruppen, welche sich im Laufe längerer Zeitabschnitte gegen einander ausgleichen, und durch zufällig herrschende Windesrichtungen, durch die Ansammlung oder durch das Schmelzen grosser Eisfelder in der Nähe der Pole, durch grössere oder geringere Intensität der Meeresströmungen, durch eine ungleichmässige Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge u. s. w. bedingt werden.

Diese geringen periodischen Schwankungen im Klima erklären zwar das gegenwärtige Vor- und Rückwärtsgehen der Gletscher, keines Wegs aber ihre ausserordentliche Vergrößerung während der Diluvialzeit.

Zu den merkwürdigsten Jahren dieses Jahrhunderts gehören die öfter erwähnten nasskalten von 1812 bis 1818, welche ein ungewöhnliches Vorrücken der Gletscher veranlassten, während durch eine Reihe heisser Sommer von 1857 bis 1863 ein ebenso auffallendes Zurückweichen derselben hervorgerufen wurde.

Um den Zusammenhang zwischen den mittleren Jahrestemperaturen und dem Vorrücken und Zurückweichen der Gletscher besser übersehen zu können, führen wir folgende Zahlen der mittleren Jahrestemperaturen und der mittleren Sommertemperaturen von Genf von 1811 bis 1822 <sup>1)</sup> an:

JAHRE	M. JAHRES T.		M. SOMMER T.	
1811 .....	8,89	+ 1,14	14,77	+ 0,78
1812 .....	7,10	— 0,65	13,38	— 0,61
1813 .....	7,48	— 0,26	12,19	— 1,80
1814 .....	7,34	— 0,41	12,74	— 1,25
1815 .....	8,03	+ 0,28	13,87	— 0,12
1816 .....	7,09	— 0,66	12,18	— 1,81
1817 .....	8,18	+ 0,43	14,23	+ 0,24
1818 .....	7,96	+ 0,21	14,66	+ 0,67
1819 .....	8,21	+ 0,46	13,97	— 0,02
1820 .....	7,63	— 0,12	14,04	+ 0,05
1821 .....	8,28	+ 0,53	13,26	— 0,73
1822 .....	8,28	+ 0,53	14,72	+ 0,73
Mittel von 1799—1838 .....	7,75		13,99	

Aus diesen Zahlen lässt sich folgendes ersehen:

Das Jahr von 1811 übertrifft alle Jahre dieser Reihe, sowohl in der mittleren Jahrestemperatur, als auch in der mittleren Sommertemperatur an Wärme. Von da an bis zum Ende des Jahres 1816 tritt ein bedeutender Rückschlag ein. In diesen 5 Jahren ist die mittlere

<sup>1)</sup> DOVE, *Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. 1839. Seite 312.

Jahres-Temperatur durchschnittlich  $0^{\circ},34$  R., und die mittlere Sommertemperatur durchschnittlich um  $1^{\circ},12$  R. zu klein, worauf bis zum Jahre 1822 im Allgemeinen ein Steigen der Temperatur sich bemerkbar macht. Es ist auffallend, dass diesen Zahlen zu Folge die Sommertemperatur von Genf im Jahre 1819 kaum ihren Mittelwerth erreicht, während in ganz Deutschland eine ungewöhnliche Hitze beobachtet wurde. Zu Genf war die mittlere Temperatur des Juli  $14,71$ , die des August  $14,27$ . Dagegen beobachtete man in denselben Monaten zu Carlsruhe die mittleren Temperaturen  $16^{\circ},22$  und  $16,05$ ; zu Danzig  $14^{\circ},60$  und  $15^{\circ},15$  R.

Wenn wir annehmen wollten, dass das zwischen 1812 und 1817 eingetretene Sinken der Temperatur beständig oder doch für eine sehr lange Reihe von Jahre fort dauerte, so würde damit eine grössere Ausdehnung der alpinen Gletscher nothwendigerweise verbunden sein. Indess machen sich einige Geologen, unter ihnen CHARPENTIER, von der Ausdehnung solcher Gletscher eine nicht ganz richtige Vorstellung und glauben durch jene Temperaturschwankungen die weite Verbreitung derselben in der Diluvialzeit erklären zu können.

In dieser Beziehung erlaube ich mir zwei Stellen aus CHARPENTIER'S *Essai sur les Glaciers* anzuführen.

1) Seite 302.

„En effet, en 1818, année où les glaciers des Alpes avaient acquis un développement extraordinaire, celui du Rhône s'était avancé de 150 pieds. Si l'on part de cette donnée, et qu'on estime à 2 lieues la longueur du glacier au commencement de 1818, on parvient à évaluer approximativement le temps qu'il aura mis pour acquérir l'étendue que réclame la dispersion des débris erratiques du bassin du Rhône. En effet, les glaciers soumis aux mêmes influences de climat, de pente et d'accidents de terrain, avancent en raison de leur longueur. Mr. RICHARD Ingénieur des Ponts et Chaussées, et Mr. MARC SECRETAN, Professeur de Mathématiques à l'Académie de Lausanne ont bien voulu soumettre ces données au calcul, et ils ont trouvé, chacun de leur côté, que le glacier du Rhône, suivant constamment la marche qu'il avait suivie en 1818,

aurait mis 774 ans à faire les 66 lieues, soit les 900000 pieds que mesure la route qu'il a dû prendre pour arriver du fond du Valais à Soleure."

2) Seite 319.

„Une longue série d'années pareilles aux années pluvieuses et froides, qui se succédèrent depuis 1812 jusques en 1817, aurait bien suffi pour former les glaciers diluviens les plus étendus des Alpes."

In welcher Weise die beiden von CHARPENTIER genannten Herren ihre Rechnungen geführt haben, ist aus Mangel weiterer Mittheilungen nicht ersichtlich.

Die Länge des Wallis vom Rhonegletscher bis zum Genfer See und von da bis Solothurn beträgt etwa 34,2 geographische Meilen oder 780000 Fuss. Bei einem jährlichen Vorrücken des Gletschers von 150 Fuss würde derselbe daher 5200 Jahren bedürfen um von den Quellen der Rhone nach Solothurn zu gelangen.

Zuerst zeigen alle unsere meteorologischen Beobachtungen, dass so viele kalte und regnerische Jahre nicht auf einander folgen. Das Erscheinen von 5 derselben gehört schon zu den grossen Seltenheiten, die in einem Jahrhundert kaum ein Mal wiederkehren. Ebenso selten werden mehrere warme Jahren, wie 1857 bis 1859, auf einander folgen, durch welche eine früher eingetretene Gletschervergrösserung vollkommen oder doch theilweise aufgehoben wird. Bei der Erörterung dieser Frage hat es Herr von CHARPENTIER ausser Acht gelassen, dass z.B. der Rhonegletscher, indem er tiefer und tiefer in die Thäler vordringt, auch in wärmere Luftschichten gelangt, in denen er nothwendigerweise abschmelzen wird; wo nicht, so müsste in Solothurn dieselbe mittlere Jahrestemperatur und dieselbe mittlere Sommertemperatur herrschen, welche man jetzt am oberen Ende dieses Gletschers beobachtet.

Die mittlere Temperatur am Rhonegletscher beträgt ungefähr  $1^{\circ},0$  R., die in Solothurn  $7^{\circ},0$  R. Für eine Ausdehnung des Gletschers bis zum Rande des Jura wäre also ein Sinken der mittleren Jahrestemperatur von  $6^{\circ}$  R. und nicht ein Sinken von  $0^{\circ},34$  R. erforderlich, wie es durchschnittlich in den Jahren 1812—1817 gefunden worden ist.

Ob die übrigen physikalischen und topographischen Bedingungen es gestatten, dass ein Gletscher bei einer Temperaturerniedrigung von 6° R. zuerst durch das ganze Wallis, dann durch den Genfer See, über Berg und Thal bis Solothurn sich den Weg bahnen könne, scheint im äussersten Grade zweifelhaft zu sein.

Um die quantitativen Verhältnisse des Vorrückens der Gletscher besser übersehen zu können, stellen wir zunächst folgende Zahlen zusammen:

	Temperaturen in Genf. Berechn. für d. untere Ende des Mer de Glace.			
	T. JAHR.	T. SOMMER.	T. JAHR.	T. SOMMER.
1) Mittelwerthe von 1799—1838.....	7°,75 R.	13,99	2,88	9,12
" " 1812—1817.....	7,41	12,87	2,54	8,00
" " 1816.....	7,09	12,18	2,22	7,31

Es ist ferner beobachtet worden:

Die mittlere tägliche Sommerbewegung des Mer de Glace....	= 19,95 <sup>1)</sup> Eng. Zoll.
" " " Winterbewegung.....	= 12,49 <sup>2)</sup>
" " " Frühlingsbewegung.....	= 16,22

Die mittlere Jahresbewegung ist vermuthlich etwas grösser als das Mittel aus der Sommer- und Winterbewegung; nehmen wir für die erstere durchschnittlich 8, für die zweite 4 Monat an, so ist die mittlere tägliche Bewegung 17,46 Zoll. Wenn von einem Jahre zum anderen die klimatischen Verhältnisse keinen Schwankungen unterworfen wären, so würde das untere Ende eines Gletschers in einem bestimmten Niveau verharren, denn es würde Unten ebensoviel abschmelzen als von Oben nachgeschoben wird. Fände dagegen am untern Ende kein Abschmelzen statt, so würde der Gletscher im Laufe eines Jahres  $17,46 \cdot 365 \text{ Zoll} = 531,1$  englische Fuss vorrücken. Da er aber bei unveränderten klimatischen Verhältnissen stehen bleibt, so wird eine Eismasse vom Querschnitt  $Q$  und von der Länge von 531 Fuss abschmelzen.

<sup>1)</sup> Mittel der Zahlen aus den 3 untern von TYNDALL beobachteten Linien.

<sup>2)</sup> Mittel aus allen Winterbeobachtungen TYNDALL'S.

In solchen Jahren, in denen die mittlere Temperatur eines Ortes geringer ist, als die aus vielen Jahren berechnete, wird nur ein gewisser Theil jener herabgeschobenen Eismasse aufgezehrt, während ein anderer Theil derselben zurückbleibt und somit ein Vorrücken des Gletschers erfolgt.

Nehmen wir an das Abschmelzen des Gletschers sei der Temperatur proportional, so wird bei einer niedrigeren Jahrestemperatur  $T^\circ$  die Eismasse:

$$\varepsilon = 531,1 \frac{(T - T^\circ)}{T} Q$$

ungeschmolzen zurückbleiben.

Das Vorrücken eines Gletschers betrage so in  $n$  Jahren:

$$V = 531,1 \frac{(T - T^\circ)}{T} n$$

Das mittlere tägliche Vorrücken des Gletschers in englischen Fussen ausgedrückt für das ganze Jahr wird:

$$V' = 1,455 \frac{(T - T^\circ)}{T}$$

und für die Sommermonate:

$$V'' = 1,662 \frac{(T_s - T_s^\circ)}{T_s}$$

Man findet alsdann:

	$V'$	$V''$
Für die mittlere Jahrestemp. $T$ .....	0	0
$T$ von 1812—1816 inclusive.....	0,1718	0,2041
$T$ für 1816.....	0,3335	0,3299

Das mittlere Vorrücken des Gletschers beträgt danach für jedes der 5 Jahre 1812—1816 durchschnittlich 62,7 und im Jahre 1816 121,7 Fuss. Nach CHARPENTIER's Beobachtungen wird das Vorrücken des Mer de Glace in diesem Jahre auf 150 Fuss angegeben.

Der Unterschied zwischen der Rechnung und der Beobachtung ist kein grosser, doch sind bei diesem Ueberschlage einige andere Bedingungen unberücksichtigt geblieben, nämlich die Neigung des Thal-

bodens an den verschiedenen vom Gletscher durchlaufenen Gegenden und die in den verschiedenen Jahren gefallene Regenmenge.

Für die genannten Jahre fehlen mir zwar die nöthigen Beobachtungen, indess kann man aus den Beobachtungen späterer Jahre über den Einfluss der gefallenen Regenmenge auf die Erweiterung der Gletscher eine genährte Ansicht gewinnen.

Von 1837 an bis 1861 beobachtete der Cavalier LORENZO GATTA zu Ivrea die in diesen verschiedenen Jahren gefallene Regenmenge, welche derselbe im vergangenen Sommer mir mitzutheilen die Güte hatte.

Diese Beobachtungen sind:

JAHK	REGENMENGE.
1837.....	1 <sup>m</sup> ,363
1838.....	1,383
1839.....	1,634
1840.....	1,165
1841.....	1,604
1842.....	1,097
1843.....	1,558
1844.....	1,297
1845.....	1,475
1846.....	1,779
1847.....	0,935
1848.....	1,595
1849.....	1,178
1850.....	1,597
1851.....	1,627
1852.....	1,403
1853.....	1,794
1854.....	1,261
1855.....	1,954
1856.....	1,298
1857.....	1,743
1858.....	1,330
1859.....	1,203
1860.....	1,421
1861.....	0,953
Mittel....	1,425

In dieser Reihe geben die 4 Jahre 1850—1853 eine erheblich grössere, die Jahre 1858—1861 eine geringere Regenmenge, nämlich für:

1850—1853.....	1 <sup>m</sup> ,604
1858—1861.....	1,227
Mittel.....	1,416

Das Mittel aus den beiden 4 jährigen Perioden ist dem Gesamtmittel schon sehr nah gerückt.

Für die aus einer langen Reihe von Jahren abgeleiteten mittleren Temperatur und mittleren Regenmenge, würde der untere Stand des Gletschers ein constanter sein. Nehmen wir nun an dass die Regenmenge von 1812—1817 der Regenmenge von 1850—1853 ungefähr gleich gewesen, und dass das Vorrücken oder Zurückweichen der Gletscher der Regenmenge proportional sei, so muss die obige Zahl für das Vorrücken des Mer de Glace in den Jahren 1812—1816 mit dem Factor  $\frac{1,604}{1,425}$  multiplicirt werden. Es ergäbe sich so das mittlere Vorrücken dieses Gletschers:

$$V = 62,7 \frac{1,604}{1,425} = 70,50$$

Nimmt man für das Jahr 1816 dieselbe Regenmenge, wie die von 1853 in Ivrea gefallene an, so würde im folgenden Jahre von 1816—1817 ein Vorrücken des Gletschers:

$$V = 121,7 \frac{1,794}{1,425} = 149,7$$

stattfinden, fast genau übereinstimmend mit der von CHARPENTIER beobachteten vorhin zu 150 Fuss angegebenen Zahl. Man wird sich daher überzeugen, dass sowohl durch die Schwankungen der Temperaturen, als auch durch das Schwanken der fallenden Regenmengen in den verschiedenen Jahren der mittlere Stand der Gletscher durchaus nicht geändert wird. Nachdem die Gletscher einige Jahren vorangerückt sind, werden sie sich zurückziehen und wieder aufs Neue vorrücken. So ist es dann einleuchtend, dass das gewaltige Vorrücken der Gletscher in der Diluvialzeit nicht auf die Rechnung einer Reihe von

nasskalten Jahren kommen kann, doch auch angenommen, dass ein beständiges Sinken der mittleren Jahrestemperatur in Chamouni, so wie in den Jahren 1812—1816 von  $0^{\circ},34$  R. einträte, was allen meteorologischen Beobachtungen widerspricht, so lässt sich z.B. für das Mer de Glace die untere Grenze näherungsweise angeben, zu welcher nach längerer Zeit der Gletscher gelangen würde.

In der Breite von Chamouni  $46^{\circ} 56'$  wird mit Berücksichtigung der Tabelle I bei einem Sinken der Temperatur von  $0^{\circ},34$  R. =  $0^{\circ},425$  C. ein Gletscher aus den gegenwärtigen in ein etwa 200 Fuss niedrigeres Niveau herabsteigen, wo dann dieselbe Temperatur herrscht, welche bei normalen Verhältnissen in einer 200 Fuss höher liegenden Luftschicht beobachtet wird. Das untere Ende des Mer de Glace bei der Quelle des Arveiron liegt 3457 Fuss über dem Meere; es würde daher bei einem Sinken der Temperatur von  $0^{\circ},34$  R. in das Niveau von 3257 Fussen gelangen. Prieuré de Chamouni liegt nach den neuesten Messungen 3238 Fuss hoch und ist gegen 10000 Fuss vom Gletscher entfernt, der bei einem jährlichen Vorrücken von 70,5 Fuss nach 142 Jahren seine Grenze kurz oberhalb des Dorfes Chamouni erreichen würde.

Nach den vorher mitgetheilten Zahlen scheint es zweifelhaft zu sein ob das Vorrücken der Gletscher in kühlen Sommern, wie man allgemein anzunehmen pflegt, erheblich rascher sei als das mittlere jährliche Vorrücken derselben. Nach dem Mittel aus jenen 5 Jahren ergibt sich das Vorrücken im Sommer zwar um ein wenig grösser als das mittlere; im kältesten Sommer von 1816 erscheint es eher etwas geringer. Sollte das Vorrücken der Gletscher in kalten Sommern wirklich grösser als das mittlere sein, so ist der Unterschied zwischen beiden wohl nur ein sehr geringer; auch ist es kaum zu bezweifeln, dass die mittlere Jahrestemperatur in Verbindung mit der mittleren Regenmenge die eigentliche Norm für den Stand der Gletscher bildet. Fernere jetzt noch zu mangelhafte Beobachtungen der Jahrestemperatur und ihres Verlaufs in den verschiedenen Monaten in Verbindung mit den Beobachtungen über die gefallene Regenmenge werden künftig über die Jahresschwankungen der Gletscher genaueren Aufschluss ertheilen.

## ABSCHNITT XIX.

### DER EINFLUSS DES SEE- UND CONTINENTALKLIMAS AUF DIE GLETSCHERVERBREITUNG.

---

Verschiedene Geologen, unter denen ich zunächst ESCHER VON DER LINTH hervorheben möchte, dessen Ansicht sich auch in der neueren Zeit Sir CHARLES LYELL angeschlossen hat, suchten nach Gründen, um die diluviale Gletscherverbreitung zu erklären, da sie doch wohl die Hypothesen von CHARPENTIER und AGASSIZ als nicht befriedigend erkannt haben. ESCHER VON DER LINTH sprach zuerst die Ansicht aus, dass durch die Hebung des Africanischen Continents, vornehmlich durch die Bildung der Wüste Sahara und durch die damit in Zusammenhang stehenden Luftströmungen, welche in der Schweiz unter dem Namen der Föhnwinde bekannt sind, der allmähliche Rückgang der Gletscher von der Diluvialzeit bis zur Gegenwart bewirkt worden sei.

Dieser gewiss nicht fern liegende Hypothese, die ich unabhängig von ESCHER gleichfalls als eine der Möglichkeiten mit in Betracht zog, verdient jedenfalls volle Beachtung. Die Geologen gehen wohl meist von der Ansicht aus, dass das Seeklima etwa in der geographischen Breite

des mittleren Europas bei grösserer Feuchtigkeit auch ein Kälteres sei, als das gemischte Klima und dass dadurch ein ungewöhnliches Vorrücken der Gletscher erfolge. Es mag dieses bis zu einem gewissen Grade richtig sein; indess scheint doch eine solche Frage, zu deren Beantwortung uns ein vollständiges Material vorliegt, eine genauere wissenschaftliche Prüfung zu verdienen, bevor wir sie annehmen und als richtig erkennen. Die Verbreitung der Diluvialgletscher in den Alpen erfordert, wie wir dieses im nächsten Abschnitt ausführlicher zeigen werden, eine Verminderung der mittleren Jahrestemperatur von  $6^{\circ}$  bis  $7^{\circ}$  R. Schon aus den allgemeinen im XIV<sup>ten</sup> Abschnitt mitgetheilten Untersuchungen geht hervor, dass durch eine verschiedenartige Vertheilung von Land und Meer das constante Wärmequantum  $\Omega$  auf der Erdoberfläche in verschiedener Weise vertheilt werden könne. Wir sahen indess, dass das Zuströmen der Wärme von der südlichen auf die nördliche Halbkugel dann seinen grössten Werth erreiche, wenn vom Aequator bis zum  $54^{\circ}$  nördlicher Breite sich Continent und von da bis zum Nordpole sich Wasser verbreite, während auf der südlichen Halbkugel die umgekehrte Vertheilungsweise stattfinde. (Siehe Seite 140). Da die auf diese Weise hervorgebrachte Temperaturerhöhung auf der nördlichen Halbkugel  $2^{\circ},1$  R. beträgt und durch die Hebung des Africanischen Continents so wie durch die Bildung der Wüste Sahara nur ein kleiner Theil jener Bedingung erfüllt wird, so muss man sich überzeugen, dass die durch die angegebene Veränderung von See in Land hervorgebrachte mittlere über grössere Oberflächen vertheilte Temperaturerhöhung auch nur eine mässige sein kann, die gewiss viel weniger als  $2^{\circ}$  R. beträgt, während für die diluviale Gletscherverbreitung mindestens ein Sinken der mittleren Temperatur von  $6^{\circ}$  R., oder bei ihrem Verschwinden ein Steigen derselben um diese Grösse erfordert wird.

Schon aus dieser Betrachtung wird man die Ueberzeugung gewinnen, dass weder durch das reine Seeklima, welches wir vor dem Auftauchen der Wüste Sahara für die Alpen anzunehmen hätten, die Bildung der Diluvialgletscher bewirkt, noch durch diese continentelle Veränderung ein Verschwinden derselben hervorgebracht werden könne. Aus den bis

jetzt bekannten meteorologischen Beobachtungen ergibt sich aber dasselbe Resultat. Man beobachtet nämlich auf der Südseite der Alpen in 11 der hauptsächlichsten Städte, deren Höhe über dem Meere bekannt ist, folgende mittlere Jahrestemperaturen:

	$\varphi$	$H$	$T$
Bologna.....	44° 30'	272	11,44
Brescia.....	45 30	470	10,99
Chioggia.....	45 10		10,68
Genua.....	44 24		12,91
Mailand.....	45 28	720	10,30
Padua.....	45 24	100	10,30
Pavia.....	45 11	270	10,33
Turin.....	45 4	857	9,39
Venedig.....	45 26	20	10,41
Verona.....	45 26	157	11,98
Vicenza.....	45 43	130	10,29

Reducirt man die mittleren Jahrestemperaturen dieser Orte auf das Meeresniveau unter  $T'$  und vergleicht sie alsdann mit den Temperaturen des Seeklimas der nördlichen Halbkugel  $T''$  (Tabelle III), so ergibt sich folgende Uebersicht:

	$\varphi$	$T'$	$T''$	
Bologna.....	44° 30'	11,99	11°,12	+ 0,87
Brescia.....	45 30	11,78	10,74	+ 1,04
Chioggia.....	45 10	10,68	10,87	— 0,19
Genua.....	44 24	12,91	11,17	+ 1,74
Mailand.....	45 28	11,50	10,76	+ 0,74
Padua.....	45 24	10,46	10,79	— 0,33
Pavia.....	45 11	10,79	10,86	— 0,07
Turin.....	45 4	10,83	10,91	-- 0,08
Venedig.....	45 26	10,44	10,78	— 0,34
Verona.....	45 26	12,23	10,78	+ 1,45
Vicenza.....	45 43	10,50	10,60	— 0,10
Mittel.....	45 12'	11,28	10,85	

Betrachten wir nun die mittleren Jahrestemperaturen einer Reihe von Orten in der Nähe der Nordseite der Alpenkette, so gelangen wir zu der folgenden Uebersicht:

	$\varphi$	$T$	$H$
Basel.....	47° 34'	7,69	755
Bern.....	46 57	6,21	1790
Chur.....	46 50	7,60	1880
Freiburg.....	46 48	5,94	1950
St. Gallen.....	47 26	7,33	1700
Genf.....	46 12	7,75	1253
Lausanne.....	46 31	7,54	1533
Neuchâtel.....	46 59	8,48	1350
Ouchy.....	46 29	7,95	1220
Vevey.....	46 28	8,35	1250
Zürich.....	47 23	7,40	1254
Friedrichshafen.....	47 39	7,19	1201

Werden auch diese Beobachtungen mit Hülfe der Tabelle I auf den Meeresspiegel reducirt und mit den mittleren Temperaturen des Seeklimas verglichen, so findet man:

	$\varphi$	$T'$	$T''$	
Basel.....	47° 34'	8,98	9,96	— 0,98
Bern.....	46 57	9,27	10,19	— 0,92
Chur.....	46 50	10,76	10,12	+ 0,64
Freiburg.....	46 48	9,30	10,15	— 0,85
St. Gallen.....	47 26	10,22	10,00	+ 0,22
Genf.....	46 12	10,18	10,49	— 0,31
Lausanne.....	46 31	10,15	10,36	— 0,21
Neuchâtel.....	46 59	10,80	10,17	+ 0,63
Ouchy.....	46 29	10,06	10,38	— 0,32
Vevey.....	46 28	10,51	10,38	+ 0,13
Zürich.....	47 23	9,56	10,03	— 0,47
Friedrichshafen....	47 39	9,27	9,92	— 0,65
	46 56	9,92	10,18	

Aus der Zusammenstellung dieser Beobachtungen ergeben sich folgende Resultate:

	$\varphi$	M. Continental T.	M. Seetemperat.	
Südseite der Alpen.....	45° 12'	11,28	10,85	+ 0,43
Nordseite der Alpen.....	46° 56'	9,92	10,18	— 0,26
Mittel.....	46° 4'	10,60	10,52	+ 0,08

Aus diesen Zahlen geht allerdings hervor, dass die südlich von den Alpen gelegenen Continente auf die Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur jener, und somit auf den Stand der Gletscher einen gewissen Einfluss ausüben, dass derselbe, wie wir bereits schon so eben gefunden haben, aber nicht entfernt ausreicht, um das Verschwinden der Diluvialgletscher zu bewirken. Die continentale Temperaturerhöhung auf den Südabhängen der Alpen betrüge diesen Beobachtungen zu Folge  $0^{\circ},43$  R., während sie in der Mitte des Gebirges schon ausserordentlich gering ausfiele.

Betrachten wir nun noch die mittleren Temperaturen einiger Orte an der Africanischen Küste, so ergibt sich:

	$\varphi$	$T$
Algir.....	$36^{\circ} 47'$	14,34
Oran.....	35 50	13,97
Constantine.....	36 20	13,75
Tunis.....	36 48	16,34
Gibraltar.....	36 7	15,75
Mittel...	36 22,4	14,83

Verbindet man diese Zahlen mit denen für das nördliche Italien gefundenen, nämlich  $\varphi = 45^{\circ} 12'$  und  $T = 11^{\circ},28$  R., so erhält man die Gleichungen:

$$\begin{aligned}\eta + \xi \cos 2\varphi &= 14,83 \\ \eta + \xi \cos 2\varphi' &= 11,28\end{aligned}$$

aus welchen  $\eta = 11,36$  und  $\xi = 11,68$  sich ergibt.

Damit findet man für  $\varphi = 46^{\circ} 4'$ ,  $T = 10,96$ . Die Seetemperatur für diese Breite ist:  $T' = 10,52$ .

$$T - T' = 10^{\circ},96 - 10^{\circ},52 = 0^{\circ},44.$$

Es ist dieses nahe zu dasselbe Resultat, welcher wir vorhin an der Südseite der Alpen erhalten haben und es ist ersichtlich, dass etwa  $\frac{1}{15}$  des Herabrückens der Diluvialgletscher von der Entstehung des africanischen Continents herrühren kann. Auf der Nordseite der Alpen ist dieser Einfluss jedenfalls noch zu hoch angenommen. Ferner muss man berücksich-

tigen, dass sich dieser eben gemachte Ueberschlag auf vollkommenes Seeklima auf die Südseite des Gebirges bezieht; da aber mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass schon während der grössten Gletscherentwicklung immer hin gewisse Theile jenes südlichen Festlandes existirten, so ist der von uns berechnete Einfluss des gegenwärtigen africanischen Continents vermuthlich noch zu gross angenommen worden.

Man hat ferner das Zurückweichen der Gletscher von der Diluvialzeit an durch die Einwirkung des Golfstromes zu erklären gesucht, allein auch diese Ansicht ist unhaltbar; denn den vorhin angeführten Beobachtungen zu Folge wird die Seetemperatur von Faroe durch den Golfstrom um etwa  $1^{\circ}$  R. erhöht; Bergen in Norwegen ( $\varphi = 60^{\circ} 24'$ ) durch sein verhältnissmässig sehr mildes Klima bekannt, hat eine mittlere Jahrestemperatur von 6,57, während man für das mittlere Seeklima 5,31 findet; danach wäre das Klima von Bergen um etwa  $1^{\circ}, 2$  R. durch den Einfluss des Golfstroms erhöht. Wenn man nun ferner berücksichtigt, dass diese Strömung in den nächsten Punkten über 200 geographische Meilen von den Alpen entfernt ist, so wird man sich überzeugen, dass ihr Temperatureinfluss auf den Gletscherstand entweder gar nicht oder kaum in Betracht kommen kann; er ist jedenfalls sehr viel geringer als der von dem africanischen Continente ausgeübte.

Dass durch das reine Seeklima, eine so ungeheuere Gletscherverbreitung, wie sie unzweifelhaft in der Diluvialzeit dagewesen ist, nicht hervorgebracht werden könne, zeigt in der That die erst kürzlich untersuchte Alpenkette von Neuseeland. Nach von HOCHSTETTER's anziehender Beschreibung <sup>1)</sup> findet sowohl in der Höhe wie in der Ausdehnung zwischen den Alpen und der Neuseeländischen Gebirgskette kein wesentlicher Unterschied statt, auch die Grösse und Physiognomie der Gletscher beider Gegenden zeigen grosse Aehnlichkeit.

Nach den Beobachtungen von HAAST liegen die Ausläufer der neuseeländischen Gletscher in folgenden Höhen:

---

<sup>1)</sup> *New Seeland* von FRIEDRICH VON HOCHSTETTER, Seite 340.

1	FORBES Gletscher.....	3518	par F.
2	Gletscher	3757	} ohne Namen.....
3	Gletscher	3129	
4	HAVELOCK Gletscher.....	3524	
5	LAWRENCE Gletscher.....	3724	
6	GROSSER CLYDE Gletscher.....	3449	
7	ASHBURTON Gletscher.....	4422	
	Mittel..	$\frac{3646}{7}$	$\varphi = - 43^\circ$

Zur besseren Vergleichung mit ähnlichen Beobachtungen aus den Alpen sind diese Zahlen auf pariser Fusse reducirt.

Wollte man das Ergebniss dieser in Neuseeland über den Gletscherstand gefundenen Daten mit denen der Schweiz vergleichen, so würde man aus den Tab. I, II und III (Seite 115, 116 und 124) für die Schneegrenze und das Mass der Abnahme der Temperatur mit wachsender Höhe, die Daten für folgenden Ueberschlag entnehmen.

Für  $\varphi = 46^\circ 11'$ , Schneegrenze = 7871 p. F., Zahl aus Tab. I 470,7; mittlere Höhe des Fusses des Gletscher (siehe den folgenden Abschnitt) = 4693; also das Herabreichen des Gletscher unter die Schneegrenze = 3178 p. F.

Für  $\varphi = 43^\circ 0'$ , Zahl aus Tab. I 488,5. Das Herabreichen des Gletscherfusses unter die Schneegrenze =  $\frac{488,5}{470,7} \cdot 3178 = 3297$  p. F.

Für  $\varphi = - 43^\circ 0'$ , Schneegrenze in Neuseeland (Tab. II) = 7274 p. F., so mit die Höhe des unteren Gletscherendes in Neuseeland =  $7274 - 3297 = 3977$  p. F.; ein Ergebniss, welches mit obigen Beobachtungen verglichen eine Differenz von 331 Fussen zeigt und ohne Zweifel noch näher gekommen sein würde, wenn man den Einfluss der auf dieser Insel gewiss grösser als in der Schweiz fallenden Regenmenge in der Berechnung hatte aufnehmen können.

Aussergewöhnlicher ist nach DARVINS <sup>1)</sup> Mittheilungen der Stand einiger Gletscher im südlichen Chili, welche unter dem  $46^\circ$  süd-

<sup>1)</sup> *Journal of researches into the geology and natural history*, London 1840 pag. 619.

licher Breite bis in das Niveau des Meeres gelangen und sich hier in schwimmende Eisberge auflösen. Auf einem derselben wurde ein ansehnlicher Granitblock bemerkt, welcher ringsumher das Eis aufgethaut hatte.

Auch diese Erscheinung ist keineswegs so wunderbar als sie uns im ersten Augenblicke erscheint. Es ergibt sich nämlich nach unseren Rechnungen über das Seeklima:

Auf der nördlichen Halbkugel unter..	46° Breite	$T = 10,55$
" " südlichen " " ..	— 46	$T' = 7,89$
eine Differenz..		$T - T' = 2,66$

welche unter normalen Verhältnissen den Gletscherstand etwa 1500 Fuss tiefer herabdrückt als in den Berner Alpen. Bei stärkerem Regenfall der an der Südküste Chilis beobachtet wird, bei steilen Abhängen und grossen Schneereservoirien können so einige Gletscher bis in die Nähe des Meeres gelangen oder dieses sogar erreichen.

Wir haben am Schlusse dieses Abschnittes endlich noch einer kürzlich von A. FRANKLAND aufgestellten und von A. DE LA RIVE befürworteten Hypothese zu gedenken.

FRANKLAND führt zunächst die verschiedenen Hypothesen an, deren man sich bisjetzt bedient habe um die diluvialen Gletscherverbreitung zu erklären. Da sie ihm indess unzureichend erscheinen, so stellt er eine neue auf, welche in Folgendem besteht:

Der Ocean habe während der Glacial-Epoche eine höhere Temperatur als seine gegenwärtige gehabt, dadurch sei eine stärkere Verdampfung eingetreten, welche grössere atmosphärische Niederschläge, eine Senkung der Schneelinie und somit eine grössere Verbreitung der Gletscher bewirkt habe. FRANKLANDS eigene Worte sind:

„The sole cause of the phenomena of the glacial epoch was a higher temperature of the ocean than that which obtains at present. This hypothesis rests chiefly upon the two following propositions:

- 1) That a higher oceanic temperature would give rise to an

increased evaporation, and consequently to an augmented atmospheric precipitation.

2) That this increased atmospheric precipitation would augment the average depth of permanent snow upon the icebearers, and would, within certain limits, depress the snowline <sup>1)</sup>."

Diese Hypothese, welche plötzlich in der Diluvialzeit eine Temperaturerhöhung von mindestens 6 bis 10° R. im Weltmeere voraussetzt, ist mit der Wärmethorie durchaus unverträglich und würde auch, angenommen, die Erscheinungen durchaus nicht erklären können. Wenn AGASSIZ für das Auftreten seiner Eiszeit die Erdtemperatur um eine ähnliche Grösse sinken lässt, so erscheint diese Hypothese vom physikalischen Standpunkte aus zwar nicht gerechtfertigt, doch würde sie begreiflicher Weise ein bedeutendes Vorrücken der Gletscher erklären; wie aber im entgegengesetzten Falle dasselbe Resultat erreicht wird, ist nicht wohl einzusehen.

Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, dass, wenn während der Diluvialzeit die Temperatur des ganzen Oceans um eine so namhafte Grösse stiege, diese nicht von der Sonne, welche alljährlich auf der Erde nur ein bestimmtes Wärmequantum erzeugt, sondern nur von der inneren Erdwärme herrühren könnte. Damit wäre aber ein Steigen der ganzen Erdtemperatur verbunden, und der von FOURIER gefundene Temperaturüberschuss, welcher  $\frac{1}{3}^{\circ}$  bis  $\frac{1}{4}^{\circ}$  C. beträgt, müsste auf etwa 10° C. steigen, womit eine 300 Mal so grosse Wärmezunahme im Innern der Erde verbunden wäre. Selbst in den frühesten Zeiten, während welcher sich die Organisation auf der Erdoberfläche entwickelt hat, ist ein solcher, vom Inneren der Erde herrührender Temperatur Ueberschuss kaum denkbar.

Ferner würde die um 6 bis 10 Grad erhöhte Temperatur denselben Erfolg hervorbringen, als wenn die Alpen auf ein Mal in das nordliche Africa oder in das südlichste Sicilien versetzt wären. Während jetzt der mittlere Gletscherstand in der Schweiz sich zu 4756 Fuss ergibt, müsste

---

<sup>1)</sup> *Philosophical Magazine*, Fourth series. March, 1864.

man ihn alsdann in einer Höhe von 8000 bis 10000 Fuss antreffen, oder mit anderen Worten die Gletscher würden aus den Alpen so gut wie verschwinden.

Wir machen endlich noch darauf aufmerksam, dass wenn auch das Meer eine höhere Temperatur annähme und dadurch eine stärkere Verdampfung entstände, die so gebundene und mit der Bildung der Niederschläge frei gewordene Wärme nothwendiger Weise warme Regen erzeugte, die fast mehr als der Sonnenschein, darauf hinwirken die Gletscher aufzuzehren.

Unsere Leser werden aus den eben mitgetheilten Untersuchungen die Ansicht gewonnen haben, dass diese von FRANKLAND angenommene Erwärmung des Meeres zur Diluvialzeit mit der Wärmetheorie unverträglich ist, und dass wenn sie in dem genannten Betrag existirte, dadurch nicht eine Vergrößerung, sondern eine völlige Vernichtung der Gletscher bewirkt werden würde.

---

## ABSCHNITT XX.

### DIE ERKLÄRUNG DER DILUVIAL-ERSCHEINUNGEN AUF DER NORDSEITE DER ALPEN.

Die in den letzten Abschnitten vorgenommene Prüfung der beiden von AGASSIZ und CHARPENTIER aufgestellten Hypothesen zur Erklärung der Diluvial-Erscheinungen in der Schweiz wird unsere Leser überzeugt haben, dass dieselben nicht nur unter einander im Widerspruch stehen, sondern dass sie auch mit den erprobtesten Lehren der Physik unvereinbar sind.

Die einstmalige Gletscherverbreitung ist also nicht erklärbar:

- 1) durch die Hypothese der eine ungeheuere Kälte forderenden Eiszeit,
- 2) durch ein geringes Sinken der mittleren Jahrestemperatur und nasskalte Sommer,
- 3) durch die Bildung des Africanischen Continents, oder durch die veränderten Strömungen der See.

An eine neue den Beobachtungen besser entsprechende Erklärungsweise sind folgende Anforderungen zu stellen:

- 1) Eine für unseren Zweck aufzustellende Hypothese muss zunächst der Theorie der Erdwärme vollkommen Genüge leisten und darf gegen

keines der allgemein anerkannten physikalischen Gesetze verstossen.

2) Die Entwicklung in der Organisation darf in ihrem Fortschreiten, wie es durch das Einschieben der Eiszeiten geschieht, nicht allgemein sondern nur lokal gestört werden.

3) Die aus einer solchen Hypothese gezogenen Folgerungen müssen leicht und klar zu übersehen sein, ohne dass sie den Leser in ein dunkles Labyrinth nebliger Vorstellungen führen, in dem jede wissenschaftliche Untersuchung aufhört.

4) Es wird verlangt, dass die Beobachtungen ohne Hülfe grosser Revolutionen erklärt werden, so dass die Vorgänge in der Diluvialperiode auf der einen Seite an die der Tertiärzeit, auf der andern an die der Gegenwart sich continuirlich anschliessen.

5) Die neue Hypothese soll in derselben Weise nicht nur für die Erscheinungen in der Schweiz, sondern auch für alle andere ähnliche Gegenden der Erde volle Anwendbarkeit besitzen und bei diesen letztern dürfen keine neuen Hypothesen zu Hülfe genommen werden.

Um ein deutliches Bild vom Klima der Diluvialzeit zu gewinnen ist es zuerst erforderlich das Seeklima derselben ins Auge zu fassen, dessen wesentliche Elemente in der Tabelle XVII Seite 165 zusammengestellt worden sind. Aus den dort angeführten Zahlen ergibt sich, dass das diluviale Seeklima das der Gegenwart um ein Geringes an Wärme, sowohl in der mittleren Jahrestemperatur, wie auch besonders in der mittleren Wintertemperatur, übertroffen hat. Da nun aber die See den grössern Theil der Erdoberfläche bedeckt, so ist gar nicht einzusehen, durch welche Ursachen eine allgemein verbreitete Kälte das Auftreten einer Eiszeit habe bewirken können.

Betrachten wir unsere geologischen Karten etwas genauer, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass am Ende der Tertiärzeit und während der ersten Bildung des Diluviums, die Continente einen geringeren, das Meer dagegen eine grössere Ausdehnung als in unserer Zeit gehabt hat. So lagen beispielsweise ein grosser Theil der Wüste Sahara, die Baltische Ebene, das Po-Thal, ein grosser Theil von Russland und von Sibirien, die Länderstrecken zwischen dem Schwarzen

und Kaspischen Meere und viele andere Gegenden der alten und neuen Continente unter den Spiegel der See, aus dem sie erst später allmählig durch langsame Erhebung hervor tauchten. Dass so das Klima der Diluvialformation im grossen Ganzen mehr den Charakter des Seeklimas als des continentalen an sich trug, scheint unzweifelhaft zu sein. So standen alle flachen Küstengegenden und Inselgruppen unter dem Einfluss des ersteren, was aber nicht ausschliesst, dass in gewissen Localitäten, die im Vergleich mit dem Umfang der Oceane von geringer Oberfläche gewesen sein mögen, ein Berg- und Continentalklima geherrscht habe.

Wird also ein ursprünglich vom Meere umgebenes, wenig über seinem Niveau liegendes Land langsam in eine bedeutendere Höhe erhoben, so ändern sich auch mit der neu hervorgebrachten Reliefform des Bodens die klimatischen Eigenthümlichkeiten desselben. Indem zunächst in einer solchen von starken Hebungen beeinflussten Gegend das Seeklima nach und nach aufhört, sinkt die mittlere Jahrestemperatur, vorzugsweise werden aber die Winter kälter und anhaltender. Eine solche klimatische Veränderung wird nothwendigerweise auf die Entwicklung der Organismen mit der Zeit einen wesentlichen Einfluss ausüben. Pflanzen, welche von der Natur auf ein sehr feuchtes und gleichmässiges Klima angewiesen sind, werden sich bei eintretender Bodenerhebung langsam zurückziehen oder nur an dem Fusse neugebildeter Gebirge fortexistiren, während auf den höher liegenden Terrassen Eichen, Nadelhölzer, krautartige Alpenpflanzen und endlich vollkommen arctische Formen gefunden werden. In der Thierwelt ist es nicht anders.

So drängen sich hin und wieder auf kleinen Oberflächen Reihen von Thieren und Pflanzen dicht zusammen, die unter einem verschiedenen Barometerstande athmend, in ihrer ganzen Bildung und Lebensweise von einander unendlich verschieden sind. Diese Vertheilung der Organismen ist hier nicht von der Zeit abhängig und wir müssen darauf gefasst sein ihr in den Formationen, in welchen es schon höhere Gebirge gegeben hat, zu begegnen. Das Klima der Schweiz war bei der eintretenden Gebirgsbildung den eben genannten localen Schwankungen unter-

worfen, ohne dass damit eine gänzliche Aenderung des Klimas der ganzen nördlichen Hemisphäre verbunden gewesen zu sein braucht.

So sehen wir z.B. in der Gegenwart auf dem Gornergrat ein durchaus anderes Klima und eine durchaus verschiedene Vegetation, als die ist, welche einige Meilen davon an den Ufern des Lago Maggiore beobachtet wird. Stellen wir uns nun vor, dass die Floren beider Gegenden in einen fossilen Zustand übergingen und zugleich Bodenbewegungen stattfänden, so konnte später eine geradezu fossile arctische Flora ganz in der Nähe und vielleicht sogar in einem ähnlichen Niveau in Berührung mit einer subtropischen gefunden werden.

Das Klima der Gebirge tritt so in einzelnen scharf abgegrenzten Gruppen hervor, die inselartig aus dem Secklima, welches gleichsam den Grundton angibt, hervorragen.

Niemand findet in diesen uns täglich entgegentretenden Erscheinungen etwas wunderbares, während ganz dieselben, oder doch nah verwandte, die während der Diluvialzeit in der Schweiz sich ereigneten, zu den fremdartigsten Deutungen Veranlassung gegeben haben.

Die Erscheinungen, welche CHARPENTIER und AGASSIZ veranlassten eine allgemeinere Eisverbreitung oder Eiszeit anzunehmen, sind folgende:

- 1) Die grössere Ausdehnung der Gletscher in den Alpen während der Diluvialzeit,
- 2) Die Verbreitung der Findlinge in der Schweizer Ebene und an den Abhängen des Jura,
- 3) Die Schliffflächen am Rande desselben Gebirges.

Wir werden im Nachfolgenden versuchen mit Hinzuziehung einer anderen Reliefform der Oberfläche in der Schweiz diese Erscheinungen in einfacher Weise ohne die Hypothesen von AGASSIZ und CHARPENTIER in voller Uebereinstimmung mit den Gesetzen der Physik zu erklären.

Werfen wir zunächst einen Blick auf STUDER' und ESCHER's geognostische Karte der Schweiz, so finden wir, dass das eigentliche Alpengebirge, in dem sich bei näherer Erforschung eine sehr verwickelte Gliederung zu erkennen giebt, der Hauptsache nach aus gehobenen Trias-, Jura- und

Kreideschichten besteht, welche zum grossen Theil metamorphosirt und von Graniten und anderen krystallinischen Gesteinen durchbrochen sind. An diesen Hauptstock des Gebirges lehnen sich sowohl auf der Nord- wie auf der Südseite desselben von flachen Bergzügen unterbrochene Vorländer, deren Schichten erst nach der Kreideablagerung vom Wasser abgesetzt sind.

Ueber den jüngsten Kreidegesteinen beginnen die aus dem Meerwasser hervorgegangenen Nummuliten- und Flysch-Bildungen, denen die eigentliche Schweizer-Molasse, die mittlere Tertiärablagerung dieses Landes folgt. Das unterste auf der ebengenannten Karte mit  $m$  bezeichnete Glied derselben, wird zwar als eine Süsswasserbildung angesehen, obgleich es wohl nicht ganz unwahrscheinlich ist, dass das Meer, aus dem sich der Flysch absetzte, erst allmählig verdrängt, Salzwasser-Schichten zurückliess, welche sich bei genauerer Nachforschung im tiefgelegensten Niveau der Molasse wiederfinden.

Ueber der untersten Molasse-Ab lagerung folgen die bekannten Nagelfluhen und über diesen eine neue Süsswasser-Molassenschicht  $m^1$ . Auf ihr liegt die eigentliche Schweizer Meeresmolasse  $m^2$ , der eine neue aus wechselnden Lehm- und Kieselschichten zusammengesetzte, mit  $m^3$  bezeichnete Süsswasserschicht folgt. Sie bildet den eigentlichen Uebergang zu der Diluvialformation und ist die Trägerin der glacialen Erscheinungen, unter denen die im V<sup>ten</sup> Abschnitt beschriebenen Findlinge die erste Rolle spielen.

Die Erhebung der Alpen fällt zum bei weitem grösseren Theile gegen das Ende der Tertiären Periode, da die Molasse- und Nagelfluhe-Schichten mitgehoben worden sind; die Bildung der Gletscher und die Ausstreuung der Findlinge gehört dagegen einer etwas spätern Zeit an. Die meisten Geologen der Schweiz, unter ihnen auch CHARPENTIER, treten dieser Ansicht bei, nur AGASSIZ, wie bereits bemerkt, lässt jene Eisdecke vor der Bildung dieses grössten europäischen Gebirges entstehen.

Es hat lange gedauert, bis sich die Geologen daran gewöhnten die äussere Erdrinde nicht als fest, sondern als langsam beweglich zu betrachten. Wenn die Lehre von den Hebungen und von den Senkungen

der Gebirge erst in der neueren Zeit zu vollständiger Geltung gekommen ist, so scheint der Grund davon hauptsächlich darin gesucht werden zu müssen, dass der Mensch seine eigene Kraft und Grösse zum Massstabe für die Naturkräfte anlegt, und sich nicht leicht daran gewöhnt jene riesigen Berggipfel, neben denen er verschwindet, mit dem Halbmesser der Erde zu vergleichen.

Wenn jetzt auch die Erhebung der Alpen von keiner Seite bezweifelt wird, so glaube ich doch, dass viele Geologen diesen grossartigen Vorgang als einen allzu plötzlichen und revolutionären betrachten, von welchem sie annehmen, dass er in sehr kurzer Zeit vollbracht worden sei.

AGASSIZ lässt bei der Erhebung der Alpen die mehr als tausend Meter mächtige Eisrinde zerplatzen und nimmt an, dass durch die so gebildeten Spalten die Findlingsblöcke auf die Oberfläche geschleudert werden. Ein solcher Vorgang ist ein eben so plötzlicher als gewaltsamer, der ohne vulkanische Einflüsse, ohne die Mitwirkung von Dampfkraften, sich gar nicht erklären liesse.

Eine ähnliche Vorstellungsweise scheint sich CHARPENTIER von der Erhebung der Alpen zu machen; auch er lässt durch die aufgerissenen Spalten siedende Wasserdämpfe hervordringen, welche später die Vergletscherung der Schweiz veranlassten.

Sodann vermuthet DESOR, dass bei der Erhebung dieses Gebirges das Wasser in grossen Strömen zurückgetreten und bei diesem Vorgange die untere Diluvialschicht entstanden sei.

Es ist nicht meine Absicht auf eine Untersuchung dieses Gegenstands, der eigentlich ausserhalb des Kreises dieser Arbeit liegt, näher einzugehen, doch sei es mir verstattet einige kurze Bemerkungen über denselben hinzuzufügen. Mir erscheint es mehr als wahrscheinlich, dass wir es bei diesem geologischen Vorgang nicht mit einer ungestümen Revolution, sondern mit einer ebenmässigen, langsam fortschreitenden Entwicklung zu thun haben, welche vulkanische Einflüsse in keiner Weise ausschliesst.

Der Aetna, ein Berg nicht viel niedriger als das Wetterhorn, ist von seinem Fuss zu seinem Gipfel das Product vulkanischer Kräfte; indess

sind seine Gangsysteme, seine Laven, seine Cratere nicht durch einen einzigen Titanenkampf im Laufe weniger Tage oder Stunden, sondern gleichfalls aus einem durch sehr viele Jahrtausende daurenden Entwicklungsgang hervorgegangen. Sollte es mit den Alpen, welche eine bedeutendere Höhe, einen weit grössern Umfang und eine sehr viel verwickeltere Bauart besitzen als sie ein Vulkan zeigt, anders gewesen sein?

Zunächst sind bei der Entstehung dieses Gebirges zwei wesentlich verschiedene Momente von einander zu unterscheiden, nämlich zuerst die Bildung der Gesteine, sodann die Erhebung der aus diesen Gesteinen zusammengesetzten Schichten. Beide Vorgänge haben im Allgemeinen nichts mit einander zu thun und sind ohne Zweifel durch lange Zeiträume von einander getrennt. Mit Ausnahme einiger verhältnissmässig unbedeutender Süsswasser-Ablagerungen der Tertiär- und Diluvialzeit ist das ganze Schichtensystem der Alpen am Boden und unter dem Boden eines meist gewiss tiefen Meeres, der Trias-, Jura- und Kreideformation oder in flacheren Meeresbuchten abgelagert worden. Die auffallend grosse Armuth an Conchylien in den meisten Schichten und der völlige Mangel derselben in anderen z.B. in manchen Dolomiten, Schiefen und körnigen Kalksteinen lässt auf ihre Ablagerung in tiefem Meerwasser schliessen.

Als das zweite Hauptglied der Alpen ist die Granitformation zu betrachten, für welche wir eine dem Trachyt ähnliche vulkanische Entstehungsweise annehmen. Gänge, welche im Zusammenhang mit injicirten Schichten durch Schiefer und Kalksteine sich verbreiten, erinnern an die ganz verwandten Erscheinungen in vulkanischen Gebirgen.

Zu anderen Zeiten und an anderen Stellen sind ausserdem bald hier bald da Porphyre, Melaphyre, Syenite, Diorite und Gabbrogesteine zwischen den sedimentären Ablagerungen zum Durchbruch gekommen. Dieses verwickelte System geschichteter und krystallinischer Gebirgsarten lag noch zu einer Zeit unter dem Meeresniveau, als die Wärmezunahme von der Oberfläche der Erde gegen ihr Inneres hin sehr viel rascher war als in der Gegenwart. Es traten so die Verhältnisse

ein, welche wir bereits im XV<sup>ten</sup> Abschnitt näher erörtert haben. In Folge der rascheren Temperaturzunahme wirkt schon in einer nicht zu grossen Tiefe in allen Spalten, öfter mit Kohlensäure gemischtes überhitztes Wasser unter Hochdruck auf jene verschiedenen Gesteine, welche dadurch sehr wesentliche Veränderungen erlitten haben, die man im Allgemeinen mit dem Namen des Metamorphismus zu bezeichnen pflegt.

Gewisse chemisch dazu disponirte, ursprünglich vulkanische Felsarten, die anfangs quarzfrei gewesen sein mögen, werden durch solche Einwirkungen in Granite verwandelt; die Spalten der geschichteten Gesteine, wie beispielsweise die Schiefer des Binnenthals und die der Mont Blanc-Kette bei Courmajeur werden nach allen Richtungen mit unzähligen kleinen Adern und Gängen von Quarz, Braun- und Kalkspath durchzogen, und es zeigt sich dort das Gegenstück der Erscheinungen, die wir in ähnlicher Weise in den isländischen Trapp- und Trachytgebirgen zu beobachten Gelegenheit gehabt haben. Massen von Kieselgallerten, die sich aus dem Granit in Höhlungen ausschieden, lieferten das Bildungsmaterial für die Quarze der Krystallkeller; Granat, Epidot, Hornblenden, Cyanit und Staurolith konnten unter solchen Bedingungen bei vollständiger Ruhe, während langer Zeiträume und gleichmässiger Temperatur, zum Auskrystallisiren gelangen. Es konnten ferner wasserhaltige Silicate theils in den krystallinischen, theils in den sedimentären Gesteinen entstehen und die Quellen konnten bei ihrer Circulation das Bildungsmaterial derselben von der einen Formation zu der andern hinüberführen. So wurden Talkblättchen und Chlorite in Kalksteine übertragen; Hornblenden wurden in Serpentine verwandelt u. s. w. Sodann ging durch ähnliche Vorgänge der graue Kalkstein in weissen körnigen Marmor über; die Gyps- und Dolomitbildung gelangten zur Entwicklung. Ferner sind Sublimationen von Titan- und Eisenchlorid gewiss nicht selten gewesen, wie die allgemein verbreiteten Eisenrosen, Anatas-, Rutil-, Brookit- und Sphenkrystalle es nicht unwahrscheinlich machen.

Alle diese Gesteinsbildungen und Umwandlungen, welche unter dem Niveau des Meeres in unabsehbaren Zeiträumen vor sich gingen,

scheinen zum bei weitem grösseren Theil der eigentlichen Erhebung der Alpen voraufgegangen zu sein, die erst in einem zweiten Acte, der wiederum gewiss sehr lange Zeiträume im Anspruch nahm, sich zuge tragen hat.

Die jetzt noch an den skandinavischen Küsten beobachteten säcularen Hebungen und Senkungen, die im Jahrhundert zwei bis drei Fuss betragen, mögen uns auch für die Hebung der Alpen gewisse Anhaltspunkte darbieten. Wenn auch diese zehn und zwanzigmal rascher vor sich gegangen wäre, so würde sie doch unter allen Umständen grosse Zeiträume erfordern um eine so grossartige Bergkette zu vollenden. Die merkwürdigen Biegungen in den starren Schichten der Schiefer- und Kalksteine, die man z.B. am Wetterhorn, am grossen Axenberg, am Nant Arpenaz auf dem Wege von Genf nach Chamouni und an unzähligen andern Bergen der Schweiz beobachtet, sprechen gleichfalls für eine stetige sehr langsame Bodenbewegung.

Indem so dieses Gebirge während der Tertiär-Zeit langsam aus dem Meere emporstieg, bildete sich zunächst zwischen dem Schweizer und dem Schwäbischen Jura ein weiter Golf oder Seearm, der wie unsere geognostischen Karten zeigen, auf der einen Seite in der Nähe von Marseille und auf der andern in östlicher Richtung über Wien bis Ungarn sich verbreitete. Alle grösseren Landseen der Schweiz und des Bayrischen Gebirges befinden sich in dieser Zone. Indem die Alpenkette immer höher und höher emporstieg, gelangten die einzelnen Gipfel derselben nach und nach in die Region des ewigen Schnees, in welcher nun auch die Gletscherbildung ihren Anfang nahm. Aus den Firnbehältern und Schneereservoirs der kesselförmigen Thäler drangen Eisströme in die tiefern Gegenden hinab, denen jedoch eine untere Grenze gesetzt wurde, sobald sie eine Luftschicht erreichten, in der eine mittlere Jahrestemperatur von etwa 2° R. stattfand. Da nun aber an dem Ufer dieses Seearms, welcher mit dem Mittel-Meere in demselben Niveau lag, eine mittlere Jahrestemperatur von mindestens 10° R. herrschte, so hielten sich die untersten Gletscherenden mindestens 3500—4700 Fuss über dem Wasserspiegel, welchen sie auf keine

Weise zu berühren vermochten. Dieser Zustand, nachdem er längere Zeit hindurch dauerte, hat sich allmählig sehr wesentlich verändert. Die sehr lehrreichen Untersuchungen von LYELL und FALCONER zeigen z.B. dass in der englischen Purbec-Formation mehrfach sich wiederholende Bodenschwankungen stattfanden, welche noch jetzt in der deutlichsten Weise durch die Folge verschiedener Organisationen sich zu erkennen geben. So erblickt man in den wechselnden Schichten dieser Formation Seewasser-, Brakwasser- und Süswasser-Conchylien, Landpflanzen auf einem torfmoorartigen Untergrunde und Säugethier-Ueberreste, die auf das Unzweideutigste beweisen, dass dort die offene See mit Binnengewässern und dem Festlande abgewechselt und mehrfache Bodenhebungen und Senkungen stattgefunden haben. Ganz ähnliche Erscheinungen, nur in einer etwas spätern geologischen Periode, begegnet man in der Schweizer Ebene bis zu dem Rande der Alpen, indem in der Tertiärzeit nach STUDER' und ESCHER's Karte Meer-, Süswasser-, Meer- und noch ein Mal Süswasser-Ablagerungen auf einander folgten.

Man kann nun die Frage aufwerfen, ob in der Schweiz auch einst solche Bodenschwankungen stattgefunden haben und ob sich durch irgend welche Beobachtungen die Grösse derselben ermitteln lasse. Die Beantwortung derselben hängt, wie wir sogleich sehen werden, mit der einstmaligen allgemeineren Verbreitung der Gletscher in den Alpen während der Diluvialperiode auf das Allerengste zusammen. Nach unseren bereits mitgetheilten Untersuchungen können wir eine weitverbreitete allgemeine Vergletscherung der Alpen, ohne uns in Widersprüche mit den Lehren der Physik zu verwickeln, nur dann für möglich halten, wenn wir von der Hypothese ausgehen, dass sowohl dieses Gebirge als der Jura einst eine von der gegenwärtigen verschiedene Reliefform gehabt habe. Dieselbe aus den Beobachtungen so weit als möglich nachzuweisen, ist die Aufgabe der Geologie.

Wir nehmen an, dass die Alpen von der Tertiär-Zeit beginnend langsam gestiegen und in der Zeit des Diluviums zum Maximum ihrer Höhe und Entwicklung gelangt sind; von da an findet eine ebenso

langsame rückwärts gehende Senkung statt. Die Reliefform dieses Gebirges war damals in doppelter Weise von der gegenwärtigen verschieden. Zuerst waren ihre Gipfel und Kämme in den einzelnen Bergketten höher, welche jetzt nach und nach erheblich zusammengestürzt sind; zweitens stand das Gebirge auf einer höheren Basis oder auf einem höheren Plateau. Beide Verhältnisse haben wir gesondert zu betrachten, da sie auf die Glacial-Erscheinungen von verschiedenem Einfluss gewesen sind.

Jeder Tag, welchen wir in den Sommermonaten in den Alpen zubringen, zeigt uns, wenn auch nur in einem kleinen Maasstabe, wie ein Auflösungsprocess des ganzen Gebirges ununterbrochen fort-dauert und weiter und weiter um sich greift; denn von allen Felswänden, von allen Abhängen stürzen Bruchstücke in die Tiefe; jeder Bergstrom, jeder Waldbach, jeder Gletscher arbeitet Jahr aus Jahr ein an der Zerstörung der Gesteine; der Zahn der Zeit, wie die überall thätige Schwerkraft wirken gemeinsam die Unebenheiten in der Oberfläche auszugleichen. Die unabsehbaren Massen diluvialer Gerölle der verschiedensten Formationen, welche auf der Nordseite der Alpen über den Rhein hinaus bis an die Ufer der Donau, und auf der Südseite durch einen grossen Theil der Lombardischen Ebene sich verbreiten, sind im Laufe unermesslicher Zeiträume von den Gipfeln, den Höhen und Kanten der Gebirge abgelöst und durch Wasser oder durch Eis den Tiefländern zugeführt worden.

Der aufmerksame Beobachter wird bei jedem Schritt in diesem Hochgebirge zahlreiche Wahrzeichen erkennen, dass die Gipfel desselben einst höher emporragten und es wäre leicht hierfür eine Reihe von Belegen anzuführen. Ein besonders lehrreiches Beispiel mag hier aus *STUDER'S* Beschreibung des Urbach-Sattels angeführt werden <sup>1)</sup>.

„Man sieht, zwischen Laucherli und dem Sattel den Gneis in mehreren Keilen oder liegenden Gängen zwischen die Kalksteinlager eindringen; der Gipfel des Gstellihorns selbst besteht noch aus Gneis, als Zeuge

<sup>1)</sup> *Geologie der Alpen*, Band 1, Seite 186.

der einst weit grössern Höhe des Gebirges, da man diesen isolirten Gneisgipfel nur als den Ueberrest eines, den tiefern ähnlichen Keiles betrachten kann, der ursprünglich wie diese mit der Masse des Tossenhorns in Verbindung gestanden hat."

Wie AGASSIZ, ein gründlicher Kenner des Alpengebirges, vielen so schlagenden Beobachtungen gegenüber jede vormals grössere Höhe desselben bestimmt in Abrede stellen kann, ist nicht wohl einzusehen <sup>1)</sup>.

Die einst höheren Gipfel und Käme der Alpen vergrösserten zwar um Etwas die Tiefen der Schneereservoirs, in denen sich die für die Gletscherspeisung bestimmten Firmassen sammelten, durch welche Erscheinung jedoch die vormals grössere Gletscherverbreitung nicht genügend erklärt werden kann.

Die zweite Art der Erhöhung der Alpenkette, die Niveauveränderung in der Basis, das Emporrücken des ganzen Gebirges in eine höhere Luftschicht ist das wichtigere Verhältniss, auf welches wir aufmerksam zu machen haben, und es handelt sich jetzt darum, durch directe Beobachtungen die Grösse dieser Bodenbewegung festzustellen. Der mittlere Stand der Gletscher, d. h. die Höhe, zu welcher im Mittel die Gletscherenden in einer gegebenen geographischen Breite, zu den verschiedenen Zeiten herabrückten, wird uns zur Lösung dieser Frage behülflich sein.

VERGLEICHUNG DES STANDES DER GLETSCHER DER GEGENWART  
UND DER DILUVIALZEIT.

Die Höhen der untern Enden der gegenwärtigen Gletscher, soweit sie mit Sicherheit bestimmt sind, oder aus den Höfen der zunächst gelegenen Orten für unsern Zweck hinreichend genau interpolirt werden konnten, beruhen auf folgenden Beobachtungen und Schätzungen.

Die mit *Z* bezeichneten Zahlen sind aus der Sammlung absoluter Höhen

<sup>1)</sup> AGASSIZ, *Untersuchungen über die Gletscher*, Seite 281.

der Schweiz von J. M. ZIEGLER (Zürich 1853), die mit *K* bezeichneten aus KELLER's Reisekarte für 1850 entnommen.

I. *Berner Gletscher.*

1. Rosenlauri-Bad 2<sup>ter</sup> Stock 4125 Z. Ich fand den Gletscher 1831 bedeutend tiefer als 20 Jahre später. Ich schätze ihn etwa 600 Fuss höher als das Bad. Also 4725 Fuss.
2. Obergrindelwald-Gletscher 3940 Z.
3. Untergrindelwald-Gletscher 3150 Z.
4. Wirthshaus unter dem Rhonegletscher 5089. Unteres Ende des Gletschers geschätzt 5100.
5. Unter-Aargletscher geschätzt 5778 Z.
6. Grosser Aletsch-Gletscher nach CHARPENTIER 3750.
7. Lötschen-Gletscher 5793 Z.
8. Viescher-Gletscher 4154 Z.
9. Im Grund, Dorf im Oberhassli, 2030 Z., von da bis zum Gletscher geschätzt 2200. Das untere Ende des Gauli-Gletschers 4230.
10. Fuss des Tschingelgletschers im Ammertenthal 5541 Z.
11. Im Hof, Hasslithal 1966, bis zum Gletscher 2325, Höhe das Triftengletschers 4291.
12. Gastern 4730 *K*, von da bis zum Langen Gletscher 414, Fuss des Langen Gletschers 5144.

II. *Savoysche und Penninische Gletscher.*

13. Chermontane-Gletscher 5760 Z.
14. Corbaichere Glacier im Dranse Thal 5300. Fionin 4700 *K*, von da bis zum Gletscher 600.
15. Borcharessse Glacier 5440. Torembec 4940 *K*, von da zum Gletscher 500.

16. Zinal-Gletscher 5800. Zinal 5200 Z., bis zum Gletscher 600.
17. Gorner-Gletscher 5773. Zermatt 5073 Z., von da bis zum Gletscher 750.
18. Glacier de Trient 4700. Brücke bei Trient 3900 Z., bis zum Gletscher 800.
19. Glacier d'Argentière 4210. Argentière 3910 Z. bis zum Gletscher 300.
20. Mer de Glace, Quelle 3537, FORBES.
21. Glacier du Tour 4411. Le Tour 4011 Z., bis zum Gletscher 400.
22. Glacier de Bionnassay 4394. Bionnai 2894 Z., bis zum Gletscher 1500.
23. Glacier de Miage oberhalb Tresse 4400. Tresse 3100, bis zum Gletscher 1300.
24. Glacier de Bosson 3660. Bosson Dorf 3060, bis zum Gletscher 600.
25. Glacier de Miage, Südseite des M. Blanc 5100. Von Brenva bis Miage 650.
26. Glacier de Fraisse 4800. Contamines 3060, von da bis zum Gletscher 740.
27. Glacier de la Brenva 4450, FORBES.
28. Glacier de l'Oratoire 5610 Z., Sennhütte, kleines Wirthshaus 5460, von da zum Gletscher etwa 150.

Die Höhen der Gletscherenden verändern sich bekanntlich nicht unbedeutend; und es wäre wünschenswerth die mittleren Höhen, um welche sie in den verschiedenen Jahren hin und her schwanken, schärfer zu ermitteln. Bei dem gegenwärtigen Stande der Beobachtungen ist dieses jedoch nicht möglich. Mit der Zeit werden an den so eben mitgetheilten Höhen gewisse Verbesserungen angebracht werden; es gilt dieses besonders von denen, welche nur auf einer Schätzung über einem benachbarten gemessenen Punkte, nicht auf einer strengen Messung selbst beruhen.

Auf Grundlage dieser Beobachtungen machen wir zunächst folgende Zahlen-Zusammenstellung:

## BERNER GRUPPE.

	$\varphi$	Höhe.
1 Triften-Gletscher.....	46° 43'	4291
2 Rosenlani-Gletscher.....	46 41	4725
3 Oberer-Grindelwald-Gletscher.....	46 38	3940
4 Gault-Gletscher.....	46 38	4230
5 Unterer-Grindelwald-Gletscher.....	46 37	3150
6 Rhone-Gletscher.....	46 34	5100
7 Unter-Aargletscher.....	46 33	5778
8 Tschinzel-Gletscher.....	46 30	5541
9 Lange-Gletscher.....	46 27	5144
10 Lötschen-Gletscher.....	46 26	5793
11 Viescher-Gletscher.....	46 26	4154
12 Aletsch-Gletscher.....	46 22	3750
Mittel.....	46° 33'	4633

## SAVOYSCHÉ UND PENNINISCHE GRUPPE.

13 Zinal-Gletscher.....	46° 7'	5800
14 Trient-Gletscher.....	46 1	4700
15 Corbaichere-Gletscher.....	46 1	5300
16 Borcharessé-Gletscher.....	45 59	5440
17 Chermontane-Gletscher.....	45 59	5760
18 Gorner-Gletscher.....	45 59	5773
19 Du Tour-Gletscher.....	45 59	4411
20 Argentiére-Gletscher.....	45 58	4210
21 Mer de Glace.....	45 56	3537
22 Bosson-Gletscher.....	45 53	3660
23 Bionnassay-Gletscher.....	45 52	4394
24 Miage-Gletscher.....	45 50	4400
25 Fraisse-Gletscher.....	45 49	4800
26 Brenva-Gletscher.....	45 49	4450
27 Miage-Gletscher.....	45 47	5100
28 Oratoire-Gletscher.....	45 40	5610
	45° 55'	4834

Der mittlere Werth :

Für die Sav. Pennin. Gruppe.....	45° 55'	4834 Fuss.
Für die Berner Gruppe.....	46 33	4633
Unterschied.....	38'	201
Mittel.....	46° 14'	

Reducirt man alle Gletscherenden auf die mittlere geographische Breite 46° 14', so erhält man folgende Uebersicht:

GLETSCHERENDE ABWEICHUNG.		
1 Triftcn-Gletscher.....	4444	+ 249
2 Rosenlauri.....	4868	— 175
3 Obergrindelwald.....	4067	+ 626
4 Gauli.....	4357	+ 336
5 Unter-Grindelwald.....	3272	+ 1421
6 Rhone.....	5206	— 513
7 Unter-Aar.....	5878	— 1185
8 Tschingel.....	5625	— 932
9 Lange.....	5212	— 519
10 Lötschen.....	5856	— 1163
11 Viescher.....	4217	+ 476
12 Aletsch.....	3792	+ 901
13 Zinal.....	5763	— 1070
14 Trient.....	4631	+ 62
15 Corbaichere.....	4231	+ 462
16 Borcharessc.....	5361	— 668
17 Chermontane.....	5670	— 977
18 Gorner.....	5694	— 1001
19 Du Tour.....	4332	+ 361
20 Argentièrc.....	4126	+ 567
21 Mer de Glacc.....	3442	+ 1251
22 Bosson.....	3548	+ 1145
23 Bionnassay.....	4277	+ 416
24 Miage.....	4173	+ 520
25 Fraissc.....	4667	+ 26
26 Brenva.....	4317	+ 376
27 Miage.....	4957	— 264
28 Oratoire.....	5431	— 738
	<u>4693</u>	

Der mittlere Fehler für eine einzelne Beobachtung wird :

$$e = \mp 772,4$$

Es ergibt sich ferner die wahrscheinliche mittlere Höhe des untern Endes der Gletscher aus allen 28 Beobachtungen :

$$h = 4693 \pm 145,9 \text{ für } \varphi = 46^\circ 11',3$$

Die durchschnittlich höhere Lage der Gletscher der Savoyschen und Penninischen Gruppe ist der etwas südlichern geographischen Breite derselben zuzuschreiben.

Aus den obigen Zahlen ergibt sich, dass die um  $1^\circ$  mehr nach Süden gelegenen Gletscher durchschnittlich 317 Fuss höher liegen. Vergleichen wir mit dieser Zahl die Lage der Schneelinie in der Tabelle II Seite 116, so wird :

für $30^\circ 0'$	12654 Fuss.
für $46^\circ 0'$	7930
Unterschied . . . $16^\circ 0'$	4724

Aus diesen Zahlen findet man das Emporrücken der Schneelinie von Nord nach Süd für einen Breitengrad 295 Fuss, ein Resultat, welches mit dem aus den Gletschern gewonnenen nach zu übereinstimmt.

Es ist zunächst beachtenswerth, dass fast alle Montblanc-Gletscher Nr. 14 und Nr. 19 bis 26 tiefer liegen als es der geographischen Breite zukommt. Der Miage-Gletscher auf der Südseite des M. Blanc, dessen untere Erstreckung sehr schwankend und dessen Höhe noch nicht so zuverlässig bestimmt ist, als man wünschen möchte, und Glacier l'Oratoire, der in einem ganz gegen Süden geöffneten Thale sich befindet, machen in dieser Reihe allein eine Ausnahme.

In der Penninischen Kette liegen Nr. 13 und Nr. 15—18 über der mittleren Höhe.

In den Berner Alpen steigt der untere Grindelwald-Gletscher auffallend tief herab, der Aargletscher dagegen hält sich in einer ganz ungewöhnlichen Höhe.

Die Ursachen, welche diese Erscheinungen hervorbringen, sind man-

nigfaltiger Art. Die Masse der Gletscher, die Neigung des Thalbodens und die Lage der Thäler, je nachdem sie den verschiedenen Winden und den Sonnenstrahlen an der Nord- oder Südseite der Abhänge mehr oder minder ausgesetzt sind, kommen dabei wesentlich in Betracht.

Nach der Tafel I und Tafel III berechnet man für den mittleren Stand der Gletscher, der zu 4693 Fuss unter  $46^{\circ} 11',3$  nördlicher Breite gefunden wurde, die Temperatur der Luft zu

$$t = 3^{\circ},7 \text{ C.} = 3^{\circ},0 \text{ R.}$$

In einer Höhe, welche dieser Temperatur entspricht, mussten die Diluvialgletscher, deren Spuren jetzt in einem sehr viel tiefern Niveau gefunden werden, ebenfalls an ihre untere Grenze gelangen.

Aus diesen Bemerkungen ergibt sich, dass von der Diluvialzeit an, in welcher das Maximum der Gletscherentwicklung stattfand, der Boden d. h. die Basis der Alpen eine beträchtliche Senkung erlitten habe.

Um diese Grösse zu ermitteln, sind die Höhen der unteren Enden der Diluvialgletscher möglichst genau fest zu stellen. Sowohl die Niveaus der Steinwälle, welche die Landseen umgeben, als auch die Enden der Moränen und die der Schliiffflächen selbst, liefern uns das nöthige Beobachtungsmaterial, aus welchem sich die später eingetretene Bodensenkung erkennen lässt.

Zunächst stellen wir aus der eigentlichen Schweiz und der Nordseite der Alpen folgende Zahlen zusammen:

	$\varphi$	Höhe.	
1 Steinwälle bei Bern.....	$46^{\circ} 57'$	1550	+ 134
2 Moräne von Monthey.....	46 15	1300	— 116
3 Gletscherspuren bei Cluses.....	46 3	1314	— 102
4 Schliiffflächen bei Neuchâtel.....	46 58	1500	+ 84
5 Steinwall bei Zürich.....	47 21	1380	— 36
6 Steinwall bei Sursee.....	47 12	1580	+ 164
7 Steinwall am Baldegger See.....	47 15	1450	+ 34
8 Steinwall am Greifen See.....	47 21	1375	— 41
9 Amsteg geschliffene Felsen.....	46 45	1557	+ 141
10 Steinwall bei Bremgarten.....	47 19	1150	— 266
	$46 55,7$	1416	$\pm 130,6$

Wir haben also auf der Nordseite der Alpen unter der Breite  $46^{\circ} 55,7$  den mittleren Stand der Diluvialgletscher in der Höhe von 1416 Fuss mit dem mittleren Fehler  $\pm 41,3$

Zu den Zahlen der Tabelle fügen wir folgende Bemerkungen hinzu:

1) Die Steinwälle 1, 5, 6, 7, 8 und 10, welche von ESCHER VON DER LINDT trefflich beschrieben und verzeichnet sind, und auf deren Entstehungsweise wir weiter unten zurückkommen werden, kann man als die untern Niveaus der diluvialen Gletscher betrachten. Wir haben dieselben etwas höher angenommen als den Spiegel der Seen. Eben so sind die Steindämme bei Bern nur geschätzt worden; genauere Beobachtungen werden künftig diese Zahlen noch etwas verbessern.

2) Die Höhe von Monthey, Gasthof zum Hirschen, beträgt 1362 Fuss. Das untere Ende des alten Gletschers lag jedenfalls noch etwas tiefer und ist zu 1300 Fuss geschätzt.

3) Die für Cluses mitgetheilte Zahl ist nur approximativ. Viele erratische Trümmergesteine werden in dieser Gegend gefunden, auf welche bereits SAUSSURE aufmerksam macht; ob auch Schlißflächen daselbst beobachtet werden, ist mir nicht bekannt. Die Höhe von Cluses über dem Meere beträgt 1314 Fuss.

4) Es gelten hier die Schlißflächen neben der Sternwarte von Neuchâtel, welche etwa 160 Fuss über dem See und 1500 Fuss über dem Meere liegen.

5) Für das untere Ende des alten Gletschers und zugleich für das Ende des diluvialen Arms des Vierwaldstädter Sees kann man Amsteg betrachten. In geringer Entfernung oberhalb dieses Ortes bemerkt man auch die ersten Roches moutonnées, abgeriebene Granit-Kuppen, die man darauf durch das ganze Reussthal weiter aufwärts verfolgen kann.

Wir haben nun:

für den mittleren Stand der Gletscherenden der Gegenwart:

$$\varphi = 46^{\circ} 11',3 \quad h = 4693 \pm 145,9$$

für den mittleren Stand der Enden der Diluvialgletscher auf der Nordseite der Alpen findet sich:

$$\varphi = 46^{\circ} 55',7 \quad h' = 1416 \pm 41,3$$

Reduciren wir nun mit Berücksichtigung der Zahlen der letzten Seite den mittleren Stand  $h$  auf die geographische Breite von Monthey, etwa auf die Mitte des Alpengebirges nämlich auf  $46^{\circ} 15'$  so wird  $h = 4673$  und  $h' = 1202$ .

Es ist ferner einleuchtend, dass da nach der Tabelle XII die mittlere Jahrestemperatur in der Diluvialzeit die der Gegenwart etwa um  $0^{\circ},15$  R. =  $0^{\circ},19$  C. in Folge der Erdwärme übertraf, der mittlere Gletscherstand sich etwas höher ergeben musste, als er bei der jetzigen mittleren Temperatur beobachtet wird. Bei der gegenwärtigen Temperatur würde  $h'$  um 90 Fuss kleiner ausfallen.

Man findet alsdann auf der Nordseite der Alpen unter  $46^{\circ} 15'$  von der Diluvialzeit bis zur Gegenwart eine mittlere Bodensenkung:

$$h - h' = 4673 - 1112 = 3561 \pm 187,2 \text{ Fuss.}$$

Die eben abgeleitete Zahl für die Senkung des Schweizer Bodens wird sich demnächst noch etwas genauer bestimmen lassen, wenn die absolute Höhe der oberen Grenzen aller in der östlichen Schweiz befindlichen Steinwälle und die Höhe einzelner der tiefgelegensten Schliffflächen sorgfältiger festgesetzt wird. Vermuthlich ist die ebengefundene Senkung und somit das Niveau des abgesperrten Binnensees zur Zeit der grössten Gletscherentwicklung eher etwas zu niedrig als zu hoch angenommen worden.

Untersuchen wir in derselben Weise die diluvialen Gletscherspuren auf der Südseite der Alpen, so erhalten wir folgende Zahlen:

	$\varphi$	$h'$	
1 Ivrea.....	$45^{\circ} 28'$	825	- 157
2 Leggia.....	$46 15$	1006	+ 24
3 Avigliana.....	$45 6$	1050	+ 68
4 Chiavenna.....	$46 18$	1050	+ 68
	$45^{\circ} 46',8$	982	$\pm 92,8$

In derselben Weise wie vorhin reducirt, ergibt sich für die Breite von Ivrea, etwa für den Mittelpunkt der Glacialerscheinungen auf der Südseite der Alpen die entsprechende Senkung folgendermassen:

$$h - h' = 4920 - 982 = 4030 \mp 192,3$$

wo  $\tau = 92$  die Höhe über der Erdoberfläche bedeutet, in der unter der geographischen Breite  $45^{\circ} 28'$  eine Temperaturabnahme von  $0^{\circ},15 \text{ R.} = 0^{\circ},19 \text{ C.}$  beobachtet wird; es ist dieses, wie bemerkt, die Temperatur, um welche in der Diluvialzeit die mittlere Temperatur die der Gegenwart in Folge der inneren Erdwärme übertraf.

Die aus den verschiedenen mittleren Gletscherständen abgeleiteten Bodensenkungen auf der Nord- und Südseite der Alpen, halten sich etwa in den Grenzen von  $\pm 190$  Fuss, oder die wirklichen mittleren Senkungen können um soviel grösser oder kleiner sein als die eben gefundenen Werthe.

Zu den eben angeführten Beobachtungen fügen wir noch folgende erklärenden Bemerkungen hinzu:

1) Im ganzen Circus der Serra von Ivrea finden sich von Andrate an, auf den dioritischen Gesteinen nicht nur gebuckelte Felsen, welche an vielen Stellen sehr deutlich hervortreten, sondern auch geschliffene und gestreifte Felsen. Mein Freund BARTOLOMEO GASTALDI hatte die Güte mir dieselben auch in der Stadt Ivrea selbst zu zeigen. Ihre Höhe über dem Meere beträgt 825 Fuss.

2) Wie bereits bemerkt worden, ist der ganze obere Theil des Val Mesolcina sowohl mit ausgezeichneten Moränen, als auch mit zahllosen Felsschliffen bedeckt. Dieses gilt namentlich von der Gegend zwischen Lo Stallo und Sovazza. Die letzten von Gletschern bearbeiteten Felsen glaube ich am Rande eines Weinberges unterhalb Leggia auf der rechten Seite der nach Bellinzona führenden Landstrasse etwa in der Höhe von 1006 Fuss bemerkt zu haben.

3) Nach GASTALDI'S Beobachtungen ist der Serpentin in der Nähe von Avigliana und La Sacra schön gestreift. Die Höhe dieser Schliffflächen über dem Meeresspiegel beträgt näherungsweise 1050 Fuss; genaue Messungen derselben sind bis jetzt noch nicht bekannt.

4) Die Umgebung von Chiavenna, wie ich mich auf meiner letzten Reise in vergangenen Jahre überzeugte, ist ausserordentlich reich an in einen dichten schwarzgrünen Serpentin eingegrabenen Schliffflächen. Die ausgezeichnetste derselben beobachtet man am Berge Tabor etwa

1000<sup>m</sup> südöstlich von Chiavenna, von wo sie fast bis zu den ersten Häusern der Stadt hinabreichen.

Die vorhin abgeleiteten für die Geologie der Alpen wichtigen Zahlen, welche sich in der Zukunft durch umfangreichere und fortgesetzte Beobachtungen von *h* und *h'* genauer ermitteln lassen werden, belehren uns, dass von der Diluvialzeit an auf der Südseite der Alpen eine fast 500 Fuss grössere Bodensenkung, als auf der Nordseite dieses Gebirges stattgefunden hat.

Nachdem gegen den Schluss der Tertiärzeit die Alpen eine gewisse, jedoch noch nicht ihre grösste Höhe erreicht hatten, sind in dem bereits erwähnten Meeresarme zwei verschiedene Orte näher in's Auge zu fassen, welche für die weitere Behandlung unserer Frage besonders wichtig erscheinen; erst ist zuerst die Umgebung von Chambéry mit Einschluss des Lac du Bourget, und zweitens die Gegend südöstlich von Linz. An beiden Stellen sind die in dem tertiären Golf abgesetzten Schichten von der Jura-, Kreide- und Gneussformation ausserordentlich eng eingeschlossen und besitzen daselbst kaum die Breite einer halben geographischen Meile.

Es ist nun einleuchtend, dass an diesen schmalen Stellen des Meeres sowohl innerhalb der Alpen als dicht am Rande derselben eine geringe Bodenschwankung ausreichte um eine Absperrung, welche mit dem Schliessen zweier Schleusen vergleichbar ist, für das innere Seebecken zu bewirken. Von Chambéry aus gegen Süden erstreckte sich der tertiäre Meeresarm bis Marseille; im Norden verbreitete er sich zunächst durch den Lac du Bourget bis Bellegarde unfern von Perte du Rhône und überdeckte zugleich die Gegend von Rumilly, Alby und Frangy. Das Jura- und Kreidegebirge von Chautagne und der Mt. Chambotte ragten in der Gestalt einer Insel aus der tertiären Meerenge hervor. Vom Fort de l'Ecluse aus, verbreitete sich der Mt. du Vuache, als ein Ausläufer des Juragebirges, der in der Gestalt eines schmalen Vorgebirges in den Tertiär-See hineinragte. Zwischen diesem und dem Mt. Salève nebst seiner Fortsetzung verfolgte man einst den See bis St. Julien und Genf, von wo er sich aufs Neue dem Hochgebirge zuwendete. Er

erreichte so Cluses auf dem Wege nach Chamouni und bog sich alsdann zuerst westlich und darauf südlich bis zum Lac d'Annecy zurück. In dieser Gegend fand er verschiedene Durchgänge, welche eine Verbindung mit dem Wasserspiegel bei Alby und Rumilly bewirkten. Unsere Leser werden mit der Benutzung von STUDER' und ESCHER's Karte die vormalige geographische Verbreitung dieses Seebeckens besser als durch die blosse Beschreibung übersehen können.

Das Nordufer des Sees erstreckt sich vom Mt. du Vuache aus dem Fuss des Jura entlang, indem es über Arau nach Schaffhausen und endlich bis Regensburg sich verfolgen lässt. Aus der weiten Wasserfläche erhoben sich verschiedene aus Gruppen älterer Gesteine gebildete Inseln und steile Vorgebirge, welche mit den benachbarten Gebirgen im Zusammenhang standen. Vom Fort de l'Ecluse bis Regensburg wird der See von jurassischen Schichten begleitet, von hier ab treten ältere meist Gneussgesteine an ihre Stelle.

Die Südseite dieses weiten Seebeckens wird durch die Alpenkette begrenzt, welche, hie und da, von ihrer Hauptmasse einzelne schon etwas niedrigere Gebirgsketten aussendet, welche in die Wasserfläche vorspringen und einzelne schmalere Arme theilweise umschliessen. Es entstehen so verschieden gestaltete, bald engere, bald breitere Fiorde, die wir im Thuner- und Briener See, der sich in das Unterhasli-Thal bis Meiringen und Kirchet verbreitete, im Vierwaldstädter See mit seinen verschiedenen Aesten, im Wallenstädter-See in der Verbindung mit dem Rheinthale wieder erkennen. Auch in den Bayerischen und in den Tyroler-Alpen sind die Ueberreste solcher Fiorde mit Sicherheit oder grosser Wahrscheinlichkeit nachzuweisen.

Es ist mir zwar bekannt, dass einige Geologen gegen die vormalige Existenz eines solchen Landsees oder Seearms sich ausgesprochen haben, doch sehe ich nicht ein, welche Schwierigkeiten uns aus einer solchen Annahme erwachsen, die sich ohne dieselbe in unabsehbarer Weise vor uns anhäufen.

Zunächst hat die Grösse eines solchen Landsees durchaus nichts befremdendes. Um in Europa stehen zu bleiben, zeigen das Baltische und

Schwarze Meer zwei ganz ähnliche aber sehr viel grossartigere Beispiele solcher fast abgeschlossener Seebecken, welche mehr als die zehnfache Grösse jenes besitzen und nur durch schmale Canäle mit den Oceanen zusammenhängen.

Das Adriatische Meer ist ein anderer vielleicht vier- bis fünfmal grösserer Seearm, welcher im Süden schon durch eine breitere Oeffnung mit dem mittelländischen Meere in Zusammenhang steht. Ein so gut wie vollkommen vom Meere abgeschlossenes Becken ist der Ladogasee, welcher den nordalpinischen See an Grösse etwa gleichstehen mag. Ebenso wenig scheint die Begrenzung des letztern auf Hindernisse zu stossen, da seine Ufer auf der Nordseite vom Jura, auf der Südseite durch die Alpen umschlossen werden.

Ferner wird Niemand bezweifeln können, dass die ganze Schweizer Meeresmolasse, deren Petrefacten so grosse Aehnlichkeit, theils mit denen der Tertiärablagerungen des nördlichen Italiens, theils mit den lebenden Conchylien des Mittelmeers besitzen, nur aus einem Seearm, der einst mit diesem Meere im engsten Zusammenhang stand, hervorgegangen sein kann.

Ich glaube, dass alle Schweizer Geologen mit dieser Ansicht einverstanden sind, welche HEER ausdrücklich in seiner Flora Helvetiae befürwortet. Ist dem aber so, wird man auch weiter fragen, was aus dieser Wasserfläche im Laufe der Zeit geworden sei, da in den Gegenden, in denen sie sich einstmals befand, jetzt nur Hochländer mit verhältnissmässig kleineren, mit Süsswasser gefüllten Landseen angetroffen werden.

Von der Tertiärzeit an muss daher eine gänzliche Umgestaltung des Bodens, oder ein innerer Umbau jenes grösseren Wasserbeckens vor sich gegangen sein; welcher durch die ganze Diluvialzeit bis zur Gegenwart fort gedauert hat. Denselben werden wir nun mit der allgemeinen auf der Nord- und Südseite der Alpenkette stattgefunden Bodensenkung (Seite 218) in Zusammenhang zu bringen suchen.

I. *Eocene Bildungen und ältere pliocene Bildungen; untere Süsswasser-Molasse.*

Die Alpenkette wird auf ihrer Nord- wie auf ihrer Südseite nach vollendeter Kreide-Ablagerung durch die sogenannte Flyschzone begrenzt, welche STUDER und ESCHER auf ihrer geologischen Karte mit  $e^2$  bezeichnet haben. Diese in vieler Beziehung räthselhafte Formation, welche mit den Nummulitenschichten wechselt, bald jünger, bald älter als diese zu sein scheint <sup>1)</sup>, macht hier den Eindruck einer Küsten, dort den einer Meerbusen- oder Meerbecken-Bildung, indem sie öfter durch Jurassische- oder Kreide-Schichten grösstentheils umschlossen wird. Ihr Baumaterial, wie eingelagerte Granit- und Gneusblöcke es wahrscheinlich machen, ist aus den älteren metamorphischen und sedimentären Formationen des theilweise schon vorhandenen Alpengebirges entnommen. Hierin dürfte ein Theil des Grundes zu suchen sein, dass die entsprechenden Schichten am Rande des Jura fehlen; auch mag eine Bodensenkung stattgefunden haben, welche dieselben unter der Molasse nicht mehr zum Vorschein kommen lässt.

Die Flyschformation ist nach den Untersuchungen der schweizer Geologen auffallend arm an organischen Ueberresten mit Ausnahme von zahllosen Fucoiden, welche einzelne Bänke nach allen Richtungen hin erfüllen. So wohl diese mit Seepflanzen durchwebten Schichten, als auch die mit ihnen wechselnden Nummuliten-Lager sprechen dafür, dass diese sogenannten eocenen Schichten aus dem Meere in Becken oder auch an flacheren Küstenstrichen abgesetzt sind.

Es existirte so bei der Bildung derselben zwischen dem Jura und den Alpen ein noch mit dem Mittelmeer im Zusammenhang stehender Seearm, der jedoch allmählig in einen Süsswassersee umgestaltet wurde. Dazu ist eine Absperrung vom Meere erforderlich, welche nur durch

<sup>1)</sup> O. HEER, *Die Urwelt der Schweiz*, Zürich 1865, Seite 251.

eine Bodenbewegung hervorgebracht werden kann. Eine solche Absper-  
 rung ist begreiflicher Weise da am Leichtesten zu bewirken, wo der  
 Seearm seine geringste Breite besitzt.

Betrachten wir in dieser Beziehung unsere geologischen Karten, so  
 treten in denselben, wie schon vorhin von uns erwähnt worden ist,  
 zwei Stellen hervor, nämlich die Umgebung von Chambéry in Savoyen  
 und die Gegend zwischen Wien und Linz, wo dieser Meeresarm eine  
 ausserordentlich geringe Breite von kaum mehr als einer geographischen  
 Meile besitzt. Eine kleine daselbst vorkommende Bodenerhebung, über  
 die lange Zeiträume hingegangen sind, bewirkt den Abschluss des  
 Landsees oder seine Trennung vom Mittelmeere.

Eine so wichtige, in alle Boden-Verhältnisse des ganzen Flachlands  
 der Schweiz tief eingreifende geologische Veränderung war gewiss nicht  
 das Werk eines Augenblicks, oder eines kurzen Zeitraums. Es ist nicht  
 anders möglich, als dass von den jüngsten eocenen Salzwasserbildungen  
 zu den Süßwasserbildungen der unteren Molasse gewisse, allerdings  
 aber durch spätere Formationen grösstentheils überdeckte Uebergangs-  
 schichten oder Zwischenglieder vorhanden gewesen sind. Eines derselben  
 scheint die sogenannte tongrische Stufe zu sein, welche die Molasse  
 des Cantons Basel bildet. Nach HEER sind diese Ablagerungen im  
 Innern der Schweiz nicht bekannt, wenn man nicht einen Streifen  
 eocenen Landes dazu rechnen will, welcher vom Dent du Midi und  
 den Diablerets bis nach dem Canton Bern sich verbreitet <sup>1)</sup>.

Auf solche Salzwasser-Grenzschichten wird man entweder allgemein  
 oder doch hie und da Brakwasserschichten zwischen den Uebergangs-  
 gliedern erwarten dürfen, welche in der sogenannten aquitanischen  
 Stufe zum Vorschein kommen. HEER erwähnt darüber folgendes <sup>2)</sup>:

„Die aquitanische Stufe bildet ohne Zweifel ein ansehnliches Lager  
 über dem ganzen Grunde unseres Molasselandes, welches indess an  
 den meisten Stellen von jüngerer Molasse verdeckt ist. In der west-

---

<sup>1)</sup> HEER, *Urwelt der Schweiz*, Seite 275.

<sup>2)</sup> Seite 275 und 276.

lichen Schweiz, wo sie am stärksten entwickelt ist, besteht sie zunächst aus Lagern bunter Mergel, welche stellenweise bis 1000 Fuss Mächtigkeit erreichen (der rothen Molasse), dann aus Sandstein und Mergeln, welche Braunkohlen enthalten, so am Genfersee, wo an der Paudèze und in Monod (bei Chexbres) reiche Fundgruben organischer Wesen sich finden. Aus der östlichen Schweiz gehören die Braunkohlen des hohen Rhonen und der Ruffi bei Schännis dieser Zeit an, in welcher das Meer aus unserem Lande verschwunden oder doch nur hier und da längs der Alpen in einzelnen Brackwasser-Lagunen zurückgeblieben war. Eine solche war im Lehmerengraben bei Rallingen, deren Niederschläge neben Brackwasserthieren untermiocene Landpflanzen enthalten."

Ferner finden wir in diesem ausgezeichneten Werke <sup>1)</sup>:

„Das ganze Land erhob sich nur wenig über die Meeresfläche, und über die tiefe Einsenkung längs der Alpen verbreitete sich eine Lagune mit Brackwasser, welche uns in der Gegend von Luzern (in Horw und Winkel) und bei Rallingen am Thunersee eine Zahl von Brackwasserthieren weist. Aber auch bei Huttwyl (Kanton Bern), bei Jverdon, bei Belmont (im Thale der Paudèze) und bei St. Sulpice am Genfer See wurde eine Brackwasserschnecke (das *Cerithium margaritaceum*) gefunden, welche zeigt, dass Streifen solchen salzigen Wassers die Niederungen durchzogen."

In den Niederschlägen der aquitanischen Zeit hat man bisjetzt in den Brackwasser-Lagunen erst 10 Thierarten nachgewiesen, welche jedoch genügen um die Thatsache festzustellen, dass in dem grossen Seearm zwischen den Alpen und dem Jura ein allmählicher Uebergang von den Salzwasser- zu den Süsswasserbildungen stattgefunden hat.

Nach vollständiger Absperrung des Landsees ergossen sich von den Bergabhängen Flüsse und Bäche in denselben, welche sich gegen Norden einen Abzugscanal suchten, der vermuthlich in der Nähe von Koblenz (siehe *STUDER*' und *ESCHER*'s Karte) gelegen und zu der ersten Bildung des Rheins Veranlassung gegeben hat.

<sup>1)</sup> Seite 282.

Gegen Nordosten wurde die weite Wasserfläche von verhältnissmässig niedrigen Ufern und Morästen begrenzt; einzelne Inselgruppen mit sumpfigen Ufern hoben sich hier und dort aus der Fluth hervor.

Dieser grosse Süsswassersee, wie dieses auch HEER annimmt, lag nur sehr wenig über dem Mittelmeere und so lässt sich das damals an seinen Ufern herrschende Klima der Schweiz mit Hinzuziehung der Tabelle XII näherungsweise beurtheilen. Die mittlere geographische Breite dieses Landsees ist  $46^{\circ} 30'$ . Für die mittlere Jahrestemperatur findet sich im Meeresniveau  $T = 10^{\circ},52$  R, für die des wärmsten Monats  $T + \frac{1}{2} t = 13^{\circ},67$  und für die des kältesten  $T - \frac{1}{2} t = 7^{\circ},28$ .

Vermuthlich fällt der Anfang der Bildung der untern Süsswasser-Molasse etwas früher als die Mitte der Tertiärzeit, so dass die eben angegebenen Temperaturen noch um ein Zehnthheil eines Grades erhöht werden dürfte. In sofern sich das Continental-Klima schon geltend zu machen beginnt, wäre der Winter ein wenig kälter, der Sommer aber um so viel wärmer, als es die angegebenen Zahlen zeigen. Wir hätten dann an den Ufern dieses Wasserbeckens eine mittlere Jahrestemperatur wie die von Mayland, eine Wintertemperatur fast wie die von Catania <sup>1)</sup> und eine Sommertemperatur, wie sie jetzt im südlichen Deutschland gefunden wird.

So entstand die Süsswassermolasse, deren Schichten durch fortdauernde Bodenerhebungen, bald hier bald dort über den Wasserspiegel emporstiegen und in manchen Gegenden niemals wieder unter denselben zurückgetaucht sind. Hierher gehören alle aus unterer Süsswasser-Molasse gebildeten Localitäten, in welchen weder Meeresmolasse sich verbreitet noch Findlingsblöcke gefunden werden. Beispielsweise könnten wir in dieser Beziehung die Gegend südlich und südöstlich von Plafeyen, die Umgebung des Emmenthals und einige andere Orte anführen, welche sowohl auf der Gletscherkarte von ESCHER VON DER LINTH, als

---

<sup>1)</sup> Die mittlere Temperatur von Catania für den Monat Januar ist  $7^{\circ},68$  R. DOVE'S *Temperaturtafeln*, Seite 22.

auch auf der diesen Untersuchungen angehängten Karte, weder schraffirt noch colorirt erscheinen.

## II. *Meeresmolasse.*

Nach geraumer Zeit wurde die Absperrung an den schmalsten Stellen des Landsees durch eine eingetretene Bodensenkung, durch das Oeffnen einer Schleuse von Neuem unterbrochen und noch ein Mal drang von Chambéry aus das Wasser des Mittelmeeres in das Schweizer Tertiärbecken ein. Da bereits, wie eben bemerkt, erhebliche Theile der Süßwasser-Molasse über dem Wasserspiegel lagen, so zeigte dieser neugebildete Meeresarm eine sehr viel geringere Oberfläche, als der erste, aus welchen der grosse Süßwassersee hervorging. Dieses Verhältniss tritt in *STUDER*' und *ESCHER*'s Karte deutlich hervor, so wie daselbst auch der Lauf den das Meerwasser genommen hat, deutlich zu verfolgen ist. Wir finden nämlich die Niederschläge desselben, die Meeresmolasse durch das schmale auf beiden Seiten von Kreideschichten begrenzte Gebirgsthal südlich von Chambéry gegen den Lac du Bourget hin vordringen und mit geringen Unterbrechungen den Ufern des Sees entlang bis in die Nähe vom Fort de l'Ecluse sich verbreiten. Von hier ab ist die Meeres-Molasse, die ohne Zweifel vielfach durch Diluvial- und Alluvialgebilde überdeckt wird, eine Strecke lang nicht weiter zu verfolgen und erscheint zuerst wieder nördlich von Lausanne, wo sie sich bald über eine grössere Oberfläche ausdehnt und die Ebene zwischen dem Thuner, Neuchâtelier und Bieler See zum grösseren Theil erfüllt.

Weiter östlich von Bern scheint der Meeresarm der Molasse sich zu gabeln, indem ein Zweig gegen Stein, an der Westseite des Bodensees, der andere über Herisau, St. Gallen und Rorschach sich verbreitete. Es ist übrigens nicht unberücksichtigt zu lassen, dass eine zweite Verbindung dieses von Bergen umschlossenen, bald schmaleren bald breiteren Seebeckens gegen Wien hin existirte und dass sowohl von der einen wie von der andern Seite die Verbindung mit dem Mittelmeere bewerkstelligt werden konnte.

Dass auch über diese Meeresmolasse-Ablagerungen, auf welche neue Bodenbewegungen einwirkten, wiederum sehr lange Zeiträume verstrichen sind, geht wohl daraus am Deutlichsten hervor, dass vom Mittelmeere her, durch verhältnissmässig enge Canäle und weite Entfernungen eine neue Meeresorganisation in das Becken nicht nur einwanderte, sondern auch vollständig und reich sich entwickelte, und endlich wieder ausstarb. Waren damals die Alpen schon hoch genug um ewigen Schnee und Gletscher zu tragen, so hielten sich die Ausläufer der letztern in einer Höhe von fast 5000 Fuss und konnten in keiner Weise mit dem Wasserspiegel in Berührung kommen.

### III. *Obere Süsswasser-Molasse und Glacialzeit.*

Wenn ich es eben versuchte, einen kurzen Ueberblick über die Bildung der beiden unteren Abtheilungen der Schweizer Molasse zu geben, so beabsichtigte ich nur damit die Hauptresultate der Forschungen meinen Lesern ins Gedächtniss zurückzurufen, welche wir den ausgezeichneten Geologen dieses Landes, STUDER, ESCHER VON DER LINTH, HEER und anderen verdanken. Von dieser Grundlage ausgehend, beabsichtige ich den Zusammenhang nachzuweisen, welcher zwischen der unteren Molassebildung, der wunderbaren Glacialepoche, und der obern Süsswasser-Molasse stattfindet. Bis hierher sind nur in Bezug auf die klimatischen Fragen zwischen der Auffassungsweise der Schweizer Geologen und den meinigen einige nicht unwesentliche Unterschiede zu erkennen, im übrigen tritt keine Meinungsverschiedenheit hervor. Jedoch von nun an, wo es sich um die Erklärung der Eis- und Gletscher-Erscheinungen handelt, kann ich mich nicht mit den ziemlich allgemein in der Schweiz verbreiteten Ansichten befreunden.

Es wird im Folgenden unsere Aufgabe sein aus dem Zustande der Schweiz, wie wir ihn bis zur vollendeten Bildung des Meeres-Molasse kennen gelernt haben, Schritt für Schritt die geologischen Erscheinungen kurz vor und während der Glacialepoche zu charakterisiren und aus

ihnen die gegenwärtige Beschaffenheit dieses merkwürdigen Landes abzuleiten.

Es trat auf Neue an den Schleusen unseres Bassins eine zweite Wasserabsperrung ein und mit ihr die letzte Erhebung der Alpen, welche zunächst in dieser Gegend den gänzlichen Untergang des Meeresbewohner bedingte.

Noch ein Mal wurde das Meerwasser durch süßes Wasser verdrängt und die Bildung der oberen Süßwasser-Molasse nahm ihren Anfang. Nach vollendeter Absperrung stieg der Binnensee mit seiner ganzen Umgebung langsam in ein höheres Niveau, so dass auch das Klima an seinen Ufern ganz allmählig aus einen fast subtropischen in ein gemässigtetes (Lignitformation oder Schieferkohle von Utznach, Dürenten u. s. w.), in ein rauheres und endlich in ein boreales sich verwandelte.

Wir stehen nun vor dem geologischen Abschnitte, in welchem die Eis- und Gletscherbildung und mit ihr der Findlingstransport zu seiner grössten Entwicklung gelangte.

Nach unseren Mittheilungen von Seite 218 betrug die allgemeine Bodenerhebung in den Alpen  $3561 \pm 187,2$  Fuss. Ferner ergibt sich die mittlere Höhe der grösseren Schweizer Landseen in der Gegenwart 1325 Fuss (siehe den Schluss dieses Abschnitts). Etwa in diesem Niveau würde die ganze Wasserfläche sich befinden, wenn nicht die Spiegel der einzelnen von einander getrennten Seebecken durch Bodenbewegungen gegen einander verrückt wären. Rechnet man hierzu die allgemeine Erhebung, so findet man für die Höhe der Wasserfläche des Binnensees:

$$3561 + 1325 = 4886 \text{ Fuss.}$$

Wenn man nun noch berücksichtigt, dass nach unseren Untersuchungen im letzten Abschnitte das Maximum der in gewissen Jahren fallenden Regenmenge den Mittelwerth derselben um etwa 10 Procent übersteigt und dass ferner bei mehr ausgesprägtem Seeklima eine ähnliche Vermehrung der atmosphärischen Niederschläge zu erwarten ist, so mögen sich ihnen proportional auch die Gletscher erweitert haben.

Das Klima, welches auf der Oberfläche und an den Ufern dieses hochgelegenen Binnensees herrschte, und welches für die Eiserscheinungen von solcher Bedeutung ist, lässt sich hinreichend genau beurtheilen.

Die mittlere Jahres-Temperatur betrug daselbst  $2^{\circ},0$  R., die mittlere Temperatur des wärmsten Monats  $8^{\circ},8$  und die des kältesten  $-4^{\circ},6$  R. Dieses Klima stimmt ungefähr mit dem des nördlichen Norwegens zwischen dem  $68^{\circ}$  und  $69^{\circ}$  überein, nur ist der Sommer etwas kühler und der Winter ein wenig wärmer.

Dann lagerte sich über den Binnensee, der fast mit dem Fusse des jetzigen Rhonegletschers in einem Niveau lag und in Höhe das untere Ende des Grindelwaldgletschers um 1750 Fuss übertraf, eine dicke Eisedecke, die erst im Monat Mai zu schmelzen und zu treiben begann. Auch noch im hohen Sommer erschien diese Gegend in einem durchaus nordischen Gewand. Die weite dunkelgrüne Seefläche, die je nach der Beleuchtung der Sonne in ihrem Farbenspiel wechselte, wurde gegen Süden hin durch die hohe schneebedeckte Alpenkette umschlossen, aus deren Thälern mit zackigen, blendenden Eispyramiden bekleidete Gletscher bis zu den Ufern hin vordrangen. Hier erhob sich eine mit grauen Flechten bedeckte Felswand, dort ragte ein langsam ansteigender mit Zirbelkiefern und dunkeln Fichten-Gruppen bewachsener Abhang empor und Birken und Wacholder von niedrigem Wuchs hefteten ihre Wurzeln in die Spalten des verwitterten Gesteins. Auf der Wasserfläche trieben einzelne schwimmende Eisberge oder Eisschollen umher, hie und da liessen sich nordische Seevögel zum Fischfang in den Buchten nieder und ihr einförmiges Geschrei, welches an die isländischen Fjorde erinnert, bezeichnete jene grossartige Landschaft. Dieser eigenthümliche damals nordische Charakter der Schweiz, der sich durch den an den Ufern verbreiteten Pflanzenwuchs kund gab, ist fast an allen Seen dieses Landes verloren gegangen, indem sogar hin und wieder, wie bei Montreux, ein fast italienisches Klima und eine südlichere Flora sich eingebürgert hat. Nur die Umgebung des Lac du Joux, dessen Spiegel sich 3106 Fuss über das Meer erhebt, erinnert durch ihr rauhes Klima und durch den im Frühling lang liegenden Schnee an das des

grossen alpinen Binnensees. Wenn der Lac du Joux nur wenig höher, statt im Jura bei Grindelwald läge, würde der Gletscher zu seinem Ufer herabreichen und uns die Fortbewegung der Findlingsblöcke auf abgetrennten schwimmenden Eisbergen bis auf den heutigen Tag zeigen.

Gegen Norden hin wurde der hohe alpine Binnensee durch den flachen Rücken des Jura umschlossen, der an manchen Orten kaum mehr als 1000 Fuss über denselben hervorragt haben mag; weiter gegen Nordosten, wo sich auch diese Bergkette abflacht, scheinen Sümpfe und Moräste seine nächste Umgebung gewesen zu sein.

Während so dieser Landsee anfangs meist bei steigendem Niveau die verschiedensten Stufen seiner Entwicklung, zugleich mit der Bildung der Alpen durchlief, waren die strömenden Bäche und Flüsse innerhalb des Gebirges nicht unthätig, und führten zu den Ufern, so wie zu ihren flacheren Umgebungen, zu dem Boden des Sees aus den verschiedensten Thälern eine Menge von Rollsteinen und Kiesmassen, die sich während sehr grosser Zeiträume mehr und mehr anhäuften, und so lange keine Spuren glacialer Thätigkeit in sich führten, als die Alpen noch eine geringere Höhe und entweder keine oder verhältnissmässig unbedeutender von den Ebenen sehr entfernte Gletscher besaßen. Ihr Ursprung fällt so vor die sogenannte Glacialepoche und es bildet sich also die Unterlage für die ausgestreuten Findlinge. Aber auch nach dieser Zeit hat selbstverständlich die Geröllbildung in den Alpen fortbestanden und es werden so ältere und jüngere Kieslager in den Alpen auftreten, welche die Glacialschichten in ihre Mitte nehmen.

Auf alle diese Ablagerungen, so neu sie uns auch erscheinen, haben erst Hebungen und darauf bis in die neusten Zeiten fortdauernde Senkungen eingewirkt, die sich durch die gegenseitige Lage der Seebassins, aber auch in der Schichtenstellung unzweifelhaft erkennen lassen.

Wir haben nun die Vorgänge in der Glacialzeit näher zu berücksichtigen und die Gesteine zu untersuchen, welche durch bewegter Eis bearbeitet und fortgeführt und meist der unteren grossen Kiesschicht aufgelagert sind.

Die diluvialen Gletscher, deren einstmalige Verbreitung wir im III<sup>ten</sup> Abschnitt geschildert haben, traten in einem Niveau von etwa 5000 Fuss aus allen grössern Gebirgsthälern hervor, bei Monthey aus dem Wallis, bei Cluses aus dem Chamouni-Thal, bei Meiringen aus dem Oberhasli u. s. w. und erreichten den Binnensee. Sie sind bei der grösseren Oberfläche der Thäler, welche in kältere Luftschichten hineinreichten, unbestritten grösser gewesen, als die der Gegenwart; ihre Dimensionen dürften jedoch von den Vertheidigern der Eiszeit öfter überschätzt werden. Uebrigens ist kein Grund vorhanden, der uns anzunehmen nöthigte, dass die Art und Schnelligkeit der Bewegung der diluvialen Gletscher eine grössere gewesen sei, als die der Gletscher unserer Tage.

Die in den Thälern bis zu dem Seeufer vorgedrungenen Eisströme schieben sich nun in der wärmsten Sommerzeit täglich um etwa zwei Fuss über dem Wasserspiegel fort, ohne dass sie den Boden des Sees wenigstens an seinen tiefern Stellen irgend wie zu berühren vermögen. Nach einiger Zeit, besonders bei Wellenschlag, lösen sich von der Gletschermasse einzelne Theile ab und treiben nun als schwimmende Eisberge auf der Oberfläche des Sees dahin.

Wir sehen hier also dieselbe Erscheinung, welche uns im grösseren Massstabe die Gletscher Grönlands und Spitzbergens oder die antarctischen Gletscher zeigen, indem sie bei der Berührung mit dem Ocean in schwimmende mit Felsstrümmern beladene Eisberge sich auflösen; in den kleinsten Verhältnissen kommt in den Alpen heutzutage der Aletschgletscher mit dem Merjelen-See in Berührung.

Die Tragfähigkeit solcher Eisschollen ist leicht zu überschlagen. Ein Cubikmeter Wasser wiegt 1000 Kilogramm oder 2000 Zollpfund. Das specifische Gewicht des Eises beträgt 0,926. Ein Stein von 74 Kilogramm oder etwa 1,5 Centner würde einen solchen Würfel bis auf das Niveau des Wassers herabdrücken. Das Gletschereis, welches durch und durch mit Luftblasen erfüllt ist, besitzt eine sehr viel grössere Tragkraft. Mit hinreichender Sicherheit und für längere Zeit vermöchte daher ein Cubikmeter Eis einen Granitblock von einem Centner zu

tragen. Der grosse Pierre à Bot bei Neuchâtel, dessen Volumen auf 50000 Cubikfuss geschätzt wird, oder 130000 Centner (das specifische Gewicht des Granits zu 2,6 gesetzt) wiegt, ist also auf einer Scholle von etwa 26 Meter Höhe und 100 Meter Länge und Breite bequem weiter zu befördern.

Der Transport solcher Blöcke scheint noch durch folgenden Umstand wesentlich erleichtert zu werden.

Nachdem der See zur Winterzeit von einer starken Eisdecke überkleidet war, hörten die Gletscher, wie es aus FORBES' und TYNDALL's Beobachtungen hervorgeht, nicht auf sich zu bewegen. Die in den See mündenden Gletscher schoben sich daher über das See-Eis im Laufe des Winters 100 bis 150 Fuss weit hinweg, sammt den Steinen die auf ihnen ruhten. Erst bei eintretendem Thauwetter im April, Mai, oder im Juni setzte sich die vorgeschobene Masse, indem sie sich vom Hauptgletscher ablöste, in Bewegung und trieb so in den offenen See hinaus. Die am Ufer des Sees liegenden im Winter eingefrorenen Steine werden von den bewegten Schollen mit emporgehoben und fortgeführt.

Die Schnelligkeit, mit welcher solche Eisberge über den See hinführen, mag sehr verschieden gewesen sein. Die Alpenföne, Süd- und Südoststürme wirkten gewiss für den schnelleren Transport besonders günstig. Wenn eine solche Eis-Masse auch nur mit der Geschwindigkeit eines Zolles in der Secunde sich weiter bewegt, so würde sie im Laufe von drei Tagen ungefähr eine Meile zurücklegen und nach einigen Wochen, öfter gewiss in kürzerer Zeit, auf dem entgegengesetzten Ufer am Jura anlangen und daselbst stranden.

Die Schollen waren nicht nur mit scharfkantigen Blöcken, so wie diese auf der Gletscheroberfläche mit fortgeführt werden, sondern auch mit kleinen abgerundeten Steinen, Geröllen und Sand, mit dem eigentlichen Gletscherschutt beladen. Alles dieses Material lagerte sich da wo das Eis schmolz oder strandete auf dem Boden des Sees oder an seinen Ufern ab. Aus der Verbreitung des Gletscherschutts ist es daher nicht erlaubt den Schluss zu ziehen, dass überall, wo er sich findet, wirkliche Gletscher gelegen haben.

Wir werden zunächst die Beschaffenheit der Jurassischen den See gegen Westen und Norden begrenzenden Küste einer etwas genaueren Prüfung unterwerfen und die Art des Strandens der Eisberge und Eischollen, nachdem sie ihre Fahrt zurückgelegt hatten, näher betrachten.

Der Jura ragte in der Diluvialzeit in der Gestalt einer verhältnissmässig flachen, ohngefähr 500 bis 1500 Fuss über den See sich erhebenden Küste empor, in welche der Wasserspiegel in der Gestalt enger Fiorde (z.B. Val Travers und das Thal vom St. Immer) bis zu der zweiten Gebirgskette sich verzweigte. Eine bestimmte jedoch unregelmässig gewundene Uferlinie verbreitete sich so vom Fort de l'Ecluse bis Arau und Stein; Findlinge welche zu einer bestimmten Zeit an derselben strandeten lagen somit in demselben Niveau. Besonders bei Süd- und Südostwinden wurde es den Eis-Schollen leicht in die engeren Buchten einzudringen, wo sie sich in einer ähnlichen Weise anhäuften wie es z.B. das arctische Treibeis in dem Bernfiord und Eskifiord auf Island zu thun pflegt. Die mit erraticen Blöcken beladenen, unten mit eingefrorenen Steinen durchwachsenen Schollen warfen ihre Last theils auf der Reise ab; so gelangten die Findlinge, wie der Pierre à Niton, nebst dem Gletscherschutt in das Schweizer Tiefland; theils trieben sie den Ufern des Jura entlang und erzeugten dort jene gestreiften, vorhin beschriebenen Felsschliffe.

Flache Gegenden im See, die an ihrem Boden horizontal liegende Kalksteinplatten führten, waren für die Bildung solcher Frictionsstreifen, deren Seitenstücke wir an den Küsten Seelands, in Skandinavien, in Bornholm und in Island finden, ganz besonders geeignet.

Es erscheint daher nicht wunderbar, wenn sie dem ganzen Jura entlang, in einem sehr verschiedenem Niveau beobachtet werden. Die meisten Schweizer Geologen beziehen diese Felsschliffe auf eigentliche Gletscher und folgern aus ihnen, dass der Jura bis zu seinen Kämmen mit Ausschluss der höchsten Kuppen durch eine 3000 Fuss dicke Eisschicht bedeckt gewesen sei.

Die Bildung der Jurassischen Felsschliffe durch schwimmendes Eis bietet übrigens nicht die geringsten Schwierigkeiten dar. Schollen, welche

an den Ufern eingefrorene Steine mit sich empor gehoben haben und dann vom Winde, auch wohl von Strömungen getrieben über flach mit Wasser bedeckte Felsplatten hintreiben, erzeugen noch gegenwärtig solche Schliffe, welche ausserdem auf den weichen Kalksteinen mit der grössten Leichtigkeit eingegraben werden können. Man sieht auch in der That nicht den geringsten Grund ein, warum ein riesiger, mit Granitstücken durchwachsender Eisberg, der durch Wind und Strömung dem Ufer entlang geführt wird, nicht ebenso gut Schliefflächen erzeugen könnte als ein wahrer Gletscher, denn in beiden Fällen ist es bewegtes Eis, welches Schleifmaterial zwischen sich und seiner Unterlage fortschiebt. Wenn man mir erwiedert, dass dies nicht angehe, so frage ich, wie die Felsschliffe auf ganz ähnlichen Kalksteinen auf Faxoe, die den Jurassischen auf das Vollkommenste gleichen, oder die auf Bornholm, oder auf andern Inseln des baltischen Meeres, oder die an den Fiorden von Island und Norwegen entstanden sind? Auch ist die Bildung von Felsschliffen in mehreren dieser Localitäten keine hypothetische, da sie sich hie und da in der neuesten Zeit ereignet hat. Gibt man aber dieselbe in der angegebenen Weise nicht zu, so kömmt man auf AGASSIZ' Hypothese der Eiszeit zurück, und geräth ohne anderer Hindernisse zu gedenken mit der Wärmetheorie in Widerspruch.

Nehmen wir aber an, dass die Felsschliffe, sowohl am Jura, wie auf den Inseln des Baltischen Meeres durch schwimmende mit Steinen durchwachsene Eisschollen hervorgebracht sind, so begegnen wir gar keine Hindernissen und besonders werden die Gesetze der Wärmetheorie in keiner Weise beeinträchtigt.

Die Felsschliffe in der Nähe von Neuchâtel, die ich zu sehen Gelegenheit hatte, laufen im Wesentlichen mit der Hauptrichtung des Sees parallel und sind vermuthlich bei Südwestwind entstanden, der die Schollen dem Ufer entlang gegen Nordosten forttrieb. Wir haben uns indess durchaus nicht zu wundern, wenn bei den verschiedenen Windrichtungen Streifen durch alle Azimute gefunden werden und möglicherweise normal auf dem Uferrande stehen, wie diese Erscheinung so oft an den nordischen Küsten beobachtet wird. Die mit den Felsschliffen

zusammen vorkommenden erratischen Blöcke, wie z.B. die in der Nähe der Sternwarte von Neuchâtel, so wie der die Kalkplatten bedeckende Gletscherschutt, erklären sich so auf das Allereinfachste.

Wenn wir den Versuch machen die eigenthümliche Lage und orographische Verbreitung der Findlinge und der Jurassischen Felsschliffe mit der gegenwärtigen Gestalt des Gebirges in Zusammenhang zu bringen, so werden wir uns bald überzeugen, dass ohne eine bedeutende Aenderung in der Reliefform der Alpen, wie des Jura, die genannten Erscheinungen überhaupt nicht zu erklären sind; mit der Annahme derselben erklären sie sich aber leicht und durchaus genügend.

In dem von Chambéry bis zur Donau ausgebreiteten, anfangs in demselben Niveau liegenden Wasserbecken geben sich zunächst verschiedene Bodenschwankungen zu erkennen, durch welche eine Gliederung oder ein innerer langsam fortschreitender Umbau desselben hervorgebracht wird. Es gehen so zunächst drei Abtheilungen, das Donauebiet, das Rheingebiet und das Rhonegebiet hervor.

Als bereits diese Arbeit zum Theil gedruckt war, wurde ich mit dem Inhalt des klassischen Werkes von GÜMBEL <sup>1)</sup> näher bekannt und ich finde darin eine Reihe von Ansichten, welche mit den von mir in diesem Abschnitte vorgetragenen öfter auf das Genaueste übereinstimmen. Zunächst wird die Hochebene auf der Nordseite der Alpen von GÜMBEL, so wie bei uns in die Donau-Hochebene, die Rheinische Hochebene, und die Rhone-Hochebene getheilt und die Ausdehnung derselben vom Fort de l'Ecluse bis Wien und Pressburg hervorgehoben. Auch GÜMBEL betrachtet die Gesteine derselben als den Niederschlag aus einem vormaligen Meeresarme, und die alpinen Seen als die Reste jener allgemeinen Wasserbedeckung. Diese Betrachtungsweise erscheint mir um so wichtiger, da sie mit der von SAUSSURE im Wesentlichen übereinstimmt und von mir zur Erklärung der Diluvialerscheinungen, namentlich zur Erklärung der Findlingsverbreitung, als Cardinalpunkt der ferneren Untersuchungen angesehen wird. Sie wird indess zunächst von CHARPENTIER zurück-

<sup>1)</sup> *Geognostische Beschreibung des bayrischen Alpengebirges und seines Vorlandes*, Gotha 1861.

gewiesen und als eine veraltete Ansicht von den meisten Schweizer Geologen hingestellt. GÜMBEL sagt jedoch darüber Folgendes:

„Die Ausdehnung dieses Hochplateaus bezeichnet im Allgemeinen die Umrisse eines Meeres, auf dessen Grund sich Schutt und Geröll, Schlamm und Detritus aus dem Hochgebirge in reichster Fülle ansammelten, anhäuften und in mächtigen Gesteinsschichten ablagerten. An seiner äusseren und inneren Gestaltung haben sich verschiedene Zeiten der Erdgeschichte betheiligt, jedoch vorherrschend nur die der jüngsten Periode von der tertiären bis zur Jetztzeit.

Viele Stellen, früheren Untiefen des Meeres und den Einschnitten gewaltiger Strömungen entsprechend, gestatteten den Absatz ausebnender Gerölle nicht, und es bleiben uns auf diese Weise in ihnen nach dem Abflusse der Gewässer jene merkwürdigen Seen der Hochebene als Reste einer allgemeinen Wasserüberdeckung erhalten, welche sich dem Gebirgsrande benachbart in so grosser Anzahl vor dem Alpenfusse ausbreiten.“

Das Donaugebiet dessen südliche Grenze etwa auf der gegenwärtigen Wasserscheide vom Rhein und der Donau zu suchen ist, scheint zuerst ausgeschieden zu sein, während das Rhein- und Rhonegebiet etwas länger vereinigt blieben. Das Donaugebiet, wird von den beiden letztern durch eine Linie getrennt, welche schräg durch das Becken, ungefähr von Donaueschingen aus nördlich über Ravensburg hin, bis Immenstadt südlich von Kempten zu ziehen wäre.

Dieser Theil des Beckens, aus welchem später die Donau sich ihren Weg suchte und in welches die alpinen Flüsse der Inn, die Isar, der Lech, die Salzach u. s. w. sich ergossen, steht mit den erratischen Erscheinungen der Tyroler- und Salzburg-Alpen im Zusammenhang, welche jedoch vorläufig von unsern Betrachtungen ausgeschlossen sind.

Auch diese Abtheilung der vormaligen weitausgedehnten Wasserfläche ist durch später eingetretene Senkungen weiter modellirt, was auch von GÜMBEL durchaus richtig erkannt ist; er sagt darüber Folgendes:

„Aber trotz der Unregelmässigkeit in dem Längenprofil dieses Gebirgs-

fusses giebt sich doch eine Thatsache mit Bestimmtheit zu erkennen, nämlich die einer entschiedenen zweifachen Senkung zu fast gleichem Niveau (Bodensee 1200' und Laufen 1205') einer langsameren nach Osten dem Inn und der Salzach zu und einer raschern nach Westen dem Bodensee zu. Den Scheitelpunkt für diese Doppelneigung, welche ungefähr (aber nicht genau) der Abdachung der Donau und des Rheines entspricht, bezeichnet der Austritt der Wertach aus dem Gebirge bei Dorf Wertach etwa 2700' über dem Meere".

Es ist nicht der Plan der vorliegenden Arbeit diesem Theile der alpinen Hochebene, die etwa bei München ihre grösste Breite besitzt und im Osten gegen Passau hin, im Westen gegen das Fort de l'Ecluse schmal ausläuft, näher zu untersuchen; dagegen widmen wir dem Rhein- und Rhonebecken und den darin vorkommenden erraticen Vorgängen unsere Aufmerksamkeit und untersuchen das flachhügelige von Chambery bis zum nördlichen und östlichen Ufer des Bodensees ausgebreitete Molasse- und Diluvialland, welches auf STUDER' und ESCHER's Karte mit einem Blick zu übersehen ist.

Von allen Gebirgsgruppen dieses Theiles der Hochebene, an deren Oberfläche keine Findlingsblöcke gefunden werden, muss man annehmen, dass sie über dem Niveau des 5000 Fuss hoch gelegenen Binnensees emporgeragt haben.

Wir haben es versucht auf der beiliegenden kleinen Karte die Verbreitung dieses Binnensees, so weit er in der Diluvialzeit noch vorhanden war, mit grüner Farbe zu verzeichnen. Gegen Westen erstreckt sich derselbe bis in die Nähe vom Fort de l'Ecluse und südwestlich erscheint die schmalste Stelle des Sees in der Nähe von Chambery. Auf der Nordostseite dehnt er sich bis zur Donau, bis in die Nähe von Regensburg aus. Vom Fort de l'Ecluse erstreckte sich das alte Seeufer in nordöstlicher Richtung bis Boudry, indem es hie und da kleine Buchten, wie z.B. bei Lignerolles und St. Croix in das Jura-Gebirge machte. Das Val Travers bildete einen tiefen Fiord und der Creux du Vent eine vor demselben liegende Insel. Ein zweiter Fiord ist das Thal von St. Immer, welches sich gegen Biel hin öffnet. Von hier ab verfolgt

man das Seeufer unter dem Weissenstein hin bis Olten und so immer derselben Gebirgsformation folgend bis nördlich von Schaffhausen.

Die zinnoberrothe Linie bezeichnet nicht nur das Seeufer, sondern auch die Grenzlinie der erratischen Blöcke, wie wir dieselbe bereits in dem V<sup>ten</sup> Abschnitt beschrieben haben. Leider ist der Maassstab zu klein und die topographische Darstellung nicht vollendet genug um hier die geologischen Details wiederzugeben, welche ich genauer in die Generalstabkarte von DUFOUR eingetragen habe.

Südlich und südöstlich von Genf erstreckte sich der See bis vor das Chamounithal, von da weiter nach Annecy, und drang nach Art der skandinavischen Fiorde in das gegenwärtige Rhonethal, in das Oberhasli und das Ursern Thal ein.

Alle grün illuminirten Theile der Karte waren in der Diluvialzeit mit Wasser bedeckt; das Uebrige war Festland. Unter solchen Verhältnissen beginnt nun in der bereits angegebenen Weise die Wanderung der Findlinge. Nehmen wir zuerst an, dass von der Diluvialzeit bis jetzt die Vertheilung von Land und Wasser sich nicht verändert hätte, so würde die rothe Linie mit den an ihr verbreiteten Findlingen die Grenze des gegenwärtigen Ufers bilden. Unzählige Findlinge, wie z.B. der Pierre à Niton, entzogen sich unter der Wasserfläche unserer Beobachtung.

Jedoch werden bei eintretenden Bodenschwankungen die Küsten-Umrisse des Sees sehr wesentlich verändert. Es ist zunächst eine allgemeine Senkung, welche über die Alpen und das Schweizer Tiefland in geringerem Masse aber über den Jura sich erstreckte. Die Gletscher, welche die verschiedenen Seearme bei Cluses, bei Monthey, Meiringen, Amsteg, Glarus, Chur u. s. w. erreichten und sich sodann in schwimmende, mit Findlingen beladene Eisberge und Eisschollen auflösten, trieben nun über die Fläche des Sees gegen Norden. Die von den Chamounigletschern abgestossenen verbreiteten sich in der Richtung von Cluses nach Genf und stiessen hier gegen den Salève, welcher sich ihrer Bahn wie eine Mauer entgegenstellte. Nur die höchsten Kämme und Rücken des Berges erhoben sich ein wenig in der Gestalt eines

Riffs über das Niveau des Sees, so dass die aus dem Ende des Chamounithals aus der Gegend von Cluses hertreibenden Eisschollen hier mit Gewalt auffuhren und ihre Blöcke absetzten.

Der höchste Punkt des grossen Salève liegt jetzt 4252 Fuss über dem Meere. SAUSSURE beobachtete die am Höchsten liegenden Findlinge bei 3914 Fuss. Danach hätte der Gipfel des Salève in der Diluvialzeit, 338 Fuss über dem Spiegel des Binnensees hervorgeragt, und hätte damals eine Höhe von  $4886 + 338 = 5224$  Fuss gehabt (siehe S. 229). Durchschnittlich ist der Rücken des Berges etwas niedriger gewesen, und lässt sich auf etwa 5000 Fuss veranschlagen, wenn man für denselben so lange seine Schichten horizontal bleiben, verglichen mit der jetzigen Reliefform eine gleichmässige Senkung annimmt. Diese beträgt von der Diluvialzeit an bis jetzt:

$$5224 - 4252 = 972 \text{ Fuss.}$$

Dagegen liegt der Fuss des Salève, soweit sich dieser bestimmen lässt, fast genau im mittleren Niveau der Schweiz, welches wir zu 1325 Fuss angenommen haben (Siehe das Ende dieses Abschnitts). Das vom Fuss des Salève etwa 1000<sup>m</sup> entferntliegende Dörfchen Veirier erhebt sich nämlich 1318 Fuss über das Meer. Die gegenwärtige Normalebene der Schweiz ist gegen das Niveau des Binnensees

$$4886 - 1325 = 3561 \text{ Fuss}$$

gesunken, oder der Gipfel des Salève ist relativ gegen diese Ebene

$$3561 - 972 = 2589 \text{ Fuss}$$

gestiegen. Der Genfer See aber hat sich gegen dieselbe um 179 Fuss gesenkt; die gegenwärtige Höhe des grossen Salève wird danach:

$$1325 + 2589 + 338 = 4252 \text{ Fuss.}$$

Mit dieser Senkung, welche auf das Schweizer Tiefland fast drei Mal so stark wie auf den grossen Salève einwirkte, steht die gegenwärtige Lage der Gebirgsschichten desselben offenbar im Zusammenhang. Auf diese Frage werden wir weiter unten noch ein Mal zurückkommen.

Um über die Grösse der Zeiträume, welche die Senkung der Schweizer

Ebene erforderte, eine annähernde Vorstellung zu erhalten, mögen die an der skandinavischen Küste beobachteten Bodenbewegungen uns einen Anhaltspunkt geben. Diese betragen etwa 2,5 Fuss im Jahrhundert, und wäre daher in der Schweiz die säculare Senkung ebenso gross, so würden 142440 Jahre von der Zeit an, in welcher der alpine Binnensee seinen höchsten Stand einnahm und somit die Gletscherentwicklung und der Findlingstransport ihre grösste Ausdehnung hatten, bis zur Gegenwart verflossen sein. Welche ungeheure Zeiträume sind dann allein über die tertiären Ablagerungen, über die Bildung der schweizer Molasse verflossen!

Es mögen allerdings in gewissen Epochen diese Bodenbewegungen etwas grösser gewesen sein, dagegen waren sie vermuthlich in der neueren Zeit geringer. Betrüge die Senkung noch fortwährend im Jahrhundert 2,5 Fuss, so würde sie von JULIUS CÄSAR an bis jetzt etwa 47 Fuss ausmachen, eine Zahl, welche, nach der Lage der Pfahlbauten zu urtheilen, vermuthlich zu gross wäre, obgleich hier nur, wie beim M. Salève und der benachbarten Ebene die Differenzen der Senkung im Seeboden und im benachbarten Lande in Betracht kommen.

Die allgemeine Senkung ist vermuthlich auch in früheren Zeiten keine gleichmässige gewesen, sondern hat sich langsam undulatorisch abwärts bewegt.

Die Geologen der Schweiz haben nämlich durch Untersuchungen an verschiedenen Stellen der Alpen es wahrscheinlich gemacht, dass zwei sogenannte glaciale Epochen auf einander gefolgt sind, welche durch eine zwischenliegende wärmere Zeit, in der nur Diluvialgerölle entstanden, von einander getrennt wurden. Ich habe diese Erscheinungen nirgend zu sehen Gelegenheit gehabt.

In dem erst kürzlich erschienenen ausgezeichneten Werke von HEER <sup>1)</sup> werden diese beiden verschiedenen Gletscherzeiten in der Weise charakterisirt, dass sie die Zeit der Schieferkohlenablagerung in die Mitte nehmen.

Wir hätten dann nach HEER in der Diluvialzeit vom Pliocen beginnend folgendes Profil:

---

<sup>1)</sup> *Die Urwelt der Schweiz*, Seite 533.

## Pliocen.

- 1) Erste glaciale Bildung unter der Kohle von Wetzikon.
- 2) Schieferkohle von Utznach, Dürnten, Wetzikon, Morschweil, Annecy.  
Elephas antiquus und Rhinoceros Merkkii.
- 3) Interglaciale Geröllbildung. Elephas primigenius?
- 4) Zweite Glaciale Bildung. Findlinge. Moraenen.
- 5) Postglaciale Geröllbildungen. Mammuth.

Sind diese Beobachtungen wirklich zuverlässig, was ich nicht bezweifle, so werden die Erscheinung durch ein Steigen des Bodens bis zur ersten glacialen Zeit, durch ein Sinken bis zur Ablagerung des Utznacher Kohlenschiefers, durch ein neues Steigen bis zur zweiten Gletscherverbreitung und endlich durch eine letzte Senkung bis zur Gegenwart genügend erklärt. Berücksichtigen wir dagegen die allmählig eingetretenen Veränderungen in der Reliefform nicht, so müssen wir ein zweimaliges Sinken und ein zweimaliges Steigen in der mittleren Jahrestemperatur von mindestens 7 Centesimalgraden im Meeresniveau annehmen, und zu einer Hypothese greifen, welche mit der Wärmetheorie der Erde unverträglich ist.

Die Zeit, welche über die Findlingsverbreitung durch den Transport der Eisschollen verflossen ist, war jedenfalls eine sehr lange. Man kann dieses aus Folgendem entnehmen: Das Niveau des Binnensees ergab sich zu 4886 Fuss. Das Eismeer von Chamouni steigt jetzt in eine Höhe von 3442 Fuss herab. Es müsste daher hier eine Senkung des Bodens von 1444 Fuss eintreten bis die Verbindung zwischen dem See und dem Gletscher unterbrochen würde. Wenn wir selbst nur die Hälfte dieser Zahl annehmen, so würden, nach dem Massstabe der skandinavischen Senkungen zu urtheilen, über die Verbreitung der Findlinge ein Zeitraum von fast 30000 Jahren, vermuthlich aber ein noch grösserer hingegangen sein. Unter solchen Verhältnissen war es möglich, dass noch am Salève Blöcke strandeten, nachdem der See bis zum Niveau des Thaleinschnitts von Monnetier herabgesunken war. Die dort verbreiteten Blöcke können aber auch bei einer höheren Lage des Wasserspiegels

von schwimmenden Schollen abgeschmolzen und auf ihre jetzigen Lagerplätze niedergefallen sein. Die Mont-Blanc-Findlinge gelangten so nicht nur bis zum Salève, sondern bis zu den Rändern des Jura, mindestens soweit meine Erfahrungen reichen, bis zum Fusse des M. Tendre, vielleicht bis in die Gegend von Neuchâtel. In derselben Zeit, in welcher die Chamouni-Gletscher ihre Moränen bis zum Seeufer schoben um damit die schwimmenden Schollen zu beladen, waren auch die Gletscher des Rhonethals in der Nähe von Monthey mit derselben Arbeit beschäftigt und lieferten aus allen Theilen des Wallis ein sehr viel reicheres Material als das vom Mont-Blanc herstammende. Der grosse Binnensee erstreckte einen seiner Fiorde in das untere Wallis hinein, zuerst bis in die Nähe von St. Maurice, etwas später bis unterhalb Bex. Der am linken Ufer der Rhone vorrückende Gletscher fand eine Strecke oberhalb und unterhalb Monthey keinen See, und bildete hier eine wahre Moräne, dagegen kam der Gletscher am gegenwärtigen rechten Rhoneufer mit dem See in Berührung, wurde daselbst in schwimmende Schollen aufgelöst und weggeführt, so dass auf dieser Seite des Thales keine Moränen gefunden werden. Der Hügel von St. Thriphon lag als Insel im See und fing einen kleinen Theil der schwimmenden Schollen mit ihren Blöcken auf, während der andere sehr viel grössere Theil, mit Süd- und Süd-Südost Wind aus dem Fiord hinaus auf die offene, weitere Wasserfläche geführt wurden. Die von südöstlichen Winden getriebenen Schollen strandeten zwischen dem Fuss der Dole und dem des M. Tendre und gelangten so mit den von Süden hergetriebenen Mont-Blanc-Gesteinen in Berührung. Die Vermischung beider erklärt sich so in der einfachsten Art, während sie sich durch Gletscher und wahre Moränen gar nicht oder nur in höchst gezwungener Weise erklären lässt. Rührten die jurassischen Findlinge wirklich von wahren Moränen her, einer Ansicht der selbst AGASSIZ direct widerspricht, so würde man sie in der Gestalt lang fortlaufender Steinwälle auffinden, sie aber nicht über das ganze Land zerstreut erblicken. Wenn aber z.B. der grosse Gletscher des Wallis einen Theil des Schweizer Tieflandes mit einer Dicke von 1000<sup>m</sup> einnahm, wie können

sich dann in denselben Mont-Blanc-Gesteine verbreiten? Dass der Wal-liser Gletscher den M. Blanc-Gletscher bei solchen Dimensionen über-wältigt oder bedeckt habe, scheint noch weniger möglich zu sein, oder wir müssten annehmen der eine Gletscher sei erst geschmolzen und der andere darauf an seine Stelle getreten. Die Beobachtungen stimmen aber durchaus nicht mit einer solchen mehr als gewagten Annahme überein.

Die von dem grossen Seebecken bis an die zweite Kette des Jura verzweigten Fiorde konnten sehr leicht durch aufgestautes Treibeis, wie wir dieses alljährlich in den nordischen Fiorden beobachten, ihr errati-sches Material erhalten, welches im Val Travers, nicht allein von dem Haupteingang von Boudry aus, sondern auch durch die westlich vom Creux du Vent (einer damals von der übrigen Jurakette getrennten Insel) gelegene Wasserverbindung in dasselbe befördert wurde. Die Breite dieser Fiorde war bei dem höheren Stande des Wassers selbst-verstanden sehr viel grösser als uns jetzt die Eingänge dieser Thäler erscheinen und das Eindringen von Eisschollen in dieselben war um so viel leichter.

Nach der Gletschertheorie bleibt die Verbreitung solcher Findlinge in entfernten Schlupfwinkeln des Jura, z.B. im Kesselthale von St. Sulpice, unerklärlich; denn das Eindringen von Gletschern in solche ansteigende, enge, gewundene, auf die Hauptgletscherbewegung vom Wallis zum Jura normalstehende Thäler, ist mit den Vorstellungen, welche wir über die Bewegung der Gletscher erlangt haben (Abschnitt I), durchaus unverträglich, und, von mechanischer Seite betrachtet, vollkommen haltlos (Siehe Abschnitt XVII Seite 177).

Ebenso schwierig ist es die Verbreitung der Findlingsblöcke in dem Thale vom Brünig bis zum Sarner-See durch die vormalige Existenz eines Gletschers zu erklären. Stellen wir uns vor die Reliefform dieser Gegend sei unverändert geblieben und ein Riesengletscher, der das Haslithal erfüllte, dränge gegen den Brienzer- und Thuner See vor, so ist es nicht einzusehen, wie bei der schwerflüssigen Masse eines solchen Eisstroms ein Arm von ihm abgezweigt werden kann, der

von der Hauptrichtung jenes sich um mindestens  $125^\circ$  zurückbiegt. War dagegen der Pass des Brünig noch nicht gebildet und die Fiorde des Sarner und Briener-Sees standen im Zusammenhang, während der Aargletscher kurz oberhalb von Meiringen den See erreichte, so erscheint es nicht wunderbar, dass einzelne von demselben abgetrennte mit Granitstücken beladene Schollen nach N. O. hin und wieder durch Winde oder Strömung abgelenkt, in den Seearm einbogen und nach ihrem Schmelzen die Findlinge zurückliessen.

Die auf unserer Karte roth angegebene, das See-Ufer für die frühesten Zeit der Findlingsverbreitung bezeichnende Grenzlinie, lag ursprünglich nothwendiger Weise in demselben Niveau. Wenn sie dieses jetzt nicht mehr einhält, so liegt darin der sicherste Beweis, dass nach der Ablagerung der Findlinge das Relief des Jura wesentliche Veränderungen erlitten habe.

Zunächst hat eine allgemeine Senkung des Bodens, parallel der Hauptrichtung des Jura stattgefunden, in der Weise dass der Kamm der dem Binnensee zugewandten Kette, ganz wie wir es beim Salève gesehen haben, sich langsamer senkte als das Schweizer Tiefland. Die nächste Folge dieser Senkung bestand darin, dass die rothe Uferlinie tiefer und tiefer rückte und dass die aus den Alpenthälern auf den Eisschollen herübertreibenden Findlinge in einem neuen Niveau strandeten, während die höher gestrandeten nicht mehr von den Wogen des Sees berührt wurden und für alle Zeit im Trockenen lagen. Auf diese Weise bildeten sich jene auf den Portlandgesteinen abgesetzten, von AGASSIZ richtig beschriebenen Felzkränze, welche die Anhänger der von CHARPENTIER aufgestellten Ansicht für wirkliche Moränen gehalten haben. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, dass der Jura, worauf AGASSIZ auch aufmerksam macht, bei einer grösseren Höhe und verschiedenen Relief-form hie und da eigene Gletscher gehabt haben mag.

Neben der allgemeinen Senkung des Terrains, welche vom Jurarücken gegen die Schweizer Ebene sich verbreitete, hat eine zweite innerhalb dieser Gebirgskette stattgefunden, welche in der Niveauveränderung der rothen Grenzlinie, oder der vormaligen Küste sich zu erkennen gibt.

Auf diese für die Forubildung des Jura wichtige Erscheinung haben wir bereits im V<sup>ten</sup> Abschnitt aufmerksam gemacht. Man bemerkt nämlich, wie von Gex und Trelex ab bis nördlich vom M. Tendre, die Grenzlinie sich im Allgemeinen erhebt, darauf bis zum Orbethale fällt, dann wieder emporsteigt, unter dem Chasseron ihre grösste Höhe erreicht und von da langsam gegen das Val Travers hinabsinkt; sie steigt sodann zum dritten Male bis zum Chasseral empor, und senkt sich endlich bis zum Eingang des Thales der Suze nördlich von Biel.

Es sind dieses im grossen Ganzen die Störungen in der Niveaulinie, welche sogleich bei dem ersten Anblick deutlich hervortreten, doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass zwischen den genannten Hauptabschnitten kleinere auf kürzere Strecken verbreitete Bodenschwankungen stattfinden. Die Schichten des Jura sind so auf zwei auf einander normalstehende Axen von Süd-Ost nach Nord-West und von Nord-Ost nach Süd-West gebogen. Ein wesentlicher Theil der Verwerfungen und starken Schichtenkrümmungen, welche im Jura so augenscheinlich hervortreten, wird sich aus diesen säcularen Bodenbewegungen erklären lassen. Die Bodensenkung ist in der Jurakette in derselben Weise wie am Salève und seiner Umgebung keine gleichförmige gewesen. Indem einzelne Strecken rascher als andere sanken, sind die Bergkuppen relativ gegen ihre nächste Umgebung gestiegen. Eine gründlichere und tiefer eingehende Untersuchung dieses für die Geologie aller Länder so wichtigen Gegenstandes, erfordert, wie schon oben bemerkt wurde, sehr viel genauere und zahlreichere Höhenbestimmungen als die bisjetzt vorhandenen, mit deren Benutzung man neue, vermuthlich lehrreiche Folgerungen ableiten könnte.

Die am Rande des Jura ausgebreiteten Findlinge, welche vom Fort de l'Ecluse bis Trelex wohl zum grössern Theil aus Mont-Blanc-Gesteinen bestehen, werden von da bis zum Fusse des M. Tendre mit Walliser Gesteinen gemischt, die an den Abhängen des Chasseron überhand nehmen und daselbst zum Maximum ihrer Entwicklung gelangen. CHARPENTIER erklärt sehr richtig diesen Berg für das Centrum der erratischen Erscheinungen am Jura; daraus ist jedoch nicht zu folgern,

dass hier einst das Centrum oder die Endmoräne eines alten Gletschers gewesen sei.

Es ist hier darauf aufmerksam zu machen, dass wenn man quer durch das Rhone-Delta von Villeneuve bis Bouveret am Genfersee eine gerade Linie zieht, und durch den Halbirungspunkt derselben, von St. Maurice, vom Ende des Deltas eine zweite gerade Linie gegen den Jura hin weit genug verlängert, diese auf den Chasseron trifft. Alle mit Findlingen beladene Schollen, welche von Monthey aus in dieser Richtung den kürzesten Weg über den See einschlugen, mussten auf den Chasseron stossen; die von dieser Hauptrichtung durch Winde nach West oder Ost abgelenkten Schollen mit ihren Findlingen bildeten einen von Ende des Wallis ausgehenden, flächenförmigen Verbreitungsbezirk der letztern. Solche auch aus andern Thälern ausgegangene erratische Fächer haben mitunter gleichsam mit ihren Radien in einander gegriffen und Findlingsvermischungen hervorgebracht.

#### *IV. Innere Modellirung des grossen Binnensees während und nach der Gletscherzeit.*

Nach der Abscheidung des Donaubeckens aus dem vorhin beschriebenen tertiären Seearm treten auch in dem westlichen Theile desselben in der Zeit, in welcher bereits der Findlingstransport begonnen hatte, Bodenbewegungen ein, welche für die Trennung und Ausbildung der Flussgebiete der Rhone und des Rheins entscheidend waren. Zuerst entsteht etwa normal auf dem Längsrücken des M. Salève fast an dessen südlichem Ende eine doppelte Senkung sowohl gegen Savoyen als auch gegen die Umgebung von Genf hin, und es bildet sich so der Höhenzug des M. de Sion, der jetzt wie eine Verbindungsmauer zwischen dem Salève und dem M. du Vuache, einem Ausläufer des Jura dasteht. Das Seebecken theilt sich nun in eine obere und eine untere Thalstufe, so dass zwei Seen von verschiedenem Niveau entstanden, die man als den obern und untern Rhonensee von einander unterscheiden kann.

Vom obern Rhonensee ist als ein geringer, später mehr und mehr gesenkter Theil der heutige Genfersee zurückgeblieben. Er nimmt die Flüsse und Bäche in sich auf, welche vom M. de Sion gegen Norden, und vom Jura, vom Fort de l'Ecluse bis Lasarraz nach Süd-Osten fließen. Zu ihm gehörte auch das östlich vom Salève gelegene Flachland bis Bonneville und Cluses und das südlich verbreitete bis zum Lac d'Annecy.

Der untere Rhonensee wird jetzt durch das Niveau des Lac du Bourget charakterisirt. Er umfasste das Hochland südlich vom M. de Sion bis nach Chambéry. Dass die Trennung der beiden genannten Seebecken in der Zeit vor sich gegangen, in welcher der Findlingstransport auf Eisschollen bereits begonnen hatte, kann man daraus entnehmen, dass auch südlich und westlich vom M. de Sion, bei Eloise und Perte du Rhône auf der Meeresmolasse Findlingsblöcke savoyscher Abkunft gefunden werden (siehe Seite 51), die also vor der Trennung der beiden Wasserbecken auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze gelangt sein müssen. Ohne eine wesentliche Aenderung im Relief lässt sich die Verbreitung dieser hoch über dem Rhonebette liegenden Findlinge auch nicht erklären, sei es dass sie durch den strömenden Fluss vom Fort de l'Ecluse, oder über den See vom M. de Sion her befördert sind; in diesem Falle müssten sie bei Frangy das Vorgebirge des M. du Vuache umkreist haben. Da die zwischen Perte du Rhône und Fort de l'Ecluse in einer ungewöhnlichen Lage ruhenden Findlinge nicht eben gross sind, so ist es wohl am wahrscheinlichsten dass sie dem Laufe des Flusses folgten in einer Zeit als dieser ein viel höher gelegenes Bett einnahm.

Die Südseite des M. de Sion ist mir wenig bekannt, da ich durch diese Gegend nur ein einziges Mal bei sehr schlechtem Wetter gekommen bin; indess möchte ich aus einer Aeusserung von FAVRE schliessen, dass auch dort die Findlinge ganz wie auf der Nordseite des Rückens ausgestreut liegen. Zur genaueren Bestimmung der Grenzen des alten Seebeckens verdient dieses Terrain wohl noch genauer untersucht zu werden.

Der Durchbruch der Rhone durch den bei dem Fort de l'Ecluse

vorspringenden Jura, ist in der tiefsten später eingetretenen Senkung, (siehe Fig. IV Anhang) bewirkt worden. Der Strom stürzte sich damals brausend von der höheren in die niedere Thalstufe, durchnagte die Meeresmolasse und die unter ihr ruhenden Kreide-Schichten; weitere Bodensenkungen führten nach und nach eine veränderte Beschaffenheit des Landes herbei und beide Seen traten allmählig in ihre gegenwärtigen Uferbegrenzungen zurück.

Eine zweite Bodensenkung, welche erst mehr gegen das Ende der Findlingsverbreitung fällt, bewirkte die Trennung vom Rhone- und Rheingebiet, und es bildete sich so zwischen den Alpen und dem Jura ein flacher Rücken, die Wasserscheide beider Ströme, welche vom Jurten bis Vaulion und Balaigne sich erstreckt. Alle von Vaulion über Lignerolles bis Solothurn ausgestreuten Walliser Findlinge sind vor der Trennung der beiden Haupt-Seebecken der oberen Terrasse auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze geführt worden. Die Flüsse und Bäche auf der nordostseite dieses durch Senkung der beiden Becken hervorgebrachten Rücken ergiessen sich in den Rhein, die vom entgegengesetzten Abhänge fallen in die Rhone.

Die innere Gliederung des Rheinbassins, oder die Seefläche, welche von der Wasserscheide der Rhone bis zu der der Donau sich erstreckte, ist zum Theil während, zum Theil nach der Findlingsverbreitung vor sich gegangen und hat auch erst in der neueren Zeit ihren Abschluss erhalten. Zunächst erstreckte sich von der Hauptfläche des nun noch übrig gebliebenen Rheinischen Beckens der Aarfiord aus der Gegend des heutigen Berns bis etwas oberhalb von Meiringen, wo der vorgerückte Aargletscher mit der Wasserfläche in Berührung kam. Die Ufer am Ausgang dieses Fiords, die gleichsam zwei Vorgebirge oder von den Alpen auslaufende Vorländer bildeten, wurden durch gehobene untere Süßwassermolasse mehr gegen die Alpen hin von Flysch, Kreide und Juragebirgen begrenzt. Von diesem Hauptfiord zweigte sich ein schmalerer Arm über den Brünig bis Sarnen, wahrscheinlich bis Stanz ab, so dass durch denselben die Verbindung mit dem Vierwaldstädter See hergestellt und dieses östliche Vorland, das Emmenthal und die nächste

Umgebung in eine Insel verwandelt wurde. Dass dann die Erklärung der Findlingsverbreitung von Tracht über den Brünig bis Sarnen keine Schwierigkeiten darbietet, ist bereits auf Seite 245 auseinandergesetzt. Der Fiord wird nach ESCHER VON DER LINTH südlich und nördlich von Bern durch zwei Steinwälle geschlossen. Man sieht daraus, dass dieser Fiord bei der Bildung derselben, die nothwendiger Weise schon in eine spätere Zeit der Findlingsverbreitung fällt, entweder ganz oder doch zum grössten Theil von dem grössern Bassin gegen Westen hin getrennt war.

Es ist ferner einleuchtend dass die kleineren, von dem Hauptbecken getrennten Wasserflächen, so lange sie nur noch in dem Niveau der Gletscherenden sich befanden, zur Verschiffung der Findlingsblöcke sich ebenso gut als die grössern eigneten. Die weitere Untersuchung des Terrains nördlich von Bern wird es künftig entscheiden, ob daselbst eine scharfe Grenze, wie sie von ESCHER gezeichnet worden ist, wirklich existirt, oder ob die Berner und Walliser Gesteine aus der Anfangszeit der Findlingsverbreitung sich mit einander mischten.

Weiter östlich von der Emmenthal-Insel trifft man zunächst auf den Fiord der Reuss, der den Vierwaldstädter- und Zuger-See umfasste, gegen Norden und Nordwesten sich bis zum Jura verbreitete und vermuthlich in der Nähe von Solothurn eine zeitlang mit der Wasserfläche, auf welcher die Walliserfindlinge zum Jura gelangten, im Zusammenhang gestanden hat. Durch später eingetretene Bodensenkungen haben sich die einzelnen Theile der Wasserfläche zurückgezogen, indem ein jedes grössere Becken an seiner unteren Seite mit einem Steinwall in einem weiteren Bogen umgeben wurde.

An das Becken der Reuss schliesst sich der Fiord der Linth und Limmat, welcher in der vollen Entwicklung des Findlingstransports, einerseits bis Glarus, anderseits durch den Wallenstädter See nach Sarganz, Ragaz über Chur hinaus in das vordere und hintere Rheinthal sich verbreitete (Abschnitt VIII). Auf diesem verhältnissmässig engen Wasserpfade haben die von ESCHER beschriebenen Ponteljas-Granitfindlinge einerseits ihre Reise bis in die Nähe des Boden Sees, anderseits durch den Wallenstädter in das Gebiet des jetztgen Züricher Sees ihre Wanderung zurückgelegt.

Der letzte Fiord, soweit es sich um die Geologie der Schweiz handelt, ist der Fiord des Rheins, der wie eben bemerkt eine Zeit lang mit dem der Linth in Verbindung bis nordwärts über den Boden See sich verbreitete, welcher letztere einen geringen Ueberrest der vormaligen Wasserfläche gebildet hat. Das Thal der Landquart erschien nur einen Nebenzweig des grössern Fiords.

Die Steinwälle, die Analogien der skandinavischen Ra sind zuerst auf ESCHER'S Karte verzeichnet und auf die dieser Arbeit angehängte Schweizer Karte übertragen worden. Ich habe sie wie die älteste erratische Grenze durch zinnberrothe Linien in der grünen Fläche der Seen darzustellen gesucht.

Die Steindämme, welche meist in parabolischen Curven die unteren Enden vieler Schweizer Landseen umschliessen, wenden dem Nordabhang des Alpengebirges ihre concave Seite zu und werden sowohl nach ihrer Form, wie nach ihrer Zusammensetzung zu schliessen, von den Schweizer und Italienischen Geologen für Endmoränen diluvialer Gletscher gehalten. Es sprechen jedoch sehr wesentliche Gründe gegen diese Ansicht, welche wahrscheinlich eine gewisse Modification erleiden wird. Wenn nämlich die Steinwälle wahre Endmoränen wären, wie kömmt es, dass sie in so inniger Verbindung mit den Landseen erscheinen? Denn fast jeder der kleinern Seen der Ostschweiz ist an seinem untern Ende mit einem solchen Damme umgeben. Kein Gletscher kann aber nach unserer Ansicht ein solches Wasserbecken ausfüllen, er wird in Schollen aufgelöst, welche durch Wind und Strömung zum entgegengesetzten Ufer gelangt, bei Jahre lang fortdaurendem Prozesse nothwendigerweise aus den mit sich fortgeführten Blöcken einen Steinwall aufhäufen; dieser tritt um so deutlicher hervor je mehr der innere Boden des Seebeckens sinkt.

Das nähere Studium dieser Steinwälle wird für die weitere Bearbeitung unseres Problems künftig hin von grosser Wichtigkeit werden, wesshalb wir hier ein Verzeichniss derselben vornehmlich nach ESCHER'S Beobachtungen mit einigen hinzugefügten Bemerkungen mittheilen:

1) Steinwall nördlich von Bern, gebildet aus Oberhasli Gesteinen durch Schollen des vormals bis in diese Gegend erweiterten Thuner Sees.

2) Steinwall südlich von Bern gebildet aus demselben Material beim Rückgange des Sees.

3) Steinwall am untern Ende des Sempacher Sees hauptsächlich aus Urner Material aufgeführt. Der Wall ist vom gegenwärtigen Ufer-nach, dem sich in postglacialer Zeit der Seeboden gesenkt hat, etwas entfernt und liegt erheblich höher als das jetzige Niveau der Wasseroberfläche.

4) Ein ähnlicher Steinwall am Nordufer des Baldegger Sees.

5) Grosser Steinwall bei Bremgarten, der auf den vormals bis in diese Gegend erweiterten Zuger See sich bezieht. Zwischen demselben und dem vom Baldegger See werden von ESCHER zwei kleinere wenig ausgebildete Wälle angegeben. Das vom St. Gotthard hergeführte Material ist gleichfalls zum Bau derselben verwendet worden.

6) Grosser von Horgen über Zürich nach Meilen auf der Nordseite des Züricher Sees verbreiteter Steinwall. Derselbe befindet sich, wie der bei Sempach, in einiger Entfernung vom See, der sich später gesenkt hat. In der Mitte der Stadt Zürich sind die Ueberreste dieses Walles zu erkennen.

7) Zwei andere gleichfalls gegen die Alpen concave Steinwälle bei Rapperswyl und Utznach, welche sich offenbar später bei weiter fortgeschrittener Bodensenkung gebildet haben.

8) Ein Steinwall auf der Nordseite des Greifen-Sees.

9) Ein ebensolcher.

10) Ein anderer südwestlich von Blulach in der Verlängerung des Greifen-Sees.

11) Zwei hackenförmige Steinwälle in der Verlängerung des Züricher See.

12) Drei kleine weniger hervorragende Steindämme in derselben Gegend.

13) Steindamm südlich von Dissenhofen.

Alle diese auf der Nordseite der kleinern Schweizer Seen verbreiteten Steinwälle, deuten darauf hin, dass ihrer Bildung in der letzten Zeit

der Findlingsverbreitung vor sich gegangen ist, in welcher durch die Bodensenkungen die innere Gliederung der Oberfläche bereits so weit vorgeschritten war, dass aus dem ursprünglich grösseren Wasser-Becken verschiedene kleinere, besonders schmalere hervorgingen, in denen das mehr zusammengehaltene erratische Material, sich auf einem verhältnissmässig engerem Raume concentrirte und daher solche Steindämme hervorbrachte, während es auf der ursprünglich grösseren Wasserfläche, z.B. an den langgestreckten Ufern des Jura, sich mehr vertheilte.

Eine fortgesetzte genauere Untersuchung des ganzen Terrains und eine sorgsamere Prüfung der einzelnen Findlinge in Rücksicht auf ihre geographische Verbreitung und ihre gegenseitige Vermischung, wird sowohl über die Ausdehnung, als auch über den vormaligen Zusammenhang der einzelnen Seebecken weitere Aufschlüsse ertheilen. Nach der Trennung des Rhone- und Rheinbassins ist das letztere theils durch alluviale Auffüllung, theils durch später eingetretene Bodensenkung in verschiedene Abtheilungen zerfallen.

Für eines der neueren geologischen Ereignisse ist die Bildung des Rheinlaufs oberhalb des Bodensees zu halten. Wie bereits vorhin bemerkt erstreckte sich dieser See von seiner gegenwärtigen südlichen Grenze an, im Rheinthale aufwärts, anfangs bis zur Via Mala, und bis Jlanz, jedenfalls bis Reichenau, später bis in die Nähe von Chur und dehnte sich von Sargans durch den gegenwärtigen Wallenstädter See bis nach Glarus und durch die Linthebene durch den Züricher See weiter nach Nord-Westen aus. Ob der Rhein, wie hin und wieder angenommen wird, vormals seinen Lauf in dieser letzten Richtung genommen habe, ist nicht erwiesen und erscheint zweifelhaft. Es ist wenigstens kein Grund einzusehen, warum der Rhein seinen geraden nach Norden gerichteten Lauf durch ein sehr viel breiteres, nur mit den neusten Anschwämmungen gefülltes Thal verlassen sollte, um sich in west-nord-westlicher Richtung einen sehr viel engeren, durch Höhenzüge mehrfach versperrte Durchgang aufzusuchen.

Schwache Bodensenkungen, östlich und nordwestlich von Sargans trennten jedoch die beiden Seearme, und so wurden dem Rhein,

der Linth und Limmat ihre gesonderten Wege angewiesen. In der Zeit, in welcher der grosse Schweizer Binnensee sich in das Rhone- und Rheinbecken zertheilte, und die Rücksenkung des Bodens vermuthlich schon begonnen hatte, ergoss sich der Rhein, aus der Ausflussmündung des östlich gelegenen Sees, von der höheren Terrasse in die Tiefe. Der Schaffhäuser Wasserfall erinnert jetzt noch an den Lauf des vormals wild schäumenden Stroms, welcher unterhalb Basel in einen wohlmehr als 3000 Fuss tiefer gelegenen, die Niederungen zwischen dem Schwarzwald und den Vogesen ausfüllenden Landsee sich ergoss.

Mehrere Geologen, unter ihnen DESOR, haben die vormalige Existenz dieses grossen, bis nördlich von Mainz ausgebreiteten Seebeckens, in welchem die sogenannte aus Gletscherschutt, Geröllen, Lehm u. s. w. gebildete Lösformation zum Absatz gelangte, richtig erkannt. Wesshalb zieht man die eines höher gelegenen Seebeckens in Zweifel, von welchem noch so wesentliche Theile bis auf den heutigen Tag zurückgeblieben sind? Eine ähnliche Stellung wie der untere Rhein-See nahm gegen Westen der Lac du Bouget zu diesem hochgelegenen Seebecken ein und wir sehen hier dieselben Analogien, welche der Erie- und Ontario See mit dem zwischen ihnen liegenden Niagarafall uns im grösseren Massstabe vorführen.

Die langsamen Bodenbewegungen haben hier, wie an anderen Orten, die Reliefform des Schweizer Tieflandes allmählig umgestaltend bis zur neusten Zeit fortgedauert und sind vielleicht in diesem Augenblick noch nicht zu ihrem Abschlusse gelangt. Sie haben so die diluvialen Kies-schichten, welche die Unterlage der Findlinge bilden, aus ihrer ursprünglich horizontalen Lage in eine öfter stark geneigte gebracht, wie dieses an vielen Orten, z. B. in der Nähe von Vevey, zu beobachten ist. Von dieser Zeit an haben die Senkungen in der Unterlage des grösseren Seebeckens in sehr ungleicher Stärke über die ganze Oberfläche fortgedauert. Die am meisten gesunkenen Gegenden sind die, in welche die gegenwärtigen Landseen der Schweiz sich zurückgezogen, deren Bildung wie STUDER in seiner Abhandlung nachgewiesen hat, ohne alle Mitwirkung der Gletscherarbeit vollkommen erklärlich ist.

Von diesen am Meisten gesunkenen Theilen der Oberfläche ist anzunehmen, dass auch die Senkung am längsten bestanden und vermuthlich bis in historische Zeiten fortgedauert habe. Damit treten nun die merkwürdigen Erscheinungen der Pfahlbauten, welche seit Kurzem so grosses Aufsehen erregt haben, in die aller engste Verbindung. Stellen wir uns vor, dass von einer Germanischen Urbevölkerung etwa auf sumpfigem Terrain die Wohnungen auf Pfählen an den Ufern der Seen erbaut sind, so werden diese bei sinkendem Boden unter das Niveau des Wasserspiegels tauchen. Es scheint nämlich nicht wahrscheinlich zu sein, dass die ersten Bewohner jener Gegenden mechanische Einrichtungen besaßen um die Pfähle, welche die Substructionen ihrer Häuser bildeten, so tief unter das Niveau des Wassers einzurammen, und selbst wenn dieses auch möglich gewesen wäre, so sieht man in der That keinen Grund ein, der sie zu einer gewiss grossen und so mühsamen Arbeit hätte bewegen können.

Um den ganzen Vorgang der alpinen Gletscher- und Findlingsverbreitung im Zusammenhang mit der Veränderung der Reliefform der Alpen, des Jura und der nächsten Umgebung noch klarer zu machen, legen wir unseren Lesern drei im Masstabe von 1 à 150,000 ausgeführte Profile und eine Skizze vor, welche einen Theil des Schweizer Tieflands mit dem Genfer See und dem Salève von Longirod am Fusse des Jura aus gesehen darstellt.

Das Profil Fig. I erstreckt sich von Cluses, vom dem Ausgange des Chamouni-Thales beginnend quer durch den M. Salève bis zum Fort de l'Ecluse. Der Contur *e b* stellt den Anfang der vom M. Blanc ausgehenden Alpenkette, oder die vormalige Reliefform des Gebirges dar. Ferner ist *b b'* die Oberfläche des grossen von den Alpen bis zum Jura sich erstreckenden Binnensees, in einem Niveau von 4886 Fuss über dem Meeresspiegel *C C*.

Die Chamounigletscher erreichen bei *b* das Seeufer und werden hier in die Findlinge tragenden Eisblöcke oder Eisberge *a, a, a, a* aufgelöst. Der Salève ragt in der Gestalt einer flachen Insel *c c'* etwa 200

bis 300 Fuss über der Wasserfläche hervor. Der alte Seeboden wird östlich von Salève durch die wellenförmige Linie  $b, b' c$  und zwischen dem Salève und dem Jura durch  $c' b' b'$  angegeben. Die von  $b$  am Gletscher abgelösten Eisberge führen ihre Findlinge zum Theil nach  $c$ , wo sie stranden, ein anderer Theil z.B. bei  $f$  fällt beim Schmelzen des Eises nieder; ein dritter Theil erreicht das gegenüberliegende Ufer des Jura bei  $b'$  und strandet daselbst.

Unter der ältere Reliefform dieses Theiles der Schweiz, ist die durch fast allgemeine Bodensenkung erzeugte Reliefform der Gegenwart entstanden, welche durch die Buchstaben  $e' B, f, c'', c''', f', B'$  angegeben wird. Das Plateau des grossen Salève ist von der Bodenbewegung weniger ergriffen, während der umherliegende Boden von  $c$  nach  $f$  und von  $c'$  nach  $f'$  sich gesenkt hat.

Bei der später eintretenden Senkung rückte die Strandungslinie von  $b'$  abwärts in der Richtung gegen  $b''$  und zwar so weit, bis die Verbindung zwischen dem See und dem Gletscher bei  $b$  unterbrochen wurde.

Das Profil Fig. II steht fast normal auf dem ersten und erstreckt sich durch die Längenrichtung des grossen und kleinen Salève in der Richtung nach Neuchâtel quer durch den Genfer See.

$AA'$  ist das Niveau des Binnensees,  $cc'$  ist der Durchschnitt der flachen Insel des M. Salève;  $a, a, a$  sind schwimmende, mit Findlingen beladene Eisblöcke, welche von den Chamouni Gletschern kommend am Salève oder am Jura stranden.  $BB'$  ist die Niveaulinie des Genfer Sees, über der die gegenwärtige, von der früheren wesentlich verschiedene Reliefform sich ausbreitet. Durch die eingetretene Senkung fallen die Schichten auf dieser Seite des Gebirges gegen N.O. hin unter einem Winkel von etwa  $20^\circ$  ein; ihre Biegung ist auch auf der zunächst angrenzenden Seite des grossen Salève deutlich erkennbar. Von  $g$  nach  $g'$  erblickt man den Durchschnitt des Genfer Sees; er erreicht bei  $g'$  das emporsteigende Flachland der Schweiz zwischen Morges und Lausanne. Das Profil liess sich des Massstabes wegen nicht bis zum Jura verlängern.

Das Profil Fig. III erstreckt sich vom Ende des alten Monthey-Gletschers durch den Binnensee bis zum Chasseron. Monthey selbst, welches von *b* ab mehr südlich liegen würde, liess sich bei den Dimensionen und dem Massstabe des Profils nicht mehr verzeichnen. Ueber dem Niveau des Binnensees *AA'* liegt die frühere Alpenkette bei *h*, deren Gletscher bei *b* etwas unterhalb Monthey den See erreichen und hier in schwimmende, die Findlinge tragende Schollen *a*, *a* u. s. w. aufgelöst werden.

In dieser Richtung fand der hauptsächlichste Transport der Walliser Gesteine statt, die der Richtung des unteren Rhonethales folgend und den kürzesten Weg über den Binnensee einschlagend auf den Chasseron stiessen. Ost- oder Westwinde lenkten die Schollen mit ihrer Bürde an den Rändern der Jura nach der einen oder der anderen Seite hin von ihrem ursprünglichen Wege ab. Die bei *b'* gestrandeten Blöcke liegen so in Felskränzen um den südlichen Rand des Chasseron und sind dort bei sich senkender Strandungslinie so lange abgesetzt, bis die Verbindung zwischen dem See und dem Monthey-Gletscher bei *b* unterbrochen wurde. Ueber dem Meeresspiegel *CC'* liegen in grösserer Höhe der Wasserspiegel des heutigen Genfer Sees *dd'* und der des Binnensees *AA'*, die gegenwärtige Reliefform der Alpen von *h'* bis *d*. Von *d'* an, vom Ufer des Genfer-Sees etwa 1 Kilometer westlich von Vevey, steigt das jetzige Relief erst steiler, dann mehr wellenförmig bis zum Jurten und von da bis zum Fusse des Jura empor, und die Abhänge dieser Bergkette treten so in unserer Zeit höher hervor als in der Gletscherperiode.

Aus dem gestörten Niveau der rothgezeichneten äussersten Strandungslinie der Findlinge muss man die Ueberzeugung gewinnen, dass die Bodensenkungen auch das Juragebirge nicht verschont haben. Jedenfalls aber sind sie geringer gewesen als in den Alpen und im grossen Seebecken, so dass jetzt der ganze Höhenzug deutlicher als vormals hervortritt.

Wie bereits vorhin erwähnt worden ist, würde eine genaue hypsometrische Untersuchung der Strandungslinien am Salève, wie am Jura über diese Frage vielleicht weiteren Aufschluss ertheilen können.

Die landschaftliche Skizze Fig. IV wird schliesslich noch dazu dienen, eine der interessantesten Gegenden zwischen den Alpen und dem Jura in Beziehung auf die Umgestaltung der Reliefform unseren Lesern vorzuführen und daran weitere Erklärungen zu knüpfen. Die Skizze ist vom Fusse des Jura etwas unterhalb des kleinen Dorfes Longirod entworfen. Zur Linken im Hintergrunde erscheinen der kleine und grosse Salève mit ihren gegen N. O. hin gesenkten und gebogenen Schichten. Ein Theil der Schichten des grossen Salève ist horizontal geblieben und hier scheint entweder gar keine oder nur eine verhältnissmässig geringe Senkung stattgefunden zu haben. Unterhalb dieses Berges erblickt man das südliche Ende des Genfersees, etwa von Rolle an bis Genf. Rechts an den grossen M. Salève schliesst sich ein gehobener Molasserücken, dessen höchster Punkt der M. de Sion ist. Derselbe trennt die obere durch das Niveau des Genfersees bezeichnete Thalstufe von der tieferliegenden, welche durch den Lac du Bourget characterisirt wird. Daran schliesst sich der hervorspringende vom Jura auslaufende Bergzug des M. du Vuache, dessen nach Süd-Ost gestreckte Ausläufer hinter dem Höhenzuge des M. de Sion sich verstecken. Sodann beginnt der eigentliche Jura, welcher durch einen tiefen sehr schroffen Einschnitt von dem übrigen gleichartig geognostisch gebildeten M. du Vuache getrennt wird. An der dem Jura zugewandten Seite liegt das Fort de l'Ecluse, welches den tiefen Thaleinschnitt beherrscht, durch den die Rhone ihren Lauf zu der unteren Thalstufe erzwungen hat.

Der zuerst durch Kreide und Jurafelsen etwa eine Meile lang eingeeengte Strom besitzt hier ein ausserordentlich starkes Gefälle, und durchbricht darauf die Meeresmolasse und bei Perte du Rhône, in einer wunderbar engen und tiefen Schlucht, aufs Neue die Kreideformation. Von hier gelangt er allmählig in die untere Thalstufe, in das Niveau des Lac du Bourget.

Der Mittelgrund unserer Zeichnung vom Genfer See bis zu dem Durchbruch der Rhone unter dem Fort de l'Ecluse, zeigt nur ein fast horizontaler, hin und wieder etwas wellenförmig gebogenes aus Molasse, Diluvium, Gletscherschutt und Alluvium gebildetes, langsam gegen die

Kreideschichten des Jura, welche den Vordergrund unserer Zeichnung bilden, emporsteigendes Vorland. Dieses ist der Boden des grösstentheils in das Trockene gelegten, einst in einem höheren Niveau gelegenen Binnensees, von welchem der in der tiefsten Thalmulde zurückgebliebene Genfersee nur als ein geringer Ueberrest angesehen werden muss.

Die bis in die neuesten Zeiten vielleicht jetzt noch fortdauernden Bodenschwankungen haben die Reliefform dieses Seebodens zu seiner gegenwärtigen Gestaltung entwickelt.

Das auf der vorliegenden Skizze abgebildete Terrain ist zum Theil, wenn auch in etwas mangelhafter Weise, auf einer Karte in SAUSSURE'S Voyages Tom. I dargestellt worden, die immer hin desshalb Beachtung verdient, da aus ihr die geologische Ansicht hervorgeht, welche dieser scharfblickende Alpenforscher über die eben beschriebene Gegend gehabt hat. Der Molasse-Rücken des M. de Sion erscheint hier als ein wesentliches bedeutungsreiches Verbindungsglied zwischen dem Salève und M. de Vuache, der für eine gewisse schon etwas später fallende Zeit die südliche Uferbegrenzung des alten Binnen-Sees angibt.

Noch zu einer andern Betrachtung gibt unsere Skizze Veranlassung. Um nach unserer Auffassungsweise die Glacialerscheinungen der Schweiz zu erklären, wird ein Landsee zwischen den Alpen und dem Jura von hochgelegenen Niveau verlangt. Dieser kann sich auf eine doppelte Weise bilden, entweder dadurch, dass der Spiegel des Sees durch Hebung des Bodens mit seiner Umgebung emporsteigt, (in diesem Falle kann die Tiefe des Sees eine mässige sein, z.B. die des jetzigen Genfersees), oder der Wasserspiegel wird von den benachbarten, in den See sich ergiessenden Bächen und Flüssen, in der Art wie das Wasser eines sich füllenden Schleusenkastens, in ein anderes Niveau versetzt. Vergleichen wir die beiden Vorgänge mit einander, so erscheint der erstere allein haltbar, der zweite dagegen im höchsten Grade unwahrscheinlich oder vollkommen unmöglich.

Stellen wir uns vor, das zwischen den Alpen und dem Jura liegende Schweizer Tiefland bilde ein solches Schleusenbassin, dessen Niveau bei der gegenwärtigen Reliefform bis zu den höchsten erratischen Blöcken

am Salève etwa 3900 Fuss emporsteige, so findet dasselbe zwar gegen die Alpen und gewisse Theile des Jura eine Begrenzung; allein der ganze Höhenzug von M. de Sion und M. du Vuache, so wie manche Einschnitte in der Jurakette, ferner jene Länderstrecken, welche östlich und nördlich vom Bodensee sich befinden, bieten jetzt eine solche Uferbegrenzung nicht dar; wollte man sie aber für ein solches hypothetisches Schleusenbassin schaffen, so wird gleichfalls eine Bodenerhebung von 3000 bis 4000 Fuss erfordert, und dann ist es einfacher bei der ersten Betrachtungsweise stehen zu bleiben.

Es ist ferner zu beachten, dass das Niveau eines solchen Bassins bis in viele Thäler der Alpen eindringen würde, wobei die Existenz aller tieferliegenden Diluvialgletscher, z.B. der von Monthey, nicht bestehen könnte. Da es aber von keiner Seite bezweifelt wird, dass die alpinen Gletscher bis zu den Enden der Hauptthäler der Schweiz vorgedrungen sind, so fällt damit die eben angedeutete Hypothese.

In dem wir es in diesem Abschnitt versuchten die quantitativen Verhältnisse der Bodensenkung nach der Zeit der grössten alpinen Gletscherentwicklung festzustellen, verkennen wir nicht, dass die von uns gefundenen Zahlen nur als eine erste Annäherung an die wahren Verhältnisse anzusehen sind.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass die Senkungen auf der Nordseite der Alpen von 3561 Fuss, und die auf der Südseite ermittelte von 4030 Fuss nur als Mittelwerthe angesehen werden dürfen. Bei der ungleichmässigen Undulation des ganzen Bodens sind sie selbstverständlich hier grösser, dort kleiner gewesen; für die Richtigkeit dieser Annahme spricht unverkennbar das gestörte Niveau der einzelnen Landseen.

Auf einem Felde, auf welchem jedoch bis zum heutigen Tage alle quantitativen Bestimmungen gänzlich gefehlt haben, werden diese ersten, wenn auch nur approximativen Resultate den Geologen nicht ganz unwillkommen erscheinen. Es ist ausserdem einige Aussicht vorhanden mit der Zeit schärfere Bestimmungen an die Stelle der approximativen setzen zu können, welche über die Ungleichmässigkeit der Senkungen in den

verschiedenen Theilen des Alpengebirges Aufschluss ertheilen werden.

Zunächst musste man suchen die mittlere Grenze der Gletscherenden womöglich schärfer zu bestimmen. Viel mehr als das jetzt Erreichte wird in dieser Beziehung kaum noch zu erlangen sein, dagegen lassen sich die unteren Grenzen der Diluvialgletscher und damit das Niveau des Binnensees wohl noch genauer feststellen. Zu dieser Bestimmung liefern folgende zum Theil schon benutzte Beobachtungen das nöthige Material:

1) Das Niveau der erratischen rothverzeichneten Grenzlinie am Jura, welche das Ufer in der frühesten Zeit der Findlingsverbreitung bezeichnete. Dieses Niveau ist freilich an vielen Stellen sehr bedeutend gestört, an anderen Orten hat es sich vielleicht mehr erhalten. Punkte, welche keine Senkung erlitten oder sich gleichmässig gesenkt haben, müsste man aufsuchen und gute Höhenbestimmungen für dieselben ausführen.

2) Die Schliefflächen der untersten Enden der Diluvialgletscher, wo diese mit dem See in Berührung gekommen sind, würden uns über das Niveau am Ende des erratischen Phaenomens in Kenntniss setzen.

3) Die höchsten Ränder der eben erwähnten Steindämme geben gleichfalls eine Niveaubestimmung für die spätere Zeit der Findlingsverbreitung.

4) Am Meisten jedoch eignen sich für diese Untersuchungen die durch Treibeis gebildeten Schliefflächen, welche in ebenso grosser Zahl auf der Südseite der Alpen, als an den Rändern des Jura angetroffen werden. Stellen wir uns vor das Niveau des Binnensees befände sich im Maximum seiner Höhe, so wird dieses jetzt im Allgemeinen durch ein System von Schliefflächen angedeutet, welches gegenwärtig an den Abhängen des Jura die höchste Lage einnimmt. Diesem wird ein am Tiefsten liegendes Schliefflächen-System entsprechen, welches gegen Ende der Zeit der Findlingsverbreitung entstanden ist. Innerhalb beider Niveaulinien, deren Mittelwerth sich angenähert bestimmen lässt, fällt die Findlingsverbreitung und die Bildung der übrigen zwischen diesen beiden Grenzen liegenden Schliefflächen. Es ist ferner ersichtlich, dass das mittlere Niveau, zu welchem in einer gegebenen Breite in den

Alpen die Gletscher hinabrücken, unabhängig vom Niveau des Binnensees ist. Ohne Zweifel stieg dieses letztere nicht unbeträchtlich über das erstere empor, oder die Gletscher würden in den Thälern noch etwas tiefer haben herabrücken können, wenn sie nicht schon vorher auf den Spiegel des Binnensees gestossen wären. Die Höhendifferenz dieser beiden Niveaulinien gibt uns die höchste Höhe des Binnensees über dem mittlern Niveau, zu welchem die Gletscher herabrücken. Da an den Rändern des Jura bei genauerer Nachforschung gewiss an mehreren hundert Stellen in sehr verschiedenem Niveau Schlißflächen gefunden werden, die sogar auf der Molasse des Tieflandes nach AGASSIZ vorkommen, so wird sich das Niveau des Binnensees zur Zeit seiner grösste Höhe über dem mittlern Stande, zu welchem die Gletscher herabrücken oder dem tiefsten an welchem jetzt noch Schlißflächen gefunden werden, bestimmen lassen. Die grösste Schwierigkeit bei dieser Untersuchung besteht darin, dass kein Theil der Oberfläche als vollkommen ruhend anzusehen ist, sondern dass alle Punkte in derselben sich mehr oder minder bewegen. Indess ist zu erwarten, dass aus der Combination der Höhen vieler Schlißflächen, mit Berücksichtigung ihrer Lage zu der Reliefform des Landes, sich die Punkte zu erkennen geben, bei denen keine oder doch nur eine verhältnissmässig geringe Niveauverrückung vorgekommen ist.

Das Niveau des Binnensees am Schluss der Findlingsverbreitung in der Zeit  $t$  sei,  $\mu = 4673$ ; die Niveaus der gegenwärtigen Schweizer Landseen werden mit  $\nu$  bezeichnet, so ist die Senkung dieses Seebeckens von der Zeit  $t$  an  $\mu - \nu$ . Für die hauptsächlichsten Landseen der Schweizer Ebene findet man:

	$\mu - \nu$	Abweichung.
Genfer See.....	3527	+ 244
Lac d'Annecy.....	3306	+ 23
Bieler See.....	3337	+ 54
Neuenburger See.....	3334	+ 51
Murten See.....	3333	+ 50
Zuger See.....	3396	+ 113
Vierwaldstädter.....	3333	+ 53
Hallwyler See.....	3285	+ 2
Baldegger.....	3273	- 10
Sarner.....	3123	- 160
Lauerzer.....	3287	+ 4
Thuner.....	2961	- 322
Brienzer.....	2937	- 346
Sempacher.....	3112	- 171
Boden.....	3455	+ 172
Züricher.....	3415	+ 132
Wallenstädter.....	3367	+ 84
Griefen.....	3322	+ 39
Mittel...	3283	

Es sind hauptsächlich die von der Schweizer Ebene abgelegene, fast ganz von hohen Gebirgen umschlossene Thuner und Brienzer See, welche bedeutend weniger als die übrigen gesunken sind; schliessen wir diese für das Normal-Niveau der Schweizer-Ebene aus, so findet sich:

	$\mu - \nu$	Abweichung.
Genfer See.....	3527	+ 202
Lac d'Annecy.....	3306	- 24
Bieler.....	3337	+ 12
Neuenburger.....	3334	+ 9
Murten.....	3333	+ 8
Zuger.....	3396	+ 71
Vierwaldstädter.....	3333	+ 8
Hallwyler.....	3285	- 40
Baldegger.....	3273	- 52
Sarner.....	3123	- 202
Lauerzer.....	3287	- 42
Sempacher.....	3112	- 213
Boden.....	3455	+ 120
Züricher.....	3415	+ 90
Wallenstädter.....	3367	+ 42
Griefen.....	3322	- 3
Mittel...	3325	

Der mittlere Fehler für eine Beobachtung ergibt sich zu  $\pm 104$  Fuss, während das mittlere Niveau auf  $\pm 26$  Fuss verbürgt werden kann.

Die geometrischen Relationen zwischen der Lage der Findlinge Schliifflächen und Seeniveaus sind in der That die einzigen übrig gebliebenen Hilfsmittel, welche uns über die vormalige Reliefform der Alpen und des Jura Kenntniss geben. Aus diesem Grunde würden weitere exacte Untersuchungen dieses Gegenstandes wünschenswerth erscheinen und den Geologen der Schweiz besonders zu empfehlen sein. Zunächst handelt es sich darum ein reiches und vollständiges Beobachtungsmaterial zu sammeln und vorzugsweise die Schliifflächen und eine grössere Anzahl von Punkten in der erraticen Grenzlinie auf ein System von 3 Coordinaten zu beziehen. Erst dann wird man in den Stand gesetzt die gegenseitigen Veränderungen in der Reliefform genauer kennen zu lernen. Dass in der allerneuesten Zeit während und nach der Findlingsverbreitung und grössten Gletscherentwicklung noch so ausserordentliche Veränderungen in der Reliefform der Alpen vorgekommen sind, wie z.B. die Bildung des Brünigpasses in einer verhältnissmässig so neuen Zeit, ist gewiss für die Geologie ein sehr wichtiges Resultat.

Am Schlusse dieses Abschnittes machen wir in Bezug auf den Bau der Alpen und den der beiden an ihrer Nord- und Südseite verbreiteten Vorländer darauf aufmerksam, dass die Diluvialablagerungen der letztern mit Einschluss der Findlinge des Glacialschutts, des Löss u. s. w. in Verhältniss zur Grösse ganzer Gebirgè leicht überschätzt werden. Obgleich sie im Laufe der Zeit aus demselben hervorgeführt wurden, reichen sie doch nicht entfernt dazu hin, um als das vollständige Supplement für die langen und tiefen Thaleinschnitte der Alpen zu dienen.

Wenn auch das Wasser und das Eis bis zu einem gewissen Grade sich bei der Ausbildung der Thäler betheiligt haben, so ist doch ihre Bildung, wie es die Stellung der Schichten unzweifelhaft nachweist, wesentlich in einer anderen Ursache, nämlich in der Bodenbewegung nach der Ablagerung der Formation zu suchen.

Betrachten wir nur z.B. das von mindestens 8000 Fuss hohen Berg-

ketten umschlossene Wallis und nehmen an, dass dieses Thal mit seinen Nebenthälern von der Kette des M. Rosa bis zu der der Berner Alpen hin mit Diluvial-Schutt ausgefüllt werden sollte, so würde dazu eine Masse verlangt, welche schwerlich ausserhalb des Gebirges in den meist verhältnissmässig sehr viel dünneren Diluvialschichten zu finden wäre. Ein appoximativer Ueberschlag über das Volumen der Thäler und das Volumen des Diluviums mit Grundlage unserer geologischen Karten würde unzweifelhaft die Richtigkeit dieser Ansicht bestätigen.

## ABSCHNITT XXI.

### EINIGE BEMERKUNGEN ZU DEN DILUVIAL- UND GLACIAL- ERSCHEINUNGEN AUF DER SÜDSEITE DER ALPEN.

---

Bei dem allmählichen Emporsteigen der Alpen und der Apenninen bildete sich ein zweiter Meeresgolf, der dem ähnlich gewesen ist, welchen wir im letzten Abschnitte zwischen diesem Gebirge und dem Jura beschrieben haben. Von Venedig und Chioggia aus drang er nach Westen vor, erfüllte die ganze Po-Ebene und erstreckte sich bis zum Fusse der Secalpen. Die Vulcane der Euganeen ragten als eine Insel oder Inselgruppe über seinen Wasserspiegel hervor.

Auf diesem Golfe hat sich von der Tertiärzeit an gleichfalls durch einen lange Zeiten erfordernden Umbau, sei es durch Aufschüttung und Auffüllung, sei es durch eingetretene Bodenschwankungen, der gegenwärtige Zustand des Landes langsam hervorgebildet. Schritt vor Schritt sehen wir hier ganz ähnliche Vorgänge sich entwickeln, welche wir auch vorhin in dem grossen Becken zwischen den Alpen und dem Jura zu beobachten Gelegenheit hatten.

Auch dieser Meerbusen war anfangs von flachen Ufern umgeben, auf denen eine südliche, der von Sinigallia ähnliche Flora sich ent-

wickelte und bis zum Eintreten stärkerer Bodenerhebungen fortbestanden hat. Die Beschaffenheit des Landes vor, während und nach der Glacialzeit ist genauer zu untersuchen. Die ungeheueren Ablagerungen der diluvialen Gerölle, denen wir dem ganzen Südabhang der Alpen entlang begegnen, die zu Hügelzügen und Schutthalden von Friaul bis zum Fuss des M. Cenis sich aufhäufen, sind unmöglich das Werk eines Augenblicks gewesen, sondern haben für sich ungeheure Zeiträume in Anspruch genommen. Mit der ersten Hebung der Alpen entstanden solche diluviale Gerölle; die Geröllbildung dauert ununterbrochen fort bis zum heutigen Tage. Auch dieser Golf wurde von den beiden Bergketten aus durch die Arbeit des Diluviums eingeengt und der ganze Boden wenigstens am Südfusse der Alpenkette nach und nach in ein bedeutend viel höheres Niveau gehoben, als das des gegenwärtigen Po-Thales ist. Nach dem im vorigen Abschnitt Seite 218 ausgeführten Untersuchungen beträgt die nach der Zeit der höchsten Gletscher-Entwicklung eingetretene Senkung  $4030 \pm 192,3$  Fuss. Um diese Grösse, ganz wie auf der Nordseite der Alpen, hat auch hier der Thal-Boden höher gelegen, und unter solchen Verhältnissen wiederholen sich die Erscheinungen, welche wir bereits in dem Tieflande zwischen dem Jura und den Alpen beschrieben haben.

Die vielen grossen und kleinen Landseen, der Lago Maggiore, Lago di Como, Lago di Lugano, Lago d'Iseo, Lago di Garda u. s. w. sind die letzten Ueberreste jenes grösseren Seebeckens auf der Südseite, der Bodensee, der Genfersee, der Thuner- und Vierwaldtstädter-See die gleichen Ueberreste des grösseren Seebeckens auf der Nordseite der Alpen.

Es wird die künftige Aufgabe der Italienischen Geologen sein, die einzelnen Seedistricte und die mit ihnen im Zusammenhang stehenden Steinwälle und Schliefflächen genauer von unserm Standpunkte aus zu erforschen. So weit meine Untersuchungen reichen, welche in ihren Details künftighin einige Modificationen erleiden mögen, glaube ich die folgenden Ansichten aussprechen zu können.

Zur Zeit der höchsten Gletscherentwicklung war schon ein sehr grosser Theil des zwischen den Alpen und dem Apennin befindlichen Meer-

busens ins Trockene gelegt, obwohl die zahlreichen südalpinen Landseen ohne Ausnahme einen sehr viel grösseren Umfang hatten, worauf bereits im X<sup>ten</sup> Abschnitt von mir hingewiesen ist. Einige dieser Landseen mögen auch durch verhältnissmässig schmale Strassen, wie der Lago Maggiore, mit dem Luganer und Comer See unter einander verbunden gewesen sein, von anderen ist es dagegen wahrscheinlich, dass sie, wie z.B. der Lago d'Iseo, während der Gletscherentwicklung vollkommen abgeschlossene Seebecken bildeten.

Auch die von den Alpen gegen Süden auslaufenden, jetzt von Flüssen durchströmten, vormals aber bis zu ihrem unteren Ende mit riesigen Gletschern erfüllten Thäler, z.B. das Val Tellina, Val Mesoleum, Val di Maggia wurden durch grössere oder kleinere Landseen geschlossen, welche den vordringenden Eismassen den Weg versperrten.

Untersucht man die Gebirgsausgänge auf der Südseite der Alpen, so wird man nach vorurtheilsfreier Betrachtung der Erscheinungen die eben aus einander gesetzte Ansicht überall bestätigt finden.

Im Zusammenhang mit dem oberen Po-Thale begegnet man zuerst den Flussgebieten der Dora Riparia und Dora Baltea. Beide Flüsse, welche aus Gletschern ihren Ursprung nahmen, mündeten in Seebecken, wie jetzt z.B. der Tessin bei Magadino in den Lago Maggiore. Bei ihrer Lage in dem höheren Niveau haben sie den Transport der Findlingsblöcke vermittelt, sind aber selbst im Laufe der Zeit bis auf kleine Ueberreste fast gänzlich verschwunden.

Der See der Dora Riparia erstreckte sich von Susa abwärts bis Pianezza, Rivoli und Avigliana; in der Nähe des letzten Ortes befindet sich ein kleiner mit Torfmooren umgebener Doppelsee, den ich als den letzten Ueberrest jener vormaligen weiter verbreiteten Wasserfläche ansehe.

Die von MARTIUS und GASTALDI bei la Sacra und Avigliana beobachteten in den Serpentin eingegrabenen Schliffflächen sind denen entsprechend, welche auf dem jurassischen Kalkstein bei Neuchâtel, Londeron und anderen Orten sich gebildet haben; sie wurden nicht durch Gletscher und deren Bewegung, sondern durch mit Steinen durch-

wachsene schwimmende Eisberge oder Eisschollen hervorgebracht, auf deren Rücken die gewaltigen Serpentinblöcke bis Pianezza geführt und über dem ältern Diluvium <sup>1)</sup> und den etwas neueren Glacialschichten abgelagert worden sind.

Ein gleicher Landsee erfüllte südlich von Ivrea bis in die Nähe von Chatillon, vielleicht noch höher hinauf bis in die Nähe von Aosta, das Thal der Dora Baltea, durch welchen die Serra von Ivrea ihren Ursprung erhalten hat.

CH. MARTIUS und B. GASTALDI haben diese so sehr wichtige Localität in einer ausgezeichneten Abhandlung beschrieben <sup>2)</sup> und durch eine gute aus der Aufnahme des Piemontesischen Generalstabs entnommene Karte genauer erklärt. Im vergangenen Herbst, als bereits der Druck dieser Blätter begonnen war, hatte ich noch selbst Gelegenheit in Begleitung meines Freundes GASTALDI die Serra von Ivrea näher kennen zu lernen, welche für die Glacierscheinungen in den Alpen ausserordentlich lehrreich ist.

Das Thal der Dora Baltea wird etwa eine Meile oberhalb Ivrea auf beiden Seiten durch einen fast kreisförmigen, einem Kraterrande nicht unähnlichen Steinwall geschlossen, der an der Ostseite in der Nähe von Andrate, wo wir ihn auf dem Wege von Graglia her zuerst betreten, nach aussen eine Höhe von 80 bis 100 Fuss besitzt. An anderen Stellen weiter abwärts scheint er mitunter erheblich höher zu sein. Dieser Wall umschliesst ein weites kesselförmiges Thal, dessen innerer Boden sehr viel mehr als die äussere Umgebung sich vertieft und von Andrate bis Ivrea sich 600<sup>m</sup> hinabsenkt. Der Wall selbst besteht aus unzähligen meist abgerundeten, häufig an der Oberfläche stark geritzten Rollsteinen, welche etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  Meter lang und verhältnissmässig hoch und breit sind. Es werden jedoch auch beträchtlich grössere Geschiebe von ein bis zwei Meter Länge dazwischen bemerkt. Alle diese

<sup>1)</sup> *Appunti sulla geologia del Piemonte di BARTOLOMEO GASTALDI. Torino 1853. Tav. A.*

<sup>2)</sup> CH. MARTIUS et B. GASTALDI, *Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Po. Nebst Karte.*

Trümmer, welche aus dem oberen Thale der Dora vornehmlich von den Abhängen des M. Blanc auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze hinabgeführt sind, bestehen aus Syeniten, Dioriten und Protogin, zwischen denen Hornblenden, Granaten, Epidot, Rutil und andere Mineralkörper vorkommen.

Sie werden gegenseitig durch eine gelbliche, bald staubige, bald mehr schlammige Erde mit einander verbunden, welche an einigen Gegenden des Walls die in ihr liegenden Steine an Masse übertrifft, so dass an solchen Orten, zumal an den nach Innen gewandten flachen Abhängen, der Kartoffelbau gut gedeiht, an anderen Orten ist es wohl umgekehrt, die Steintrümmer sind vorwaltend und die Erde tritt zurück.

Der Wall schliesst sich unmittelbar den letzten, das Dorathal begrenzenden, hier meist aus Diorit bestehenden Bergen an. Der Diorit ist auch im Innern und am Boden dieses Gebirgskessels allgemein verbreitet, aber häufig durch Eis abgeschliffen, so dass die ausgezeichnetsten gebuckelten Felsen oder Roches moutonées darauf zum Vorschein kommen. Man bemerkt auch bald unterhalb Andrate ausgezeichnete Schliffflächen, auf die Professor GASTALDI, welcher der Gegend sehr kundig ist, mich aufmerksam zu machen die Güte hatte. Sie verbreiten sich durch das ganze Innere dieses weiten Circus; vorzüglich schöne sind in den Weinbergen und in der Nähe der Kirche des Dorfes Chiaverano, in Ivrea selbst und in der unmittelbaren Umgebung dieser Stadt zu beobachten. Die tiefgelegensten findet man in einem Niveau von etwa 825 Fuss über dem Spiegel des Meeres.

Die Dora bahnt sich, nachdem sie den Circus durchströmt hat, auf der Südseite des Walls einen Ausweg in das etwas niedriger gelegene Po-Thal. An diesem Durchbruch beobachtet man deutlich, wie die Glacialschichten jenes den älteren Diluvialgeröllen aufgelagert sind.

Eine besondere Beachtung verdienen die kleinen im Innern dieser Umwallung verbreiteten Landseen, von denen 6 bemerkt werden; der Lago di Viverone und Lago di Candia sind unter ihnen die bedeutendsten.

Es unterliegt nun nicht dem geringsten Zweifel, dass diese verschiedenen Seen einst im Zusammenhang gestanden haben und dass so der

ganze vom Glacialwall umgebene Circus ein einziges grösseres Seebecken gebildet hat, welcher bis in das Innere des oberen Dorathals vielleicht bis Chatillon oder bis in die Nähe von Aosta sich erstreckt hat.

Diese Ansicht wird z.B. vom Cavalier LORENZO GATTA in Ivrea getheilt und von GASTALDI wenigstens nicht in Abrede gestellt. Dieselbe Erscheinung, welche nur die verwandten Vorgänge an der Nordseite der Alpen abspiegelt, kommt an allen Hauptthälern dieses Gebirges, welche sich gegen die Lombardische Ebene öffnen, zum Theil noch deutlicher als an der eben beschriebenen Serra zum Vorschein.

So enthielt das Thal der Sasia ein ganz und gar verschwundenes Seebecken, an welches sich das noch grössere des Lago Maggiore im Zusammenhang mit dem Lago d'Orta, Varese und mit dem Comer und Luganer See anschloss.

Ein anderes Seebecken wurde durch das Thal des Oglio gebildet, von welchem jetzt nur der Lago d'Iseo übrig geblieben ist. Ebenso erfüllte das Thal des Chiese ein See; den Schluss bildete der Lago di Garda mit dem Flussgebiet des Mincio. Alle diese Wasserflächen, denen eine vormalige grössere Verbreitung nicht abzuspochen ist, griffen mit ihren Armen oder Fiorden in die tiefen Alpenthäler ein und standen so mit den ausgedehnteren Diluvialgletschern im engsten Zusammenhang. Auf ihnen wiederholen sich genau dieselbe Erscheinungen, welche wir vorhin auf dem grossen Binnensee zwischen den Alpen und dem Jura beschrieben haben, denn die in ein jedes dieser Wasserbecken mündenden Gletscher liefern schwimmende Eisblöcke, welche den Transport der Findlinge von einem Seeufer zum andern gleichsam durch eine Fähre vermitteln.

So werden im Laufe grösserer Zeiträume die mit Gletscherschutt gemischten Glacial-Dämme aufgeführt, deren convexe Seite nördlich von den Alpen gegen Norden, und südlich von ihnen gegen Süden gewandt ist.

Den Geologen, welche unverändert, sei es an der von CHARPENTIER, sei es an der von AGASSIZ aufgestellten Hypothese festhalten und somit annehmen, dass die Gletscher nicht nur jene Seen ausgefüllt, sondern

auch über ihre gegenwärtigen Grenzen bis an den Rand der Lombardischen Ebene sich ausgedehnt haben, geben wir Folgendes zu bedenken. Damit die diluvialen Gletscher bis in die Nähe von Turin, Mailand und Brescia gelangen konnten, wird ein Sinken der mittleren Jahrestemperatur von  $8^{\circ}$  R. oder  $10^{\circ}$  C. erfordert. Diese Temperaturniedrigung lässt sich, wie es bereits gezeigt worden ist, weder durch nasskalte Jahre, noch durch ein früheres Seeklima und durch die jetzt herrschenden Fönwinde erklären. Nur in einer gänzlich geänderten Reliefform der Oberfläche der Alpen und ihrer Umgebung ist eine befriedigende Lösung unserer Aufgabe zu finden.

Hält man aber an der gegenwärtigen Reliefform fest und befürwortet dennoch ein Sinken der mittleren Jahrestemperatur von  $8^{\circ}$  R., so ist diese Annahme mit der Wärmetheorie in dem vollsten und unlösbarsten Widerspruch. Legt man dagegen die südalpinen Seen in ein 4000 Fuss höheres Niveau, so lassen sich alle beobachteten Erscheinungen durchaus genügend erklären. Die Glacialisten selbst, wenn sie eine solche allgemeine Bodenerhebung zugeben sollten, werden vielleicht anzunehmen geneigt sein, dass in jenem höheren Niveau die Gletscher einst bis zu den Gegenden vorgedrungen seien, in denen man jetzt noch Felsschliffe beobachtet. Aber auch diese Ansicht stösst auf schwer zu beseitigende Hindernisse; denn die Gletscher müssten jene hochgelegenen in der Diluvialzeit sehr viel weiter als gegenwärtig ausgedehnten Landseen, ohne ihren inneren Zusammenhang zu verlieren, ausfüllen und überschreiten. Auf die Unmöglichkeit dieses Vorgangs haben wir bereits im letzten Abschnitte hingewiesen; wollte man aber auch daran festhalten, so wird mit dieser Voraussetzung gar nichts gewonnen, denn alle Phänomene, welche man auf diese Weise zu erklären glaubte, lassen sich ebenso leicht oder leichter durch schwimmende Eisschollen erklären.

Die Ausdehnung der Gletscher bis zu den äussersten Grenzen der geschliffenen Felsen bereitet ausser den Hindernissen, welche die Wasserflächen darbieten, zunächst auf der Nordseite der Alpen der Jurakette entlang, wie schon vorhin aus einander gesetzt worden ist, unüber-

windliche Schwierigkeiten. Auf der Südseite der Alpen ist es kaum anders. Nimmt man dagegen bei der Bildung der Schliffflächen und beim Findlingsstransport schwimmende Eisberge zu Hülfe, so halten sich die Gletscher, wenn auch grösser als jetzt, innerhalb mässiger Grenzen, für welche keine anomale Temperaturverhältnisse verlangt werden. Werfen wir zum Schluss dieser Bemerkungen noch einen Blick auf die Serra von Ivrea, so scheint es mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass die von der Mont-Blanc Kette hinabsteigenden Gletscher, welche durch die der Seitenthäler noch verstärkt wurden, etwa in der Mitte des langen Thales vielleicht in der Nähe von Chatillon auf den See stiessen, welcher in jenem etwa 4600 Fuss hohen Niveau sich befand. Die unzähligen schwimmenden mit grössern und kleinern Findlingen, so wie mit Moränenschutt beladenen Eisschollen gelangten in der Nähe von Andrate aus dem früheren schmalen Canal des Thales auf die weitere Wasserfläche, deren Ausdehnung durch die Grenzen des jetzigen Circus bestimmt ist.

Die Dioritfelsen, die hie und da wie Inseln über dem Wasser hervorragten, oder dicht unter der Oberfläche desselben lagen, auch wohl die Ufer begrenzten, wurden durch die Arbeit der schwimmenden mit Steinen durchwachsenen Eisberge in derselben Weise wie die Trapp- und Gneus- oder Granit-Platten an den Fiorden Islands und Scandinaviens gebuckelt, gestreift, abgeschliffen und polirt.

Ueber dieses Phänomen wird der folgende Abschnitt noch weitere Mittheilungen enthalten.

Wenn man den Glacialdamm von Ivrea mit einer eigentlichen Moräne z.B. mit der am Brenva- oder Minzegletscher vergleicht (beide habe ich sorgfältig untersucht), so wird man diese aus zusammengehäuften Steinen und Felsblöcken, nicht aber aus Steinen und einer gelblichen staubigen oder schlammigen Erde zusammengesetzt finden, die bisweilen mindestens die Hälfte des ganzen Damms von Ivrea ausmacht.

Stellen wir uns aber einen See von mässigem Umfange vor, in welchen die durch trübes Gletscherwasser gespeiste Dora sich ergiesst, der während einer langen Reihe von Jahren in der Sommerzeit mit

unzähligen, von schmutzigem Gletscherschutt durchzogenen schmelzenden Eisschollen bedeckt war, so wird man sich nicht wundern, wenn alle diese unter dem Wasser abgesetzten grösseren und kleinern Findlinge mit einer aus dem See langsam niederfallenden, allerdings nur von der vormaligen Arbeit der Gletscher herrührenden Schlamm-Masse verbunden werden. Die ganze Serra von Ivrea ist daher keine Moräne, sondern ein unter dem Wasser aus Moränenschutt umgewandelter Glacialwall.

Nachdem über den älteren Diluvialschichten, die also aus den Alpen vor der Zeit der Gletscherentwicklung nach und nach herbeigeführt und selbstverständlich mit in das höhere Niveau von 4600 Fuss gehoben wurden, der Glacialwall in der Peripherie des Sees gebildet war, traten allmählig die Bodensenkungen ein. Diese verbreiteten sich theils über den ganzen Untergrund auf welchem die Alpen ruhen, theils gaben sie sich in dem inneren Seebecken zu erkennen und es wiederholten sich auch hier die Erscheinungen, auf welche bereits STUDER in seiner Abhandlung über die Schweizer Landseen aufmerksam gemacht hat. Bei fortgesetztem Sinken des Seebodens wurde zuerst seine äussere Umwallung ins Trockene gelegt. Indem nun aber der Transport der Eisschollen noch solange fortbestand als dieses die allgemeinen Niveauverhältnisse gestatteten, so konnte sich innerhalb des ersten grössern nun vollendeten Glacial-Damms ein zweiter kleinerer hervorbilden, der in der Thal existirt und von den italienischen Geologen für eine spätere Moräne, als der grosse Gletscher sich zurückzuziehen begann, gehalten wird.

Das Terrain sank nun so lange, bis der Zusammenhang zwischen dem Wasser und den Gletscherarmen der Thäler aufhörte und die Glacialbildung in dem Seebecken erlosch. In der darauf folgenden Zeit haben fortgesetzte, wenn auch wohl nur noch sehr viel geringere Bodenbewegungen, auch wohl die Alluvialarbeit der Dora, die Verkleinerung des Sees beschleunigt, so dass in unserer Zeit die einzelnen vorhin erwähnten Ueberreste desselben zurückgeblieben sind.

Diese Arbeit der Gletscher unter dem Einflusse der einzelnen See-

becken erstreckte sich, wie auf der Nordseite so auch auf der Südseite der ganzen Alpenkette entlang, und jeder einzelne See oder jedes vormals mit Wasser erfüllte Thal wird dieselben geologischen Vorgänge wiederholen, die wir an der Serra von Ivrea kennen gelernt haben.

So wird z.B. das untere Ende des vormals grösseren Lago Maggiore und Lago di Garda mit solchen Glacialwällen umschlossen, die je nach den verschiedenen Zeiten und dem inneren Sinken der Wasserfläche entweder den jetzigen Ufern entlang, oder in einiger Entfernung davon gefunden werden.

Wir betrachten alle diese südalpinen Landseen als Ueberreste einer vormaligen von Venedig bis zu den Seealpen verbreiteten Wasserfläche, was auch durch manche in ihnen erhaltene Organismen, die mit denen des Mittelmeers übereinstimmen, ausserordentlich wahrscheinlich gemacht wird. Auf diese Erscheinungen werden wir am Schlusse unserer Arbeit noch näher eingehen.

## ABSCHNITT XXII.

### EINIGE BEITRÄGE ZUR ERKLÄRUNG DER NORD- EUROPÄISCHEN DILUVIAL-ERSCHEINUNGEN.

---

Nachdem wir im letzten Abschnitt die Findlingsverbreitung in den Alpenthälern in den Ebenen der Schweiz und der Lombardei und an den Rändern des Jura ohne allgemeine klimatische Veränderungen, mit Ausnahme derer, welche aus einer veränderten Reliefform des Bodens hervorgegangen sind, erklärt haben, wird uns dieselbe Aufgabe für die verwandten Erscheinungen im nördlichen Europa zu behandeln übrig bleiben. Ihre Lösung ist nach dem Vorhergehenden eigentlich selbstverständlich und um so leichter, da die Bedingungen, auf welche der Findlingstransport beruht, in Scandinavien viel weniger verschleiert sind und sehr viel deutlicher als in den Alpen hervortreten; ein rauheres Klima, weite Wasserflächen und langsame Bodenerhebungen werden zu Erklärung aller Glacialerscheinungen ausreichen, ohne dass wir genöthigt würden, eine Eiszeit oder eine unermessliche Gletscherverbreitung anzunehmen. Ja mit dieser Hypothese kommen wir auch um keinen Schritt weiter, denn es ist durchaus nicht einzusehen, wie auf einer festen, ruhenden Eisrinde, welche sich vom Nordpol bis zum 38<sup>ten</sup> Breiten-

grade ausdehnt, auf einer so gut wie horizontalen Unterlage, erratiche Geschiebe hunderte von Meilen weit fortbewegt werden können; denkt man dagegen an bewegte Gletscher, die in höheren Gebirgen entstehen und durch geneigte Thäler langsam vordringen, so können diese in zusammenhängender Gestalt keine Oceane überschreiten, oder ihren Boden ausfüllen; denn bei der Berührung mit dem Wasser wird der innere Zusammenhang des Gletschers aufgelöst und die Moränenbildung vernichtet; schwimmende Eismassen treten an die Stelle des die Findlinge tragenden Eisstromes.

Um zu einer klareren Anschauung über die Wirkungen des Treibeises in der Diluvialzeit zu gelangen, ist es nothwendig dieselbe in der Gegenwart an den Küsten des nördlichen Europas näher zu betrachten. Das Treibeis nähert sich dem Aequator auf der nördlichen Halbkugel nicht ganz so weit als auf der südlichen; auf jener gelangt es, obwohl selten, zum 38°, auf dieser bis zum 30° bis in die Nähe des Caps der guten Hoffnung.

Das kältere Seeklima der südlichen Halbkugel, welches im XV<sup>ten</sup> Abschnitt untersucht wurde, muss als die wesentliche Ursache der grösseren Verbreitung des Treibeises angesehen werden.

Im atlantischen Ocean, in der Richtung des Golfstroms, zwischen Faroe und der Norwegischen Küste, wird vielleicht niemals, oder doch nur in höchst seltenen Fällen, Treibeis beobachtet, dagegen dringt es mit der kalten nach Südwesten gehenden Strömung, von der Insel Mayen kommend, in die Grenzen der nördlichen gemässigten Zone ein und überzieht das Grönländische Meer bis zur Ost- und Nordostküste Islands.

Am Strande von Husavik liegt es wie ein hoher, aus weissen kry stalltrümmern aufgehäufter Dam, der sich 40 und 50 Fuss hoch über das Ufer erhebt und noch am längsten Tage vom röthlichem Scheine der mittlernächtlichen Sonne beschienen wird. Erst mitunter im Juli zieht es sich mit südlichen Winden in die noch nördlicheren Meere zurück.

Zwischen Island und Grönland bis zu den Küsten von Labrador und

zum Eingang der Baffinsbay ist das Treibeis sehr viel allgemeiner verbreitet, und gelangt von dieser Seite her bis in die südlicheren Breiten. Die auf den Azoren beobachteten granitischen Findlinge sind vermuthlich von jenen Küsten auf ihre gegenwärtige Lagerstätte gelangt.

Für den Findlingstransport im nördlichen Deutschland kommen nur die Eismassen in Betracht, welche unmittelbar an den Skandinavischen Ufern jeden Winter meist innerhalb der Fiorde erzeugt werden; dagegen ist die offene Nordsee, in Folge der warmen Strömung bis zum Polarkreise, selbst mitten im Winter eisfrei. Die Ostsee dagegen, welche mehr unter den Einflüssen des Continentalklimas steht, bietet der Treibeisbildung ein grösseres und beiweitem günstigeres Feld für ihre Verbreitung dar.

Im Finnischen und Bothnischen Meerbusen wird die Schifffahrt durch das Eis gewöhnlich schon im Anfang des November unterbrochen und Cronstadt bleibt dann in der Regel bis zum Anfang des Mai von Eis umlagert. In sehr warmen Jahren, wie 1859, beginnt der Eisgang wohl etwas früher; es sind aber auch Jahre bekannt, in denen in der Mitte des Juni die von Lübeck nach Petersburg fahrenden Dampfschiffe schon bei Gothland von grossen Eismassen umringt, einige Tage ihre Weiterreise aufzuschieben genöthigt waren.

Für die Treibeisbildung auf der Ostsee ist eine erst kürzlich erschienene Mittheilung des Grafen KEYSERLING aus Dorpat von besonderem Interesse, welche von Zusätzen des Herrn VON BAER <sup>1)</sup> begleitet worden ist. Wir erhalten darin einen näheren Bericht über eine Eisfluth, welche im Winter von 1862—1863 an der Küste des Pernauischen Meerbusens sich zugetragen hat. Beim Beginn des Winters hatte sich der Küste des Meerbusens entlang eine ungewöhnlich starke, 2½ Fuss dicke Eisdecke gebildet, welche darauf bei länger anhaltendem Südwestwinde zuerst mit einer 4 Fuss hohen Wasserschicht bedeckt, bald darauf gehoben und in ein schwimmendes Eisfeld verwandelt wurde. In der Nacht vom

---

<sup>1)</sup> *Mélanges Physiques et Chimiques tirés du bulletin de l'Académie impériale des sciences de St. Petersbourg*, Tome V, 1863.

15<sup>ten</sup> auf den 16<sup>ten</sup> Januar trieb der Sturm dasselbe mit ausserordentlicher Gewalt über das Land, und es zeigte sich nun eine Erscheinung die zwar öfter in kleinern, nie aber bisjetzt in einem so grossartigen Massstabe beobachtet worden ist. Häuser wurden vom andringenden Eis zerstört, die Bewöhner, welche kaum Zeit hatten das eigene Leben zu retten, verloren ihre Habe und ihren Vieh; ein Tannenwald wurde zerstört und 13 Zoll dicke Bäume vom Eise gebrochen. An einigen Stellen hob sich dasselbe 60 Fuss hoch über den gewöhnlichen Wasserspiegel empor und drang darauf 1023 Fuss landeinwärts. An einer Stelle fand man einen Granitblock von 60 Pud, etwa 24 Centner, Gewicht zu einer Höhe von 30 Fuss über den Meeresspiegel erhoben; an andern Orten wurden zahllose Steine zugleich mit dem Treibeise über die Wiesen verbreitet. Sehr beachtenswerth ist die Thatsache, dass einzelne Schollen senkrecht aufgerichtet, oder sogar überstürzt und auf ihrer Unterseite mit eingefrorenen Steinen und Grus bedeckt gefunden worden sind. Das Meer hat dort an mehreren Stellen der Küste nur die geringe Tiefe von einigen Fussen und es ist natürlich, dass die ursprünglich gebildete Eisscholle sich mit den Steinen des Untergrundes zu einer festen Masse verband. Es gehört wohl zu den seltnern Erscheinungen, dass Eisschollen Blöcke am Boden des Meeres ergreifen und diese voranschieben; gewöhnlicher werden die Steine durch das Verwachsen mit der untern Seite der Eisschollen gehoben und so fortgeführt.

Diese merkwürdige erst vor einem Jahre am Pernauschen Meerbusen beobachtete Erscheinung wird von Herrn VON BAER mit einer grossen Anzahl neuer und trefflicher Beobachtungen über den Transport grosser erraticheer Blöcke in der allerneusten Zeit begleitet, die auf die Küste von Finnland and auf mehrere im Finnischen Meerbusen gelegene Inseln auf Laven-Sari, Hochland, Seskär, Penni-Sur, Gross- und Klein-Jütters sich beziehen.

Ogleich wir zur weiteren Belehrung auf die genannte Abhandlung verweisen, so mögen doch einige der merkwürdigsten Beobachtungen über den Transport der erraticheer Blöcke durch Eisschollen, welche in der neusten Zeit vorgekommen sind, hier angeführt werden.

Kleinere Findlinge, die sich durch vollkommen abgerundete Kanten auszeichnen, werden alljährlich von dem Treibeis besonders auf flachem Meeresgrunde angetrieben und bilden, über einander gehäuft, sowohl an den Ufern des Festlandes, wie auf den Inseln ruffartige Vorsprünge, die sich durch neu hinzugefügte Massen nach und nach erweitern. Grosse erratiche Geschiebe, welche von jenen durch ihre scharfkantigen Formen sich unterscheiden, führt das Treibeis in unserer Zeit, obwohl seltener herbei. Verschiedene Beispiele dieser Art erwähnt Herr von BAER in seiner eben erwähnten Abhandlung, welche auf Hochland Aspal, Laven-Sari u. s. w. beobachtet worden sind. Am merkwürdigsten erschien ein auf der letztgenannten Insel vor 60 bis 70 Jahren angetriebener Granitblock, der 15 Fuss lang,  $11\frac{1}{2}$  Fuss durchschnittlich breit, und 10 Fuss hoch war, dessen Gewicht auf etwa 2000 Centner veranschlagt werden kann. In Hochland strandeten ferner im Jahre 1826 auf dem Treibeis zwei grössere Blöcke, von denen der eine 9 Fuss lang, etwa ebenso breit und 6 Fuss hoch ist; ein anderer, der unter dem Namen Nicolai-Felsen bekannt ist, soll dort vor 60 bis 70 Jahren am Nicolai-Tage angekommen sein. Die längste Seite desselben nach dem Lande zu beträgt 34 Fuss und ist offenbar eine alte Bruchfläche; die Breite ist 20 und die Höhe 17 bis 20 Fuss. Auch im Winter 1837 auf 1838 wurde vom Eise ein grosser Block auf Hochland angetrieben. Aehnliche Beobachtungen hat man an der Esthländischen Küste in der Nähe des Gutes Kastna, 50 Werst von Pernau gemacht, wo um das Jahr 1810 ein sehr grosser Block durch das Treibeis herbeigeführt wurde.

Diese Beispiele, zu denen noch viele andere angeführt werden könnten, mögen genügen, um die Thatsache als unzweifelhaft festzustellen, dass der Transport der nordischen Findlinge auf Eisschollen in unseren Tagen noch fortbesteht. Bei den gegenwärtig gänzlich verschiedenen Küstenumrissen, verglichen mit denen der Diluvialzeit, kommen begreiflicher Weise andere Strandungslinien zum Vorschein, sodass die Blöcke nicht mehr so weit als vormals nach Süden geführt werden können.

Es ist ferner durch die Beobachtungen ganz unzweifelhaft festgestellt worden, dass solche Blöcke, wenn sie mit grosser Gewalt vom Eise auf das Land geschoben werden, auf dem Untergrunde Risse oder Schliffflächen bilden, welche wir unter dem Namen der Frictionsstreifen oder Diluvionsschrammen bereits kennen gelernt haben.

Ein Beispiel dieser Art führt Herr von BAER von einem Blocke in der Nähe von Helsingfors an. Derselbe liegt der Meeresküste ziemlich nahe auf einem geneigten Felsabhang, etwa 16 Fuss über dem Wasserspiegel. Dieser Abhang ist von dem Blocke nach dem Meere hin stark geschrammt ohne geglättet zu sein; Steintrümmer und Grus scheinen anzudeuten, dass der Block beim Hinauftreiben viel von seiner Masse verloren hat.

Auch in den südlichen Theilen der Ostsee hat man Treibeis in Verbindung mit wandernden Steinen und Felsblöcken beobachtet. Herr Conferenzzrath FORCHHAMMER in Copenhagen theilte mir darüber folgendes mit:

Der Sund bei Copenhagen friert fast jährlich zu, seltener die Belte, obgleich sich auch dieses öfter ereignet hat. Im Winter von 1844 hatte sich das Eis an der Seeländischen Küste um einen 60 bis 80 Cubikfuss grossen Granitblock gelagert; im nächsten Frühling zog das Treibeis mit dem Blocke davon. Der Druck, welchen dieser Stein auf den Strand ausübte, war so gross, dass in demselben eine mehrere hundert Fuss lange Furche gerissen wurde, welche nach 6 Monaten von der beständig darüber hinrollenden Brandung noch nicht vollständig gelöscht war. Auf einer Unterlage von Granit wäre hier ohne Zweifel eine Furche oder Diluvialschramme gebildet, die man noch nach Jahrtausenden erkannt haben würde.

Wenn sich in der Ostsee der Eisgang im Frühling in Bewegung setzt, so treiben die Schollen durch den Sund in das Kattegat, wo sie dem wärmern Wasser der Nordsee begegnen und verhältnissmässig rasch schmelzen. Die beim Aufthauen von den Schollen niederfallenden Steine bilden am Meeresboden eine sich fortwährend entwickelnde Diluvialformation, deren Wachsthum noch unter unsern Augen fortdauert. Ein

günstiger Zufall gab zu der Erforschung derselben Veranlassung. Im Jahre 1807 flog ein Englischer Kriegskutter auf der Rhede von Copenhagen in die Luft. Im Jahre 1844 versuchte ein geschickter Taucher zu dem Wrack hinabzusteigen um aus demselben werthvolle Gegenstände, namentlich Kanonen empor zu holen. Er fand das Hinterdeck ganz unbeschädigt, doch ganz mit Blöcken überdeckt, von denen er einige auf 6 bis 8 Cubikfuss schätzte; mehrere derselben waren über einander gehäuft. Dieser Taucher versicherte, dass jedes gesunkene Schiff, welches er in der Nähe Copenhagens untersucht habe, am Deck mehr oder weniger mit Blöcken überlagert gefunden sei. Wir sehen aus diesem Beispiel, wie sich im Laufe von 37 Jahren am Boden des Meeres eine neue Diluvialformation bildet, welche einstmals gehoben dieselben Erscheinungen, denen wir in der ganzen Ebene zwischen Berlin und Petersburg Schritt für Schritt begegnen, zeigen würde.

Um die Vorgänge, welche uns das Eis in der Diluvialzeit darbietet, besser verstehen zu lernen, ist es nothwendig einen Blick auf die Beschaffenheit der Skandinavischen Halbinsel zu werfen. Dieselbe besitzt eine Oberfläche von etwa 14000 Quadratmeilen; das angrenzende Finnland, von ähnlicher geologischer Beschaffenheit, ist bis zum Eismeere hin fast eben so gross. Diese ungeheuere Länderstrecke besteht zum grössten Theil aus Gneus und Granitmassen, die von den älteren versteinierungsführenden, silurischen und devonischen Schichten bedeckt und von Porphyr-, Syenit-, Grünstein- und Trappgängen durchbrochen werden; indess fehlen, worauf KJERULF schon aufmerksam gemacht hat <sup>1)</sup>, von der Kohlenformation beginnend bis zur Kreide, welche nur an vereinzelt Stellen im südlichen Schweden auftritt, alle zwischenliegenden Schichten der zumal in Deutschland und England vollständig verbreiteten sedimentären Gebirgsarten.

An den gegen das Meer hin senkrecht eintauchenden Granitfelsen hat man zuerst das bis zum heutigen Tage fortdauernde Steigen und

<sup>1)</sup> *Deutsche geologische Zeitschrift*, XII, 1860.

Sinken des Erdbodens erkannt, womit die ganze Bildung des Landes im innigsten Zusammenhang steht. Die zahllosen, in der Richtung von S. O. nach N. W. ausgedehnten Landseen, welche zugleich den Lauf der Hauptflüsse bezeichnen, sind von den tiefgezackten Fiorden der Küste durch langsame Hebung getrennt und allmählig mit süßem Wasser gefüllt worden.

Durch diese Bodenbewegung entstanden Systeme einzelner Plateau's, deren höchste Stellen jetzt über 7000 Fuss emporsteigen, die aber wie in Schweden und Finnland für den grösseren Theil der Oberfläche kaum 1000 Fuss zu erreichen pflegen. Von verschlungenen Wasserstrassen durchschnitten, bildeten sie, wie man auf HÖRBYE's Höhenkarte deutlich sehen kann, einen Archipelagus von Scheeren, aus dessen Vereinigung die ganze Halbinsel nach und nach hervorgegangen ist.

Die Skandinavischen Landseen nahmen bei der beginnenden Hebung des Bodens, so wie einstmals in der Schweiz, grössere Oberflächen ein, auf welchen (nach den Untersuchungen im XV<sup>ten</sup> Abschnitt) anfänglich, so lange die innere Erdwärme von Einfluss war und ein flacheres Niveau jener fortbestand, die Eisbildung nicht Platz greifen konnte. Dagegen ist vom Ende der Tertiär- und von der Mitte der Diluvialzeit an das Klima dem gegenwärtigen so nahe gerückt, dass das Eis ein ausgedehnteres Feld seiner Wirksamkeit finden konnte.

Drei verschiedene Arten der Eisbildung kommen in Skandinavien in Betracht.

- 1) Die Bildung des Eises im Niveau des Meeres, vornehmlich zur Winterzeit innerhalb der Fiorde; sie ist mit der wachsenden geographischen Breite regelmässiger wiederkehrend und nach Osten hin unter dem Einflusse des Continentalklimas früher im Herbst eintretend und im Frühjahr länger anhaltend, wie man dieses noch jetzt jährlich im Baltischen Meere verglichen mit der Ostsee beobachtet.
- 2) Die Bildung des Eises auf den zahllosen im Innern von Skandinavien und Finnland in höherem Niveau liegenden Süßwasser-Seen, welche in einzelnen Fällen vielleicht weit vor der Tertiärzeit

gelegen haben kann, wenn die Höhe des Landsees eine bedeutende war.

- 3) Die eigentliche mehr im Norden als im Süden von Skandinavien verbreitete Gletscherbildung. Sie ist dem Raum nach die beschränkste und nur in den höheren und höchsten Theilen des Landes zu suchen.

Dem Meeresniveau zunächst werden im Norden Skandinaviens sich vielleicht jährlich ähnliche Eisfluthen wiederholen, wie sie kürzlich der Graf KEYSERLING am Pernauschen Meerbusen beobachtete, durch welche die gehobenen Schollen normal gegen das Ufer getrieben werden. Die an ihrem Boden eingewachsenen Steine bilden in dieser Richtung, besonders da wo Felsplatten dicht unter dem Wasserspiegel liegen, Furchen und Schliffflächen, welche alle Ufer Finnlands und Skandinaviens gegen die offene See hin umgeben.

Die Karte II in HÖRBYE'S Abhandlung zeigt durch die Richtung der Pfeile diese Erscheinung in auffallend deutlicher Weise, den Ufern des Eis- und Weissen Meeres entlang, auch am Finnischen und Bottnischen Meerbusen und in den Fiorden der ganzen Norwegischen Küste. Diese Hauptrichtung der Pfeile wird indess durch periodische Strömungen, welche innerhalb der Fiorde durch die Ebbe und Fluth entstehen, aus ihrer Lage abgelenkt. Bei der tiefsten Ebbe, wie dieses auch schon an unsern Flüssen z.B. an der Elbe beobachtet wird, strömt das Wasser öfter mit bedeutender Geschwindigkeit dem Meere zu, während umgekehrt bei eintretender Fluth das Wasser landeinwärts aufläuft. Dieselbe Wasserbewegung findet in den engen Fiorden statt und mit ihr treiben die mit Steinen durchwachsenen Eisschollen an den Küsten hin, indem sie in ihnen ohngefähr parallele Furchen erzeugen.

Diese Erscheinungen treten auf Tafel II in HÖRBYE'S Abhandlung sehr deutlich hervor; z.B. laufen am Ausgang des Eismeers die Pfeile immer in der Richtung der Küste fort und biegen sich mit derselben durch alle Azimute. Noch deutlicher bemerkt man den Einfluss der Strömung aus die Lage der Pfeile auf Tafel III, welche den Christianiafiord und dessen nächste Umgebung mit der Richtung der Diluvialschrammen

darstellt. Der nach Süden gegen das offene Meer hin breite Fiord theilt sich weiter landeinwärts in drei verschiedene Arme oder schmälere Fiorde, von denen der westliche gegen Sande, der mittlere gegen Drammen und der dritte in rein nördlicher Richtung gegen Christiania sich verbreitet. Innerhalb der schmälern Wasserstrassen folgen die durch Pfeile bezeichneten Felsschliffe und Furchen genau der Richtung der bei der Ebbe eingetretenen Strömung. Auch in grösserer Entfernung von den gegenwärtigen Ufern und in der vormaligen Verlängerung der Fiorde, z.B. nordöstlich von Christiania, so wie in den Thälern, welche von Drammen aus gegen die beiden Arme des Tyrifjords führen, folgen die Pfeile den alten Küstenbegrenzungen.

Dieselbe Erscheinung ist N. W. von Sande, so wie an vielen andern Punkten deutlich zu beobachten. In dem südlichen schon erweiterten Theile des Christianiafjords begleiten die Pfeile im wesentlichen das Ufer; doch wo zufälliger Weise ein schmaler Canal zwischen zwei Inseln hindurch geht und der Strömung so eine bestimmte Richtung vorgeschrieben ist, findet man sie nach sehr verschiedenen Himmelsgegenden gerichtet. Eben so zeigen die verschiedenen kleinern Fiorde, die sich von dem grössern Wasserbecken gegen Osten und Westen verbreiten, z.B. der Svinesund, die Lage der Pfeile in der Richtung der Meeresströmungen. Auf mehreren Inseln, wie z.B. auf Mölen, erblickt man zwei fast senkrecht auf einander stehende Streifen-Systeme, die sowohl dem nach Sande als auch dem nach Christiania gehenden Fiord entsprechen und auf dem Felsen die Richtung beider Strömungen angeben. Gelangt man nun aus dem engen Fahrwasser zu den offenen, der Nordsee zugewandten Küsten, wie südlich von Svinesund und in der Nähe von Fredriksvärn, so stehen die Pfeile nahezu normal auf dem Küstenumriss und den Wellenzügen des offenen Meeres.

Es ist ferner ersichtlich, dass diese letztern sich mit der Strömung in den Fiorden combiniren und dass aus der Richtung beider Kräfte eine Componente resultirt, welche den Pfeilen eine Zwischenstellung anweist; diese tritt da besonders deutlich hervor, wo Canäle oder auch schmälere Fiorde in breitere Wasserflächen einmünden.

Solchen Thatsachen gegenüber wird der unbefangene Beobachter zur Einsicht gelangen, dass die Frictionsstreifen an den Ufern des Christianiafjord, und somit die, welche an den Küsten und auf den Scheeren Skandinaviens sich befinden, zwar durch bewegtes Eis, nicht aber durch Gletscher und deren Bewegung und Verbreitung erklärt werden können.

Noch besonders spreche für diese Annahme die wellenförmig gebogenen von HÖRBYE auf Tafel IV, fig. 9 abgebildeten an vertikalen der See zugewandten Felswänden mitunter beobachteten Schliffflächen, welche durch von mehr oder minder starkem Wogenschlag bewegte Eisschollen, die gleichsam in tanzender oder schwebender Bewegung an den in das Meer tauchenden Felswänden vorüber geführt werden. Verschiedene wellenförmige Streifen, die sich unter spitzen Winkeln durchkreuzen, werden netzartige Figuren in den Felswänden eingraben, die mein Freund FRAPOLLI und ich öfter zu sehen Gelegenheit hatten. Sind die Frictionsstreifen, welche sich unmittelbar an den Skandinavischen Küsten zeigen, in der eben beschriebenen Weise gebildet, so unterliegt es auch keinem Zweifel, dass die weiter von den Ufern entfernten einst ebenfalls im Niveau des Meeres, oder dicht über demselben gebildet worden sind. Alle diese Erscheinungen, welche sehr wohl mit ähnlichen von anderen Ursachen herstammenden verwechselt werden können, verdienen eine sehr umsichtige Prüfung. Die abgerollten und abgerundeten Steine, deren Form durch die Arbeit der Wellen im Laufe der Zeit bewirkt wurde, hoben sich vom Untergrunde durch die Eisschollen empor und gelangten von diesen getragen durch die Fiorde in die offene See. Manche Schollen liessen beim Schmelzen ihre Bürde auf den Boden fallen, andere erreichten nach längerer Reise die südlich und östlich gelegenen Küsten, wo sie strandeten. Beide Erscheinungen werden alljährlich beobachtet und es ist daher dieser Theil der Diluvialbildung in unserer Zeit noch nicht zum Abschluss gelangt. Alle kleinern rings abgenutzten und abgerundeten Skandinavischen und Finischen Blöcke, welche millionenweise im Tieflande von der Mündung der Neva bis zum Rheindelta vorkommen, verdanken vor-

zugsweise diesem Vorgang ihre Einwanderung und Verbreitung.

Wir haben nun die Bildung des Eises unter 2) auf den hochgelegenen Gebirgsseen, oder auf den abgesperrten und gehobenen Fior-den zu besprechen. Es werden sich hier dieselben Erscheinungen wiederholen, welche wir auf dem Alpenen Binnensee beschrieben haben. Auch diese Wasserflächen sind in Skandinavien und in Finnland, so wie in der Schweiz vormals sehr viel grösser gewesen, wodurch dem Transport der Findlinge, so wie der Bildung neuer Frictionsstreifen ein weites Feld angewiesen wurde.

Eine verhältnissmässig sehr viel geringere Temperaturabnahme in der Atmosphäre wird in Norwegen ausreichen, um auf der Oberfläche der Landseen das Klima zu erzeugen, welches einst auf dem grossen Schweizer Binnensee in viel südlicherer Breite vorhanden gewesen ist.

So liegt z.B. der Tyrifjord 200, der Bieren 320, der Hurdals See 560 und der grosse Mjösen 410 Fuss über dem Meere. Noch weiter im Innern des Landes steigen die Seen, wie in der Umgebung von Rösos, zu der drei und vierfachen Höhe empor, so dass sie auf diese Weise in eine vollkommen arctische Zone gelangen.

Ein Landsee, welcher beispielsweise in Norwegen unter dem  $63^\circ$  und 1500 Fuss über dem Meere liegt, würde folgendes Klima zeigen:

Breite $63^\circ$ . Die Seetemperatur dafür.....	$T = 4,37$
Temperaturabnahme für 1500 Fuss.....	$\tau' = 3,29$
Mittlere Temperatur in dieser Höhe.....	$\tau = 1,08$

Dieselbe ist etwa  $1^\circ$  R. niedriger als die für die Oberfläche des Schweizer Binnensees berechnete; die Skandinavischen zwischen dem  $62^\circ$  und  $64^\circ$  in einer Höhe 1000 Fuss liegenden Landseen besitzen daher an ihrer Oberfläche ein Klima, das ohngefähr jenem Alpenen entspricht.

Nehmen wir zunächst an, dass die Reliefform Skandinaviens für die Zeit der letzten Tertiärablagerungen sowohl für die Küsten, als auch für das Innere der Halbinsel unverändert bleibe, so bildet sich ringsum den Küstenraum mit Einschluss der Fiorde ein überall in demselben Niveau liegendes System von Schliiffflächen, das die unter 1) be-

schriebenen Richtungen zeigen wird. Ferner entsteht an den Ufern jedes einzelnen Landsees ein zweiter, gleichfalls an ein bestimmtes Niveau gebundenes System solcher Schriffe; da nun aber Seebecken in sehr verschiedenen Niveaus sich befinden, so wird dieses auch von den verschiedenen Systemen in den Schliffflächen gelten.

Nach dem was ich aus HÖRBYE's und KJERULF's Arbeiten sehe, wird für die obere Grenze der Schliffflächen eine Höhe von etwa 5000 Fuss angenommen; einzelne der kleineren Seen nähern sich in der That diesem Niveau, obgleich sich die grössern zwischen 200 und 3000 Fuss halten.

So wie in den Fiorden Winter für Winter auf den Eisschollen der Findlingstransport vor sich geht, wird er auch auf den höher gelegenen Landseen, nach dem Muster der Schweizer Erscheinungen, zur Ausführung gebracht.

Der Frühling und der Eisgang werden, je nach der Höhe der Gegend und der geographischen Breite, im April, Mai oder Juni in Norwegen beginnen. Die Eisdecke auf dem Wasserspiegel setzt sich dann in Bewegung und mit ihr werden vom Untergrunde die eingefrorenen Blöcke auf den Eisschollen an den Seeufern mit emporgehoben. Winde und Strömungen führen sie alsdann mit sich, bis zu dem nächsten Ufer an welchem sie stranden.

Die Stromrichtung in den Landseen ist wesentlich durch die Terrainböschung oder durch den Abfluss der aus den Seen hervorgehenden Flüsse bedingt, und man kann im grossen Ganzen sagen, dass die Flussrichtungen auf den Küsten-Umrissen normal stehen.

Das auf den Seen gebildete, mit den gehobenen Steinen untermischte Eis wird also hauptsächlich am unteren Ende an den Ausflussmündungen des Sees zusammengeführt und hier zu den Glacialdämmen oder den in der Nähe von Christiania verbreiteten Rabildungen aufgehäuft, welche man auf KJERULF's Karte verzeichnet findet. Ich kann dieselben ebenso wenig wie die Serra von Ivrea weder für End- noch Seitenmoränen von Gletschern halten, für deren Bildung die nöthigen orographischen Bedingungen durchaus fehlen.

Der Steinwall von Moss nach Raade gleicht zwar einer Endmoräne, indess fehlen die Seitenflügel, welche den obern Lauf eines Gletschers gegen das Hochgebirge hin zu begleiten pflegen. Der von Horten bis Sandefjord fast geradlinig ausgebreitete Steinwall scheint noch weniger einer Endmoräne zu gleichen; denkt man sich ihn aber als Seitenmoräne, so fehlt die andere Hälfte an einer gegenüberliegenden Thalwand, von der man anzunehmen hätte, dass sie in irgend einer Weise zerstört und fortgeführt sei. Sodann stösst dieses Ra bei Horten auf den Fiord, welchen der von Norden herkommende Gletscher nicht überschreiten kann. Dieselben und ähnliche Betrachtungen könnte man über die Bildung der Ra anstellen, welche innerhalb des Landes nördlich von Christiania und Drammen in grosser Mannigfaltigkeit sich verbreiten.

Wie viel einfacher und naturgemässer erklärt sich dagegen die Bildung der Ra, wenn wir an die verwandten von ESCHER VON DER LINTH beschriebenen, an den Nordufern der kleinen Schweizer Landseen verbreiteten Steindämme zurückdenken, welche auf der beiliegenden Karte der Schweiz verzeichnet und im XIX<sup>ten</sup> Abschnitt näher beschrieben sind. Betrachten wir z.B. das Ra von Moss nach Raade, so liegt auf der oberen Seite desselben ein ziemlich ausgedehnter, vormals grösserer See, über welchen das Material zum Bau des Glacialdammes auf Eisflüssen hinübergeführt wurde. Oberhalb des Ras von Scharpsborg findet man gegenwärtig 5 nur noch kleine, vormals ein grösseres Wasserbecken bildende Landseen; dasselbe gilt von dem mehrere Meilen langen von Horten nach Lauervik gerade ausgedehnten, das Meeresufer begleitenden Ra, von dem Ra von Rokke, von Friedrichshall, von Enningdalen u. s. w. Alle diese Steinwälle sind auf der Seite der Landseen aufgehäuft, wo sich ihr Abfluss befindet.

Nicht selten liegen die Ra etwas weiter von den zurückgetretenen Landseen entfernt, indem sie quer durch die Thäler oder den alten Seeboden sich verbreiten. So erblickt man an dem südöstlichen Ausflussufer des Tyrifiords zwei solcher Ra dicht unter einander und etwa eine Meile weit abwärts von dem gegenwärtigen Seeufer entfernt. In gleicher Weise wird der zweite südwestliche Arm des Tyrifiords bei

Hongsund durch ein solches Ra begrenzt. Ebenso besitzen der Randsfiord, der Hurdals-, der Oeieren- und Storsees auf ihren südlichen Seiten, jedoch in einiger Entfernung vom Ufer, ihre entweder in gradlinigen Zügen oder in stark gekrümmten Bogen gebildeten Ra. Selbst die kleinsten Seen in der Umgebung Christianias, der Bogstad-, der Lysern- und der Maridals-See besitzen an ihren südlichen Ufern ihren Grössen entsprechende Umwallungen, welche auch in den Vorländern der Alpen bei Brengarten, am Griefen-See, bei Bern in der Verlängerung des Thuner-Sees, so wie an der Serra von Ivrea beobachtet werden. Wir machen hier noch darauf aufmerksam, dass die auf den norwegischen Karten angegebenen Pfeile, welche die Richtung der Felschliffe angeben, auf der Curve des Ra normal stehen, d. h. der auf die Gesteine ausgeübte Stoss ist über die Wasserfläche fortgegangen. Diese Erscheinung ist besonders schön an dem Ra von Moos-Raade zu beobachten, wo die Pfeile als Radien, das Ra als ein Stück einer Kreisperipherie erscheint <sup>1)</sup>.

Wenn man also die Ansicht festhält, dass ein Gletscher einen See nicht überschreiten kann, so sind auch die durch die Pfeile bezeichneten Schliffflächen, nicht durch diese, sondern nur durch bewegtes, mit Steinen verwachsenes Treibeis gebildet.

Alle an den Ufern der Landseen aufgehäuften Ra sind daher Süswasser-Bildungen, in denen keine Reste von Seethieren nachgewiesen werden können. Von ihnen unterscheiden sich jene langgestreckten aus Schutt, Lehm und Findlingsblöcken gebildeten Rücken, welche Asar auf Schwedisch genannt werden. Sie sind nicht an den Rändern der Landseen, sondern am Boden des Meeres entstanden, was man aus den nicht selten in ihnen gefundenen Bruchstücken von Seeconchylien entnehmen kann.

Die Asar werden da gebildet, wo im Meere in verhältnissmässig schmalen Wassertrassen die mit Blöcken und Glacialschutt beladenen Eisschollen eine bestimmte Richtung zu gehen genöthigt wurden. Das

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, Band XV, Tafel XVII.

von ihnen herabgefallene Geröll, welches sich in den Meerescanälen während längerer Zeiträume angehäuft und mit arctischen Conchylien gemischt hat, ist durch spätere Bodenerhebungen ins Trockene gelegt; so sind die Ra und Asar zwei sehr verwandte Erscheinungen, von denen die einen durch Süsswasser, die anderen durch das Meer gebildet wurden.

Die grössere Zahl der in den Ra und Asar enthaltenen und auch durch das baltische Tiefland ausgestreuten Blöcke ist abgerundet und abgerollt; ihre Formgestaltung ist im Wesentlichen vor ihrer Wanderung an den Ufern des Meeres, an denen der Landseen durch die Arbeit des Wellenschlags und auch wohl in den Thälern durch strömendes Wasser erzeugt worden.

Von ihnen unterscheiden sich die grossen, eckigen Riesenblöcke, welche weniger häufig in der Schweiz an den Rändern des Jura, im nördlichen Deutschland, in Skandinavien, in Finnland, Esthland und Lievland gemeinsam mit den abgerundeten gefunden werden. Ihr äusseres Ansehen liefert schon den zuverlässigen Beweis, dass sie der Einwirkung des bewegten Wassers entweder gar nicht oder doch in einem sehr viel geringeren Grade als jene ausgesetzt gewesen sind.

Alle scharfkantigen Findlinge sind erst in verhältnissmässig neuerer Zeit von höheren und steileren Felswänden meist durch den Winterfrost in die Tiefe gestürzt, wo sie durch das Eis weiter befördert sind. Sowohl das Eis von Gletschern, wie das von zugefrorenen Landseen oder Fiorden wird hier denselben Dienst versehen.

In der Schweiz werden die Findlinge innerhalb der eigentlichen Bergthäler zuerst durch Gletscher und, wo diese an Wasserflächen stossen, auf schwimmenden Schollen weiter befördert. Im südlichen Skandinavien ist es nicht wahrscheinlich, dass die Gletscher jemals das Meer erreicht haben. Die aus diesen Gegenden kommenden scharfkantigen Findlinge, welche den Küsten entlang von den Ufern der Neva bis zu den Rheinmündungen sich verbreiten, sind wohl zum grösseren Theile auf Fiordeis weiter befördert worden.

Erst vom 61<sup>ten</sup> oder 62<sup>ten</sup> Breitengrade an, wo die Gletscher gegenwärtig weiteren Umfang gewinnen, obwohl sie bei einem allgemeiner

herrschenden Seeklima nicht zur Meeresfläche, jedoch in das Niveau höher gelegener Landseen gelangen können, nehmen sie am Transport der eckigen Findlingsblöcke einen gewissen Antheil, der in der Nähe oder innerhalb des Polar-Kreises sich erweitern mag.

Herr von BAER wirft am Schlusse seiner vorhin erwähnten Abhandlung die Frage auf, wie weit etwa die scharfkantigen Findlingsblöcke in das Innere der südlich von Skandinavien und Finnland gelegenen Länder vordringen. Das mir darüber bekannte sei hier mit wenigen Worten angeführt.

In der Umgebung von Fürstenwalde liegen verschiedene eckige Findlinge, unter denen der grosse Markgrafenstein der bedeutendste ist, in einer Entfernung vom 21 Meilen vom Ostseestrande entfernt. Die Blöcke der Hünengräber im Amte Fallingbostal findet man etwa ebenso weit landeinwärts. Ein jetzt verschwundener Findling von wenig abgerundeter Form am Fusse des Wallmoden-Berges am Rande des Innerstethals lag gegen 27 Meilen von der Ostsee entfernt. An den Abhängen des Teutoburgerwaldes liegen die eckigen Findlinge 20 Meilen weit vom Nordsee- und im Lauenburgischen 5 bis 10 Meilen vom Ostseestrande entfernt. Dass übrigens zwischen scharfkantigen und abgerundeten Findlingen keine scharfe Grenze gezogen werden kann ist selbstverständlich.

Die Skandinavischen Gletscher, welche wie die Alpenen aus grossen Schneereservoirs hervorgehen und an einigen Orten, wie am Hardangerfiord, vielleicht bis zu einer Höhe von 800 Fuss über den Meeresspiegel hinabsteigen, besitzen im Innern der Halbinsel das eigentliche Feld ihrer Thätigkeit und werden dort, wie schon bemerkt, an der Bildung der Schliifflächen und am Findlingstransport theilnehmen. In Skandinavien, wie in der Schweiz und in Island, war während der Diluvialzeit die Gletscherverbreitung eine allgemeinere, worauf die wahren Gletscherschliffe und die eigentliche Verbreitung alter Moränen hinweisen.

Alle bisher beschriebenen Erscheinungen, welche das Eis in seiner verschiedenen Entwicklungsweise in Skandinavien hervorgebracht hat, sind an die augenblickliche Voraussetzung geknüpft, dass die Relief-form des Bodens unverändert geblieben sei. Wir wissen aber, dass

dieses nicht der Fall ist, und somit werden alle Ra, Asar, Moränen, abgerundete und scharfkantige Findlingsblöcke, die gebuckelten Felsen, die Frictionsstreifen und die eigentlichen Gletscherschliffe auf die wunderbarste Weise gleichsam mit einander verwebt und vermischt, so dass es jetzt sehr schwer hält die sehr ähnlichen und doch verschiedenen Vorgänge mit Sicherheit von einander zu trennen. Indem die Geologen, von einseitigen Betrachtungen ausgehend, nur die Gletschererscheinungen ins Auge fassten, verstrickten sie sich nothwendiger Weise in Irrthümer, die zu falschen Folgerungen geführt und ein durchaus fremdartiges und unrichtiges Bild von der vormaligen Beschaffenheit der Erdoberfläche hervorgerufen haben.

In den letzten Jahren sind theils in Norwegischer Sprache, theils in das Deutsche übertragen in den Jahrbüchern der deutschen geologischen Gesellschaft, zwei sehr werthvolle bereits erwähnte Aufsätze von KJERULF erschienen, in denen der Hauptsache nach die Eiszeit befürwortet wird. Nachdem KJERULF in klarer Weise die Theorie der Sefström'schen Flut widerlegt hat, wendet er sich zur Gletschertheorie zurück, von der er selbst bemerkt, dass dieselbe bei KEILHAU wenig Beifall gefunden habe.

Um unsere Leser mit KJERULF's Ansichten bekannt zu machen führe ich dessen eigene Worte an <sup>1)</sup>.

„Weshalb sollten wir uns also nicht zu der Gletschertheorie zurückwenden? Wir müssen aber dann eine allgemeine Eisbedeckung, eine allgemeine Vergletscherung an die Stelle der Gletscher setzen und das Frictionsphänomen wird nur zu einem Theil derjenigen Phänomene, welche zur Glacialzeit gehören. In dem gegenwärtigen Zustande Grönlands ist die Analogie gefunden, nach der wir bisher suchten — eine ungeheure Eisdecke, die eine Bewegung nach Aussen hat, die einen schweren Druck auf das Gebirge, über welches sie gleitet, ausüben muss, eine zähe unwiderstehliche Kraft, die, wie ein gewöhnlicher Gletscher, poliren, streifen und furchen muss — jedoch in einem eben so viel grössern Massstabe, wie die Eisdecke Grönlands mehr als ein Schweizer Gletscher ist.“

<sup>1)</sup> *Deutsche geologische Zeitschrift*, Band XII, Seite 394.

An einer andern Stelle sagt KJERULF:

„Man hat ein Recht dazu, sich das alte Norwegen gegen den Schluss der Tertiärzeit in einem vollständigen Glacialzustand zu denken. Die Eisdecke hatte eine Bewegung nach Aussen, wie in der gegenwärtigen Zeit das Binnenlandeis Grönlands. Dadurch wurden die Rollsteine und der Grus bis an den äussersten Meeresrand geführt, grosse und kleine Blöcke wurden hier auf die Eisschollen geschoben und von diesen fortgeführt. Desshalb finden sich lange Moränenwälle, die zu gross sind, um für die einzelnen Thalglletscher gehalten werden zu können, ganz unten auf dem flachen Lande nahe der Küste. (Zwischen Moss und Horten im Süd-Osten und Süd-Westen auf beiden Seiten des Christianiafiords).“

Ferner heisst es:

„Gegen den Schluss der Tertiärzeit war Norwegen vereiset, und die Gebirgsoberfläche wurde von der Glacialdecke abgescheuert. In einem bestimmten Zeitabschnitte dieser Periode lag das Land 600 Fuss tiefer, als jetzt, Mergellehm und Muschellehm wurden oben auf der abgescheuerten Oberfläche abgelagert. Das Land stieg wieder, vielleicht sprungweise um diese 600 Fuss empor.“

RINK'S Untersuchungen über die Grönländischen Gletscher haben KJERULF hauptsächlich zu der Annahme einer Eiszeit vermocht und haben ihn auf der von AGASSIZ eingeschlagenen Bahn weiter geführt. Wäre er aber, statt fremder Wegweiser sich zu bedienen, seinen eigenen trefflichen Beobachtungen und seiner eigenen Eingebung gefolgt, so würde er auch ohne eine Eiszeit den ganzen Vorgang sich selbst haben erklären können.

Hier mögen nun einige Bemerkungen folgen, aus denen hervorgehen wird, dass eine Eiszeit für Skandinavien sehr unwahrscheinlich ist und sehr gut entbehrt werden kann. Es ist indess eher zu begreifen, wie man in Ländern zwischen dem 55° und 71°, in denen für Eisbildung und Eisverbreitung ein sehr viel günstigeres Feld als in den südlicheren Gegenden sich eröffnet, zu einer solchen Hypothese hat gelangen können.

Die Skandinavischen Geologen werden zugeben, dass das Frictionsphänomen auch auf die südlichsten Theile Schwedens, auf Seeland, Bornholm u. s. w. sich erstreckt, dass dasselbe also zu einer geographischen Breite von  $55^\circ$  hinabreicht. Die Findlinge dringen noch  $5^\circ$  weiter gegen Süden bis zur Mitte von Deutschland vor; bis in diese Breiten müsste auch der von AGASSIZ und von KJERULF angenommene Eispanzer gereicht haben.

Betrachten wir jedoch das Klima, welches am Ende der Tertiärzeit, in der man die Existenz jener Eisdecke annimmt, bestanden haben muss, so ergibt sich nach vorhin mitgetheilten Untersuchungen Folgendes.

Ohne den Einfluss des Golfstroms, der die mittlere Jahrestemperatur um fast  $1^\circ$  R. erhöht, findet man in der Tertiärzeit für das Seeklima im Meeresspiegel unter dem  $55^\circ$  nördlicher Breite folgende Temperaturen:

$$T = 7,6, \quad T + \frac{t}{2} = 11,2, \quad T - \frac{t}{2} = 4,0$$

Der Einfluss der Continente, wenn wir mit KJERULF annehmen, dass Skandinavien schon vor der Tertiärzeit über dem Niveau des Meeres gelegen habe, ist gewiss nicht unerheblich; die Sommer werden dann, unseren meteorologischen Erfahrungen gemäss, für ein gemischtes Klima um mindestens  $2^\circ$  wärmer und die Winter eben so viel kälter werden. Das gegenwärtige Klima von Bergen, allerdings unter dem Einfluss des Golfstroms, ist dem ebengefundenen, auf die Breite von  $60^\circ 20'$  reducirten sehr ähnlich.

Wie ist nun im südlichen Schweden bei einem Klima, welches in der Tertiärzeit im Meeresniveau dem des nördlichen und mittlern Deutschlands entsprach, bei entschieden wärmern Wintern und nicht kalten Sommern eine allgemeine Vergletscherung denkbar? Wie kann die Temperatur für grössere Länderstrecken so plötzlich sinken, um eine Eisbedeckung für viele tausende von Quadratmeilen zu ermöglichen?

Die mittlere Jahrestemperatur für Goodhaab in Grönland, welche eine weite Eisbedeckung ermöglicht, beträgt —  $2^\circ 32$  R.; es würde daher

ein plötzliches Sinken von mindestens  $9^{\circ}$  R. erfordert um eine solche Eisdecke unter dem  $55^{\circ}$  N.B. in der Tertiärzeit zu bewirken. Selbst unter den extremsten continentellen Einflüssen, welche in Skandinavien gewiss nie stattfanden, wäre ein solches Sinken der Temperatur in der genannten Breite aus den vorher angegebenen Gründen ganz unmöglich.

Beispielsweise wird unter derselben Breite in dem continentalen Klima von Moscau und Kasan in einer Höhe von 400 Fuss eine mittlere Jahrestemperatur von  $2^{\circ}$  bis  $3^{\circ}$  beobachtet. Wo sind also die physikalischen Bedingungen zu finden, welche in Skandinavien die Annahme einer solchen Eiszeit rechtfertigen? Sie sind jetzt in den mittleren Theile der gemässigten Zone nicht vorhanden und konnten nach den Grundsätzen der Wärmetheorie in der Tertiärzeit noch viel weniger existiren.

Wenn man aber wirklich einen solchen über ganz Skandinavien verbreiteten Eispanzer zur Erklärung der Erscheinungen annähme, so müsste er sich auch über die benachbarten Länder und Meere und über die in ihnen liegenden Inseln mit verbreiten. Diese Ansicht verwickelt uns aber aufs Neue in unlösbare Schwierigkeiten, auf die wir bereits vorhin aufmerksam gemacht haben. Gibt man aber zu, dass die Bildung von Frictionsstreifen und die Findlingsverbreitung auf Treibeis möglich ist und im hohen Norden immer leichter wird, so ist die Hypothese der Eiszeit auch vollkommen entbehrlich.

Um zu zeigen wie die Glacialerscheinungen Skandinaviens auch ohne jene Hypothese zu erklären sind, nehmen wir mit KJERULF an, dass Skandinavien im Grossen und Ganzen zur Tertiärzeit über dem Meerespiegel gelegen und ein Theil des Landes, ganz so wie in der Schweiz, ein höheres Niveau eingenommen habe. Dadurch entstand für die Gletscher nördlich vom  $60^{\text{ten}}$  Breitengrade ein etwas ausgedehnteres Feld der Verbreitung. Eine Bodenerhebung von 1800 Fuss, die Hälfte von der, welche in den Alpen zur Erklärung der Glacialerscheinungen erforderlich ist, wird, der Reliefform Norwegens hinzugefügt, vollkommen ausreichen um gewisse Gegenden zu vergletschern, welche jetzt unvergletschert sind. Diese Erhebung bewirkt unter dem  $60^{\text{ten}}$  Breiten-

grade an der Erdoberfläche ein Sinken der mittleren Temperatur von 4° R. In den Gebirgen werden so wahre Moränen und eigentliche Gletscherschliffe entstehen, die sich noch jetzt in den inneren Theilen des Landes wiederfinden und in einem Niveau zwischen 1000 und 5000 Fuss zu suchen sind. Den Diluvial-Gletschern ist zwar im Vergleich mit denen der Gegenwart eine ausgedehntere Oberfläche vorgezeichnet gewesen, doch war sie immerhin ziemlich beschränkt, wie dieses auch HÖRBYE anzunehmen scheint, und ist gewiss nicht auf den zehnten Theil der ganzen Halbinsel zu veranschlagen.

Dagegen hat das erratische Feld, welches durch die hochgelegenen vormals sehr viel grösseren Landseen bezeichnet wird, einen bedeutenderen Umfang. Dasselbe hielt sich in einem Niveau zwischen 4000 und 600 Fuss und ist durch das Landsee-Treibeis und durch die dadurch hervorgebrachten Erscheinungen charakterisirt. Unmittelbar daran schliesst sich das im Meeresspiegel gebildete Treibeis.

Nach dem Steigen des Landes, welches am Ende der Tertiär- oder im Anfang der Diluvialzeit seinen Culminationspunkt erreicht zu haben scheint, trat eine allgemeine sehr langsame Senkung desselben ein, welche wir mit KJERULF auf 600 bis 800 Fuss veranschlagen. Die durch das Treibeis an den Küsten, zumal in den Fiorden gebildeten ursprünglich in einem Niveau liegenden Schliffflächen tauchten nun unter den Wasserspiegel; dagegen bildete sich ein zweiter höher liegender Gürtel ähnlicher Schliffflächen. Indem vormalige z.B. 500 Fuss hoch gelegene Landseen durch diese Senkung aufs Neue zu Fiorden wurden, mischten sich die vom Landsee- und Meertreibeis gebildeten Schliffflächen mit einander. Dieser Vorgang dauert bis zur tiefsten Senkung von 600 bis 800 Fuss fort, welche hinreicht um die niedrigeren Theile von Skandinavien und Finnland, etwa  $\frac{2}{3}$  des ganzen Continents, in das Meer zurück zu tauchen.

Die Halbinsel wurde so zum zweiten Male in einen Archipelagus unzähliger Inseln und Scheeren aufgelöst, ähnlich der heutigen Gruppe der Alands-Inseln, die als ein übriggebliebenes Wahrzeichen jener Zeit zu betrachten ist. Nur das innere Hochplateau, in der Nähe des Hard-

anger- und Sognefiord bildete einen ziemlich ausgedehnten mit Meeresarmen durchfurchten Körper, indem begreiflicher Weise nun die Gletscher sich zurückziehen begannen. Mit Ausnahme dieses Hochrückens und der hervorragenden Inselgruppen lag der grösste Theil Schwedens, von Malmoe beginnend, Gothenburg, Trollhätan, der Wennern- und Wetteren-See, die Umgebung von Stokholm und das ganze Hochland zwischen den Kjölen und dem Bottnischen Meerbusen und zwischen diesem und dem Eismeere unter dem Wasser. Der Tornea- und Enara-See, so wie viele andere kleinere Landseen jener Gegend deuten auf die vormalige Verbindung zwischen dem Eismeere und der Ostsee hin.

Sodann tauchten auch ein nicht unerheblicher Theil Norwegens den Küsten entlang, die Umgebung von Christiania, der Mjösen u. s. w. und endlich der grösste Theil von Finnland von Patersfang und Helsingfors bis Uleaborg und von da bis zum Weissen Meere in Folge jener Senkung unter den Meeresspiegel.

So fand von der Zeit der letzten tertiären Ablagerungen an bis weit in die Diluvialzeit hinein zwischen dem Finnischen und Bottnischen Meerbusen, und dem Weissen- und Eismeere ein directer Zusammenhang statt, der in Verbindung mit Meeresströmungen auf die Entwicklung der Fauna jener älteren Ostsee von unverkennbarem Einfluss gewesen ist; es ist dieses eine Untersuchung, auf welche wir in dem vorletzten Abschnitte noch ein Mal zurückkommen werden.

In die Zeit des Zusammenhangs jener Meere fällt die Bildung des von KJERULF beschriebenen arctische Conchylien führenden Mergels und Muschellehms, so wie ein grosser Theil der Asarbildung mit denselben oder verwandten Organismen <sup>1)</sup>).

Aus der nothwendigen Aufeinanderfolge dieser verschiedenen geologischen Vorgänge wird es nicht befremden, dass öfter unter den conchylienführenden, mit Findlingen untermischten oder von ihnen überlagerten Lehmschichten, so wie unter dem Schutt der Asar und unter den Steintrümmern der Ra auf dem ursprünglichen Gneus- und Granit-

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der geologischen Gesellschaft*, Band XV, Seite 619.

boden Frictionsstreifen und Furchen aller Art angetroffen werden, die obwohl seltener auf Gletscherbildung, meist auf die Wirkungen des Landsee- und Ufertreibeseis zu beziehen sind. Es sind diese Schcliffe denen durchaus ähnlich, welche bei Neuchâtel und Landeron auf jurassischem Kalkstein und auf den Faxoe-Gesteinen unter dem Glacial-schutt zum Vorschein kommen.

Jetzt beginnt nach der tiefsten Senkung zugleich mit der Trennung der Ostsee vom Eismeere das letzte langsame Emporsteigen des Landes und zugleich die Absperrung der Fiorde, welche in grössere Süsswasserseen verwandelt und ganz wie in der Schweiz sowohl durch Bodenbewegungen als auch durch alluviale Thätigkeit in ihre gegenwärtige Gestalt und Ausdehnung übergeführt worden sind. Die vielen hunderte von Landseen in Schweden und Finnland, vom Ladoga-, Onega- und Wenneren-See beginnend, bis zu den kleinsten Teichen und Sümpfen, sind nur die letzten Ueberreste jener allgemeineren Wasserbedeckung.

Die auf den Landseen bewirkte Ra-bildung kann so wohl während der Senkung als Hebung des Landes vor sich gehen. Im ersteren Falle können die Ra unter den Meeresspiegel hinabtauchen und durch diesen Vorgang in eine Art von Asar nach ihrem erneuten Emporsteigen verwandelt werden. In der Mehrzahl der Fälle sind die gegenwärtig die Seeufer umgebenden Ra wohl erst bei der letzten Hebung des Landes entstanden.

Es ist ferner einleuchtend, dass ein und dieselbe Gegend ihre Schliffflächen zu sehr verschiedenen Zeiten und durch sehr verschiedene Arten der Eisbewegung erhalten kann. Möglicherweise können so Gletscherschliffe mit Schliffen, welche an den Ufern der Landseen bei der Hebung und Senkung gebildet sind, und mit denen am Seeufer erzeugten gemischt werden. Diese Vermischung mag zwar selten vorkommen, unmöglich ist sie aber nicht. Dagegen werden die Schliffe des Meer- und Landsee-Treibeseis sowohl bei der Senkung als bei Hebung in der mannigfachsten Weise in einander eingreifen. Die ganze Skandinavische Halbinsel wird so bis zu einer Höhe von etwa 5000 Fuss mit Spuren

einer vormaligen Eisarbeit überzogen, für welche ein vielleicht 1000 Fuss betragendes Sinken und in der letzten Zeit ein Steigen des Landes von 600—800 Fuss vollkommen ausreicht. Das nachfolgende Schema zeigt die Wirkung des Eises in Skandinavien und in Finnland in übersichtlicher Weise.

I. *Gletschererscheinungen vor der Hauptsenkung; die Grenzen halten sich zwischen 5000 und 800 Fuss.*

- 1) Moränen.
- 2) Wahre Gletscherschliffe.
- 3) Gebuckelte Felsen.
- 4) Abgerundete Geschiebe.
  - a. Fortbewegt durch Gletscher.
  - b. Fortbewegt durch von Gletschern abgerissene Eisberge im Meeresniveau. Nur in hohen nordischen Breiten.
- 5) Eckige Findlinge.
- 6) Geritzte Rollsteine.

II. *Landsee-Treibeis-Erscheinungen.*

Das Niveau hält sich etwa zwischen 5000 und 400 Fuss.

- 1) Ra-bildungen.
- 2) Treibeisfelsschliffe an Ufern der Landseen.
- 3) Gebuckelte Felsen.
- 4) Transport eckiger Findlinge.
  - a. Durch schwimmendes Landsee-Treibeis.
  - b. Durch Eisberge von Gletschern.
- 5) Transport abgerundeter Blöcke und Rollsteine.
  - a. Von den Seeufern.
  - b. Von Gletschern.
- 6) Binnenlandslehm.
- 7) Süßwassermuschellager und Ra-bildungen mit Süßwasserconchylien.

### III. *Küsten-Treibeis.*

Niveau zwischen 600 bis 800 Fuss und 0.

- 1) Asar Bildung.
- 2) Gesunkene Ra.
- 3) Schliefflächen an den Ufern des Fiords.
  - a. Bei der Senkung des Landes.
  - b. Bei der Hebung bis zur gegenwärtigen Reliefform.
- 4) Findlings-Transport.
  - a. Eckige Blöcke.
  - b. Abgerundete.
- 5) Mergellehm.
- 6) Aeltere Littoralmuschelmassen.
- 7) Muschellehm.

Alle diese Erscheinungen in gehöriger Weise von einander zu trennen, wird die Aufgabe der Skandinavischen Geologen sein, welche bereits ihr Land nach allen Richtungen zu untersuchen und die gemachten Beobachtungen in treffliche Karten einzutragen begonnen haben. Bei anhaltender und sorgfältiger Untersuchung des Terrains werden sich mit Berücksichtigung der Petrefacten die eigentlichen Moränen, die Ra und Asar von einander unterscheiden lassen. In den unter das Meeresniveau gesunkenen und später wieder gestiegenen Ra sind möglicher Weise Meer- und Süßwasser-Conchylien dicht neben einander aufzufinden.

Schwieriger dürfte es sein die verschiedenen Arten der Felsschliffe von einander zu sondern. Um die eigentlichen Gletscherschliffe von den durch das Treibeis hervorgebrachten zu unterscheiden dienen folgende, wenn auch nicht in allen Fällen zuverlässige Merkmale.

#### A. SCHLIFFFLÄCHEN VON GLETSCHERN.

1. Dieselben erscheinen in langgestreckten den Hauptrichtungen der Thäler folgenden Bahnen, welche nicht nur die Thalsole überkleiden, sondern auch bis zu einer gewissen Höhe an den Thalwänden empor-

steigen. Sie sind meist tiefgefurcht, selten unter spitzen Winkeln gekreuzt und häufig im Zusammenhang mit den roches moutonnés.

2) Auf der Hauptthalrichtung normalstehende Schriffe rühren niemals von Gletschern her.

3) Die Gletscherstreifen erscheinen nur in dem Terrain, welches orographisch dazu geeignet ist; sie werden in Skandinavien nur in den höheren und gebirgigen Theilen der Halbinsel beobachtet werden und gelangen entweder nie oder doch sehr ausnahmsweise in das Niveau des Meeres. In den südlicher gelegenen, wahrscheinlich immer flacher gebildeten, weniger gehobenen Gegenden dieses Landes scheinen alle Gletscherstreifen zu fehlen.

#### B. SCHLIFFFLÄCHEN DURCH TREIBEIS IN VERSCHIEDENEN NIVEAUS.

1) Sie sind meist kürzer als die eigentlichen Gletscherschliffe, springen häufig ab, setzen ihre Streifen mit unter aus, zeigen die von HÖRBYE beschriebenen Diluvialflecken und mitunter an senkrechten Wänden geschwungene Linien. An einzelnen Küsten besonders in engen Fiorden und regelmässiger Strömung können auch, wie z.B. am Hvalfiord in Island, 50 bis 100 Meter lange Furchen entstehen. In der Mehrzahl der Fälle sind die vom Treibeis gebildeten Schliffe kürzer, 5, 10 und 20 Meter lang.

2) Die vom Treibeis hervorgebrachten Streifen sind in der Regel weniger tief und kreuzen sich je nach den Wind- und Stromrichtungen in zwei, drei und selbst vier verschiedenen Liniensystemen.

3) Die Treibeisstreifen an den Ufern der Landseen und der Meeresufer lassen sich in ihrer Form kaum von einander unterscheiden. Indess rühren die geschwungenen Linien an vertikalen Felswänden von Granit, welche nur bei sehr bewegtem Wasser entstanden sein können, wohl in der Mehrzahl der Fälle von Meertreibeis her.

4) Die durch das Meertreibeis bewirkten Schliffe liegen den Ufern entlang in der unter 1) Seite 283 angegebenen Weise und steigen im Lande mit zu der Höhe der Muschellehne empor. Erheblich viel höher

liegende rühren vom Treibeis der Landseen her. Uebrigens können auch vom Treibeis der Landseen Schliffflächen gebildet werden, die nur sehr wenig, 50 bis 200 Fuss über den Meeresspiegel sich erheben. Eine geschickte auf topographischen Verhältnissen beruhende Combination der Beobachtungen kann allein entscheiden, welche Bildung in dem einen oder in dem andern Falle die wahrscheinlichere gewesen sei.

5) Die Streifen des Treibeises, die in grösserer Entfernung von dem Meere auf gehobenem Lande vorkommen (HÖRBYE macht auf solche Beispiele aufmerksam), durchkreuzen die Hauptthalrichtungen normal und rühren, wie bereits erwähnt, nicht von Gletschern, sondern von einer der beiden Treibeis-Bildungen her.

Dieses ist die Art und Weise wie ich mir jene merkwürdigen Erscheinungen, welche das Eis auf der Oberfläche dieser nordischen Länder zurückgelassen hat, entstanden denke. Man kann so ohne eine von physikalischem Standpunkt unmöglich erscheinende Eiszeit zu Hülfe zu ziehen mit einer mässigen Bodensenkung und darauf folgende Hebung, die durchschnittlich kaum 600 Fuss überschritten hat und in einigen im Innern der Halbinsel gelegenen Theilen etwas grösser gewesen sein mag, den ganzen Hergang befriedigend erklären.

Am Schlusse dieses Abschnitts betrachten wir von diesem so eben gewählten Standpunkte aus das Vorkommen der Findlinge in dem weiten Skandinavien und Finnland umschliessenden Bogen, dessen geographische Verbreitung bereits im VII<sup>ten</sup> Abschnitt näher von uns beschrieben worden ist.

Bei einer genaueren Untersuchung über die Verbreitung der Skandinavischen Findlinge wird in uns die Ansicht hervorgerufen, dass auch die Flachländer, welche das Baltische Meer gegen Süden und Osten umschliessen, während der Zeit des Findlingstransports wesentlich und in ähnlicher Weise wie Skandinavien ihre Reliefform verändert haben.

Zum Schlusse der Tertiärzeit gibt sich auch an den Russischen, vielleicht auch an den Deutschen Küsten dieselbe allgemeine Senkung zu erkennen, welche die Ostsee mit dem Eismeere verbunden hatte. Sie verbreitete sich über eine ausserordentlich grosse Oberfläche, die

jedoch nur etwas mehr als ein Procent der ganzen Erdoberfläche begreift.

Die von DARWIN in der Südsee nachgewiesenen Senkungen scheinen einen viel grösseren Raum zu umfassen; der Erschütterungskreis des Lissaboner Erdbebens vom Jahre 1755 erstreckte sich über eine fast doppelt so grosse Oberfläche. Ist eine solche Bodenbewegung wunderbar, wenn die Erdkugel eine im Verhältniss zum Halbmesser so äusserst dünne Kruste besitzt?

Die Länderstrecke, über welche die Findlinge in Russland ausgestreut sind, besteht fast aus allen Formationen der sedimentären Reihe von den silurischen bis zu den tertiären und älteren Diluvialschichten. Man muss also annehmen, dass während oder kurz vor dem Findlingstransport alle diese Gegenden, nach dem bei geologischen Erscheinungen geltenden Massstabe, für verhältnissmässig kurze Zeit in das Meer zurücktauchten. Die Grösse der Skandinavischen Senkung, welche im Allgemeinen unter 600—800 Fuss betragen zu haben scheint, reicht auch, mit Ausnahme ganz einzelner Localitäten, zur Erklärung der Findlingsverbreitung in Russland und Deutschland vollkommen aus.

Stellen wir uns vor diese Länder sänken um die genannte Grösse, so läge ein grosser Theil des europäischen Russlands unter Wasser; die Verbindung zwischen dem Baltischen und Eismeere wäre hergestellt; ebenso wären Seeland und die Cimbrische Halbinsel, ganz Holland, und ein grösserer Theil des nördlichen Deutschlands vom Meere bedeckt. Der Teutoburgerwald, die Porta Westphalica, der Harz, die Sächsische Schweiz und die Ausläufer der Schlesischen Gebirge würden bei der tiefsten Senkung in Deutschland die Grenzen der Ufer bezeichnen. Bei einer solchen Wasserfläche ist der Verschiffung der Findlinge auf Eisflüssen kein Hinderniss in den Weg gestellt und wird in besonders kalten Wintern sich durch sehr lange Zeiträume wiederholen. Es treten auch hier wieder in etwas nördlicherer Breite dieselben Erscheinungen ein, die wir auf den Schweizer Seen kennen gelernt haben; die mit dem Eis verwachsenen Findlinge schmelzen von den Schollen ab und fallen auf den Meeresboden nieder, oder die Eisschollen selbst stranden, wie Schiffe, an den sich ihnen entgegentretenden Küsten, an denen nur

selten feste krystallinische oder sedimentäre Gesteine anstehen, auf welchen sich Felsschliffe erhalten können. Sie zeigen sich jedoch auf den Kreide-Kalksteinen von Faxoe, so wie auf den silurischen Kalksteinen Esthlands, auf dem Gneus von Bornholm u. s. w., in glattgeschliffenen Oberflächen mit parallelen Streifen und Furchen.

Die Periode des Findlingstransports zwischen den Neva- und Rheinmündungen umfasst, wie auch in Skandinavien, die ganze Zeit der Senkung und der darauf folgenden Erhebung und ist so selbst in unsern Tagen, wie vorhin bemerkt, gleich der Bildung der Frictionsstreifen noch nicht vollständig zum Abschluss gelangt.

Es erklären sich mit der Annahme der Verbreitung der Eisschollen und der damit in Verbindung tretenden Bodenschwankungen alle Erscheinungen, welche die Findlinge an unsern Küsten darbieten:

1) dass dieselben an Zahl, Grösse und geognostischer Mannigfaltigkeit zunehmen, je mehr man sich der Scandinavischen Halbinsel nähert;

2) die Findlinge dringen in Deutschland, ähnlich wie im Val Travers in der Schweiz, in verschiedene Thäler, z.B. in das der Unstrut und in das Weserthal ein, von dem man annehmen muss, dass es eine Art von Fiorden gebildet haben;

3) die Findlinge, allerdings mit sichtbarer Abnahme gegen Süden, verbreiten sich ziemlich gleichförmig über die Oberfläche; wo indess Riffe oder Sandbänke dicht unter dem Wasserspiegel verborgen lagen oder Ufer ihrer Fahrt sich entgegen stämmten, strandeten die Schollen in grösserer Zahl, so dass sich an solchen Orten die Findlinge in grösserer Menge zu einer Art von Rücken oder Wällen anhäuften.

Auf diese Erscheinung macht bereits PUSCH aufmerksam, indem er hervorhebt, dass das Polnische Tiefland öfter die Blöcke in geringerer Anzahl führt als die Höhenzüge, auf denen sie in langen Linien und Kränzen (ähnlich wie die Findlinge am Jura) ausgebreitet sind. Solche Steinkränze, deren Analoga man am Jura wiederfindet, erinnern an die Norwegischen Ra, obgleich sie, wie ersichtlich, bei der grössern Entfernung von dem Centralgebirge und bei der weiten Ausdehnung der

Wasserfläche und der Küsten an denen sie stranden, weniger hoch und mächtig erscheinen und den eigentlichen Character jener Steinwälle verlieren.

Als eine solche Strandungslinie der Skandinavischen Blöcke ist im nordwestlichen Deutschland der Teutoburgerwald zu betrachten, über welche Herr VON DECHEN, in seiner ausgezeichneten geognostischen Skizze <sup>1)</sup> folgende Bemerkungen macht:

„Die Schichten des Diluviums sind an dem Fusse des Hügelzuges nirgends aufgerichtet, und es möchte wohl ganz unzweifelhaft sein, dass sämtliche mit Schichtenaufrichtungen verbundene Hebungen in diesem Bezirke älter sind als das Diluvium.

„Aber Hebungen des Bodens haben noch nach der Ablagerung des Diluviums stattgefunden, denn nur dadurch ist es zu erklären, dass der Rand des Diluviums an dem Fusse des Hügelzuges von N.W. bei Bevergern anfangend gegen S.O. hin ansteigt, bei dem Fusse des Hermannsberges 713 Fuss, bei dem Jagdschloss Lopshorn am Fusse des Bilhorn 978 Fuss erreicht, dann weiter auch Süd gegen Lippspringe und Paderborn wieder sinkt und diese Senkung in der Richtung von O. gegen W. bis nach Duisburg hin fortsetzt.

„Ueber den Diluvialrand kann eine andere Vorstellung nicht Platz greifen, als dass derselbe den einstmaligen Rand des Meeres bezeichnet, in dem die Diluvialmassen, hier ganz besonders Sand mit nordischen Geschieben, abgelagert wurden. Wenn nun dieser Rand sich von einer Höhe von 200 Fuss bis zu 800 Fuss in der Richtung von W. gegen O. ununterbrochen hebt, so muss wohl angenommen werden, dass, während Bevergern und Duisburg nur 200 Fuss emporgehoben wurden, der Hermannsberg und der Bilhorn 800 Fuss, oder 600 Fuss mehr gestiegen sind.“

Diese Beobachtung VON DECHEN's, mit der ich erst im vergangenen Jahre bekannt wurde, war mir um so interessanter, da sie mit den im

---

<sup>1)</sup> *Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Preussischen Rheinlande und Westphalens.*  
Bonn 1856.

Jura gemachten, im IV<sup>ten</sup> und im XIX<sup>ten</sup> Abschnitt von mir beschriebenen Beobachtungen vollkommen übereinstimmt; denn in beiden Fällen erblicken wir zwei mit Findlingen bestreute Bergketten, welche wie aus der Lage jener geschlossen werden muss, nach der Ablagerung des Diluviums erhebliche Bodenbewegungen erlitten haben. Ausserdem sehen wir von Neuem, dass die Findlingsverbreitung im nördlichen Deutschland und den angrenzenden Ländern nicht ohne eine langsame säculare Erhebung zu erklären ist, welche immer wieder dieselbe Grösse wie in Skandinavien von 600—900 Fuss beträgt.

Bis zur Zeit der tiefsten Senkung drangen einzelne, jedoch nur mit kleineren Steinen beladene Schollen je nach den verschiedenen Windrichtungen bisweilen in ähnlicher Weise wie im Jura in engere Canäle ein und gelangten so nach Schlesien, Sachsen, Thüringen. Darauf rückte das Ufer und die Strandungslinie der Findlinge mehr und mehr in Folge säcularer Hebung gegen Norden bis der gegenwärtige Küstencontour hergestellt worden ist.

In die letzte Zeit dieser Hebung fällt auch die Bildung der Cimbrischen Halbinsel, deren mit Findlingen bedeckter Haiderücken von der Elbmündung bis Skagen wie ein weiter Damm zwischen die Nord- und Ostsee sich hinausstreckt und beide vormals mit einander verbundene Meere getrennt hat. Mit diesem Vorgange sind verschiedene geologische Veränderungen eingetreten. Zunächst wurde den aus Schweden auf Eisschollen herübertreibenden Findlingsblöcken der Weg versperrt.

Die zahllosen an der unteren Elbe von Hamburg, bis zum Fusse der Hügel von Blankenese und bis Glückstadt verbreiteten Findlinge sind also vor der Hebung des Cimbrischen Rückens auf ihre gegenwärtigen Lagerplätze geführt worden, in einer Zeit wo die Mündung der Elbe noch südlicher lag und von derselben bis Schweden eine ununterbrochene Wasserfläche sich ausdehnte. Bei der gegenwärtigen Reliefform des Landes wäre es ganz unmöglich, dass Schwedische Findlinge von solcher Zahl und Grösse an den Fuss der sehr steil abfallenden Blankeneser Hügel gelangen könnten.

Die auf den Friesischen Inseln Romöe, Sylt, Föhr, Amrom und

Pelworm ausgestreuten Findlinge, so weit sie Schwedischer Abkunft sind (der bei weiten grössere Theil scheint dieses zu sein), sind gleichfalls vor der Trennung der Nord- und Ostsee abgelagert. Auch die vorhin von Helgoland erwähnten gehören zu dieser Gruppe und liefern den klarsten Beweis, dass die Insel erst in sehr später Zeit, vielleicht gemeinsam mit dem Cimbrischen Haiderücken gehoben worden ist.

Diesen Beobachtungen zu Folge ist es nicht wahrscheinlich, ja sogar unmöglich, dass während der Diluvialzeit, wo zwischen dem Eismeer und dem Bottnischen Meerbusen eine freie Wasserverbindung bestand, die Ostsee nördlich von der Elbe geschlossen gewesen sei und dass eine Landverbindung zwischen Deutschland und Skandinavien in dieser Gegend existirt habe. Fand eine solche Landverbindung dennoch statt, so müsste sie an einer der schmalsten Stellen der Ostsee zwischen Schonen, Bornholm und der Pommerischen Küste gesucht werden.

Wir haben ferner hier noch einmal darauf aufmerksam zu machen, dass die eigenthümliche bereits im IV<sup>ten</sup> und VII<sup>ten</sup> Abschnitt beschriebene Vermischung der Findlinge am Jura, welche in der Baltischen Ebene ihre Analogien in der Mischung der Schwedischen und Finnländischen Gesteine u. s. w. haben, weder durch Strömungen des Meerwassers, noch durch die Verbreitung vormaliger Gletscher, sondern nur durch mit Steinen beladene Eisschollen, die verschiedenen Windrichtungen folgten und ihre Bahnen gegenseitig durchkreuzten, zu erklären sind.

In einigen Gegenden Mecklenburgs sollen die Findlinge in strahlenartigen Rücken über das Flachland sich verbreiten, es ist dieses eine Erscheinung, welche an die Rücken der Asar erinnert und vielleicht auch durch Meeresströmungen veranlasst wurde, welche die Schollen nöthigte einen bestimmten Weg einzuhalten.

Der Graf KEYSERLING, in seiner vorhin erwähnten Notiz über die im Pernauschen Meerbusen beobachtete Eisfluth, erblickt in der eben vortragenen Verbreitungsart der nordischen Findlinge in Verbindung mit der langsamen Hebung des Landes eine grosse Schwierigkeit darin, dass er den marinen Charakter des nordischen Diluviums für nicht

erwiesen betrachtet. Es ist dieses eine Frage auf deren Beleuchtung wir noch ein Mal im folgenden Abschnitte eingehen werden.

Der Graf KEYSERLING glaubt nun den Findlingstransport ohne längere Mitwirkung der See erklären zu können, indem er sich folgendermassen ausspricht.

„Könnte man voraussetzen, dass in der Periode des grossen erraticen Phänomens derselbe Vorgang (wie er an den Ufern des Pernauschen Meerbusens sich ereignet hat), nur in höherem Masse, stattgefunden habe, so dass sich etwa 4 Fuss dicke Eisdecken des Meeres von vielen hundert Quadratmeilen über das Land geschoben hätten, so würden die Reibungserscheinungen und der nicht marine Charakter der erraticen Ablagerungen eine natürliche Erklärung gefunden haben.“

Dieser Ansicht möchte ich folgende Bemerkungen zuzufügen mir erlauben :

Das Treibeis, welcher im vorletzten Winter am Ufer des Pernauschen Meerbusens 1023 Fuss landeinwärts getrieben grössere Blöcke bis zu einer Höhe von 30 Fuss über der Meeresfläche vor sich herschob, würde unter noch günstigeren Umständen einen noch etwas grösseren Effect haben bewirken können; indess unterliegt es keinem Zweifel, dass ihm eine bestimmte, von der Grösse der Ebbe und Fluth, von Strömungen und Windrichtungen abhängige Grenze vorgeschrieben ist, welche nicht überschritten werden kann. Die Ebbe und Fluth fehlt zwar im Baltischen Meere nicht, ist aber sehr viel geringer als in den offenen Oceanen und dürfte kaum die Höhe von 1 bis 2 Fuss übersteigen. Noch geringer ist der Einfluss der Strömungen zu veranschlagen; dagegen können in einem Binnenmeere fortdauernde constante Winde in Verbindung mit der Strömung und Fluth ein lokales Steigen des Meeres und damit eine Eisaufstauung wie die beschriebene veranlassen.

Zur Erklärung des erraticen Phänomens in Russland und in Norddeutschland wird aber ein Anschwellen des Eises und des unter demselben befindlichen Wassers von 1000 Fuss verticaler Höhe erfordert; eine Grösse, welche mit den Resultaten der dynamischen Untersuchungen

der an der Erdoberfläche bewegten Wassermassen nicht zu vereinigen ist.

Gibt man aber eine Aenderung der Reliefform unserer Ufer und ein Emporsteigen des Landes während und nach der Diluvialzeit nicht zu, so muss man überhaupt darauf verzichten die erraticen Erscheinungen durch wissenschaftliche Forschungen zu erklären.

Wenn dagegen kleinere, der eben beschriebenen ähnliche Eisfluthen, die von Zeit zu Zeit bald an der einen bald an der andern Küstengegend des Baltischen Meeres sich wiederholen und mit der säcularen Erhebung des Landes in Verbindung treten, so ist ein wesentlicher Theil des erraticen Phänomens an den nordischen Küsten erklärt. Ein anderer Theil der Findlinge, zu denen ich die grossen scharfkantigen rechnen möchte, sind auch ohne solche Eisfluthen auf schwimmenden Eisbergen zu uns geführt, gestrandet und später gehoben, wie dieses am Rande des Teutoburgerwaldes deutlich erkannt wird. Die grossen sogenannten scharfkantigen Findlinge bezeugen, dass sie dem Einflusse des abschleifenden Materials weniger ausgesetzt gewesen sind, obwohl die meisten derselben bis zu einem gewissen Grade auch geringere Abnutzungen erkennen lassen. Die im nördlichen Deutschland verbreiteten, insofern sie, was auch durch die geognostische Beschaffenheit des Gesteins wahrscheinlich gemacht wird, aus dem südlichen Schweden abstammen, sind keinesfalls durch Gletscher (des zwischenliegenden Meeres wegen) auf ihre gegenwärtigen Lagerstätten gelangt. Dass sie aus dem Innern Schwedens zur Küste desselben durch Gletscher befördert und darauf auf Eisflossen verschifft sind, ist bei einer geographischen Breite von  $56^\circ$  nach den Analogien des südlichen Chilis zwar nicht unmöglich doch wenig wahrscheinlich. Dagegen mag diese Art der Findlingsverbreitung im nördlichen Skandinavien, in und in der Nähe des Polarkreises häufiger vorgekommen sein. So sind denn die scharfkantigen von den Rändern der Fiorde in das Meeresniveau herabgestürzten Blöcke gewiss in der grossen Mehrheit der Fälle durch das Seetreibeis zu unseren Küsten gelangt, und nur seltener dürften abgerissene Gletschermassen, so wie auf den Schweizer Landseen, bis zum nördlichen Deutschland sich verirrt haben.

Endlich möchten wir noch daran erinnern, dass, ähnlich wie in der Schweiz und in Skandinavien, die Findlinge im Baltischen Tieflande in sehr verschiedenen Zeiten verschiedenen Einwirkungen mehrere Male nach einander ausgesetzt gewesen sein können. So hatten die Blöcke, welche das Eis kürzlich im Pernauschen Meerbusen vom Strande in die Höhe über die Ufer hob, schon eine andere Eisfahrt hinter sich, welche sie von Skandinavien oder von Finnland an die Esthländische Küste führte.

Das Eis, dessen Bildung sich in den nördlichen Breiten jährlich wiederholt, wird so als bewegende Kraft immer wieder von Neuem eingreifen und dieselben Gesteine zu sehr verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Bedingungen weiter befördern.

Nachdem man in der Schweiz wie in Skandinavien den Glacialerscheinungen grosse Aufmerksamkeit zugewandt hatte, konnte es nicht fehlen, dass noch ähnliche Zeichen vormaliger Eiseinwirkung an vielen andern Orten der gemässigten und kalten Zone, sowohl in Europa als auch in Amerika entdeckt wurden. Wo wir ihnen aber auch begegenen, müssen wir darauf gefasst sein ähnliche Verhältnisse wiederzufinden; überall werden wir zu grosser Vorsicht ermahnt bei dieser Beurtheilung nicht einseitig zu Werke zu gehen, und ohne weiteres polirte Felsen und Findlinge nur auf Gletscher zu beziehen. Dagegen werden wir sehr häufig durch sie belehrt, dass an den Orten, an welchen sie vorkommen, die Oberfläche der Erde in der neueren Zeit ihre Reliefform verändert habe.

Eine weitere in die topographische Beschaffenheit der einzelnen Länder eingehende Untersuchung wird uns belehren, ob wir beim Begegenen von Felsschliffen es wirklich mit den Spuren alter Gletscher, oder mit denen des Landsee- oder des marinen Treibeises zu thun haben.

Die in den Vogesen und im Schwarzwald aufgefundenen Schcliffe sind mir bisjetzt zufälligerweise nicht bekannt geworden, dagegen hatte ich bei Karlsbad vor zwei Jahren eine Beobachtung zu machen Gelegenheit, welche auf vormalige Gletscherverbreitung in der Nähe jenes Ortes schliessen lässt. Das Thal der Tepel besteht aus einem schönen

Orthoklaskrystalle führenden Granit; an der Ostseite desselben auf dem Wege zur Eger und dem kleinen am entgegengesetzten Ufer liegenden Dorfe Daltwitz findet man bei Ausgange von Karlsbad in einem Walde nicht aus Granit sondern aus Quarzfels bestehende, scharfkantige über einander gehäufte meist mehrere Meter lange Blöcke, welche man bis zum Flusse verfolgen kann. Sie erinnern durchaus an eine vormalige Moräne und verdienen nach ihrer Lage und Abstammung genauer untersucht zu werden. Karlsbad liegt jetzt etwa 1800 Fuss über dem Meere und in einer Breite von 50°,5. Eine Aenderung der Reliefform, eine Erhebung des Thalbodens von 3000 Fuss, etwas weniger als in der Schweiz, würde vollständig genügen um die Vergletscherung mancher Böhmischer Thäler zu bewirken.

In Gegenden wie im England und Schottland, welche dem Meere oder doch grösseren abgesperrten Wasserflächen näher liegen, wird in sehr vielen Fällen dem Treibeise eine erweiterte Stellung eingeräumt. So sind z.B. von G. H. MORTON <sup>1)</sup> auf dem bunten Sandstein in der Nähe von Liverpool bei Toxteth Park in einer Höhe von 120 Fuss, bei Boundary Lane, Kirkdale, in einer Höhe von 80 Fuss und bei New Road, Kirkdale etwa in derselben Höhe Eisschliffe aufgefunden, welche in der Richtung von N.W. zu N.N.W. gelegen der Ausdehnung der Hauptwasserfläche zwischen Irland und England entsprechen.

Der Verfasser der ebengenannten kleinen Abhandlung erklärt diese geschliffenen Felsen gleichfalls für die Einwirkung von Treibeis, indem er sich folgendermassen ausdrückt.

„In appearance they seem to have been caused by the passage of some heavy body across the rock; and as ice seems the only agent possible to produce the result, the grounding of icebergs in the „glacial See” is probably the cause.

Polished striated boulders and small stones are common in the overlying boulder-clay, and shells very rare.”

Wir sehen also hier wiederum Felsschliffe, welche aller Wahrschein-

---

<sup>1)</sup> *The Quarterly Journal of the geological Society.* Vol. XVIII, Nro. 72 pag. 377.

lichkeit nach nur durch bewegtes Treibeis entstanden sein können. Ist dieses so, woran wohl kaum gezweifelt werden kann, so sehen wir bei Liverpool die Analogien zu den Jurassischen und Skandinavischen marinen Schliffflächen und zugleich wieder eine Erhebung des Bodens oder eine in der neusten Zeit veränderte Reliefform des Bodens.

In Wales, Cumberland und Schottland wiederholen sich aufs Neue die von den Englischen Geologen beschriebenen Glacialerscheinungen, auf welche ich jedoch nicht näher einzugehen beabsichtige, da sie mir aus eigener Anschauung nicht bekannt geworden sind.

So viel scheint mir jedoch keinem Zweifel zu unterliegen, dass sich in Schottland die Glacialphänomene Skandinaviens etwa unter derselben geographischen Breite und auf einem sehr ähnlichen geologischen Terrain, obwohl in einem etwas kleineren Massstabe, auf das Genaueste wiederholen.

Man begegnet wohl in dem Schottischen Hochgebirge eigentlichen Gletscherspuren, die uns in einem gebirgigen Lande, welches vermuthlich wie die Schweiz mit ihrer Umgebung zurückgesunken ist, nicht befremden werden; von grösserer Bedeutung waren jedoch, ganz wie in der Umgebung von Christiania, die höhergelegenen vormals etwas grösseren Wasserspiegel, über deren Fläche die Findlinge verbreitet und an deren Ufern die Rabildungen abgesetzt sind.

Eine von T. F. JAMIESON <sup>1)</sup> veröffentlichte mit einer kleinen Kartenskizze versehene Abhandlung führt uns in die Mitte der Schottischen vormals grösseren Landseen und zu ihren von vormaligen Eismassen bearbeiteten Ufern.

Wir sehen dort beispielsweise am unteren Ende des Loch-Treig die fast radialen Richtungen der Pfeile und das um sie verbreitete Ra, in ganz ähnlicher Weise, wie das Ra von Moss-Rade und viele andere die sich um die Skandinavischen Landseen verbreiten.

Ferner folgen sowohl die Findlinge, die Steindämme, als auch die durch die Pfeilrichtungen angegebenen Schliffflächen dem Laufe des

---

<sup>1)</sup> *The Quarterly Journal of the geological Society*, Vol. XVIII, N<sup>o</sup>. 17, pag. 170.

River Spean, der zwei in verschiedenen Niveaus liegende Seen, Loch Laggan und Loch Lochy, mit einander verbindet. Man wird in dieser Localität keine eigentlichen Moränen finden, sondern unter dem Wasser geschlammten mit Findlingen gemischten Glacialschutt. Mir ist übrigens das Schottische Hochland, das ich nur sehr flüchtig vor einer längeren Reihe von Jahren besuchte, zu wenig bekannt um auch nur mit einiger Sicherheit die Orte bezeichnen zu können, wo die eigentlichen Gletscher sich verbreiteten, wo sie die Ufer der Landseen erreichten, und wo endlich auf den hochgelegenen Landseen eigentliche Treibeisbildung statt gefunden hat. Die weitere Nachforschung dieser Verhältnisse wird den Englischen und Schottischen Geologen überlassen bleiben.

Endlich ist hier der nordamericanischen Glacialscheinungen zu gedenken, die ganz in derselben Weise wie die von Skandinavien und Schottland zu beurtheilen sind. Die ungeheueren jetzt noch in Canada und den nördlichen Vereinigten Staaten erhaltenen Seedistricte, die alles was wir in dieser Art in Europa haben, weit übertreffen und die in der Diluvialperiode einen noch viel bedeutenderen Umfang gehabt haben, zeigen uns in der Mitte eines continentalen Klimas das grossartigste Beispiel von grossartiger Findlingsverbreitung durch gehobene Binnenseen. Dagegen fehlen in Canada höhere Gebirge, so dass die eigentliche Gletscherverbreitung, welche in der Schweiz und in Neuseeland einen so wichtigen Platz einnimmt, dort kaum berücksichtigt zu werden braucht.

---

## ABSCHNITT XXIII.

### EINIGE BEMERKUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER ERDWÄRME AUF DIE ENTWICKELUNG DER ORGANISATION, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER EISZEIT.

#### I. *Klimate der älteren Formationen vor dem Diluvium.*

Die Entwicklungs-Geschichte der organischen Schöpfung, welche auf dem unabsehbaren Todtenhof der sedimentären Formationen in den Lagerstätten der Felsen die Namen und die Abkunft ihrer dahingegangenen Geschlechter wie auf Grabsteinen verzeichnet hat, ist zugleich mit der Erdwärme an das Gesetz der Continuität gebunden. Von dem ersten Augenblick an, wo im Weltmeer, wie auf der festen Erdrinde, die Organisation sich zu regen begann, bis zu unserer Zeit, in der das menschliche Geschlecht im Werden begriffen, Kunst und Wissenschaft, religiöse und politische Freiheit zu erringen sucht, haben ohne Unterbrechung Wesen aus Wesen sich entwickelt, nie hat seitdem die schaffende und gestaltende Kraft der Natur ihre einstmals begonnene Arbeit wieder eingestellt oder ihre Werkstatt geschlossen. Jetzt, nachdem viele Zwischenstufen durchlaufen sind, stehen wir erst am Anfang der eigentlichen Schöpfungsaufgabe, deren besserer Theil, wenn ich recht vermuthe, noch in grauer Ferne vor uns verschleiert liegt.

Die Geologen haben um die Organisation der Vorwelt besser übersehen zu können die versteinierungsführenden Schichten in verschiedene Abtheilungen zerlegt, denen man den Namen Formationen gegeben hat. Sie wurden indess dabei weniger von dem Gefühl innerer Nothwendigkeit, als von dem Bedürfniss gewisse Haltpunkte für die naturhistorische Beschreibung zu gewinnen, geleitet und das beständige Einschalten neu benannter Schichten in die grösseren Gruppen, das an das Einschalten noch unbeschriebener Blätter in den Katalog einer grossen Bibliothek erinnert, zeigt auf das Deutlichste, dass überall neue Zwischenglieder zur Darstellung der grossen Kette von Erscheinungen erfordert werden.

Die verschiedenen Formationen gehen so im Allgemeinen stetig in einander über und sondern sich nur dann scharf gegeneinander ab, wenn in den ruhig fortlaufenden Entwicklungsgang derselben locale Störungen eingreifen, welche man denen vergleichen möchte, die bei der Verbreitung des Menschengeschlechtes etwa durch Kriege, allgemeine Krankheiten, Ueberschwemmungen, Erdbeben, u. s. w. hervorgebracht sind. Während so an der einen Stelle des Erdbodens ganze Stämme erloschen oder auf die Hälfte ihrer früheren Volkszahl herabgesunken sind, ist an anderen eine Ausbreitung und Vermehrung vormals weniger hervorragender Geschlechter gefolgt. Trotz dieses beständigen Hin- und Herschwankens ist es nicht zu verkennen, dass die physische wie geistige Entwicklung des ganzen Menschengeschlechtes in einer fortwährend aufsteigenden Bewegung begriffen ist.

Die Organismen der Vorzeit hatten ähnliche Störungen zu bekämpfen und man wird sich nicht wundern, wenn dieselben in dem Bau der sedimentären Formationen in den Geschichtsbüchern der Urwelt sich abspiegeln und sich dem danach forschenden Auge deutlich zu erkennen geben. Diese störenden Einflüsse waren von doppelter Art, entweder momentane, z. B. hervorgebracht durch plötzlich am Meeresgrunde gebildete heisse Quellen, durch das Auftreten submariner vulkanischer Eruptionen und instantaner Erhebungen; oder continuirliche, unter denen die allmähigen Temperaturveränderungen den ersten Platz einnehmen.

Die auf der Erde entwickelte Organisation ist an sehr enge Tempe-

raturgrenzen gebunden und das Steigen und Sinken weniger Grade ist mitunter genügend den Charakter der Fauna oder Flora eines Landes wesentlich zu verändern.

Das von der Sonne jährlich erzeugte Wärmequantum, welches nach dem Erlöschen der inneren Erdwärme bei der gegenwärtigen Configuration der Continente eine unregelmässige Vertheilung erlitten hat, bewirkt, wie vorhin bemerkt, die Verschiebung der Isothermen und die Eigenthümlichkeiten des See- und des Continentalklimas.

Versetzen wir uns z.B. in das Innere von Sibirien nach Irkutzk, so begegnen wir einer mittleren Jahrestemperatur von  $2^{\circ},7$  R. mit jährlichen Schwankungen von mehr als 30 Graden; bei vollem Seeklima hätten wir eine mittlere Jahrestemperatur von  $8^{\circ}$  R. mit einer mittleren jährlichen Schwankung von etwa  $7^{\circ}$  R. zu erwarten. Die im ersten Falle hervortretende grössere Temperaturdifferenz, der Unterschied zwischen heissen Sommern und kalten Wintern wirkt auf die Entwicklung der Flora gewisser Gegenden besonders nachtheilig ein, und ein grösserer Theil unserer paläontologischen Räthsel, besonders das Auftreten und nachherige Verschwinden verschiedener urweltlicher Pflanzenformen, deren Verwandten wir jetzt in südlichen Klimaten begegnen, erklärt sich wesentlich durch die Anwesenheit wärmerer Wintertemperatur.

Vergleichen wir z.B. die Flora von Oxford in England mit der von Irkutzk, beide Städte liegen nahe zu unter derselben geographischen Breite, so sehen wir am ersten Orte dicke Feigenbäume, welche reife Früchte tragen, immergrüne Eichen, Myrten, Laurineen, Libanonische Cedern und Araucarien; am zweiten Orte begegnet man Vaccinien, Birken und Kiefern. Es können also im Laufe der Zeit an ein und derselben Stelle der Erde, ohne den Einfluss der inneren Erdwärme, nur durch eine andere Vertheilung von Wasser und Land, zwei durchaus verschiedene Floren auf einander folgen, die sich fast wie eine subtropische und eine arctische zu einander verhalten und uns z.B. von Neapel nach St. Petersburg zu versetzen scheinen. Die von den Pflanzen durchaus abhängige Thierwelt wird das Schicksal jener theilen, und es ist nicht wunderbar, dass an gewissen Stellen der Erde ganze Thier-

geschlechter erloschen, nachdem ihnen für das ganze Jahr oder doch wenigstens für die Wintermonate die Pflanzennahrung durch den Klimawechsel entzogen worden ist.

Alle Klimaveränderungen erfordern in Folge langsamer Bodenbewegungen sehr lange Zeiträume, welche in gleicher Weise für die Veränderungen der Organisation in Anspruch genommen werden. Nicht nur die verschiedene Vertheilung von See und Land, sondern auch die Veränderung der Reliefform in ihren grösseren Verhältnissen, indem gewisse öfter ziemlich ausgedehnte Gegenden in höhere Luftschichten versetzt werden, ist sowohl gegenwärtig wie in früheren Zeiten für die locale Entwicklung der Organisation nicht ohne Belang gewesen. Die Höhe des Bodens über dem Meere, auf welchem sich eine Flora und Fauna entwickelte, ist bei allen paläontologischen Untersuchungen auf das sorgfältigste zu berücksichtigen, denn auch durch diese Ursache können wiederum an ein und derselben Stelle innerhalb nicht sehr grosser Zeiträume zwei oder mehrere ganz verschiedene Organisationen auf einander folgen. Einen solchen Wechsel pflegt man gern auf klimatische Aenderungen zu schieben, welche die ganze Erdoberfläche betroffen haben, während sie sich meist auf verhältnissmässig enge Räume beschränken.

So gross auch der Einfluss ist, welchen die verschiedenartige Vertheilung der Sonnenwärme auf die Gestaltung der Thier- und Pflanzenwelt ausgeübt hat, so sind doch nicht alle in derselben vorkommenden Veränderungen allein auf die ebenangeführten Ursachen zurück zu führen. Auch die innere jetzt so gut wie erloschene Erdwärme hat sich einst an der Gestaltung der Organisation betheiliget und gewisse Erscheinungen sind ohne dieselbe durchaus unerklärbar. Ihr von den Geologen ausserordentlich überschätzter Einfluss bewirkte in den ältesten Zeiten eine gewisse, später allmählig verschwundene Ausgleichung der Klimate in den verschiedenen Zonen. Eine von der gegenwärtigen verschiedene, für die polaren Gegenden günstigere Wärmevertheilung und ein vielleicht beständig bedeckter Himmel, der die Ausstrahlung der Wärme verhinderte, verursachten zusammen eine Ausgleichung der Jahreszeiten, durch welche die Nachtfroste und die Eisbildung auf dem Meere ausgeschlossen wurden.

Die Temperaturunterschiede sowohl zwischen Tag und Nacht, als auch zwischen Sommer und Winter waren sehr viel geringer als in unserer Zeit; dabei besass der Erdboden schon in einiger Tiefe eine merkliche Wärme, die das Leben der Pflanzen ungemein beförderte.

Es ist übrigens kein Grund vorhanden, welcher uns nöthigte jeden Wechsel der Jahreszeiten auszuschliessen; Jahreszeiten waren immer vorhanden schon in Folge der veränderlichen Länge der Tage und Nächte, allein ihre Temperaturextreme traten einst weniger hervor als jetzt.

Bei welcher Temperatur die ersten Anfänge der Organisation stattfanden, die wir allein im Meere zu suchen haben und von denen wohl kaum noch eine Spur vorhanden ist, lässt sich nicht ermitteln. Geht man aber von FOURIER'S Wärme-Untersuchungen aus und nimmt in der silurischen Zeit die Dicke der Erdrinde etwas grösser an, als die mittlere Dicke dieser Schichten sich ergeben hat, so ist von Seiten der Erdwärme für die mittleren Jahrestemperaturen nur ein Zuschuss von einigen Graden zu erwarten. Er ist mit 3°,2 R. vermuthlich eher zu hoch als zu niedrig veranschlagt. Dagegen kann die Wärmevertheilung eine noch etwas günstigere gewesen sein als sie auf Seite 160 angenommen worden ist. Bei den gemachten Voraussetzungen, die nur einen sehr geringen Zuschuss von Seiten der inneren Erdwärme erfordern, können alle pflanzengeographischen Verhältnisse der Vorzeit vollkommen bestehen, während sie ohne dieselben unerklärlich erscheinen.

Dieser noch bei der Bildung der ersten Organisation vorhandene Wärmeüberschuss und die mit ihm verbundene Wärmevertheilung nimmt anfangs rasch, später sehr langsam ab, und es würde für die folgenden Formationen ziemlich gleichgültig erscheinen, ob wir in der silurischen von einem etwas grösseren oder geringeren Ueberschusse der inneren Erdwärme ausgingen. Unter allen Umständen würde derselbe in der Tertiär- und Diluvialformation, bis auf einen kleinen Bruchtheil eines Grades herabgesunken sein, der das Klima kaum noch merklich verändern könnte.

Mit besonderer Aufmerksamkeit haben die Geologen die klimatischen

Eigenthümlichkeiten der Steinkohlenformation betrachtet, in der einige Pflanzenformen, wie Farrenbäume auftreten, denen man einen tropischen Charakter zuschreibt und die nichts desto weniger vormals bis in die Nähe der Pole sich verbreitet haben. Die Bären- und Melville-Insel, beide unter dem 76<sup>ten</sup> Breitengrade gelegen, sind die am Meisten gegen Norden vorgeschobenen Punkte, an welchen man bis jetzt Steinkohlenpflanzen gefunden hat, welche von einigen Geologen auch in die devonische Formation verwiesen werden.

Nach unserer vorhin mitgetheilten Tabelle ergibt sich für die Mitte der devonischen Formation unter dem 76° nördlicher Breite  $T = 9^{\circ},3$ ;  $T + \frac{1}{2}t = 12^{\circ},4$  und für  $T - \frac{1}{2}t = 6^{\circ},2$ . Es zeigt sich also hier ein Klima dessen mittlere Jahrestemperatur der von Turin, eine Sommertemperatur, welche der des mittleren Deutschlands und eine Wintertemperatur, die der von Nizza etwa gleich kommen würde; dabei war dasselbe feuchter, regelmässiger verlaufend, fast ohne alle continentelle Einflüsse und ohne Winterfröste. Das Klima zu Anfang der eigentlichen Steinkohlenformation war nach unserem Ueberschlage ein wenig geringer.

Die zu dieser Zeit wachsenden Pflanzen glichen denen in einem Treibhause. Der beständig bedeckte Himmel vertrat das Glasdach und der von unten erwärmte Grund glich dem durch Dampfrohren künstlich erwärmten Fussboden.

In der Mitte der devonischen Formation war die Wärmezunahme etwa 100 mal so rasch als gegenwärtig und ein Farrenbaum mit 5 Fuss tief gehenden Wurzeln würde daher in eine etwa 4° R höhere Temperatur, als die an der Erd-Oberfläche befindliche hineinragen und in der Tiefe gegen jeden Frost geschützt sein. Wenn man den auf der Bären-Insel von KEILHAU entdeckten und von LEOPOLD VON BUCH beschriebenen Sigillarien und Farren eine recht niedrige Temperaturgrenze zugestehen wollte, so scheint es mir doch unzweifelhaft zu sein, dass die temporäre Existenz solcher Pflanzen nicht ohne Beihülfe der inneren Erdwärme allein durch das Seeklima der Gegenwart erklärt werden könne.

In diesem letzteren ist unter  $\varphi = 76^\circ$ ,  $T = 1^\circ,2$ ;  $T + \frac{1}{2} t = 5,5$  und  $T - \frac{1}{2} t = -3^\circ,1 R$ .

Die am äussersten Ende des Golfstroms gelegene Bäreninsel besitzt nahe zu dieses Klima und besonders milde Winter, denn nach LEOPOLD VON BUCH hat man dort in der Weihnachtsnacht im offenen Meere beim Scheine des Nordlichts Wallrosse gefangen. Die Flora der Bäreninsel ist jedoch gegenwärtig daselbst eine rein arctische und es zeigen sich auf ihr keine Pflanzen, welche auch nur von fern an jene älteren Formationen erinnern.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass nachdem die Atmosphäre ihren nöthigen Temperaturgrad erlangt hatte, die Steinkohlenformation innerhalb der Polarkreise etwas früher als in den gemässigten und aequatorialen Zonen begonnen, aber auch früher als in diesen aufgehört hat. Jene arctische Steinkohlenflora lag dann längst in den Schichten der Erde begraben, während in südlicheren Breiten die Entwicklung derselben Pflanzen für längere Zeit fort dauerte, aus welcher die mächtigen Kohlenflötze hervorgingen, die von unserer Industrie ausgebeutet werden.

Die Steinkohlenflötze wären somit, wenn diese Bemerkung richtig ist, nicht gleichalterig und die nördlichsten könnten sehr wohl in der Zeit entstanden sein, die man in südlicheren Breiten als devonische bezeichnet. Ihre Bildung war bereits abgeschlossen, als z.B. in Deutschland dieselbe noch lange fortbestand. Es erklärt sich daraus, dass die reicheren in Europa bauwürdigen Flötze nicht bis in die nördlichsten Breiten hineinreichen, sondern nur bis zu einem etwas milderen Klima, etwa bis zum 56<sup>ten</sup> Breitengrade in Schottland reichen.

Für die Breite von Edinburg und Glasgow ergeben sich nach unserer Tabelle für die Steinkohlenformation folgende Zahlen:

$$T = 11,6, \quad T + \frac{1}{2} t = 14,6 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 9,5$$

Es wäre dieses eine mittlere Jahrestemperatur, wie die von Nizza, eine Sommertemperatur, wie die des mittleren Deutschlands und eine Wintertemperatur, wie die von Messina.

In der Deutschen Steinkohlenformation, z.B. bei Saarbrück unter dem 49° N. B. würde

$$T = 13,0, \quad T + \frac{1}{2} t = 16,1 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 10,3$$

gefunden werden.

Diese Temperaturen entsprächen dem Klima, von Aukland in Neu-seeland, der wahren Farrenbaum Region der Gegenwart, nur würde die Wintertemperatur der Steinkohlenformation sich noch etwas günstiger gestalten.

Die Beobachtungen für Aukland ergeben nämlich:

$$T = 11^{\circ},81, \quad T + \frac{1}{2} t = 16^{\circ},0 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 7,4,$$

Schon in der Permischen Formation, welche ebenfalls bis in die höchsten nördlichen Breiten hinein reicht, mehr aber noch in den Triasschichten vermindert sich nach und nach der Einfluss der inneren Erdwärme und in der Nähe der Pole beginnt nach unserer Rechnung die erste Eisbildung.

Unter dem 50<sup>ten</sup> Breitengrade, etwa in der Mitte Deutschlands ist in der Trias folgendes Klima zu erwarten:

$$T = 10,84, \quad T + \frac{1}{2} t = 13,90 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 7,70,$$

Man fände also die Jahrestemperatur der Lombardei die Sommertemperatur des mittleren Deutschlands und fast die Wintertemperatur Palermos.

Dass in einem solchen Winterklima ausser Palmen auch Zamien und Cycadeen bestehen konnten, wird uns nicht befremden.

Während der Jura- und Kreide-Ablagerung dauerten die ebenbeschriebenen Temperaturverhältnisse mit geringer Abnahme fort, und näherten sich so den der Gegenwart voraufgegangenen Klimaten der Tertiär- und Diluvialformation. Sie verdienen eine um so sorgfältigere Betrachtung, da nach der Ansicht vieler Geologen in dieser Epoche eine entschiedene Umwandlung des Klimas stattgefunden haben soll, die sich durch das plötzliche Eintreten einer Eiszeit hätte zu erkennen gegeben.

AGASSIZ und dessen Anhänger wurden zu dieser Hypothese durch die Alpine Gletscher- und Findlingsverbreitung geleitet und versuchten

dieselbe durch die Erscheinungen in der organischen Schöpfung noch wahrscheinlicher zu machen, in dem sie auf folgende Beobachtungen sich zu stützen suchten:

1) Man glaubt aus der Umgestaltung der Flora am Schlusse der Tertiärzeit auf ein plötzliches Sinken der Temperatur schliessen zu können.

2) Einen anderen Stützpunkt für diese Ansicht glaubte man in den Aussterben mancher grösserer Landsäugethiere der Diluvialzeit zu finden; namentlich schien das merkwürdige Vorkommen der noch mit Haut und Haaren bedeckten Elephanten-Leichname in dem tiefgefrorenen Sibirischen Boden jener Hypothese Vorschub zu leisten.

3) Wurde die Meeresorganisation, vornehmlich die Verbreitung der arctischen Conchylien in südlichen Meeren als ein hauptsächlichlicher Beweis für jene allgemeine Eisverbreitung betrachtet.

Bevor wir auf die nähere Beurtheilung dieser Verhältnisse eingehen, scheint es durchaus erforderlich zu sein das Klima in den Formationen genauer zu untersuchen, welches der Diluvialzeit kurz voraufgegangen ist und darauf das ins Auge zu fassen, welches ihr unmittelbar nachfolgte. Wir haben dabei auf die physikalischen Vorgänge zu achten, welche jenes Klima umgestalteten, die Veränderung von Meer in Land kömmt dabei wesentlich mit in Betracht.

## II. *Das Klima zur Tertiärzeit so wie die Bedingungen für die damalige Flora.*

Das Klima einer Gegend hat zu allen Zeiten den Charakter der Flora derselben bedingt und man hat daher aus der Beschaffenheit dieser auf die Beschaffenheit der Klimate Rückschlüsse zu machen sich erlaubt. Wenn nun auch zwischen beiden ein unverkennbarer Zusammenhang stattfindet, so werden wir doch bei dem näheren Eingehen in solche Fragen zu grosser Vorsicht ermahnt.

Es sind vornehmlich die Pflanzen der Tertiärflora der verschiedenen Länder, welche sehr viel Eigenthümliches darbieten und im Allgemei-

nen auf wärmere, ja sogar auf subtropische Klimate hinweisen und ebendaher für die Beantwortung unserer Frage ein reiches Material zu liefern scheinen.

Wir werfen zuerst einen Blick auf die eocenen pflanzenführenden Schichten der Alpen, welche in dem Kohlenflötz von Häring in Tyrol vorkommen, die durch GÜMBEL <sup>1)</sup> und ETTINGSHAUSEN <sup>2)</sup> ausführlich untersucht und beschrieben sind. Dieses auf der Nummuliten-Formation ruhende, aus Pechkohle, die keine Holzstruktur mehr zeigt, bestehende 28 Zoll starke Flötz, wird durch ein 8 Klafter mächtiges Dach von bituminösen Kalk und Schieferplatten überlagert, in welchen eine grosse Menge trefflich erhaltener Pflanzenabdrücke zum Vorschein kommen.

Die mittlere Temperatur der Flora von Häring, unter der Breite 47° 20', wird von GÜMBEL und ETTINGSHAUSEN auf 20° R. geschätzt, dagegen beträgt das gegenwärtige Seeklima für die Breite

$$\varphi = 47^\circ 20', T = 10,0$$

oder die Temperatur der Erde wäre zur Eocene-Zeit nach obiger Annahme um 10° höher als sie gegenwärtig ist. Man fände alsdann für den Aequator:

$$\eta + \xi = 31,02$$

und für 47° 20'

$$\eta + \xi \cos 2\varphi = \eta - 0,08136 \xi = 20$$

$$\text{darauf findet man } \eta = 20,94 \quad \xi = 10,08$$

oder die mittlere Temperatur der Erde wäre damals

$$T = 24^\circ,30 \text{ R,}$$

fast doppelt so gross gewesen, als die mittlere gegenwärtig durch die Sonne erzeugte Temperatur.

Die hier aufgefundene Flora gleicht der von Neuholland und soll auch manche Analogien mit der Ostindiens darbieten. Man hat unter diesen Pflanzenüberresten Araucarien, Banksien, Casuarinen, Myrtaceen u. s. w. im Ganzen 180 Pflanzenarten gefunden, von denen 41 ausschliesslich

<sup>1)</sup> *Geognostische Beschreibung des Bayrischen Alpengebirges*, S. 641.

<sup>2)</sup> *Abhandlungen der K. geol. Reichsanstalt*, II 2.

anderen eocenen und nur 9 Arten miocenen Floren gemeinschaftlich sind, wesshalb man die Flora von Häring der erst genannten Formation zuzurechnen berechtigt ist. Die in derselben auftretenden Pflanzen haben in der Nähe des Meeresniveaus in einer Zeit gelebt, in welcher die Alpenkette entweder gar noch nicht oder nur in sehr flachen Hügelzügen vorhanden war, eine Vermuthung, welche schon dadurch wahrscheinlich gemacht wird, dass dieselben eocenen Kohlenlager, welche von Häring noch weiter gegen Süden zu verfolgen sind, vermuthlich mit dem Tertiärbecken von Vicenza in Verbindung gestanden haben.

Dem Alter nach folgen in den Alpen auf diese Ablagerungen die vorzugsweise in der Schweiz verbreiteten unteren Süsswassermolasse-Schichten, deren Pflanzenreste durch HEER untersucht und in ausgezeichneter Weise beschrieben sind. Nach unserer vorhin mitgetheilten Tabelle würde man in der unteren Süsswassermolasse folgende Temperaturen erwarten können:

$$T = 10,50, \quad T + \frac{1}{2} t = 13,5 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 7,5$$

also eine mittlere Jahrestemperatur, die etwas wärmer als die von Mailand wäre, eine Sommertemperatur, wie die des mittleren Deutschlands und eine Wintertemperatur, welche der von Catania nah gestanden hat. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Verlauf der Temperatur in den verschiedenen Jahreszeiten ein sehr gleichmässiger war und der Frost im Winter ganz oder sogut wie ganz fehlte. Die Sommerwärme genügte jedoch für die vollständige Entwicklung einer Reihe von Pflanzenformen, die sich jetzt in ähnlicher Weise in südlichen Gegenden finden und von denen man anzunehmen pflegt, dass sie ein tropisches oder wenigstens subtropisches Klima für ihre Existenz bedürfen.

Hochwälder von immergrünen Bäumen, Eichen und Lorbeer, besonders *Daphnigene polymorpha*, die mit Ahorn, Ulmen, Nussbäumen, gefiederten Acazien und mit Liquidambar wechselten, bildeten den Hauptbestand der Waldungen in der unteren Molasse; Nadelhölzer fanden sich seltener und wurden durch drei verschiedene Cypressenformen

vertreten, von denen eine der in den südlichen Vereinigten Staaten lebenden Sumpfcypresse (*Taxodium distichum*) nahe verwandt zu sein scheint. Schlingpflanzen, wie in den Tropen, umzogen die Baumstämme, auch fehlte es nicht an Unterholz, an niedrigen Kräutern und schwimmenden Sumpfpflanzen.

Für den Charakter jener Flora sind besonders 7 verschiedene von HEER aufgefundene und beschriebene Palmenarten wichtig, welche 6 verschiedenen Gattungen angehören. Ihr Vorkommen im Schweizer Tertiär ist indess nicht so wunderbar als es auf den ersten Anblick erscheint. Gegenwärtig erreichen die Palmen noch den 44 Breitengrad und würden im Meeresniveau unter dem Einflusse eines vollständigen Seeklimas, auch ohne Beihülfe der inneren Erdwärme, um mehrere Grade weiter gegen Norden sich verbreiten können. HEER findet das Klima in der unteren Molasse der Schweiz aus vergleichenden botanischen Untersuchungen mit dem folgender Orte übereinstimmend <sup>1)</sup>.

	φ	Winter T.	Frühling T.	Sommer T.	Herbst T.	Jahres T. C.
St. Cruz Teneriffa.....	23	18,1	21,3	24,9	23,4	21,9
Cairo.....	30	14,7	21,9	29,2	23,6	22,4
Tunis.....	37	13,2	18,3	28,3	21,9	20,3
Canton.....	23	12,7	21,0	27,8	22,7	21,0
New Orleans.....	30	13,3	24,0	27,5	21,0	20,5
	29°,6	14,4	20,6	27,5	22,5	20,2

Nach diesen Beobachtungen wäre die mittlere Jahrestemperatur für 29° 36',  $T = 20,2 \text{ C.} = 16,16 \text{ R.}$ , fast genau übereinstimmend mit den Zahlen in Tab. III Seite 124. Dieses wäre die mittlere Jahrestemperatur, welche HEER für die Flora der unteren Molasse annimmt. Sie ist um 7°,1 C. = 5°,68 R. grösser als die Zahl, welche aus unseren Untersuchungen sich ergibt. Die jetzt lebenden Pflanzen, welche man mit den fossilen der Schweizer Molasse vergleicht, verbreiten sich also über einen Gürtel von 14 Breitengraden und halten sich zwischen den Temperaturgrenzen 22°,56 C. = 18°,05 R. und 17°,04 C. = 13°,63 R. (Tabelle III).

<sup>1)</sup> *Flora Helvetiae*, Band 3, pag. 333.

Wenn nach diesen Beobachtungen der Spielraum in der Temperatur 4°,4 R. für die genannte Flora beträgt, so ist in der That kein Grund einzusehen, warum er nicht so lange nur im Winter aller Frost ausgeschlossen ist, noch um einige Grade grösser sein könnte. Es folgte nun nachdem ein Meeresarm aufs Neue in die Schweiz eingedrungen, und darauf noch ein Mal verdrängt war, die Bildung der oberen Süswassermolasse mit ihrer eigenthümlichen, vornehmlich in der Umgebung von Oeningen entwickelten Flora. Dieselbe besitzt mit der von Sinigallia, welche durch MASSALONGO in seinem ausgezeichneten Werke beschrieben ist <sup>1)</sup> die grösste Aehnlichkeit. Die Palmen, von denen noch einige Arten in der Umgebung von Sinigallia vorhanden waren, sind in der Oeninger Flora bereits erloschen, dagegen erscheinen Pappeln, Arhorn, Nussbäume, der Seifenbaum, Feigen, immergrüne Eichen, Kampher- und Zimmbäume u. s. w. Sowohl HEER wie MASSALONGO machen darauf aufmerksam, dass die beiden ebengenannten Floren eine Anzahl Indischer, Neuholländischer und Amerikanischer Formen aus den südlichen Vereinigten Staaten enthalten, welche an den Rändern des Mittelmeers gegenwärtig durchaus erloschen sind.

Die Oeninger Flora erstreckt sich mit einigen Verschiedenheiten bis in die mittleren Tertiärschichten des Rheinischen Siebengebirges und des vulkanischen Gebiets vom Laacher See. Namentlich sind daselbst wie bei Oeningen *Juglans acuminata*, *Liquidambar europaeum*, *Cinnamomum polymorphum* und *lanceolatum* u. s. w. aufgefunden worden <sup>2)</sup>.

HEER glaubt das Klima, welches während der Ablagerung der oberen Süswasser-Molasse von Oeningen herrschte, den Klimaten folgender Gegenden gleichsetzen zu dürfen.

---

<sup>1)</sup> *Studi sulla Flora fossile e geologia stratigrafica del Senigalliese di A. MASSALONGO e G. SCARABELLI GOMMI FLAMINI*, Imola 1859.

<sup>2)</sup> Vergleichende Uebersicht der vulkanischen Erscheinungen im Laachersee-Gebiete und in der Eifel, von H. v. DECHEN, *Zeitschrift der Deutschen geolog. Gesellschaft*, Band XVII, S. 143.

	$\varphi$	Winter T.	Frühling T.	Sommer T.	Herbst T.	M. Jahres T. C.
Funchal Madeira . . . . .	32° 38'	15,8	16,9	20,9	19,6	18,3
Malaga . . . . .	36 40	12,4	17,5	26,0	20,7	19,1
Messina . . . . .	38 0	12,8	16,4	25,1	20,7	18,8
Nangasaki . . . . .	32 0	8,4	15,5	27,7	21,6	18,3
Savannah . . . . .	32 0	11,8	19,0	25,7	19,3	18,9
	34° 16'	12,2	17,0	25,1	20,4	18°,68 C.

Danach müsste von der unteren bis zu oberen Molasse ein Sinken von 1°,6 C stattgefunden haben.

Auch die Oeninger Flora verschwand. Nach und nach trat an ihre Stelle eine Flora, welche bei Utznach und Dürenten in der Schieferkohle wieder aufgefunden ist und vor der Hauptgletscher-Ausbreitung sich entwickelt hat, wie dieses aus den von ESCHER VON DER LINTH und von HEER mitgetheilten Profilen hervorgeht.

Die in der Schieferkohle aufgefundenen nicht immer gut erhaltenen Pflanzenüberreste stimmen bis auf kleine Verschiedenheiten mit der Flora unserer Zeit vollkommen überein. Man hat bisjetzt 24 Arten entdeckt, unter denen ein Strauch *Corylus avellana*, mehrere Kräuter und Moose und 8 Bäume sich befinden, nämlich: *Pinus abies*, *Pinus sylvestris*, *Pinus montana*, *Pinus larix*, *Taxus baccata*, *Betula alba*, *Quercus robur* und *Acer pseudoplatanus*.

Die Schichten der Schieferkohle von Utznach und Dürenten liegen 512 und 415<sup>m</sup> oder etwa 1580 Fuss über dem Meere; ähnliche derselben Zeit angehörige Kohlenlager werden bei Chamberg und auch an der Südseite der Alpen gefunden.

Das Klima, in welchem sich diese Flora entwickelte, muss mit dem gegenwärtigen vollkommen übereingestimmt haben; um so auffallender aber ist der Unterschied des Klimas, unter dessen Einflusse die Schieferkohle und die Oeninger Schichten abgelagert sind. Um diese Verhältnisse besser zu übersehen, stellen wir für die Breite 46° 30' nach Tab. XII und für das Meeresniveau folgende Zahlen zusammen:

	Meeresniveau	Niveau des Landes	Temp. der Vegetation	Nach GÜMBEL u. HEER.
	<i>T</i>		<i>T'</i>	<i>T''</i>
1 Eocene Schichten von Häring, Anfang des Tertiärs.	10,69	0—100 F.	10°,5	20,°
2 Untere Molasse Lausanne, Mitte der Tertiärs.....	10,53	0—100	10,4	16,2
3 Obere Molasse Oeningen, Mittel zwischen 2 und 4.	10,46	400—600	9,5	14,9
4 Utznach-Düreuter Schichten, Anfang des Diluviums.	10,39	1580	7,8	7,0
5 Gletscher-Zeit, Mitte des Diluviums.....	10,27	4600	2,0	4,3
6 Gegenwart.....	10,12	1400	7,5	7,5

Daraus folgt die muthmassliche Meereshöhe des Landes auf dem sich die Vegetation entwickelt hat, und die daselbst herrschende Temperatur *T'*. Die eocenen Schichten von Häring und die der unteren Süswasser-Molasse von Lausanne bildeten flache Höhenzüge am Meeresufer in einer Zeit, in welcher die eigentliche Alpenkette noch nicht bestanden hat. Unter dem Einfluss von fast vollkommenem Seeklima und unter der vollen Herrschaft der Südwinde war die mittlere Jahrestemperatur der der Lombardei gleich, die Winter erinnerten an die von Sicilien, obwohl die Temperaturschwankungen in demselben vermuthlich geringer waren. Die Sommer dagegen sind etwa denen des südlichen Deutschlands in unserer Zeit vergleichbar gewesen.

Unter *T'* findet man die von den Botanikern geschätzten Temperaturen, welche aus den Temperaturen für jetzt lebende Pflanzen verglichen mit den verwandten fossilen abgeleitet worden sind. So nimmt man für die Schichten der Häringer Pflanzen 20° R., also 9°,31 R. grösser als unsere Rechnung an; eine Temperatur die der Seetemperatur am Aequator fast gleich stände. Für die Flora von Lausanne setzt HEER die Temperatur zu 16,2 R. oder 5°,7 R. grösser als unsere Rechnung.

Mit der Wärmethorie sind diese Temperatur-Schätzungen der Botaniker nicht zu vereinigen. Ein Temperaturüberschuss von 9°,31 R. wäre nicht durch die Sonnenwärme, sondern nur durch die innere Erdwärme zu beschaffen und würde eine mindestens 350 mal raschere Wärmezunahme als die gegenwärtige erfordern, d. h. in einer Tiefe von 25 bis 30 Fuss würde überall siedendes Wasser zu erwarten sein, oder die

Erdrinde hätte damals eine Dicke von kaum mehr als 300 Metern besitzen können. Die unter der Molasse liegenden Kreide-, Jura- und Triasschichten, der ältern sedimentären Formationen und krystallinischen Gesteine gar nicht zu gedenken, sind schon allein für sich sehr viel mächtiger. Ferner sind die Ueberreste solcher abnormer geologischer Vorgänge, z.B. Quellensinterbildungen von Kochbrunnen, nirgend aufgefunden worden; endlich müsste von der Tertiärzeit an bis jetzt die Wärmezunahme sich um 350 mal sich vermindern, wozu enorme Zeiträume erfordert würden, welche wir bei allem Glauben an ein sehr hohes Alter der Erde, der jüngsten Formation allein zugestehen müssten. Nach FOURIER'S Untersuchungen wäre nämlich ein Zeitraum von mehr als 3000 Jahre erforderlich um den von der Erdwärme herrührenden Wärmeüberschuss auf die Hälfte seines Masses herabzudrücken, d. h. von  $3\frac{1}{10}^{\circ}$  C. zu  $1\frac{1}{10}^{\circ}$  C. zu gelangen. Ferner berechnet derselbe Mathematiker, dass von den Zeiten der Alexandriner an die Temperatur der Erdoberfläche um weniger als  $\frac{1}{2}\frac{1}{3}^{\circ}$  C abgenommen habe. Für die Temperaturabnahme von  $1^{\circ}$  C würde also weit über eine halbe Million Jahre erfordert werden. Man mag sich die Sache betrachten wie man will, so ist nach den Grundsätzen der Wärmetheorie für die neueren geologischen Zeiträume kein Ueberschuss von Seiten der inneren Erdwärme zu gewinnen, wie er von den Botanikern für die pflanzengeographischen Erscheinungen der Tertiärzeit angenommen wird, und es fragt sich nun, ob nicht die Temperaturen, wie sie in unserer Tabelle XII angegeben sind, die für die neueren Formationen fast nur von der Sonnenerwärmung abhängen, für das Bedürfniss der Tertiärflora vollkommen genügen.

Wir werden hier wieder, so wie es in den ältesten Formationen der Fall war, darauf hingewiesen, dass auch für den Charakter der Tertiärflora die Wintertemperatur massgebend gewesen sei. Ein Blick auf die Flora von England und Irland wird diese Ansicht vollkommen bestätigen. Auf der Insel Wight so wie an der Küste von Cornwall findet man gegenwärtig unter den 51<sup>ten</sup> Breitengrade eine Vegetation, welche der tertiären von Oeningen nur wenig nachsteht, denn auf der Insel Wight

ist die mittlere Temperatur des kältesten Monats  $3^{\circ}$  R. und die mittlere Temperatur des wärmsten Monats  $14^{\circ},5$  R.; immergrüne Eichen, Lorbeer, Myrthen und sogar Orangen überwintern im Freien. Feigen, Cedern, Araucarien, Magnolien verbreiten sich auch im nördlichen England. Im botanischen Garten zu Belfast in Irland bemerkte ich an einer Mauer im botanischen Garten mehrere aus Neuholland kürzlich eingeführte Schlingpflanzen, die vollkommen gut fort kamen.

Est ist daher nicht wunderbar, dass in dem 4 bis 8 Breitengrade mehr südlich gelegenen Oeningen Bäume von ähnlicher Beschaffenheit vorgekommen sind. Man werfe ferner einen Blick auf die Flora der Isola bella, auf welcher japanische und viele südeuropäische Pflanzen herrlich gedeihen. Wenn sie Schaden leiden und ihr Wachstum behindert wird, so ist dieses stets nur in den kalten Wintern der Fall, in denen die Kronen der Cypressen und Magnolien und die am Spalier gezogenen Orangen und Citronen leiden. Der kälteste Monat zur Zeit der oberen Molasse zu Oeningen kann auf  $6^{\circ},5$  R. veranschlagt werden, und war somit dem Winter von Neapel zu vergleichen, und wärmer als der der Isle of Wight.

Man braucht jedoch für diese Flora nicht einmal vollständiges Seeklima voraus zu setzen; dasselbe Klima mit mässigen continentalen Einflüssen würde den meisten Oeninger Tertiär-Pflanzen auch noch genügen, so dass die Winter um etwas kälter und die Sommer um so viel wärmer anzunehmen wären.

Nach HEER's Angaben fände von der Zeit der unteren Molasse bei Lausanne bis zur Zeit der oberen Oeninger Molasse ein Sinken der mittleren Temperatur von  $1^{\circ},5$  C. =  $1^{\circ},2$  R statt. Diese sehr geringe Temperaturerniedrigung soll jedoch ausreichen um das Aussterben der Palmen zu bewirken, die unter ganz ähnlichen Verhältnissen in der Tertiärflora von Sinigaglia gefunden werden. Wären die von HEER auf Seite 340 angenommenen Temperaturangaben für Oeningen massgebend, so wäre in der That kein Grund vorhanden, wesshalb bei einem solchen Klima, welches dem Siciliens vollkommen entspricht, keine Palmen fort kommen sollten; es muss also doch wohl erheblich niedriger als das

eben angenommene gewesen sein. Die sich zeigende Temperaturabnahme scheint jedoch weniger in der Abnahme der Erdwärme und dem veränderten Wärmetransport, der nur sehr wenig betragen dürfte, als in der veränderten Reliefform des Landes gesucht werden zu müssen. Verlegen wir das Uferland der damaligen Oeninger Gegend in eine Höhe von 400—600 Fuss, so ist für dasselbe, im Vergleich zum Meeresniveau, eine Temperaturabnahme von etwa  $1^{\circ},5$  C. nothwendig.

Der grössere Theil der Alpenerhebung scheint nach dem Auftreten der Oeninger Flora erfolgt zu sein. Es steigt nun nicht nur die Alpenkette selbst, sondern auch das auf der Nord- und Südseite des Gebirge angrenzende Flachland zugleich mit dem abgesperrten Binnensee, wie dieses bereits vorhin aus einander gesetzt worden ist. Beide gelangen allmählig in ein Niveau von 1600 Fuss und es bildet sich so, unter den neugeschaffenen klimatischen Bedingungen, die Utnacher und Düreuter Schieferkohlen-Flora, während die von Oeningen bereits erloschen war. Die Schweiz hat also schon damals, was auch von HEER angenommen wird, nahezu unser jetziges Klima gehabt, doch macht es gerade diese Beobachtung im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die klimatischen Verschiedenheiten in der untern und obern Molasse im Vergleich zur Gegenwart nicht oder nur zum beiweitem kleinsten Theile durch den Beitrag der inneren Erdwärme, sondern nur durch den Einfluss des Seeklima's bedingt gewesen sind; denn der Zeitraum, welcher von der Ablagerung der Oeninger Formation bis zu der von Utnach verflossen, ist mit dem von da bis zu Gegenwart gewiss vergleichbar; der letztere kann möglicherweise sogar grösser gewesen sein. Wie ist es nun möglich, dass in Folge der inneren Erdwärme und des veränderten Wärmetransports nach HEER für den ersten Zeitraum ein Sinken der Temperatur von etwa  $8^{\circ}$  R. stattfindet, während in dem zweiten vielleicht gleich grossen Zeitraume gar keine Temperaturverminderung zum Vorschein kommt. Der Wärmethorie gemäss müsste aber eine ausserordentlich gleichförmige und sehr geringe, aber keine sprungweise Wärmeabnahme von der Molassezeit an bis zur Gegenwart beobachtet werden.

HEER hält dagegen für die sogenannte Eiszeit ein Sinken der mitt-

leren Temperatur um  $4^{\circ},0$  C. =  $3^{\circ},2$  R. für ausreichend, eine Zahl, welche nach unseren Untersuchungen um  $2^{\circ},5$  R. zu klein angenommen ist; denn ein Sinken der mittleren Temperatur von  $3^{\circ},2$  R. würde einer Bodenerhebung von 1900 Fuss entsprechen; die sich fast doppelt so gross ergeben hat.

In dieser Zeit, in welcher die Alpen mit ihrer Hochebene zum Maximum ihrer Höhe und die Gletscher- und Treibeisbildungen zu ihrer grössten Ausdehnung gelangten, ist auch die Schieferkohlenflora ausgestorben und wird unter Findlings-Trümmern begraben. Eine hochalpine Flora, von der vielleicht keine Reste bis zu unseren Tagen aufbewahrt sind, folgte unter solchen Temperaturverhältnissen der Uznacher Flora; dann trat die Rücksenkung des Gebirges ein, die Gletscher zogen sich langsam in ihre jetzigen Grenzen zurück und die Flora der Gegenwart, die in dem tieferliegenden Niveau, z.B. in einzelnen Gegenden des südlichen Deutschlands, Frankreichs und Ober-Italiens fortbestand, bezog wieder in ihre alten Plätze, aus denen sie zeitweise verdrängt worden war. Wir sehen also, dass der Entwicklungsgang, welchen die Organisation von der Tertiärzeit angenommen hat, durch die innere Erdwärme kaum noch beeinflusst aber durch die verschiedene Vertheilung von Meer und Land und durch die wechselnde Reliefform des letztern wesentlich bedingt wird; nirgend macht sich ein gewaltsames und unerwartetes Eingreifen einer plötzlichen über den grössten Theil der Erde verbreiteten Kälte bemerkbar, welche uns berechtigte eine Eiszeit und einen durch sie bewirkten allgemeinen Untergang der Thier- und Pflanzenwelt anzunehmen.

Mit Berücksichtigung der Reliefform der Erde können dann in südlichen Breiten auf verhältnissmässig enge Räume beschränkte Glacialerscheinungen vorkommen, welchen man missverständener Weise eine geographische Ausdehnung beilegte, die sie zu keiner Zeit gehabt haben. Die organische Welt passt sich aber in bewunderungswürdiger Weise allen durch das Relief herbeigeführten inselartig vertheilten Temperaturbezirken an, und es entsteht so auf der Erdoberfläche eine Mannigfaltigkeit von organischen Typen, welche in den ältesten Formationen nicht vorhanden gewesen zu sein scheint.

Wir sehen jetzt in geringen Entfernungen die verschiedensten Klimate und mit ihnen die verschiedensten Organisationen neben einander bestehen. Auf den Kämmen der Alpen und am Gipfel des Aetna erscheinen arctische Thier- und Pflanzenformen, und kaum eine halbe Meile tiefer wiegen die Bananen und Dattelpalmen ihre Kronen in der Gluth des Sciroccos. Es ist also durchaus keine wunderbare Erscheinung, dass bei der Beweglichkeit der Erdrinde jetzt einige Gegenden vergletschert sind, die es vormals nicht waren, und umgekehrt; wo solche Verhältnisse vereinzelt vorkommen, unterwerfen sie sich den allgemeinen Wärme-gesetzen und bilden keine Ausnahmzustände, die von vielen Geologen der neueren Zeit zur Erklärung der Glacialerscheinungen in Anspruch genommen worden sind.

Wenn die gegenwärtige Schöpfung unterginge, wie die uns vorausgegangene diluviale untergegangen ist, so würden künftige Beobachter gewiss zur Vorsicht ermahnt werden aus einzelnen organischen Resten, die ihnen zufälligerweise in die Hände fielen, allgemeine Schlüsse über die Klimate der Gegenwart zu ziehen. Würde man berechtigt sein, aus dem Vorkommen einzelner fossiler Alpenpflanzen, oder aus dem Vorkommen einiger in unserer Zeit durch Gletscher gebildeter Felsschliffe eine Vergletscherung von ganz Europa anzunehmen? Es ist aber nicht allein die Flora der Schweiz, welche vor und nach der höchsten Erhebung der Alpen gegen eine allgemeine Vergletscherung eines grossen Theiles der nördlichen Halbkugel spricht, auch die Tertiär- und Diluvial-Floren aller übrigen Länder Europas stimmen mit jener Hypothese durchaus nicht überein.

Die Floren der südlich von den Alpen verbreiteten Tertiärschichten zeigen in einem noch höheren Grade einen subtropischen Charakter wie die von Lausanne und Oeningen, und dasselbe gilt in gewissem Grade von den bisjetzt gefundenen diluvialen Pflanzen dieser Länder. Aber auch nördlich von den Alpen deuten zunächst die Floren der verschiedenen Braunkohlenlager auf ein mildes gleichmässigeres wenig von continentalen Einflüssen beherrschtes Klima und es gilt hier alles, was wir bereits über das Klima während der Schweizer Molassebildung

gesagt haben, jedoch mit Berücksichtigung der verschiedenen nördlichen geographischen Breiten.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen im Bezug auf die Verbreitung fossiler Pflanzen in der Tertiärzeit, gehören die welche man in den Isländischen Surturbrand-Schichten unter dem 65° zu beobachten Gelegenheit hat. In denselben finden sich in verschiedenen Localitäten 5 verschiedene Pinus-Arten, eine Eiche, ein Ahorn, verschiedene Birken und Weiden und das seltene, nur in wenigen Exemplaren bisjetzt bekannte, sehr charakteristische Blatt vom Tulpenbaum. Zwei von Professor STEENSTRUP aufgefundene Blätter desselben, die ich im Kopenhagener Museum zu sehen Gelegenheit hatte, sind von HEER unter dem Namen *Liriodendron Procaccinii* bestimmt, und sollen mit der von MASSALONGO beschriebenen bei Sinigaglia aufgefundenen Species übereinstimmen.

Zur weitem Aufklärung dieses interessanten Fundes hat HEER über die Verbreitung des Tulpenbaumes sorgfältige Nachforschungen angestellt. In dem Klima von Danzig bei einer mittleren Jahrestemperatur von 6°,0 R. und bei der Temperatur des kältesten Monats von — 2,0 R. soll der Tulpenbaum nicht mehr fortkommen. In einem nur etwas milderen Klima von Göttingen bei einer mittleren Jahrestemperatur von 6,8 R. und bei der Temperatur des kältesten Monats von — 0,6 R. haben wir mehrere ausgezeichnete Tulpenbäume, von denen ein sehr grosser, etwa 80 Fuss hoher, jährlich, sogar im vergangenen ungewöhnlich rauhen und kalten Sommer geblüht hat. Nördlich von Dublin kömmt der Tulpenbaum nur selten zur Blüthe, und HEER setzt seine nördliche Grenze in die Isotherme von 8° C. = 6°,4 R.

Nach unserer Tabelle ist in der Mitte der Tertiärzeit für den 65° N.B. folgendes Klima zu erwarten:

$$T = 4°,64, \quad T + \frac{1}{2} t = 8,6 \quad \text{und} \quad T - \frac{1}{2} t = 0,8.$$

In sofern sich continentelle Einflüsse geltend zu machen anfangen, muss man die Sommertemperatur etwas höher, die Wintertemperatur etwas geringer veranschlagen. Die warmen Winter Islands in der Tertiärzeit, die denen der Lombardei in unserer Zeit gleich zu setzen sind, scheinen die Existenz des Tulpenbaums selbst bei geringer Sommerwärme

auf dieser so nördlich gelegenen Insel für einige Zeit ermöglicht zu haben.

Die Isländische Tertiärflora, welche der des nördlichen Americas am Nächsten steht, kann nur von diesem Continente her nach der Entstehung der Insel eingewandert sein, sei es dass durch Strömungen der Luft und des Meeres oder auch durch Vögel Saamen verschleppt wurden. Man kann aber als zuverlässig annehmen, dass die tertiäre Baumflora Islands weder grosse Dauer noch grossen Umfang hatte, was die schmalen nicht bauwürdigen, selten einige Zoll mächtigen Braunkohlen-Flötze am Besten beweisen. Es ist so nicht unwahrscheinlich, dass der Tulpenbaum auf Island, von dem bisjetzt nur zwei Blätter gefunden sind, auf dieser Insel eine sehr ephemere Existenz besass und vielleicht niemals oder nur in besonders günstigen Jahren zur Blüthe und zu reifem Saamen gelangte. Er glich daher solchen Pflanzen, die bei uns aus etwas mehr südlichen Gegenden eingeführt, für eine Reihe von Jahren ausdauern, bevor sie zu Grunde gehen. Mit der abnehmenden geographischen Breite nimmt in Europa die Mächtigkeit der Braunkohlenflötze entschieden zu. Schon in dem nur 5° südlich von Island gelegenen Faroe gewährt der Surturbrand den Einwohnern ein gutes und ausgiebiges Brennmaterial. Die Deutschen Braunkohlenlager sind noch ausgedehnter. So wird das am Meissner vom Basalt überdeckte Flötz, dessen Mächtigkeit man über 60 Fuss schätzt, unserer Industrie noch für künftige Jahrhunderte ein reiches Brennmaterial gewähren. Es wiederholt sich so in der Tertiärzeit dieselbe Erscheinung, welche man bereits in der Steinkohlenformation zu beobachten Gelegenheit hatte. Auch im nördlichen Europa gibt sich während der tertiären Ablagerungen ein gleichmässiges mildes Seeklima zu erkennen, welches sogar von vielen Geologen für ein subtropisches gehalten wird.

Diesem Klima soll eine Eiszeit unmittelbar folgen; Skandinavien, England, Russland und Deutschland wird von Gletschern überdeckt! Die in allen diesen Gegenden ausgestreuten Findlingsblöcke und Schliffflächen gaben jener Hypothese einen scheinbaren Halt; indess sind wir schon durch FORCHHAMMER'S Arbeiten unterrichtet worden, dass der Findlingstransport in Dänemark während der Kreide-Ablagerungen be-

gonnen, und durch die Tertiärzeit bis zu Gegenwart fortgedauert hat. Er hat also jedenfalls während einer Zeit bestanden, in der ein üppiger Pflanzenwuchs, welcher in mancher Weise den gegenwärtigen übertraf, das mittlere Europa überkleidete. Wie sind aber solche Verhältnisse mit der Verbreitung eines Eispanzers zu reimen, durch dessen mehr als zweifelhafte Existenz die geologischen Erscheinungen nicht einmal erklärt werden? Betrachten wir aber das Diluvialklima ganz wie das unsrige und berücksichtigen allein die kalten Winter, in denen der Findlingstransport durch Eisschollen bewerkstelligt wird, so kann daneben in den übrigen Jahreszeiten eine der unseren ähnliche Flora und Fauna vollkommen gut bestehen.

Es gibt übrigens eine Reihe directer Beweise, dass in der Diluvialzeit während des Findlingstransports eine der unsrigen nahezu gleiche Flora vorhanden gewesen ist.

Sowohl viele der norddeutschen Travertinbildungen dieser Periode, auf welche wir noch ein Mal zurückkommen werden, als auch andere diluviale Schichten, Torflager u. s. w. zeigen uns eine untergegangene Flora, welche an die des Utnacher Lignits erinnert, aber noch erheblich viel jünger als dieser ist. Beispielsweise kamen etwa vor 11 Jahren die Ueberreste eines solchen untergegangenen Diluvialwalds im Elbbett unmittelbar bei Blankenese, in der nächsten Nähe der oben beschriebenen nordischen Findlinge, die bis an das Niveau des Stroms reichen, zum Vorschein. Um das Fahrwasser für den Durchgang grösserer Schiffe zu vertiefen, arbeitete den ganzen Sommer von 1854 eine grosse Baggermaschine am Boden des Stromes, welche zuerst Sand und darauf grosse Massen von Holz zugleich mit Süßwasser-Conchylien und Bernsteinfragmenten emporwühlte. Es waren Stücke von Eichenstämmen; das Holz zeigte deutlich seine Structur, hatte aber eine schwarze Farbe und erinnerte ganz an die Lignite. Dasselbe kam damals in so grosser Menge zum Vorschein, dass es von den Einwohnern des Dorfes ans Ufer gezogen, dort aufgehäuft, getrocknet und später als Brennmaterial benutzt wurde. Auch an vielen anderen Stellen des norddeutschen Diluviums und Alluviums werden theils in Torfmooren,

theils in thonigen Schichten Eichen- und Tannenstämme und Zweige aufgefunden. Einige derselben mögen aus den Zeiten der ersten menschlichen Bevölkerung abstammen, so z.B. werden in Ostfriesland aus Sümpfen und Torfmooren noch jetzt Eichen und Tannen 50—60 Fuss lang und zwei bis drei Fuss dick, wohlerhalten und zum Verbauen brauchbar, Haselnüsse mit Kernen <sup>1)</sup> u. s. w. ausgegraben; man findet die Bäume alle in einer Richtung von Nordwest nach Südost wie Leichen neben einander liegend, nicht mit der Wurzel ausgerissen, sondern anscheinend mit der Axt und mit Feuer getrennt. Man nennt diese Erscheinungen in Ostfriesland Baumstürze, und bemerkt sie besonders in den sogenannten Hochmooren. Andere dagegen, die in thonigen und lehmigen Schichten gefunden werden, haben ohne Zweifel ein grösseres Alter. So wurde bei der Anlage eines Grabens zur Vereinigung der Aue und Fuhse mit der Aller bei Celle in den thonigen Schichten viele starke Stämme und Aeste von Eichen angetroffen, deren Gipfel meistentheils die Lage zwischen Norden und Westen haben; sie waren schwarz und viele derselben hatten zum Verarbeiten brauchbares Holz <sup>2)</sup>.

Es sind sodann mehrere sogenannte postdiluviale Torflager, welche bald nach dem Aussterben der grossen Pachydermen entstanden zu sein scheinen, von BORNEMANN aus der Nähe von Mühlhausen beschrieben worden <sup>3)</sup>. Diese Lager zeigen eine Mächtigkeit von fast einem Lachter und enthielten viel bituminöses Holz, welches von Eichen, Buchen, Birken und Haselstauden herrührte; auch wurden Haselnüsse, Bucheckern und Reste von Baumschwämmen gefunden. Die in demselben vorgekommenen Knochen sollen Auerochsen, Hirschen und Ebern angehört haben.

Dass diese und andere im Alluvium und Diluvium aufgefundenen

---

<sup>1)</sup> Vor einer längeren Reihe von Jahren habe ich in Braunschweig solche Haselnüsse gesehen, deren Kerne aus einem sehr schönen braungelben, deutlich spaltbaren Kalkspath bestanden.

<sup>2)</sup> *Zur wissenschaftlichen Bodenkunde des Fürstenthums Lüneburg* von HEINRICH STEINVORTH, Lüneburg 1864.

<sup>3)</sup> *Deutsche geolog. Zeitschrift*, VIII.

vegetabilen Ueberreste aus sehr verschiedenen Zeiten abstammen, aber doch ohne Zweifel die verschiedenen Uebergangsstufen bezeichnen, welche zwischen der Gegenwart und der älteren Diluvialformation liegen, scheint selbstverständlich zu sein.

Aehnlichen Erscheinungen begegnet man an der Küste von Norfolk, wo ein versunkener Waldboden (forest bed), zum Theil noch aufrecht stehende Stammenden von Fichten, Kiefern u. s. w. gefunden werden. Dieses forest bed liegt unmittelbar über den sogenannten Crog-Schichten, in denen ebenfalls arctische Conchylien zum Vorschein gekommen sind <sup>1)</sup>).

Wir haben ferner noch der Travertinlager zu gedenken, welche theils in fließendem, theils in stehendem Wasser in Sümpfen und Teichen, besonders in solchen Gegenden, in denen ältere Kalkgebirge sich verbreiten, beobachtet werden. Ihre Bildung, welche in der Gegenwart noch ungestört fort dauert, fällt in die Zeit bis zur Findlingsverbreitung und bis zum Leben der Elephanten und Rhinoceros in unseren Gegenden zurück.

Man bemerkt so zunächst in der Nähe von Göttingen solche Travertinlager von der Mächtigkeit einiger Fusse, unter denen man vor etwa 10 Jahren eine aus Gabbro bestehende Streitaxt unserer Urbevölkerung gefunden hat. Einige noch ältere Schichten dieser Art enthalten viele Organismen der Thier- und Pflanzenwelt, welche sich unmittelbar an die unserer Tage anschliessen und die nach und nach, um so älter sie werden, um so grössere Verschiedenheiten hervortreten lassen. Knochen von Aurochs, Hirschen u. s. w., auch Eier von Sumpfvögeln sind in ihnen vorgekommen. In noch ältern hat man die grössten und ausgezeichnetsten Lagerstätten von Rhinoceros- und Mammuth-Knochen aufgefunden. Bei Burgtonna kamen Eier und Reste von Schildkröten (*Emys europaea*) zum Vorschein. Ferner ist eine grosse Anzahl von Land- und Süsswasser-Conchylien in ihnen beobachtet, die mit denen der Gegenwart verglichen nur kleine obwohl merkbare Abweichungen zeigen.

In gleicher Weise ist im Travertin eine nicht unbeträchtliche Flora,

<sup>1)</sup> HEER, *Urwelt der Schweiz*.

welche sich der der Gegenwart unmittelbar anschliesst und von den älteren Bildungen nur wenig verschieden ist, zum Vorschein gekommen. Es gibt wohl kaum eine geeigneteren Formation wie diese, welche obgleich sie immer lokaler Natur ist, sich über einen grossen Theil Europas verbreitet und in allen Zwischengliedern die älteste Diluvialzeit mit der Gegenwart verbindet. Wenn also eine Eiszeit jemals im Diluvium existirt hätte, so müssten ihre Wirkungen am Besten in den ältesten Travertinbildungen zum Vorschein kommen; dagegen zeigen sich hier nur solche Erscheinungen, welche nicht auf einen viele Jahrtausende anhaltenden Winter, sondern auf ein mildes und gleichförmiges Seeklima schliessen lassen.

### III. *Die Verbreitung der Pachydermen in der Diluvialzeit.*

Es mögen hier noch einige Bemerkungen über die Verbreitung der diluvialen Landsäugethiere, vornehmlich der Pachydermen, ihren Platz finden, deren Untergang, nachdem sie aus der gegenwärtigen Schöpfung verschwunden, mit der Eiszeit in Verbindung gebracht, oder als eine Hauptstütze für dieselbe angesehen wurde. Die Existenz der Thierwelt ist meist an gewisse Pflanzenformen gebunden; wenn daher durch die auffallende Veränderung des Seeklimas in das continentale die einen ausstarben, folgte der Untergang der anderen von selbst nach.

Unter den ausgestorbenen Säugethieren sind das Nilpferd, das Rhinoceros und die verschiedenen Elephantenarten die wichtigsten und in jeder Beziehung die merkwürdigsten. Das Nilpferd, welches im Diluvialsand bei Catania, in verschiedenen Gegenden Italiens und sogar in England aufgefunden ist, erscheint sehr viel seltener als Elephant und Rhinoceros, und bedarf aller Wahrscheinlichkeit nach grössere Wärme, wesshalb es früher als das Nashorn und der Elephant in den mittleren geographischen Breiten untergegangen und auf das tropische Africa zurückgedrängt worden ist. Dagegen haben der *Elephas primigenius* und der Rhinoceros, die wie zwei Verwandte mit einander gelebt haben,

eine ganz ausserordentliche Verbreitung in Europa, Nord-Asien und Nord-America gehabt.

Nach HEER erscheinen der *Elephas antiquus* und das *Rhinoceros Merkii* vor der grössten Gletscher-Verbreitung in der Utnacher Schieferkohlenformation; vom *Elephas primigenius* ist dieses mit Bestimmtheit nicht nachgewiesen, und es scheint die Hauptverbreitung desselben in Verbindung mit dem *Rhinoceros Tichorhinus* erst nach der letzten grossen Gletscherepoche stattgefunden zu haben <sup>1)</sup>.

Ist diese Thatsache begründet, so geht daraus auf das Deutlichste hervor, dass der Untergang dieser Thiere nicht während der Eiszeit und durch dieselbe, sondern nach derselben durch andere Umstände bedingt worden ist.

Beide Thierarten waren sodann bei Utnach während der Schieferkohlenformation auf eine Pflanzennahrung angewiesen, welche sie im Wesentlichen noch heut zu Tage bei uns finden würden.

Man ist jetzt mit dem Gedanken vertraut geworden, nachdem man diese Geschöpfe wohlerhalten im gefrorenen Sibirischen Boden gefunden hat, dass sie nicht für tropische Klimate, wo jetzt ihre Nachkommenschaft fortlebt, sondern für gemässigte bestimmt gewesen sind.

Das Mammuth trug einen feinen, nicht eben dicken, braunfarbigen Unterpelz und darüber sehr lange gröbere Haare von einer weissgrauen Farbe, die etwa die doppelte Dicke von Schweinsborsten besitzen. Von beiden besitzt unser Museum ausgezeichnete Exemplare, welche aus BLUMENBACH'S Sammlung herkommen. Das *Rhinoceros* unserer Gegenden scheint eine ähnliche Hautbedeckung gehabt zu haben.

Daraus lässt sich doch wohl mit Sicherheit entnehmen, dass diese Pachydermen auch für ein rauheres Klima eingerichtet gewesen sind, obwohl Winter von Sibirischer Kälte, in denen das Quecksilber friert, mit ihrer Lebensweise sich nicht vertragen konnte.

Ein Blick auf unsere geologischen Karten genügt, um uns daran zu erinnern, dass zum Schlusse der Tertiär- und zum Anfang der Dilu-

---

<sup>1)</sup> HEER, *Urwelt der Schweiz*, S. 545.

vialzeit noch ein sehr grosser Theil aller jetzt bestehenden Continente vom Meere bedeckt wurde. In Asien lag der grösste Theil der Sibirischen Ebene von Altai und vom Baikalsee an bis zum Eismeere und mit wenigen Ausnahmen vom Ural bis zum stillen Ocean, ferner ein grosser Theil der Umgebung des Aral-Sees, des Kaspischen und Schwarzen Meeres unter dem Wasser. Dasselbe galt von mehreren ausgedehnten Länderstrecken in China, Ostindien, Persien und Arabien u. s. w. Ferner bedeckte das Diluvial-Meer den dritten Theil, vielleicht die Hälfte von Africa, zumal die ganze Wüste Sahara. Sodann waren in Europa mindestens die Hälfte von Russland und Schweden, fast ganz Polen und Holland, über ein Drittheil von Deutschland, die Hälfte von Italien und bedeutende Flächen von Frankreich, Spanien, der Türkei und Ungarn vom Meere überfluthet. Unter solchen Verhältnissen war in Europa und zum Theil in Asien und Africa ein vollständiges Seeklima ausgeprägt, was aber nicht ausschloss, dass hin und wieder einzelne zwischen verschiedenen Welttheilen vorhandene Brücken von Ländern, die sowohl für die Verbreitung der Säugethiere und Reptilien als auch für die der Seethiere von Bedeutung waren, später abgebrochen und verschwunden sind.

Solange auf der nördlichen Halbkugel beim Beginn der Diluvialzeit mehr insulare Gruppen als zusammenhängende Continente sich verbreiteten, waren die Sommer weniger warm, allein die Winter in einem noch höheren Grade milde, als die des gegenwärtigen Englands und Irlands. Bei einem solchen Klima existirten manche nach und nach verschwundene Pflanzen, welche als die hauptsächlichsten Lebensbedingungen für jene Säugethiere, zumal für den Elephanten und das Rhinoceros, gewesen zu sein scheinen. In fast frostfreien Wintern fanden sie immer reichliche Nahrung, welche ihnen später, nachdem sich die Erde öfter für mehrere Monate mit Eis und Schnee bedeckte, so gut wie ganz entzogen wurde. Auch Sibirien stand in der Diluvialzeit unter dem Einflusse des Seeklimas und so konnten die umherwandernden Mammuthheerden im Sommer von Süden aus bis zu den nördlichen Meeresuferu vordringen. Sie wurden jedoch nach eingetretenem Conti-

mentalklima auf ihren Wanderungen von plötzlich eintretenden Wintern bald hier bald da überrascht, und fanden darin, wenn auch nicht auf ein Mal, ihren Untergang; ihre öfter von den grossen Sibirischen Strömen weiter gegen Norden geführten Leichen wurden dann im gefrorenen Schlamm begraben, in dem sie zum Theil bis zu unseren Zeiten bei unverändertem Continentalklima sich erhalten haben.

Sowohl das Mammuth wie das Rhinoceros sind nach PALLAS, WRANGEL und anderen Reisenden durch Russland und Nord-Asien vielfach beschrieben. Man hat sie im goldhaltigen Diluvium des Ural entdeckt und in den Strömen gefunden.

Das Meeresufer, welches der Verbreitung dieser Pachydermen eine bestimmte nördliche Grenze setzte, hat sowohl in Asien wie in Europa etwa zwischen dem 50<sup>ten</sup> und 55<sup>ten</sup> Breitengrade gelegen; an einigen Orten mag es sich etwas weiter nach Norden und anderen mehr nach Süden gebogen haben. Im nordwestlichen Deutschland zieht sich diese Grenze etwa von Maastricht bis Köln oder Bonn; beschreibt alsdann einen Bogen durch die Münstersche Ebene, geht darauf nördlich vom Teutoburgerwald und der Porta Westphalica dem Rande der sedimentären Formationen, die älter als das Diluvium sind, entlang; sie wendet sich zum Steinhuder Meer darauf nach Fallingbortel, biegt sich wieder nach Süden gegen Nordstemmen und den Anhydritberg von Tiede bei Braunschweig, und wendet sich endlich nach Hundisburg und Magdeburg bis Berlin. Diese Grenzlinie ist dann vermuthlich durch Posen, Polen und Mittel-Russland bis zur Wolga (Simbirsk, Breite 54° 50') <sup>1)</sup> zu verfolgen. Auch in Nord-Asien zieht sich diese Grenze den nächsten Vorländern der Gebirge entlang, die vom Altai nach dem Baikal und von da etwa über Nertschinsk zum stillen Oceane sich erstrecken. Wo Flüsse und Ströme diese Küstenlinie durchschneiden, werden die Thierknochen von ihnen weiter nach Norden geführt und sowohl an den Uferen wie in den Deltabildungen derselben abgelagert. Zunächst ist das Rheindelta reich an Elefanten- und Rhinoceros-Zähnen

---

<sup>1)</sup> PALLAS, Tom. I, p. 140.

und Knochen, die sich bis zu den Ufern der Nordsee verbreiten, und z.B. bei Katwijk, bei Doggersbank, bei Zandvoort in der Nähe von Groningen u. s. w. gefunden worden sind.

Ferner begegnet man ihnen im eigentlichen Rheindelta im Flussbett der Rheins und seinen Verzweigungen und Nebenflüssen, in der Waal dem Leck, der Maas, u. s. w.

Ebenso führt die Weser bisweilen Elephantenknochen.

In keinem Theile der Erde werden diese urweltlichen Thierüberreste in grösserer Menge durch die Flussaluvionen weiter gegen Norden verbreitet als im Sibirischen Flachlande. Alle jene grossen Asiatischen Ströme mit ihren Nebenflüssen, sobald sie aus dem Gebirge oder der Hochebene der alten diluvialen Meeresgrenze gegen Norden strömen, führen Elephanten- und Nashornskelette, indem sie theils im öfter gefrorenen Uferschlamm gefunden, theils bei der Fischerei mit Netzen emporgezogen werden.

So führt der Ob mit seinen Nebenflüssen, dem Tobol, Irtitsch und Ischim, der Jenissei und die Tunguska, die Lena sehr viele solcher Elephanten-Knochen. Am merkwürdigsten ist jedoch ihr Vorkommen auf den Lächow'schen Inseln, wo sie unter dem 73—75° nördlicher Breite in so unabsehbarer Menge vorkommen, dass die südliche dieser Inseln fast nur aus Knochen und Zähnen zu bestehen scheint <sup>1)</sup>.

Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass diese Inselgruppe mit ihren Elephantenknochen als ein wieder zerstörtes, in der neusten Zeit gesenktes, einst mit der übrigen Küste verbundenes Vorland, oder als eine Deltabildung der Lena, der Iana und Indigirka zu betrachten ist, auf welcher die Elephanten zwar niemals lebten, wohin aber ihre Gebeine aus sehr viel südlicheren Gegenden in sehr langen Zeiträumen durch die Strömungen des Wassers geführt worden sind. Das allmähliche Aussterben dieser merkwürdigen Thiere im nördlichen Asien und Europa scheint so keinesweges mit einer allgemeinen Eiszeit sich zu reimen, sondern vorzugsweise durch den Wechsel vom See- und Continental-

---

<sup>1)</sup> *Reise von FERDINAND VON WRANGEL*, Berlin 1839 T. I. S. 117.

klima und durch den nachhaltigen Einfluss des letztern auf den Pflanzenwuchs, der den Mangel zweckmässiger vegetabler Nahrung zu Folge hatte, und überhaupt durch die strengere Winterkälte bedingt worden zu sein. Uebrigens mögen sich dabei auch andere uns unbekanntere Ursachen betheilig haben, da in den wärmeren Gegenden der alten Welt, wo das Klima und die Nahrung diesen Thieren keine Hindernisse in den Weg legten, dieses diluviale Geschlecht gleichfalls erloschen ist; es müsste denn sein dass die noch jetzt in Africa und Süd-Asien lebenden verwandten Gattungen als die Nächstkommen jener zu betrachten wären.

Die Hebung des Himalaja und die des inneren Asiatischen Hochplateaus, die mit der Hebung der Alpen zugleich in die Diluvialzeit fällt, so wie die Verbindung von Gebirgs- und Continentalklima, und die spätere Gestaltung des Mittelmeers, vielleicht auch das Ueberhandnehmen des menschlichen Geschlechts haben diese Pachydermen auf ihre gegenwärtigen Grenzen zurückgedrängt.

Die Verbreitung der Skandinavischen Findlinge in Deutschland und im nördlichen Europa fällt zwar mit dem Leben und Aussterben der Elephanten zusammen, indess scheinen beide Vorgänge, wenn man von den Wirkungen absieht, welche durch die allmähliche Bildung des Continentalklimas hervorgegangen sind, nichts mit einander gemein zu haben. In einigen Gegenden fällt das Aussterben der Elephanten vor, in andern nach dem Findlingstransport.

Eine der lehrreichsten Localitäten für das Zusammenvorkommen vom Mammuth und den nordischen Findlingen ist eine Sandgrube zwischen Hundisburg und Althaldensleben bei Magdeburg, in welcher mein alter Freund HERMANN VON NATHUSIUS zu verschiedenen Malen Stosszähne jenes gefunden hat. An einem 18 bis 20 Fuss hohen Abhang wird die oberste Schicht durch Ackerfelder gebildet, über denen unzählige mittelgrosse, doch vollständig abgerundete Skandinavische Granitblöcke ausgestreut sind, welche, da sie bei der Bebauung des Landes hinderlich sind, von den Eigenthümern aufgelesen und zu Umfassungsmauern benutzt werden. Einige Fuss unter der Oberfläche werden die

Blöcke kleiner und mischen sich mit unzähligen der norddeutschen Kreide angehörigen Feuersteinen. Etwa 12 bis 15 Fuss unter dem Ackerboden bemerkt man einen grobkörnigen, theils aus Granit-, theils aus Feuersteinfragmenten gebildeten Grund, unter dem eine sandige Lehmschicht liegt, in welcher die Elephanten-Knochen gefunden worden sind. Unter denselben, so weit als man sehen kann, folgen kleinere meist einige Zoll lange mit Feuerstein gemischte Granitgerölle.

Ist die Ansicht die richtige, und daran wird wohl jetzt niemand mehr zweifeln, dass die nordischen Findlinge auf Eisschollen transportirt sind, so geht daraus hervor, dass die ebenbeschriebene Localität noch nach dem Absterben der Elephanten unter dem Niveau des Wassers gelegen habe.

Jenes Terrain hat daher eine spätere Bodensenkung erlitten, über welche ebenfalls ein längerer Zeitraum hingegangen ist; darauf ist dasselbe von neuem gestiegen und liegt jetzt etwa 250 Fuss über dem Meeresspiegel.

Eine andere in diezer Beziehung wichtige Localität ist die Travertin-Ablagerung von Burgtonna bei Gotha, welche mit den in ihr gefundenen Mammuth-Knochen und Stosszähnen nach CREDNERS Beobachtungen über den Skandinavischen Findlingen abgelagert ist <sup>1)</sup>. Ebenso sind die Kalktuffe in der Umgebung von Mühlhausen, welche *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Bos priscus*, *Cervus elaphus* und *Equus fossilis* führen, nach BORNEMANN aus derselben Periode und folgen unmittelbar auf den nordischen Findlingstransport. Dagegen scheinen in der Nähe von Weimar die Mammuthen im dortigen Travertin der Findlingsverbreitung voraufgegangen zu sein. Bestätigt sich diese Beobachtung, so hat auch hier, wie bei Althaldensleben, erst eine Senkung, dann eine Hebung des Bodens stattgefunden.

Fassen wir die wichtigsten bis jetzt bekannt gewordenen Thatsachen über die einstmalige Verbreitung, so wie über das Aussterben der

<sup>1)</sup> *Bildungsgeschichte der geognostischen Verhältnisse des Thüringer Waldes*, S. 81.

<sup>2)</sup> *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, VIII. S. 96.

Mammuthe zusammen, so ergibt sich, dass sie im mittleren und in einem Theile des nördlichen Europas existirten so lange das Seeklima das continentale überwog und erst mit dem Ueberhandnehmen des letztern verschwunden sind. Wenn man aber berücksichtigt, wie grosse Zeiträume erforderlich sind, um durch säculare Erhebung eine solche Umgestaltung der Klimate hervor zu bringen, so wird es auch einleuchten, dass der allmählig fortschreitende Untergangsprocess jener Thiere von ähnlicher Dauer gewesen ist.

In den mehr nördlich gelegenen Ländern Europas sind die Elephanten und Rhinoceros vermuthlich früher als in den südlichen erloschen und durch andere dem Klima mehr entsprechende Vierfüsser ersetzt worden.

Das Rhinoceros, wie schon vorhin bemerkt, ist in der ganzen alten Welt der treue Begleiter des Elephanten. In unserer norddeutschen Ebene erscheint es vor dem Transport der nordischen Findlinge als Rhinoceros Schleiermacheri in den Tertiär-Schichten eines grossen Mergellagers bei Melzingen südlich von Lüneburg <sup>1)</sup>. Das Festland muss sich also damals weiter nach Norden erstreckt haben und darauf tritt auch hier jene allgemeine Senkung des Terrains ein, die wir bereits an mehreren anderen Stellen erkannt haben.

In gleicher Weise wurde vor einigen Jahren ein Backenzahn des Rhinoceros leptorhinus im Diluvium bei Berlin gefunden <sup>2)</sup>. Auch in der Nähe von Nordheim bei Göttingen wurde in diesem Frühjahr ein fast vollständiges Scelett eines Rhinoceros tichorhinus aufgefunden, zerbrach aber mit Ausnahme der Zähne beim Herausnehmen aus dem Kieslager, welches wahrscheinlich durch einen vormals anderen Lauf der Leine und Ruhne gebildet worden ist.

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, IX. S. 16.

<sup>2)</sup> *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, XII. S. 522.

IV. *Bemerkungen über die Meeresorganisation während der Diluvialzeit.*

Man hat auch aus der Verbreitung der arctischen Meeresbewohner, der Fische und Mollusken in südlicheren Breiten auf eine Eiszeit oder doch auf ein ungewöhnliches Sinken der mittleren Jahrestemperatur schliessen zu können geglaubt; allein alle Erscheinungen dieser Art lassen sich aus den gewöhnlichen Temperaturverhältnissen, mit einigen Veränderungen in den Küstenconturen und Meeresstrassen und verschiedenen Meeresbewegungen vollkommen genügend, ohne extreme Hilfsmittel, ohne Verletzung unserer physikalischen Anschauungsweise erklären.

Die Entwicklung und Verbreitung der Meeresorganisation hängt nicht allein von der Temperatur der Oberfläche des Meeres und der unmittelbar angrenzenden Luft, sondern in vielen Fällen von der Temperatur der tiefer liegenden Wasserschichten ab, welche z.B. unter den Tropen mit der grössten Dichtigkeit des Meereswassers in grösseren Tiefen bei 3° R. beginnt und bis zu einer Temperatur von mehr als 20° R. emporsteigt. Ausserdem kommen für die Meeresorganisation von der Wärme unabhängige Factoren in Betracht, der Druck und die Beleuchtung in verschiedenen Tiefen, die wechselnde chemische Beschaffenheit des Salzwassers, die Strömungen, die geognostische Zusammensetzung des Meeresbodens u. s. w. In den Gegenden, in welchen diese secundären Einflüsse, wie ich sie nennen will, nahe zu als gleich erscheinen, wird die Temperatur allein für die Verbreitung der Organismen massgebend sein.

Viele Seebewohner werden sich daher im tiefen Meere südlicher Breiten ebenso wohl befinden, wie nahe unter der Oberfläche in den nördlichen. Ein sehr lehrreiches Beispiel dieser Art zeigt uns die *Cyprina Islandica*, eine Conchylie, welche mit zu den Repräsentanten einer arctischen Seefauna gezählt wird. Sie findet sich millionen-

weise in den Tertiärschichten von Halbjarnastadr-Kambur bei Husavik und wird eben so lebend an den Küsten Islands, Grönlands und Norwegens vom Ufer bis zu einer Tiefe von 140 Faden gefunden. Man kann den 70<sup>sten</sup> vielleicht den 80<sup>sten</sup> Grad als ihre nördlichste Grenze bezeichnen; von da ab verfolgt man sie durch die ganze Nordsee, wo sie z.B. in der Nähe von Helgoland in ziemlich tiefem Wasser von 40 bis 50 Faden in einer schon niedrigeren Temperatur, die etwa der in Island an der Oberfläche des Meeres verbreiteten gleich sein mag, häufig gefischt wird. Einige sehr ausgezeichnete Exemplare dieser Conchylie von der Grösse der fossilen Islands habe ich im vergangenen Jahre von Helgoland mitgebracht.

Man findet sie auch nicht selten in den Tertiär-Schichten des nördlichen Deutschlands, so wie in Sicilien z.B. bei Palermo, fossil, und sie erstreckt sich demnach mindestens über einen Gürtel von 35 Breitengraden.

Für die verschiedenen Organismen existiren übrigens obere und untere, ziemlich nah bei einander liegende Temperaturgrenzen, welche jedoch den Meeresmollusken mit Rücksicht auf die Tiefe öfter eine weite geographische Ausdehnung gestatten.

Herr M. Sars in Christiania hat kürzlich eine ausgezeichnete Abhandlung <sup>1)</sup> über die in der Norwegischen postpliocenen oder glacialen Formation vorkommenden Mollusken-Fauna veröffentlicht, welche über die vorliegende Frage manche Aufschlüsse ertheilt.

Unter diesen Mollusken, die aus verschiedenen Schichten bis zu einer Höhe von 470 Fuss über dem Meere gesammelt worden sind, finden sich 54 Genera und 95 Species, von denen 23 Genera und 36 Species bis zum Mittelmeere entweder fossil oder jetzt noch lebend zur Breite von 35° herabsteigen, also dem Glacial-Meere Norwegens und dem Mittelmeere gemeinsam angehören.

---

<sup>1)</sup> *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, Band XII, 3 Heft, Berlin 1860.

Es sind nämlich <sup>1)</sup>:

	Fossil.	Lebend.	
1 Venus decussata.....	"	"	
2 " ovata = radiata.....	"	"	
3 Anomia ephippium.....	"	"	
4 " aculeata.....	"	"	
5 Ostrea edulis.....	"	"	Fossil Militello, häufig lebend Venedig.
6 Mytilus edulis.....	"	"	
7 Cardium edule.....	"	"	In Palermo, Militello u. s. w. sehr häufig.
8 " echinatum.....	"	"	ebenso.
9 " fasciatum = parvum Ph....	"	"	
10 Mya truncata.....	"	"	Palermo häufig.
11 Saxicava arctica.....	"	"	
12 Isocardia cor.....	"	"	Fossil Mineo, Militello ziemlich häufig.
13 Nucula tenuis.....	"	"	
14 " margaritacea.....	"	"	
15 Astarte sulcata.....	"	"	Nördliches Mittelmeer?
16 Solen ensis.....	"	"	In Sicilien allgemein.
17 Patella pellucida = Gussonii.....	"	"	
18 " vulgata.....	"	"	
19 Panopaea norvegica = Bironae....	"	"	Palermo jetzt sehr häufig.
20 Pholas candida.....	"	"	
21 Pecten polymorphus = striatus....	"	"	
22 " varius.....	"	"	
23 " opercularis.....	"	"	
24 Corbula nucleus.....	"	"	Sicilien allgemein.
25 Cyprina Islandica.....	"	"	Palermo fossil.
26 Buccinum reticulatum = Nassa....	"	"	Sicilien lebend und fossil.
27 " incrassatum.....	"	"	
28 " undatum.....	"	"	
29 Trochus Magus.....	"	"	
30 " cinerarius.....	"	"	
31 Cerithium reticulatum.....	"	"	
32 Dentalium entalis.....	"	"	ganz allgemein.
33 Rissoa parva.....	"	"	Nördliches Mittelmeer?
34 " striata = subsulcata.....	"	"	
35 Turritella communis.....	"	"	
36 Arca raridentata.....	"	"	

<sup>1)</sup> Diese Tabelle ist mit Benutzung von PHILIPPI's Untersuchungen, *Fauna molluscorum Regni utriusque Siciliae*, und einiger eigenen Beobachtungen zusammengestellt.

Von diesen Conchylien gibt es 24 Species sowohl fossil als lebend im Mittelmeerbecken; 5 derselben sind bis jetzt nur fossil und 7 nur lebend gefunden worden. Etwa der vierte Theil der von Sars aus dem Glaciallehm Christianias beschriebenen Conchylien erstreckt sich entweder auf tieferen Meeresboden, oder in Folge eines grösseren Temperatur-Spielraums der ihnen gegeben ist, bis an die Nordafricanische Küste; einige derselben mögen den Wendekreis, sogar den Aequator erreichen. Jedenfalls bewegen sie sich in einem Gürtel von mindestens 25, öfter von 30 bis 35 Breitengraden. *Venus decussata*, die noch im Mittelmeere sehr verbreitet lebend und auch bei Palermo fossil gefunden wird, scheint für die Norwegische Küste ausgestorben zu sein. Umgekehrt ist die *Mya truncata*, der man oft fossil in Sicilien begegnet, für das südliche Mittelmeer ausgestorben; sie soll indess noch an den Etrurischen Küsten lebend vorkommen und ist bei Grönland, Island und im nördlichen Atlantischen Ocean allgemein verbreitet.

Es bleiben, wenn man in Sars' Verzeichniss die Balanen nicht mitrechnet, noch 60 Species über, die einen mehr arctischen Charakter besitzen, im höchsten Norden beginnen und, wenn auch nicht in allen Fällen, bis zu den Dänischen und Irländischen Küsten etwa bis zu dem 56<sup>ten</sup> Breitengrade sich ausdehnen. Auch ihnen kömmt eine Verbreitzone von 25 bis 30 Breitengraden zu, der an der Meeresoberfläche einem Temperaturunterschiede von etwa 12° R. entsprechen würde. Eine solche charakteristisch arctische Form ist der rothe an den Isländischen Küsten, besonders in dem nordöstlichen Island häufig verbreitete *Pecten Islandicus*, der auch an den Küsten Norwegens, Russlands und Nordamericas vorkommt und nach Sars jedoch kleiner und seltener werdend bis zum Christianiafjord unter dem 59<sup>ten</sup> Breitengrad sich erstreckt.

Betrachten wir nun die von Sars angegebenen älteren wie neueren Localitäten des Norwegischen Muschellehms, so ergibt sich in denselben folgende Uebersicht der Molluskenverbreitung:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Niveau....	Skjaldalen. 470	Bjorum. 460	Skullerud. 450	Killebo. 440—400	Brynd. 240—200	Dore Foss. 220 ?	Lekum. 220	Hristad. 200—150
I. Zahl der beob. Conchylien <sup>1)</sup> ..	8	10	7	29	4	21	3	7
II. Arctische Formen bis 55°....	6	7	6	20	4	14	2	3
III. Lebend im Mittelmeer 35—40°.			1	8	—	7	1	4
IV. Fossil am Mittelmeer 35—40°.	2	3	1	9	—	7	1	3

	9	10	11	12	13	14	15
Niveau....	Hövig. 150—100	Lövedet. 120	Aafos. 100	Gläng und Sargen. 100—80	Ommedala- strand. 100	Ravesberg. 50	Kaholmem. 30—20
I. Zahl der beob. Conchylien <sup>1)</sup> ..	20	29	17	7	40	4	4
II. Arctische Formen bis 55°.....	10	22	11	3	24	2	3
III. Lebend im Mittelmeer 35—40°.	10	5	5	4	13	2	
IV. Fossil am Mittelmeer 35—40°..	9	6	4	4	12	2	1

Nach Procenten berechnet ergibt sich für diese 15 Orte folgende Zusammenstellung:

	HÖHE	II : III	II : IV
1.....	470		75 25
2.....	460		70 30
3.....	450	86 14	86 14
4.....	440—400	72 28	69 31
5.....	240—200	100	100
6.....	220	67 33	67 33
7.....	220	67 33	67 33
8.....	200—150	43 57	50 50
9.....	150—100	50 50	53 47
10.....	120	82 18	78 22
11.....	100	69 31	73 27
12.....	100—80	43 57	43 57
13.....	100	64 36	67 33
14.....	50	50 50	50 50
15.....	30—20		75 25
Mittel..		66 : 34	68 : 32

<sup>1)</sup> Auch in dieser Zählung sind die Balanen, Lepas und Echinus ausgeschlossen.

Es sind also durchschnittlich unter 100 in den verschiedenen Norwegischen Muschellagern aufgefundenen Conchylien 66 arctische Formen, welche sich südlich vom 55<sup>ten</sup> Breitengrad nicht zu erstrecken scheinen, wenigstens bis jetzt noch nicht aufgefunden sind; 34 dagegen findet man bis zum heutigen Tage noch lebend in Mittelmeere. Ferner sind von 100 Arten, die in jenen Schichten aufgefunden wurden, 32 in den Tertiärschichten des südlichen Europas, namentlich in Süd-Italien und in Sicilien beobachtet.

Ordnet man die Conchylien dieser 15 Localitäten in 4 Gruppen nämlich 1 bis 4, 5 bis 8, 9 bis 13, und 14 bis 15, so ergibt sich folgende Uebersicht:

HÖHE	II : III		II : IV	
450	79	21	75	25
209	69	31	71	29
107	62	38	63	37
38	50	50	62	38

Man erkennt aus der Zusammenstellung dieser Zahlen, dass in den jetzt höher gelegenen Schichten der Norwegischen Muschellehm-Formation eine grössere Anzahl arctischer Conchylien aufgefunden wird, als in den tiefer gelegenen, in denen die arctischen Formen abnehmen und durch südliche theilweise ersetzt werden, ein Resultat worauf auch Herr Sars bereits aufmerksam gemacht hat.

Auch zwischen den arctischen und den am Rande des Mittelmeers fossilen Conchylien, wie die Zahlen unter II : IV zeigen, findet nahezu dasselbe Verhältniss statt. Wenn wir auch auf dieselben, welche aus ziemlich unvollständigen Beobachtungen abgeleitet sind, nicht zu viel Werth legen wollen, so glaube ich doch, dass sie darthun, dass in der ältern Zeit auf etwa 3 arctische eine südliche Form zu rechnen ist; in den neueren kömmt auf zwei arctische etwa eine südliche Form.

Berechtigt aber dieses Resultat, welches vielleicht künftig aus zahlreicheren Beobachtungen abgeleitet noch bestimmter hervortreten wird, irgend wie zu der Annahme, dass Skandinavien zur Zeit der älteren

Muschellehm-Ablagerungen unter einem die ganze Halbinsel und auch das Meer bedeckenden Eispanser gelegen habe?

Ich glaube dass man auch von Seiten der Paläontologie diese Frage entschieden verneinen muss.

Wie wir bereits nachzuweisen suchten, hat jede Molluskenspecies einen bedeutenden Verbreitungsbezirk und einen Temperaturspielraum, der ihr durch ihre Organisation eingeräumt und durch die Temperaturen der verschiedenen Wasserschichten bedingt wird. Ist es nun auffallend und nur durch das Wunder einer Eiszeit zu erklären, dass in gewissen Perioden gewisse arctische Conchylien um einige Breitengrade mehr gegen Süden hin vordrangen, da sie noch gegenwärtig sich über eine Zone von 20 bis 30 Graden verbreiten?

Auch hier wird die veränderte Reliefform der Skandinavischen Halbinsel und die der Küstenländer die zu den verschiedenen Zeiten verschiedene Verbreitungsweise der Seebewohner genügend erklären. Nehmen wir an, dass der Canal la Manche nicht existirte und England mit Frankreich zusammenhing, so war die Verbindung zwischen der Nordsee und den südlicheren Theilen des Atlantischen Oceans unterbrochen und die Molluskenverbreitung nur um die Nordküsten Schottlands noch möglich. Dass unter solchen Verhältnissen weniger südliche Thier-Formen in die Norwegischen Gewässer, z.B. in den Christianiafiord, gelangten ist einleuchtend. Ferner erinnern wir an die 600—1000 Fuss betragende letzte Skandinavische Senkung (siehe den XX Abschnitt), so bestand zwischen dem Skager-Rak durch den Wenern- und Mälar-See eine directe Verbindung mit dem Bottnischen Meerbusen und von diesem ab mit dem Eismeer und dem Weissen Meere. Einer anhaltenden kalten Meeresströmung war so der Weg geöffnet und mit ihr wanderten manche Mollusken in südlichere Breiten, die jetzt nicht mehr oder minder leicht dahin gelangen, während den von Süden vordringenden die Verbreitung nach Norden erschwert wurde. Wenn zu den südlichen Skandinavischen Küsten, so lange die eben angegebene Reliefform und Meeresvertheilung bestand, etwas über ein Viertheil von Mollusken aus dem Eismeere zugeführt und eben so viele von südlichen

Gewässern abgehalten wurden, so ist die Erscheinung vollkommen und ohne alle Eiszeit erklärt.

Man sieht nun aber, dass bei der tiefsten Senkung des Landes die vollste Verbindung mit dem Eismeere hergestellt werde, wodurch am Ende der Tertiär- oder im Beginn der Diluvialzeit nothwendiger Weise die arctischen Molluskenformen am Weitesten und in grösster Anzahl in die etwas mehr nach Süden gelegenen Meere vordringen konnten. Bei der darauf folgenden Oeffnung der südlichen und Schliessung der nördlichen Meeresverbindung, welche gegen das Ende der Diluvialzeit eintrat, wanderten die südlichen Mollusken allmählig wieder ein, während den nördlichen der Zugang hinwieder versperrt wurde. Dass bei diesem Vorgange sowohl die kalten, wie die warmen Meeresströmungen von grosser Bedeutung gewesen sind, ist selbstverständlich. Der Zusammenhang der Ostsee mit dem Eismeere geht theils, wie vorhin bemerkt, aus der Vertheilung der gehobenen Landseen im nördlichsten Finnland und Schweden hervor, wird aber auch abgesehen von der Wanderung der arctischen Molluskenfauna nach dem südlichen Norwegen, durch die Verbreitung gewisser arctischer Fische, die zugleich im Eismeer und nur in dem nördlichsten Theile des bottnischen Meerbusen gefunden werden, weiter bestätigt. Diese beiden Meeren gemeinsamen Fische sind <sup>1)</sup>: *Cottus*, *Scorpius*, *Cyclopterus Lumpus*, *Zoarcus viviparus*, *Gadus morrhua*, *Pleuronectes Platessa* und *Flesus*, *Liparis barbatus* und *Clupea Harengus* var. *membras*. Mehrere dieser Fische gehen jedoch bis in die südlicheren Theile der Ostsee hinab. In derselben Weise, wie die Meerorganismen im Bottnischen Meerbusen durch die Hebung Finnlands und Skandinaviens vom Eismeere getrennt wurden, so sind die des südlichen Baltischen Meeres von der Nordsee durch den Cimbrischen Haiderücken, wenn auch unvollständig geschieden worden.

Die Ostsee zeigt besonders an ihren südwestlichen Ufern und Buchten bei einer geringen Tiefe, bei meist mangelnden felsigen Ufern, bei

<sup>1)</sup> AND. JOH. MALMGREN, *Kritisk öfversigt of Finnlands Fiskfauna*, Helsingfors 1863, p. XI.

einem schwachen zwischen 0,5 und 1,5 Procent wechselnden Salzgehalt, eine zwar aus der Nordsee abstammende, aber nach der theilweisen Absperrung dieses Wasserbeckens eigenthümlich verkümmerte und daher merkwürdige Fauna, welche in ähnlicher Weise und nach ähnlichen Gesetzen wie die des Kaspischen Meeres sich gestaltet hat; sie geht jedoch allmählig in die der Nordsee über, je mehr sie sich den Verbindungscanälen beider Meere nähert <sup>1)</sup>).

Es ist an dieser Stelle nicht unerwähnt zu lassen, dass im Diluvium der Baltischen Ebene bisjetzt verhältnissmässig wenige Meerorganismen gefunden worden sind, welche Erscheinung zunächst den Grafen KEYSERLING veranlasste den marinen Charakter des nordischen Diluviums als nicht erwiesen zu betrachten. Auch diese Schwierigkeit ist nach genauerer Erforschung des Terrains beseitigt worden.

Dass marine Conchylien im Diluvium von Russland bis jetzt noch nicht zum Vorschein gekommen sind liegt wohl an der noch mangelhaften Erforschung des Landes; ausserdem mögen noch andere Gründe vorhanden sein, auf welche wir aufmerksam zu machen uns erlauben. Zuerst bewegen sich die Findlinge auf ihren Schollen an der Oberfläche des Wasserspiegels, während die Mollusken sich am Meeresboden aufhalten. Die von dem Eise herabfallenden Trümmer werden also in der Regel die Meeresbewohner bedecken, welche jetzt zum Theil tief unter ihnen begraben sind. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass die auf dem Meeresboden ausgestreuten harten Granit-, Gneus- und Porphyrgeschiebe, welche sich gegenseitig abgerundet und abgerieben haben, auch nothwendiger Weise die etwa noch zwischen ihnen liegenden weichen Muschelschalen mit zertrümmerten, deren Bruchstücke im Laufe der Zeit gänzlich im Wasser aufgelöst und verschwunden sind. Ausserdem ist die Ostsee ein an Conchylien verhältnissmässig armes Meer. Nur in den eigentlichen Kies- und Lehmschichten des Diluviums werden daher Ueberreste vormaliger Seebewohner zu erwarten sein, und sie haben sich allerdings an verschiedenen Stellen in Deutschland sowohl

---

<sup>1)</sup> *Fauna der Kieler Bucht*, von H. A. MEYER und K. MÖBIUS, Leipzig 1865.

wie in Skandinavien gefunden. Sind aber die Diluvialablagerungen mit den über ihnen ausgebreiteten Findlingen unter dem Einflusse des Meeres entstanden, so ist eigentlich kein Grund vorhanden, der uns dazu nöthigte, für die Bildung des Diluviums andere Verhältnisse zu beanspruchen. Das auf Seite 352 zusammengestellte Conchylien-Verzeichniss der Norwegischen Glacialschichten gibt uns ein Bild der verschiedensten Altersstufen vom Ende der Tertiärzeit beginnend fast bis zur Gegenwart und belehrt uns über das Zusammenvorkommen der Meeresconchylien mit den Findlingen; die Asar zeigen dasselbe Verhältniss.

Man kann daher für Skandinavien keinen Augenblick zweifelhaft sein, dass die dortigen Diluvial-Schichten, mit Ausnahme wo gehobene Landseen und daher Süßwasserconchylien mit im Spiel waren, unter der Meeresfläche gebildet sind. In England scheinen diese Ablagerungen den sogenannten rothen Cragschichten zu entsprechen.

Auch im Norddeutschen mit Findlingen übersähten Diluvium, welches sich unmittelbar mit dem von Russland verbindet, sind in der neueren Zeit mehrfach Conchylien aufgefunden worden.

Das erste Beispiel erwähnt F. RÖMER <sup>1)</sup> aus der Nähe von Bromberg, also nicht weit von der Russischen Grenze, wo durch Herrn Oberlehrer LEHMANN in mehreren die gewöhnlichen nordischen Geschiebe und zahlreiche Exemplare von *Belemnitella mucronata* führenden Kiesgruben Exemplare von *Cardium edule* und *Buccinum reticulatum* aufgefunden worden sind. Beide Conchylien finden sich lebend in der Nordsee und gehen bis in die Tertiärzeit zurück.

Auch in Holstein sind einige Localitäten, in denen Diluvial-Conchylien vorkommen, bekannt geworden. Ferner finden sich in der Nähe von Lüneburg <sup>2)</sup> in allen Mergel- und Kiesgruben in nächster Nähe der nordischen Findlinge zahlreiche Meeresconchylien, welche sich durch ein

---

<sup>1)</sup> *Bericht über die Thätigkeit der naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft im Jahre 1864*, S. 32.

<sup>2)</sup> *Zur wissenschaftlichen Bodenkunde des Fürstenthums Lüneburg*, von H. STEINWORTH, 1864.

gebleichtes Ansehen auszeichnen, unter ihnen häufig *Cardium edule*, ferner *Pectunculus*, *Dentalium*, *Turritella*, *Fusus* u. s. w. Ein sehr ergiebiger Fundort derselben ist Bleckede. Dieselben Conchylien und unter denselben Verhältnissen sind aber auch nördlich von der Elbe in der Nähe von Lauenburg, Boitzenburg und Dömitz bemerkt worden. Es ist für diese Conchylien, welche ganz lose, ohne umhüllende Gebirgsarten und öfter verwittert im Kies vorkommen und lebend an den Ufern der Nordsee gefunden werden, kein Grund vorhanden, dass dieselben aus älteren Tertiärlagern abstammten. Sie sind denen vollkommen gleich zu setzen, welche von LEHMANN in der Nähe von Bromberg beobachtet worden sind.

Die sogenannten Steinberger Kuchen, abgerundete und gerollte conchylienführende Stücke eines braunen eisenschüssigen Mergels, sind dagegen von jenen wesentlich zu unterscheiden und sind aus tertiären Schichten entlehnt.

Ich glaube, dass der Leser diesen Mittheilungen zu Folge sich überzeugen wird, dass im Allgemeinen der marine Charakter des Norddeutschen Diluviums nicht zu bezweifeln ist, wenn auch aus den angegebenen Gründen bis jetzt verhältnissmässig wenige untergegangene Seebewohner darin gefunden worden sind.

Das Mittelländische Meer zeigt in seiner Conchylienfauna manche Eigenthümlichkeiten, welche besonders in den tertiären die Ufer dieses Wasserbeckens umgebenden Schichten hervortreten. Auch hier, obgleich in einer schon südlicheren geographischen Breite, zeigt es sich unverkennbar, dass ähnlich wie in der Ostsee und dem Eismeere die vormalige Reliefform des Erdbodens auf die Gestaltung der Meeresfauna von grosser Bedeutung gewesen ist.

Gegen Norden hin stand in der Tertiärzeit das Mittelmeer quer durch Europa mit der Nordsee und dem nördlichen Atlantischen Ocean in Verbindung, gegen Süden und Südosten, solange noch die Wüste und Aegypten unter dem Spiegel der See lagen, fand ein inniger Zusammenhang vom gegenwärtigen Arabischen Busen aus mit dem Indischen Ocean statt. Es ist daher natürlich, dass sowohl die Nordeuro-

päischen wie die Indischen Gewässer zur Fauna des Mittelmeeres ihre Beiträge geliefert haben. Die beiden Meeren besonders charakteristischen Formen sind jedoch von der Zeit an erloschen, als die verschiedenen Verbindungskanäle von Süden und Norden durch gehobene Continente eine Absperrung erlitten, indem nur die Conchylien, welchen die gegenwärtigen Bedingungen genügen, erhalten sind. Wir sehen also hier wieder ganz ähnliche Verhältnisse, welche 30 Breitengrade weiter gegen Norden uns an den Skandinavischen Küsten entgegen traten.

So finden wir einige entschieden nordische Formen z.B. *Mya truncata* und *Cyprina Islandica*, welche in Sicilien bei Palermo und anderwärts in grosser Anzahl fossil vorkommen, und jetzt im südlichen Mittelmeere verschwunden sind. Ferner sind z.B. *Aspergillum maniculatum*, *Strombus coronatus*, *Terebra fuscata* u. s. w. im Mittelmeere erloschen und in den tropischen Meeren in denselben oder sehr verwandten Formen zu Hause.

Die Südeuropäischen vornehmlich die Sicilianischen Tertiärlager gehen, wie es schon durch PHILIPPI gezeigt ist, stufenweise aus den ältesten in die neusten, in die Schichten des marinen Diluviums über. Man beobachtet z.B. an der Küste von Taormina aus Quarz-, Thonschiefer- und Granittrümmern gebildete, in der neusten Zeit gehobene diluviale Kieslager, welche zahllose Trümmer lebender Seeconchylien enthalten; es sind dieses die Analogien zu den Conchylien führenden Diluvialschichten des nördlichen Europas. Ich führe hier noch dieses Beispiel an um zu zeigen, dass das Vorkommen von Seeorganismen im Diluvium nicht so selten ist als man dies bisher anzunehmen pflegte.

*V. Die Seeorganismen im süssen Wasser nach der Umbildung der Fiorde und Meerbusen zu Landseen.*

Wir haben in dem vorhergehenden Abschnitte darzulegen versucht, welche ausserordentlich wichtige Rolle die aus den grossen Oceanen abgesonderten, an ihrem Boden gehobenen Becken der Landseen in der Geologie spielen, und wie durch sie einerseits der Findlingstransport

befördert, anderseits die Umgestaltung der Organisation eingeleitet wird. Bänke von Süsswasser-Conchylien, welche mit anderen aus dem Salzwasser abgelagerten wechseln, finden sich schon in den älteren Schichten der Steinkohlenformation und treten um so häufiger auf, als sich die Formationen der Gegenwart nähern oder, mit anderen Worten, je mehr die Continente an Ausdehnung gewinnen.

Flüsse und Bäche, in denen sich Süsswassermollusken entwickeln, zeigen unter allen Umständen eine beschränkte Verbreitung und können daher zu den organischen Ueberresten der Vorzeit einen nur verhältnissmässig beschränkten Beitrag geliefert haben. Dagegen ist den Brakwassermollusken, die sich in den weiteren Flussmündungen und Deltabildungen, und den Süsswassermollusken, die sich vorzugsweise in den Landseen oder rings abgeschlossenen und gehobenen Seebecken ausbilden, ein sehr viel weiteres Feld der Verbreitung angewiesen. Bei vielen geologischen Betrachtungen müssen wir uns mit dem Gedanken vertraut machen, dass mit der vormaligen grösseren Wasserverbreitung an der Erdoberfläche auch das Areal der Landseen ein ganz anderes, sehr viel ausgedehnteres gewesen sei.

Bei allen grösseren Landseen ist bald nach ihrer Absperrung das salzige Wasser zunächst in brakisches und dann in süsses Wasser, je nach dem mehr oder weniger reiche Zuflüsse vom Lande aus stattfanden, umgewandelt worden.

Die Seebecken nehmen alsdann in der Mehrzahl der Fälle eine höhere Lage ein, durch welche die Temperatur an ihrer Oberfläche verhältnissmässig sinkt. Beide Ursachen, der mangelnde Salzgehalt wie die verminderte Wärme, können, wenn sie im Extrem auftreten, die Meeresorganisation vernichten.

Diese Erscheinungen haben wir bereits bei der Bildung und Umbildung des grossen Schweizer Binnensees, der anfangs noch eine reiche Fauna von Meeresorganismen führte, die aber, nachdem er in ein Niveau von mehr als 4000 Fuss gerückt war, zu Grunde ging, kennen gelernt. Abgesperrte Landseen, deren Boden jedoch nur wenig gehoben, ja sogar gesenkt sein kann, deren Absperrung in verhältnissmässig

neuere Zeit fällt und die ihr Salzwasser theilweise noch besitzen, wie z.B. das Kaspische Meer, werden bis zu einem gewissen Grade ihre Organisation bis zur Gegenwart erhalten. Die säcularen Erhebungen, welche so ganz allmählig, ohne irgend eine gewaltsam sich zu erkennen gebende Störung auftreten, versperren den Organismen gleichsam unbemerkt den Rückzug zu den grösseren Meeren und es wird daher von der Individualität derselben abhängen, in wie weit sie den veränderten, ihre Existenz beeinflussenden Bedingungen zu widerstehen vermögen oder nicht.

Am Anfang der Diluvialzeit, wie schon vorhin bemerkt, stand noch das Schwarze Meer mit dem Kaspischen, dieses mit dem Aral-See in Verbindung, wie es nicht nur die Salzlager, sondern unzählige jetzt ins Trockene gelegte, vom Winde durch die Steppen gewehte Conchylien beweisen. Alle drei Wasserbecken überschritten weit ihre gegenwärtigen Grenzen, und es ist zu vermuthen, dass dieselben durch mehrere andere Landseen Nord-Asiens, zunächst mit dem Balkasch-See beginnen, welche jetzt durch flache nördlich vom Altai gelegene Ebenen von einander getrennt sind, mit dem Baikal und dem Eismeere in Zusammenhang standen, oder dass sie, wie die Schweizer Landseen, als die letzten Ueberreste einer vormals allgemeineren Meeresverbreitung betrachtet werden müssen. So stellte sich vom Mittelmeere bis zum Eismeere eine Wasserverbindung her, welche, später zwar aufgehoben, einige Organismen aus beiden Meeren in den allmählig abgetrennten Seebecken bis auf den heutigen Tag zurückgelassen hat. Die Undulationen im Boden veränderten die Niveaus der verschiedenen Wasserflächen gegen den Meeresspiegel. Beim Kaspischen Meere trat statt einer Hebung eine Senkung des Bodens von etwa 83 Fus ein, und es zeigt sich hier dieselbe Erscheinung, welche, wenn auch in anderem Niveau, bei den Schweizer Landseen in unzweifelhafter Weise bemerkt wird.

Das Kaspische Meer, dem so kein Abfluss in ein tiefergelegenes Meer möglich wird, besitzt nur in seinen nördlichen Theilen durch die Einmündung der Wolga und der Tereck brakisches Wasser mit einem Salzgehalt, der zwischen 0,16 pC. und 1,4 pC. (Vorgebirge Tjuk-

Karayan) wechselt. Weiter gegen Süden, wo der See sich vertieft und von den Flussmündungen sich entfernt, wird zwar der Salzgehalt noch grösser, scheint aber gegenwärtig nicht mehr im Wachsen begriffen, sondern nahezu einen constanten Werth angenommen zu haben <sup>1)</sup>).

Das Wasser des nördlichen Kaspischen Meeres bildete von den Wolgämündungen aus eine brackische Fauna, welche die Salzwasserfauna entweder verdrängt, oder die noch lebenden Individuen derselben bis zu einem gewissen Grade verkümmert hat.

Bei allen hochgelegenen Landseen, wie z.B. bei dem grossen Schweizer Binnensee der Diluvialperiode, in denen ein verhältnissmässig grosser Zu- und Abfluss von süsssem Wasser stattfindet, wird der ursprüngliche Salzgehalt bald verschwinden und damit die Meeresfauna verlöschen. Im Kaspischen Meere war dieses nicht möglich und so ist ein Absterben oder ein sichtbares Abnehmen in der Organisation, das von einigen Naturforschern vermuthet wird, kaum zu bemerken. Der Zusammenhang des Schwarzen und Kaspischen Meeres, der aus der Reliefform und der geognostischen Beschaffenheit des Bodens sich nicht bezweifeln lässt, wird noch weiter durch die Aehnlichkeit der Molluskenfauna beider Meere bestätigt. Das Schwarze Meer enthält drei eigenthümlich Kaspische Conchylien-Arten, welche im übrigen Mittelmeer fehlen; umgekehrt werden im Kaspischen Meere nach MIDDENDORFF und EICHWALD von 14 Muscheln desselben 8 auch im Schwarzen Meere gefunden. Zwei Arten, *Cardium edule* und *Cardium rusticum*, sind auch zugleich borealen Provinzen angehörend. Der Aralsee zeigt eine dem Kaspischen Meere im wesentlichen ähnliche Fauna. Die weiter östlich gelegenen Seen, unter ihnen der Balkasch und der schon hochgelegene Issikul-See sind wohl noch nicht auf ihre Faunen untersucht; dagegen sind einige Beobachtungen, die wir sogleich anführen werden, über den Baikalsee bekannt geworden, welche ebenso wie die von LOVEN gemachten über die im Wennern- und Wetter-See zurückgebliebenen Fische und Crustaceen für einen vormaligen Zusammenhang dieser Wasserflächen mit dem Eismeere sprechen.

<sup>1)</sup> v. BAER, *Kaspische Studien*, Petersburg 1855.

Zu den von LOVEN und anderen Skandinavischen Naturforschern in diesen Seen aufgefundenen Crustaceen gehören *Mysis relicta*, *Idothea entomon*, *Pontoporeia affinis*, *Gammarus loricatus* und *Gammarus cancelloides*. Alle bisjetzt bekannten Arten von *Mysis* leben im Meere und mehrere derselben, unter ihnen *Mysis oculata*, welche der *Mysis relicta* am Meisten gleicht, leben im hohen Norden. *Idothea Entomon* hat in der Ostsee wie in dem Eismeere ihre Heimat. *Pontoporeia affinis*, mit der Grönländischen *Pontoporeia femorata* am nächsten verwandt, ist bisher nur in der Ostsee angetroffen. *Gammarus loricatus* hat seine rechte Heimat im Eismeere, wo er im arctischen America, in Grönland und in Spitzbergen aufgefunden ist. Alle diese Formen sind bisjetzt an der wohl durchforschten Westküste Norwegens noch nicht beobachtet. Der *Cancelloides*, der merkwürdiger Weise nur in dem 1655 Fuss über dem Meere liegenden Baikal und der Angara gefunden worden ist, gehört gleichfalls zu den arctischen Arten.

Ausser einigen Crustaceen, zu denen vornehmlich die genannten aus den Schwedischen Seen gehören, sind auch mehrere Fische gegen den veränderten Salzgehalt im Wasser weniger empfindlich, die daher zugleich im Meere wie in Flüssen und in Süßwasserseen aufgefunden werden. Der *Cottus quadricornis* erscheint ebensowohl in der Ostsee wie im Wettersee und soll im Baikal wie im nördlichen Eismeer vorkommen. Auch ein entschieden arctischer Fisch des Omul, *Salmo migratorius*, ist im Baikal entdeckt; seine Verwandten finden sich in den Skandinavischen Süßwasserseen <sup>1)</sup>.

Es ist ferner für unsere Frage eine sehr wichtige Erscheinung, dass sowohl im nördlichen Europa, im Ladoga-, Onega-See, im Saima und Wuox, der bei Imatra einen Wasserfall von 50 Fus hat, die allerdings durch Flüsse mit dem Meere in Verbindung stehen, wie in den grossen Asiatischen Binnenseen Seehunde <sup>2)</sup> im Kaspischen Meere wie im Aral- und Baikal-See in grosser Zahl vorkommen.

<sup>1)</sup> *Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften* von C. GIEBEL und W. HEINTZ, Jahrgang 1862, S. 34.

<sup>2)</sup> LOVEN, l. c. S. 68. — v. BAER's *Caspische Studien*, S. 82. — P. S. PALLAS *Reise* III, S. 290.

Auf das Vorkommen der Seehunde im Baikäl hat zuerst der unsichtige und scharfblickende PALLAS aufmerksam gemacht, dem die geologische Bedeutung dieser Thatsache nicht entgangen ist. Er äussert sich darüber folgendermassen :

„Viel wunderbarer ist im Baikäl die Gegenwart der Seehunde, welche sich sonst nie so sehr weit vom Ocean in die Flüsse zu entfernen pflegen, auch zu unseren Zeiten im Jenissei und der unteren Angara nicht bemerkt werden, also durch eine wichtige Veränderung der Fläche des Erdbodens, oder durch ausserordentliche und seltene Zufälle bis hierher gekommen sein müssen.“

Wenn wir auch annehmen wollten, dass in den mit dem Meere durch Flüsse verbundenen Landseen diese Thiere trotz Wasserfällen und Stromschnellen aufwärts wanderten, so ist doch ihr Vorkommen in vollkommen abgeschlossenen Binnenseen des inneren Asiens auf diese Weise gewiss nicht zu erklären.

Die Seehunde können, wie dieses PALLAS schon richtig erkannt hat, in die genannten grossen Landseen bei der gegenwärtigen Reliefform der Erdoberfläche nicht gelangen, und man muss von ihnen, so wie von den Fischen, Krebsen und Mollusken annehmen, dass sie nach der Erhebung des Bodens als vormalige Bewohner des Weltmeers in diesen abgesperrten Wasserbecken zurückgeblieben sind.

Aehnliche Erscheinungen zeigen rücksichtlich der Organisation die an ihrem Boden gehobenen Landseen auf der Nord- und Südseite der Alpen, und ihre gegenwärtigen Bewohner deuten darauf hin, dass sie vormals, unserer vorgetragenen geologischen Vorstellungsweise gemäss, mit dem Meere in Verbindung gestanden haben und als die letzten Ueberreste vormaliger Salzwasser-Meerbusen oder Fiorde zu betrachten sind. So entwickelten sich zuerst aus einem grösseren Wassercomplex auf der Südseite der Alpen der Lago di Garda, der Lago di Como, der Lago die Lugano, der Lago Maggiore, mit den vielen kleinern in der Nähe liegenden Landseen.

Der Lago di Garda bei seiner tieferen Lage und grösseren Meeresnähe führt noch, ähnlich dem Wennern- und Wettersee einige Crusta-

ceen und Fische, die gegen süßes Wasser weniger empfindlich sind und ohne Zweifel aus dem Adriatischen Meere abstammen.

E. VON MARTENS hat in seiner ausgezeichneten Abhandlung <sup>1)</sup> eine Zusammenstellung von Fischen und Crustaceen, welche den Italienischen Landseen und dem Mittelmeere gemeinsam sind, veröffentlicht.

Unter den Fischen ist *Blennius vulgaris* (POLLINI) im Garda- und Albaner-See beobachtet; derselbe Fisch soll auch im Lago Maggiore vorkommen, obgleich diese Angabe nicht ganz zuverlässig zu sein scheint. Ferner *Atherina lacustris* (BONAPARTE) aus dem Albaner- und Nemi-See und endlich *Gobius fluviatilis* (BONELLI) aus dem Garda-See, aus den süßen Gewässern von Padua und aus anderen Gegenden Italiens.

Sodann sind auch durch VON MARTENS drei verschiedene Crustaceen in den Süßwasserbecken Italiens bekannt geworden. Zunächst ist *Palämon lacustris* aus dem Albaner-See zu erwähnen. Denselben Krebs fischte Herr VON SIEBOLD zu München, der mir darüber eine briefliche Mittheilung zu machen die Güte hatte, im Garda-See.

Herr VON SIEBOLD schreibt mir darüber folgendermassen: „MARTENS fand diesen Palämon auch im Albaner-See und in den Gewässern von Padua. VON HELLER (*die Crustaceen des südlichen Europa's*, Wien 1863, Seite 259) wird derselbe Krebs *Anchistia migratoria* genannt. Er gibt als Fundort desselben (ausser dem von MARTENS angeführten) Süßwasser in Aegypten, Bäche in Dalmatien, welche der Narenta zufließen, und das Adriatische Meer an, wesshalb er MARTENS' Bezeichnung *lacustris* in *migratoria* umgewandelt hat. Ich halte diesen Namen nicht für passend, da dieser Krebs gewiss nicht durch Wanderung in den Albaner- und Garda-See gelangt ist, sondern höchst wahrscheinlich von einer früheren Meeresfauna, als jene Wasser noch salzig waren, zurückgeblieben ist.“

„Ausserdem erwähnt VON MARTENS noch zwei andere marine Krebse *Telphusa fluviatilis*, aus den Seen von Albano und Nemi. Ich fand

<sup>1)</sup> *Archiv für Naturgeschichte* 23. Jahrgang, Berlin 1857. S. 149.

denselben Krebs schon im Jahre 1843 im See von Bracciano, wo er von den Einwohnern auch roh gegessen wird; und endlich *Spharoma fossarum* in den Pontinischen Sümpfen."

V. MARTENS erwähnt in seiner Abhandlung, dass in den polaren Gegenden der Unterschied zwischen der gesammten Süßwasserfauna und gesammten Meeresfauna geringer sei als am Aequator, und er erkennt den Grund davon sehr richtig, in dem Temperaturunterschied zwischen dem Meer und den Süßwasserbehältern, indem er hervorhebt, dass beide sich zu einander wie das See- zu dem Continentalklima verhalten. Es ist nun einleuchtend, dass in den Alpenen Seebecken auf beiden Seiten des Gebirges ausser der Verwandlung von Salzwasser in süßes auch die eingetretene Niveaudifferenz von etwa 5000 Fuss und dabei die gesunkene arctische Temperatur den Untergang der früheren Organisation vornehmlich mit herbei führte.

Der Garda-See, der vermuthlich am Wenigsten solchen Temperatureinflüssen ausgesetzt gewesen zu sein scheint, hat bis zu unserer Zeit einige gegen dieselben weniger empfindliche Seeorganismen bis auf den heutigen Tag in sich bewahrt.

Die Fischfauna der Seen vom Nord- und Südabhang der Alpen zeigt nur wenig Uebereinstimmung. Nach den Untersuchungen von V. MARTENS sind dem Bodensee und dem Lago di Garda nur 7, vielleicht 8 Fischarten gemeinsam.

Die Fische der Alpenen Seen zeigen in hervorragender Anzahl Formen des nördlichen Europa's und der Bodensee besitzt, wenn auch selten, den in Italien ganz fehlenden Osteuropäischen Wels.

Auch hier wird man sich aufs Neue überzeugen, dass die mit dem Meer übereinstimmenden Organismen der Süßwasserbehälter gewiss in der grösseren Mehrzahl der Fälle nicht durch Wanderung in dieselben gelangt, sondern, was auch von SIEBOLD annimmt, als eine vom Meere abgesonderte Urbevölkerung anzusehen sind. Wie wir bereits vorhin bemerkt haben, ist für die völlig abgesperrten grossen Seen des inneren Asiens keine Wanderung möglich. Dasselbe gilt auf das Unzweifelhafteste für die vulkanischen Seen von Albano, Nemi und Bracciano u. s. w., ver-

muthlich auch für einige der anderen ähnlichen Landseen des mittleren Italiens. Zwischen ihnen und dem Meere ist gegenwärtig jede Verbindung unterbrochen und damit ist eine Wanderung der Fische und Crustaceen undenkbar.

Wie kommt ferner der Wels, ein Osteuropäischer Fisch, in den Bodensee? Der Rheinfall von Schaffhausen, der vormals einst höher als jetzt gewesen ist, verstattete den Fischen keinen Durchgang in das höher gelegene Wasserbecken, und so bleibt uns dann nur noch die einzige Annahme übrig, dass der Wels und ähnliche Fische in den Bodensee in derselben Weise gelangt sind, wie Organismen des Eismeereres in den Baikal, d. h. bei einer ganz anderen Reliefform der Erdoberfläche in einer Zeit, in welcher andere Wasserverbindungen existirten und beispielsweise zwischen den Alpen und dem Jura der grosse Seearm gegen Osten hin mit dem Schwarzen Meere im Zusammenhang gestanden hat. Bei dem allmählig eingetretenen Umbau desselben ist der Wels zugleich mit der übrigen nordischen Fischfauna in dem abgesperrten kleiner und kleiner werdenden Seebecken zurückgeblieben.

Wenn wir soeben die Organisation der Alpenen Seen auf die des Meeres zurückführten, so ist damit die Ansicht der Geologen unvereinbar, welche den Alpenen Landseen einen späteren Ursprung geben und sie durch Gletscher auspflügen und ausarbeiten lassen. Nach der Art und Weise wie wir die geologischen Vorgänge in der Schweiz betrachten, wird ebensowohl den Wärmeverhältnissen des Erdkörpers, als auch den Erscheinungen in der organischen Welt vollkommen Genüge geleistet.

---

## ABSCHNITT XXIV.

### SCHLUSS.

---

Der leitende Gedanke, den ich in der vorliegenden Untersuchung nicht aus dem Auge verloren zu haben glaube, besteht im Wesentlichen darin, die in der Diluvialzeit zuerst auftretenden merkwürdigen Eis- und Gletschererscheinungen ohne solche Hypothesen zu erklären, die mit den Resultaten der exacten Naturforschung unvereinbar sind. Sowohl CHARPENTIER und AGASSIZ, so wie die meisten Geologen der Schweiz, Englands, Italiens und Skandinaviens, indem sie den von jenen betretenen Weg, mit etwas grösseren oder kleineren Abweichungen weiter verfolgten, haben nicht berücksichtigt, dass die an eine unwandlungbare Gesetzmässigkeit gebundene Erdtemperatur ausserhalb den ihr ein Mal vorgesteckten Grenzen keine willkürlichen, plötzlich eintretenden Veränderungen erleiden könne.

Man hat weder daran gedacht, die verschiedenen Klimate der Vorwelt, die eben so gut wie jetzt verschieden waren, von einander zu sondern, noch die Ursachen zu betrachten, durch welche sie hervorgebracht sind. Daher haben die Geologen die Gletscher- und Eisphänomene unbewusst in dasselbe Niveau verlegt und haben lieber ein

allgemeines Sinken der ganzen Erdtemperatur angenommen, als die Temperatur höherer Luftschichten zu berücksichtigen, in welche einige, wenn auch nur verhältnissmässig sehr kleine Theile der Erdoberfläche für gewisse Zeiten versetzt worden sind.

Die Eisbildung, welche während der Ablagerung der älteren Formationen entweder auf der Erde völlig ausgeschlossen, oder auf die nächste Nähe der Pole beschränkt war, gewinnt zum ersten Male im Diluvium einen weiteren Umfang, indem sie bis in die Mitte der gemässigten Zone vordringt. Die durch das Eis in den kälteren Gegenden der Erde fortbewegten Trümmergesteine berechtigen uns jedoch durchaus nicht zu der Annahme, dass in Folge eines plötzlichen Sinkens der Temperaturen jene weite Oberfläche, auf denen sie sich finden, durch einen Eispanzer bedeckt worden sei, der nach der Art unserer Gletscher die Findlinge vor sich fortbewegt habe. Im Gegentheil haben wir uns überzeugt, dass die Eisbildung im Meeresniveau der gemässigten Zone nur an die eigentlichen Wintermonate gebunden ist und im Frühling, je nach der verschiedenen geographischen Breite, bald früher, bald später verschwindet. Alle übrigen Eisbildungen beschränken sich in der gemässigten und einem Theil der kalten Zone auf verhältnissmässig enge Räume und kommen entweder nur in der Gestalt von Gletschern in den höchsten Gebirgen der Erde, oder als Treibeisbildung auf hochgelegenen Landseen zum Vorschein. Wenn während der Diluvialzeit in den Alpen, im Schwarzwald, in den Vogesen, in den Pyrenäen, in den Schottischen und Skandinavischen Gebirgen eine ungewöhnliche Eisverbreitung stattfand, so ist diese nach unseren nunmehr mitgetheilten Untersuchungen nur zum kleineren Theile durch veränderte Strömungen der Luft und des Meeres und durch eine veränderte Configuration der Welttheile zu erklären; eine gänzliche Umgestaltung der Klimate nach der einen oder andern Seite hin in dem Betrage, wie sie die Hypothesen von AGASSIZ, CHARPENTIER und FALKLAND erfordern, lässt sich mit der Wärmetheorie nicht vereinigen.

So bleibt uns denn nur noch die einzige Hypothese über, welche zur Erklärung aller in der Diluvialzeit vorkommenden Glacialerscheinungen

unter allen Umständen ausreicht, nämlich eine veränderte Reliefform der Erde mit Einschluss gewisser Wassercomplexe anzunehmen; sie wird überall vollständig zur Erklärung aller Erscheinungen genügen und keinen Ausnahmezustand für die Warmesetze in Anspruch nehmen. Wir müssen uns bei diesen geologischen Betrachtungen an den Gedanken gewöhnen, dass unsere Städte, unsere Wohnplätze nicht auf einem festen, sondern auf einem beweglichen Untergrunde sich verbreiten und dass nicht das Land, sondern der Meeresspiegel als etwas Unveränderliches zu betrachten ist.

Die säcularen Bewegungen in der starren Erdrinde gehören zu den allgemeinsten Erscheinungen auf der Erdoberfläche, welche von einem Pole zum anderen sich verbreiten, die bereits in den frühesten geologischen Perioden sich merklich zu machen begonnen und bis zur Stunde ihren Abschluss noch nicht erlangt haben. Bei einer dünneren Erdrinde waren diese Bewegungen vermuthlich der Zeit nach rascher auf einander folgend, aber weniger hoch. Während sie jetzt z. B. in Skandinavien 2,5 Fuss im Laufe des Jahrhunderts betragen, mögen sie während der Kohlenablagerung 10 und 20 Mal grösser gewesen sein. Dagegen stieg das Land weniger hoch, und schneller als jetzt folgte nach einer Erhebung eine rückwärts gehende Senkung. Es erklären sich so die schon vorhin erwähnten Oscillationen in den Purbeckschichten, wo man schon in einer Abtheilung einer wenig mächtigen Formation einen 10 fachen Wechsel von Meerwasser, Süßwasser und Brackwasser-Ablagerungen mit zwischenliegenden Festlandbildungen zu beobachten Gelegenheit hat.

Gegenwärtig aber sind diese Bodenbewegungen bei einer dickeren Erdrinde zwar sehr viel langsamer, aber auch sehr viel nachhaltiger. Stellen wir uns vor, dass ein Mal die Oberfläche der Erde unter dem Einflusse einer sehr hohen Temperatur in vollkommen flüssigen Zustande sich befinde und dass das andere Mal die Erde ein durchaus starrer Körper von constanter Temperatur sei, so wird in beiden Fällen keine Bodenbewegung eintreten können. Zwischen diesen beiden Grenzen wird aber bei einer gewissen Dicke der Erdrinde für die Gebirgserhebung

ein Maximalwerth erscheinen, der, wenn er überhaupt schon erreicht ist, vielleicht in der Diluvialzeit zu suchen wäre.

Diese sehr langsam sich bildenden, uns in ihrem Gesamtergebniss grossartig erscheinenden Bodenbewegungen, sind zwar mit der Oberfläche und dem Halbmesser der Erde verglichen ausserordentlich gering, stehen aber in einem ganz anderen Verhältniss zu der Dicke der Atmosphäre in deren höhere Schichten sie bisweilen hineinragen. Mit ihnen hängen die Gletscher- und Landseetreibeis-Bildungen auf das Innigste zusammen, die je nach der Höhe entstehen und wieder verschwinden können und, auf einen verhältnissmässig kleinen Raum concentrirt, keinen generellen, sondern nur einen örtlichen Charakter an sich tragen. Betrachten wir z.B. in Europa die Oberflächen der Gegenden, in welchen während der Diluvialzeit Gletscher in Verbindung mit Landseetreibeis sich entwickelt haben, so findet man nach einer auf dem Augenmass beruhenden Schätzung etwa folgende Verhältnisse:

- 1) das erratische Terrain der Alpen besitzt höchstens eine Oberfläche von 1500 Quadratmeilen,
- 2) auf die Pyrenäen kommen höchstens 200 Quadratmeilen,
- 3) für den Schwarzwald und die Vogesen 200 Quadratmeilen,
- 4) für die übrigen in der Diluvialzeit in Frankreich und Deutschland mit Einschluss der Karpaten vergletscherten Gebirge 500 Quadratmeilen,
- 5) für Wales, Cumberland und Schottland 500 Quadratmeilen,
- 6) für Skandinavien 3100 Quadratmeilen.

In ganz Europa würde daher höchstens eine Oberfläche von 6000 Quadratmeilen aufgefunden werden können, welche in der Diluvialzeit den Einwirkungen von Gletschern und von Landseetreibeis ausgesetzt gewesen wäre, oder etwa 6 Procent von der Oberfläche unseres Welttheils und etwa 2 Procent der Oberfläche, wenn die zunächst angrenzenden Meere, nach der allgemeinen Vertheilung von Wasser und Land, mit in Betracht gezogen würden. Von diesen 6000 Quadratmeilen wird von den eigentlichen Gletschern der Gegenwart und denen der Diluvialzeit der bei weitem kleinere Theil eingenommen. Ein sehr viel grö-

seres Feld gehört der Treibeisbildung der Landseen an. Von beiden ist die Treibeisbildung im Meeresniveau im Winter und Frühjahr zu unterscheiden, welche in den beiden kalten und in gewissen Theilen der gemässigten Zonen über  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der ganzen Erdoberfläche sich verbreitet.

Nach diesen Angaben kann man ungefähr übersehen, in welchem Verhältniss die verschiedenen Arten der Eisverbreitung zu der ganzen Erdoberfläche stehen. Dass die Gletscher, wenn sie auch hin und wieder bei veränderter Reliefform in der Diluvialzeit etwas verbreiteter gewesen sein mögen, nur als locale Erscheinungen anzusehen sind, wird niemand bezweifeln können. Die Treibeisbildungen sind aber durch die mittlere Wintertemperatur der den Polen näher liegenden Gegenden bedingt und erforderten und erfordern keine Kälte, welche mit der Wärmethorie unvereinbar erscheint. Widersprüche der grössten und mannigfaltigsten Art treten aber erst dann hervor, wenn man die Treibeisbildungen und den mit ihnen in Zusammenhang stehenden Findlingtransport durchaus durch riesige Gletscher d. h. durch Eiserscheinungen erklären will, welche nicht an die Temperaturen der kältesten Monate gebunden sind, sondern eine sehr niedrige mittlere Jahrestemperatur erfordern.

Vergleichen wir nun noch die Grösse jener Erhebungen, durch welche der Eisbildung ein gewisses Feld der Thätigkeit eingeräumt wird, mit dem Halbmesser der Erde. Die auf der Nordseite der Alpen eingetretene Erhebung, welche den vorhin beschriebenen Binnensee gleichsam in eine arctische Zone versetzt, beträgt etwa  $\frac{1}{8000}$  des Erdhalbmessers. Bei einem dem frühererwähnten ähnlichen Globus von 302<sup>mm</sup> Durchmesser würde eine solche Hebung oder Senkung, welche sich über eine Oberfläche von einigen Hundert Quadratmillimetern vertheilt, nur 0,03<sup>mm</sup> oder weniger als die Hälfte der Dicke des Papiers betragen, mit welcher dieser Globus überzogen ist. Die geringste Aenderung in der Feuchtigkeit der Luft, oder der Wärme können leicht auf der Oberfläche desselben verhältnissmässig viel grössere Veränderungen hervorbringen als die sind, welche in den Alpen die Gletscher-Erweiterung bewirkten, und die selbst das aufmerksamste Auge nicht gewahr werden würde.

Die an einem Orte der Erde eingetretene Senkung wird in einiger Entfernung davon durch eine entsprechende, möglicher Weise auf eine grössere Fläche vertheilte Hebung compensirt. So sehen wir z.B. während der Diluvialzeit die Alpen und die süddeutschen Gebirge sich senken, während in derselben Zeit ein grosser Theil Norddeutschlands, Polens und Russlands steigt.

Für die künftigen Fortschritte der Geologie und der physischen Geographie, so wie für eine Reihe praktischer Fragen z.B. für die Anlage von Häfen und Dämmen, ist die allmählig eintretende Veränderung in der Reliefform der Continente von der grössten Bedeutung und verdient durch sorgfältige Beobachtungen an den verschiedensten Stellen der Erde genau festgestellt zu werden.

Zur Erreichung dieses Zweckes erscheint es sehr wünschenswerth, über ganz Europa, womöglich auch in den anderen civilisirten Ländern der Erde, nicht nur den Küsten entlang, sondern auch auf den Kämmen der Gebirge, so wie in Stollen der Bergwerke viele Marken festzulegen, welche durch ein sehr sorgfältig ausgeführtes Nivellement theils unter sich, theils mit dem Meeresspiegel zu verbinden sind.

Das Mittelländische Meer und die Ostsee, in denen nur eine schwache Ebbe und Fluth bemerkt wird, würden sich besser als die Nordsee und der Atlantische Ocean für ein Normalniveau eignen. Die Höhen solcher von Zeit zu Zeit zu controlirender Marken liessen sich aus den nach dem Plane des von General VON BAEYER verbundenen Europäischen Gradmessungen, so wie aus den besten Eisenbahn-Nivellements mit Sicherheit bestimmen. Was nun insbesondere die Alpen und den Jura anbelangt, so liessen sich auf einem jeden der Hauptseen, sowohl auf Nord- als Südseite des Gebirges sehr zuverlässige, eigens zu diesem Zweck construirte Wassermarken, an steil abstürzenden Felswänden z.B. am grossen Axenberg, an der Isolabella u. s. w. anbringen. Der dicht bei Genf im See liegende Pierre à Niton besitzt bereits eine solche Wassermarke (Seite 88), deren Höhe schon jetzt über dem Mittelmeere hinreichend genau festgelegt zu sein scheint.

Die verschiedenen Alpenen Seebecken, deren Niveaus sich mit grosser

Schärfe unter einander vergleichen lassen, würden sich wohl am Besten dazu eignen, um in verhältnissmässig kurzer Zeit die fortdauernden Bodenbewegungen im Schweizer Tieflande mit Sicherheit nachzuweisen.

Für die Wassermarken an diesen Landseen möchte ich mir erlauben zwei Fuss lange und einige Zoll dicke, eigens für diesem Zweck verfertigte Porzellantafeln in Vorschlag zu bringen, auf denen eine schwarze oder blaue in Feuer eingebrannte Linie angegeben wäre. Eine solche Tafel, welche der Verwitterung besser widerstände als Granit oder Metall, wäre an einer senkrechten, festen Felswand in geringer Höhe über dem Wasserspiegel einzulassen und mit Schrauben von Kupfer, die man um sie vor Oxydation zu schützen mit einem edeln Metalle überziehen könnte, zu befestigen. Aehnliche Marken, deren Höhe über den Niveaus der Landseen festzulegen wären, müsste man an verschiedenen Stellen der im Sommer schneefreien Rücken der Hochalpen anbringen. Für diesen Zweck sind solche Localitäten besonders zu empfehlen, die sowohl auf der Nord- als Südseite des Gebirges in grösserer Entfernung sichtbar sind, und deren Höhen über den Landseen, diese dann über dem Meere zu ermitteln wären. Eine ähnliche Markenreihe könnte man auf den höchsten Kämmen des Jura anbringen und die Höhe derselben wiederum mit dem Sceniveau vergleichen.

Sind die Bodenbewegungen in der Schweiz auch nur halb so gross als die in Skandinavien, so würden sie doch mit der Benutzung aller unserer wissenschaftlichen Hilfsmittel nach dem Verlaufe eines Jahrhunderts mit Sicherheit erkannt werden. Länger fortgesetzte Beobachtungen könnten uns sowohl über die Biegungen der Gebirgsschichten, wie über die absoluten Zeiträume, welche für solche Bodenbewegungen erfordert werden, wenigstens angenäherte Aufschlüsse ertheilen.

Auch für unser Land und für die Bewegung unserer norddeutschen meist aus Diluvialablagerungen bestehenden Küsten wäre die Anlage scharfer mit den verschiedenen Triangulationen in Verbindung gesetzter Wassermarken von grossem Werth, welche uns über das Sinken oder Steigen derselben unterrichten würden. Es liesse sich dann auch demnächst beurtheilen, wo die kostspieligen Deichbauten, welche die Ufer gegen

die Nordsee hin umschliessen, für die Dauer von Nutzen sein könnten, und ob sie überhaupt in der Zukunft vermöchten das Festland gegen das eindringende Meer zu schützen.

An einer solchen Wassermarke oder Peilstock sind bereits seit dem Jahre 1709 bis zu unseren Tagen zu Amsterdam regelmässige Beobachtungen angestellt, aus denen jedoch keine irgend zuverlässig bemerkbare Veränderung des Wasserstandes hervorgeht <sup>1)</sup>.

In meiner bereits vor 18 Jahren geschriebenen physisch-geographischen Skizze von Island habe ich mich schon gegen die sogenannte Eiszeit erklärt; weitere von mir seitdem über diesen Gegenstand fortgesetzte Studien, welche ich hier den Freunden der Geologie vorzulegen mir erlaube, haben meine damals ausgesprochenen Ansichten nur noch in jeder Weise bestätigt.

Indem ich schon damals auf die Verbreitung des Treibeises an der Isländischen und Skandinavischen Küste aufmerksam machte und theilweise den Findlingtransport, so wie die Bildung der Schliefflächen daraus erklärte, beschränkte ich die Wirkung der Gletscher auf das Gebiet, welches ihnen zukommt. Dabei habe ich schon damals auf die Veränderungen der Reliefform der Erdoberfläche hingewiesen; und habe auf den Zusammenhang derselben mit der Eisverbreitung aufmerksam gemacht.

Als ich vor etwa vier Jahren diese Schrift zuerst zu bearbeiten begann, fand ich, dass DARVIN, indem er die Glacial-Erscheinungen der südlichen Halbkugel in seiner trefflichen Reisebeschreibung bespricht, fast genau von denselben Ansichten ausgeht, welche auch für mich die leitenden gewesen sind. Er zeigt, wie an der Küste von Chili Gletscher zum Meeresniveau gelangen und darauf in schwimmende Eisberge sich verwandeln. Auf einem derselben wurde ein Granitblock beobachtet, der weit von seiner ursprünglichen Lagerstätte fortgeführt war und bereits begonnen hatte das Eis um sich her aufzuthauen. In den Zusätzen zu

---

<sup>1)</sup> F. J. STAMKART, *Over het Amsterdamsche Peil; Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, D. XVII pag. 261, Amsterdam 1865.

seinem Werke <sup>1)</sup> prüft er bei Gelegenheit der Treibeis-Untersuchungen die von CHARPENTIER und AGASSIZ aufgestellten und auch von uns besprochenen Hypothesen, deren man in der Schweiz zur Erklärung des Findlingstransports sich bedient hatte. DARVIN fügt dann allerdings sehr kurz hinzu, dass man die Verbreitung der erratischen Blöcke am Jura sehr wohl auf eine andere Weise als durch riesige Alpine Gletscher erklären könne, wenn zwischen den Alpen und dem Jura einst eine Wasserfläche existirt und eine langsame Bodenerhebung stattgefunden habe.

Die vormalige grössere Ausdehnung der Diluvialgletscher schiebt DARVIN nicht auf grösseren Schneefall oder auf vergrösserte atmosphärische Niederschläge, wie dieses sowohl von CHARPENTIER als von AGASSIZ vorausgesetzt wird, sondern auf eine gewisse Temperaturveränderung, deren eigentlichen Grund er nicht angibt. Dieses ist aus folgender Stelle ersichtbar <sup>2)</sup>.

„No doubt if much more snow fell formerly than at present, the glaciers would formerly have descended somewhat lower; but as Europe now has a moderately humid climate, it is improbable in the highest degree (if indeed possible) that a difference of that kind could have caused the former extremely low descent of the ancient glaciers of the Alps: therefore we are compelled to attribute the difference to a change of temperature of some kind.”

Aus diesen Bemerkungen geht hervor, dass die von DARVIN aufgestellte Ansicht über den Alpenen Findlingstransport sich sehr der meinigen nähert; indess ist es einleuchtend, dass durch einen vom Mittelländischen Meere abgezweigten Seearm, der sich zwischen den Alpen und dem Jura verbreitet, und durch eine einfache Hebung den Alpenen Diluvialerscheinungen nicht entsprochen werden kann. Zu einer befriedigenden Erklärung ist eine vollkommene Wasserabspernung, die allmähliche Verwandlung eines Seearms in einen fast 5000 Fuss hoch gelegenen

---

<sup>1)</sup> *Physisch-geographische Skizze von Island*, Göttingen 1847, S. 19. — CHARLES DARVIN, *Journal of researches into the geology and natural history*. London 1840, pag. 619.

<sup>2)</sup> *Journal of researches*, pag. 616.

Landsee in Verbindung mit einer Hebung und einer darauf folgenden Bodensenkung durchaus erforderlich. Es ist dieses die einzige Hypothese welche ohne Verletzung physikalischer Gesetze allen Beobachtungen vollständig genügt.

Es konnte mir nur erwünscht sein, dass ein Geologe von so grossem Namen, von ähnlichen Naturanschauungen geleitet, bei der Lösung dieser Frage einen ähnlichen Weg verfolgte, den ich damals, noch unbekannt mit den ebenerwähnten Untersuchungen, einzuschlagen bemüht gewesen bin.

Aber auch unter den Schweizer und Deutschen Geologen machen sich in Bezug auf die diluviale Gletscher- und Findlings-Verbreitung Ansichten geltend, welche sich den meinigen mehr und mehr zu nähern beginnen.

STUDER, indem er den Ansichten RAMSAY's über Aushöhlung der Seen durch Gletscher entgegen trat, gelangte zu dem Endresultate, dass die Seebecken in Flachlande der Schweiz während und nach der Diluvialzeit eine Senkung erlitten haben. Aus dieser Senkung, die sich nicht nur über die Seebecken sondern in vergrössertem Maassstabe über die Alpen und den Jura ausdehnt, erklärt sich allein die Findlingsverbreitung, welche wenigstens in dieser Ausdehnung durch Gletscher nicht erklärt werden kann. Unter den Deutschen Geologen ist es vornehmlich GÜMBEL, welcher die Ursache der Findlingsverbreitung in ähnlicher Art wie Sir CHARLES LYELL mit schwimmendem Eis in Verbindung bringt und ausserdem die Senkung, welche die Alpen in der neuesten Zeit erlitten haben, hervorhebt.

GÜMBEL spricht sich darüber in folgender Weise aus <sup>1)</sup>:

„Bei Miesbach in der Nähe des Innthals zeigen sich weiter östlich wieder Wanderblöcke in grösserer Anzahl. Einer der grössten liegt an der Auer-Strasse unfern Erklärberg; doch sind sie auch hier im Ganzen selten und unregelmässig vertheilt. Erst im eigentlichen Fluthgebiete

<sup>1)</sup> *Geognostische Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes* von C. W. GÜMBEL, Gotha 1863, S. 799.

des Inn's begegnet man ihnen wieder häufiger auf beiden Thalseiten, auf der linken bei Rott, Attel und Rieden, auf der rechten von Vogtareuth über Griesstätt, Freyham, Wasserburg, Kirschbannham, St. Leonard, Wang, Mitterngars bis Kraiburg. Die zahlreichsten Blöcke liegen in dem hügeligen Gebirgen zwischen Simssee und Chiemsee bis zum Hochgebirgsrande vertheilt, aber sie sind hier nicht in Reihen geordnet, sondern unregelmässig um Hohenmoos, Frasdorf, Söllhuben, Hirnberg, Bernau ausgestreut. Ja selbst in der Tiefe des Chiemsees sind östlich von der Herrenwörthinsel erratische Blöcke sichtbar. Am weitesten ostwärts abgesetzt wurden solche Wanderblöcke vor der Traunöffnung, u. s. w."

Wir sehen aus dieser Beschreibung wie eng der Findlingstransport nicht nur mit der Thalbildung der Alpen, sondern auch besonders mit den von ihnen verbreiteten einstmaligen Seeflächen, von denen nur noch geringe Ueberreste auf unsere Zeiten überkommen sind, im Zusammenhang steht. Auch in diesem Theile der Alpen wiederholen sich dieselben Erscheinungen, welche wir auf der Südseite dieses Gebirges bei Ivrea und Como und auf der Nordseite am unteren Ende des Wallis, am Ausgang des Chamounithals in der Nähe des Genfersees beobachten. Auch in den Bayerischen Alpen verzweigten sich die nördlich vor ihnen ausgebreiteten in einem höheren Niveau liegenden Seebecken in die Thäler des Inn's, der Isar, der Salza, und gelangten so mit den Gletschern in Berührung, deren schwimmende Schollen mit Findlingen beladen davon zogen.

GÜMBEL erwähnt darüber Folgendes:

„Durch diese Thatsachen wird man bezüglich der Entstehungsart dieser erratischen Blöcke wenigstens für unser Gebiet zu der Ansicht geführt, dass zur Zeit der Bildung des Lösses, dem sie theilweise ein- und aufgelagert sind, vom Inneren der Alpen her durch Fluthen gewaltige Blöcke der Urgebirgsfelsarten auf Stücken von Gletschereis schwimmend zur Ebene geführt und hier entweder bei dem Austritt aus

dem Gebirge von dem im raschen Laufe gehemmt, strudelnden Wasser bei Seite gestossen oder weiter fortgetragen wurden, bis sie nach und nach reihenweise neben den Strömungen abgesetzt wurden, sobald die schmelzenden Eisstücke in den ruhig gewordenen Gewässern ihre Last nicht mehr zu tragen im Stande waren und niedersanken. Jene Gletschereisstücke, auf welchen den sogenannten Gletschertischen gleich, solche Urgebirgsblöcke lagen und fortgeführt wurden, stammten von grössern Eismassen, welche im Innern der Hochalpen bei einer Rücksenkung des Alpengebirges von seiner früheren Höhe bis zum Niveau des damaligen Wasserstandes hinabgebracht worden zu sein scheinen."

GÜMBEL erkennt zwar, dass die Eisschollen wie die Senkung der Alpen bei der Findlingsverbreitung eine wichtige Rolle gespielt haben, indess müssen jene grossen Strömungen, welche die erratischen Gesteine auf Eisschollen fortführten und an den Flussufern absetzten, einiges Bedenken erregen. Wie können solche Fluthen entstehen? Wie können sich in so wüthenden Strömungen riesige Findlinge längere Zeit auf den Schollen halten? Was versteht man unter dem Niveau des damaligen Wasserstandes?

Die Rücksenkung der Alpen ist jedenfalls ein Vorgang, welcher ungeheuerere Zeiträume in Anspruch genommen hat, durch welchen sich solche Wasserströmungen nicht erklären. Betrachten wir aber dieses Gebirge in seiner gegenwärtigen Beschaffenheit, so sehen wir nur, dass Bäche und Ströme wie die Rhone oder Arve u. s. w. unter den Gletschern hervordringen. Bei vielen Reisen in der Schweiz habe ich jedoch nie das kleinste Stück Eis auf diesen Flüssen schwimmen sehen, käme dieses aber auch hin und wieder vor, so sind solche von schäumenden oft durch Schluchten herabstürzenden Bergströmen fortgerissene Eismassen gewiss nicht dazu geeignet, riesige Findlinge von den Gletscherenden zu der äussern das Gebirge umgebenden Ebene zu führen. Selbst bei heftigen Wolkenbrüchen, bei Gewitterregen oder beim Aufthauen des Schnees erscheint ein solcher Vorgang kaum möglich zu sein.

Versteht man aber unter dem Niveau des damaligen Wasserstandes, was ich aus einer anderen Stelle in GÜMBEL's trefflichem Werke zu

entnehmen glaube, das Niveau des Bodensees vor der letzten Bodensenkung, so sind alle Erscheinungen aus dem Zusammenwirken der Gletscher und der in den Alpen verzweigten Seearme vollkommen auch ohne die Mitwirkung gewaltiger Fluthen genügend erklärt.

Der Löss in der Bayerischen Hochebene, in und über dem die Findlinge lagern, wird sich so in der Mehrzahl der Fälle als eine aus stehendem Süßwasser oder aus Landseen gebildete Glacialschicht zu erkennen geben, ähnlich dem Norwegischen Binnenlandlehm oder dem Löss in der oberen Rheinebene, der als der Absatz aus jenem grossen vorhin erwähnten zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald verbreiteten Landsee zu betrachten ist. Auch im Bayrischen Oberlande sind die vielen grössern und kleineren Landseen, der Chiemsee, der Wurmsee, der Ammersee u. s. w. die Ueberreste jener diluvialen Fiorde, die, wie in der Schweiz und in der Lombardischen Ebene, in die engeren Gebirgsthäler bis zu den unteren Gletscherenden sich verbreitet haben und bei der langsamen Hebung der Alpen aus dem grösseren Meeressgölfe nach dessen Absperrung hervorgebildet sind.

Ein so umsichtiger Forscher wie GÜMBEL, der so vieles für die geologische Untersuchung des Alpengebirges geleistet hat, wird meine etwas modificirte Ansicht am Besten zu prüfen Gelegenheit haben und vielleicht auch die Vortheile erkennen, welche mit der Annahme derselben in Verbindung stehen.

Die Erde, um noch ein Mal auf den Gang unserer Untersuchungen zurückzublicken, wird gegenwärtig an ihrer Oberfläche durch ihr Inneres nur noch unmerklich erwärmt, empfängt aber dagegen von der Sonne ein genau zugemessenes durchaus unveränderliches Wärmequantum, welches innerhalb bestimmter Grenzen je nach der Configuration der Länder und Meere ungleichmässig über der Erdoberfläche vertheilt, die verschiedenen Klimate unter den verschiedenen geographischen Breiten ausprägt.

Es entsteht so zunächst in der allgemeinsten Verbreitung das Seeklima, welches vorwiegend den Charakter der vorweltlichen Klimate an sich trägt, und das Continentalklima, bei dessen Beurtheilung die be-

ständige sich ändernde Reliefform der Erdoberfläche in Betracht gezogen werden muss. Das letztere macht von der Mitte des Diluvialzeit an in einigen Gegenden der Erde in hohem Maasse sich bemerkbar, während in anderen das Seeklima je nach dem Stande der Sonne mit ausserordentlicher Regelmässigkeit sich erhält. Da wo Land und Meer an einander grenzen, mischen sich diese beiden Hauptklimata in den verschiedensten Uebergängen.

Bei der Abnahme der Temperatur in den höheren Gegenden der Atmosphäre rücken gewisse, wenn auch nur verhältnissmässig kleine Theile der Erdoberfläche in kältere Luftschichten und gelangen so aus einem milderen mitunter in ein strengeres Klima, in welchem Schnee und Eis die Stelle des fallenden Regens und der sich sammelnden Wasser vertreten. Denselben klimatischen Erscheinungen, welche wir an den Polen der Erde und in der Nähe der Polarkreise im Meeresniveau finden, begegnen wir in ganz ähnlicher Weise auf hochgelegenen Terrain der gemässigten Zonen. Felder von ewigem Schnee werden allmählig in Firn und Gletschereis verwandelt, die dann unter dem Einfluss der Schwere in tiefergelegene Thäler vordringen, wo ihnen die dort herrschende Temperatur je nach den verschiedenen geographischen Breiten eine natürliche Grenze entgegenstellt. Zu ihnen gesellt sich in den polaren Gegenden in sehr viel grösserem Umfange die Treibeisbildung, wie wir sie z.B. in der Schweiz kennen gelernt haben.

Das Eis wirkt das eine Mal in Verbindung mit harten Felsstücken als polirendes und die Erdoberfläche abschleifendes, das andere Mal als ein fortbewegendes Element. In beiden Fällen drückt das Eis mit einer ungeheueren Gewalt sein Schleifmaterial gegen die Felswände und erzeugt so jene Risse und polirten Streifen, welche bei einer einseitigen Betrachtungsweise allein der Wirkung der Gletscher zugeschrieben sind, während man den bei weitem ausgedehnteren Antheil an diesen Vorgängen, der auf Rechnung der Treibeises kommt, unberücksichtigt gelassen hat.

Ebenso eignen sich zur Fortbewegung der Findlinge und des mit

ihm engverbundenen Glacialschutts beide Eisarten, doch fällt der zweiten auf der Erdoberfläche die entschieden grössere Rolle zu.

Die meisten neueren Geologen haben der Treibeisbildung, die in den gemässigten Zonen, was bisjetzt nicht beachtet wurde, nur in einem höherem Niveau vorsich gehen kann, weniger Aufmerksamkeit geschenkt, als es der Vorgang wirklich verdient. Sowohl CHARPENTIER wie AGASSIZ vermieden es auf die Behandlung dieser Frage gründlich einzugehen; wenn beiden, so wie auch RAMSAY und vielen der neueren Schweizer und Italienischen Geologen, die Treibeiserscheinungen nicht unbekannt gewesen sind, so haben sie doch nicht in genügender Weise berücksichtigt, dass die Oberfläche der Gegenden, in denen die Glacialerscheinungen vorkommen, eine gänzliche Umgestaltung erlitten hat. Unsere Aufgabe ist es dagegen gewesen, die diluvialen Glacialerscheinungen zu benutzen, um durch sie die vormalige Reliefform des Bodens auch in quantitativer Beziehung kennen zu lernen.

Nur durch eine richtige Verbindung derselben mit der Gletscherwirkung und Treibeisverbreitung auf hochgelegenen Wasserflächen ist unser Problem sicher zu lösen, ohne in Widersprüche mit den Lehren der Physik zu gerathen. Manche Geologen werden es vielleicht bedenklich finden hochgelegene, langsam gehobene Wasserbecken in den Kreis der Untersuchung zu ziehen, allein die Erdoberfläche zeigt tausende derselben in allen Welttheilen in den verschiedensten geographischen Breiten, in den verschiedensten Grössen und Höhen.

Die Laguna von Mexico liegt beispielsweise weit höher als der Schweizer Binnensee. Der Titicaca-See am Fuss der Andeskette, der Nicaragua-See und der grosse Salzsee liegen nicht viel niedriger. Der erst kürzlich von SPEKES entdeckte Nilsee Victoria Nyanza erhebt sich 3700 Fuss über den Meeresspiegel.

In Asien liegen einige Seebecken unter, andere bedeutend über dem Meeresniveau. Die Höhe des Baikal beträgt 1655 Fuss; der Issikul nördlich vom Thian-Schan und zahlreiche andere Landseen des inneren Asiens nehmen eine sehr viel bedeutendere Höhe ein; ebenso wenig kann es bezweifelt werden, dass viele derselben während der

Diluvialzeit grössere Oberflächen überdeckten, welche sich zu ihren gegenwärtigen etwa verhalten, wie der Boden- und Genfer See zu dem grossen diluvialen Binnensee.

Die zu verschiedenen Zeiten verschieden angeordnete Vertheilung von Meer und Land bedingt zwar eine verschiedenartige klimatische Entwicklung, aus der jedoch die in den gemässigten Zonen auftretenden Glacialerscheinungen ohne eine geänderte Reliefform sich nicht genügend erklären lassen.

Wir sehen die schneebedeckten Häupter der Vulkane, der Andesketten in der Mitte des vollendetsten Seeklimas über die Wolken in Luftschichten emporragen, in welchen das Leben der Erde gänzlich erloschen ist, und bemerken von da an stufenweise gürtelförmig geordnet die Pflanzen der borealen, gemässigten und tropischen Zone auf einander folgen. Auf den Höhen der Gebirge, an den Meere und in seinem ergründeten Tiefen schliesst sich die Organisation unter den mannigfaltigsten Umständen den Temperaturverhältnissen in bewunderungswürdiger Weise an.

Möchten diese Blätter die Geologen daran erinnern, dass die grossen Phänomene in der Natur, die auf dem Strome der Zeit an uns vorüberziehen, weder Willkür und Ausnahmszustände gestatten, noch bei der Erklärung falsch verstandener Erscheinungen unbefragt und unbeachtet zur Seite geschoben werden dürfen. Wir erblicken und verehren in ihnen jene ewige unwandelbare Gesetzmässigkeit, der sich alles Irdische zu fügen hat.



## ERKLÄRUNGEN ZUR KARTE.

---

Die kleine hier beigefügte Karte hat den Zweck die diluvialen Glacialerscheinungen nach der von uns aufgestellten Theorie unseren Lesern recht anschaulich zu machen. Der Massstab derselben von 1 : 1850000 ist zwar ein sehr kleiner und selbstverständlich können hier die genaueren Details nur ungenügend wiedergegeben worden. Zunächst bemerkt man mit grüner Farbe angegeben den alpinen Binnensee von Chambéry bis nördlich von Amstetten, an welche beiden Punkte wir die Absperrungsstellen oder die Schleusen des Bassins verlegen. Durch die fortgesetzte Modellirung des Terrains bildet sich der untere Rhonensee, von dem gegenwärtig nur der Lac du Bourget übrig blieb. Seine nördliche Grenze erstreckt sich vom Salève bis zum M. de Vuache über den M. de Sion und ist durch eine schwarzpunctirte Linie angegeben. Daran schliesst sich der obere Rhonensee, mit seinen verschiedenen Fiorden, Lac d'Annecy, unteres Arve- und Rhonethal.

Die nordöstliche Grenze desselben ist wieder durch eine schwarzpunctirte Linie bezeichnet. Es folgt darauf der obere Rheinsee, der jetzt durch das Becken des Bodensees im wesentlichen repräsentirt wird. Seine Fiorde erstrecken sich durch der Thuner und Brienzer See, von hier über den Brünig zum Sarnen- und Vierwaldstädter-See, ferner durch den Züricher und Wallenstädter See. Die nordöstliche Grenze ist wiederum durch eine schwarzpunctirte Linie kenntlich gemacht. Gegen West und Nord-West und Norden erstreckt sich der untere Rheinsee, zwischen den Vogesen und dem Schwarzwalde hin. Endlich folgt das Donaubecken von dem der Ammer-, Würm-, Chiemsee u. s. w. zurückgeblieben sind, mit den Fiorden des Inn, der Salzach, u. s. w.

Wir bemerken sodann vom Fort de l'Ecluse bis Olten die am Jura ausgedehnte erratische Linie der alpinen Findlinge, welche in die Fiorde von Travers und St. Immer eindringt. Der Creux du Vent bildete eine Insel. Eine andere grössere Insel bildete der Salève, an welcher ein Theil der aus dem Chamouni Thal hervordringenden Blöcke gestrandet ist. Die erratische Grenze südlich vom M. de Sion ist noch nicht genau ermittelt. Ferner bemerkt man nach ESCHERS Beobachtungen gleichfalls mit rothen Linien verzeichnet die Steindämme, welche die einzelnen Seen bei weiterer Modellirung des Terrains umgeben haben. Die in der Schweiz nicht colorirten Gegenden sind meist Kreide-oder Süsswasser-Molasseschichten, welche vor dem Findlingstransport über dem Seeniveau gelegen haben. Ihre Grenzen sind selbstverständlich nur approximativ angegeben. Ebenso sind die Verbreitungsbezirke, welche die Findlinge der verschiedenen Gegenden geliefert haben, annäherungsweise verzeichnet worden. Ferner haben wir mit blauer Farbe die Hauptgletscher und ihre Mündungstellen in die grösseren Fiorde angedeutet.

Die Erklärung zu den Profilen ist auf Seite 255 und 256 gegeben worden.

---

## Bemerkungen, Verbesserungen und Druckfehler.

- Seite 46 Zeile 6 von unten, *statt*: Hoſpig *lies*: Hospiz
- " 46 " 5 " " Calam's " Calame's
- " 51 " 11 " " Vauche " Vuache
- " 60 " 12 " " mehreren " mehrerer
- " 64. Die von AGASSIZ erwähnten Schliſſflächen am Lac de Joux, die ich nicht zu sehen Gelegenheit hatte, liegen ohne Zweifel ausserhalb des erraticen Gebiets des grossen Binuensees, da alpine Findlinge an seinen Ufern nirgend beobachtet werden. Die erwähnten Schliſſflächen, wenn sie wirklich vorhanden sind, können daher nur der Wirkung von Seetreibeis zugeschrieben werden. Die Faltung in dieser Gegend des Jura und die Trennung des Lac de Joux von dem grösseren Wasserbecken scheint daher vor dem Findlingstransport vor sich gegangen zu sein.
- " 75 Zeile 10 von unten, *statt*: Täters *lies*: Tütters
- " 81 " 13 von oben, " Thal " That
- " 88 " 2 " " 1140,3 " 1146,3
- " 88 " 1 von unten, " angegebene. " angegebene Zahl.
- " 152. Die mittlere Temperaturerhöhung von Faroer und der Norwegischen Küste kann höchstens auf 1° R. veranschlagt werden. Nach der Rechnung mit den Constanten von Seite 121 verschwindet der Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung fast ganz.
- " 156. Bei der Berechnung der Temperaturtabelle für die verschiedenen geologischen Formationen sind etwas verschiedene Constanten als die auf Seite 121 gefundenen zu Grunde gelegt. Es erschien indess überflüssig bei der geringen Verschiedenheit derselben die Rechnung, die schon früher ausgeführt war, noch einmal zu wiederholen. Das Seeklima und somit die Klimate der urweltlichen Formationen würden für die auf Seite 121 gefundenen Constanten durchschnittlich noch um einen halben Grad grösser ausfallen. Der Einfluss, den der bewölkte Himmel auf die mittlere Jahrestemperatur oder auf den der Wintertemperatur ausübt, ist nur geschätzt, liesse sich aber mit Hülfe der bis jetzt ausgeführten meteorologischen Beobachtungen genauer feststellen.
- Seite 169 Zeile 13 von unten, *statt*:  $-\ + \frac{\xi}{3} = + 0^{\circ},33$  *lies*:  $\eta + \frac{\xi}{3} = + 0^{\circ},33$
- " 191 und 192. Auch die Rechnungen auf dieser Seite sind mit früher gefundenen etwas verschiedenen Constanten nämlich  $\eta = 9,64$ ,  $\xi = 11,38$ ,  $\theta = 1,49$  ausgeführt. Benutzt man die von Seite 138 gefundenen, so wird der Unterschied zwischen den berechneten See- und Continental-Temperatur noch etwas geringer als der hier angegebene. Ebenso wird mit Benutzung der auf Seite 138 gefundenen Constanten der Unterschied der mittleren Temperaturen beider Hemisphären etwas grösser als der hier gefundene, wodurch ein noch tieferes Herabrücken der Gletscher auf der südlichen Halbkugel ermöglicht wird.

Seite 194 Zeile 11 von oben, *statt*: Faroe*lies*: Faroer

" 220 " 13 von oben, " est

" es

" 220. Auf einer Donaufahrt, die ich im eben verflossenen Sommer zu machen Gelegenheit hatte, achtete ich genauer auf die östliche Ausdehnung und Absperrung des grossen alpinen Binnensees, der hier als oberer Donausee zu bezeichnen ist. In der Gegend von München, wo dieser See seine einstmalige grösste Breite erreichte, sind der Walchen-See, Tegeren-See, Würm- und Ammer-See die letzten Ueberreste jener allgemeineren Wasserbedeckung. Etwas weiter östlich begegnet man einer anderen Gruppe von Laudseen, den Resten vormaliger Fiorde; dem Attersee, dem Gemündener-See, dem Mond-See, dem Wolfgang-See u. s. w., die in das Innere der Salzburger Kalk-alpen bis zum Hallstädter-See sich verzweigten. Diese Seebecken bei ihrer vormaligen grösseren Ausdehnung erstreckten sich einst bis zur Donau über Wels bis Linz. Der Flusslauf des Traun und die Diluvialebenen auf beiden Seiten desselben bezeichnen einen bei Linz in die Donau mündenden Fiord, der nach der weiter fortgesetzten Modellirung des Bodens von dem grösseren Wassercomplex übrig geblieben ist. Die vormalige Begrenzung der östlichen Verzweigung des Alpinen-Binnensees lässt sich auf der Donaufahrt unterhalb Linz gut überblicken. Man bemerkt, dass die alten Seeufer in dieser Gegend sehr viel schmaler geworden sind, aber in alle Seiten-Thäler, z.B. in das der Ens gegen die Alpen hin fiordartig eindringen. Etwa zwei Meilen unterhalb Mauthausen nordwestlich von Amstetten erstrecken sich die letzten Ausläufer des Böhmerwaldes gegen die Ausläufer der Alpen, welche in dieser Gegend der Donau, die sich mehr nach Süden wendet, am nächsten liegen. Hier hat sich der Strom durch ein sehr enges, von höheren Bergen umschlossenes Bett, einen Durchgang erzwungen. Die Stromschnellen des sogenannten Strudels bezeichnen die Grenze einer vormaligen Terrasse und bilden die Analogien zum Schaffhäuser Wasserfall, und dem Durchbruch des Rhone westlich vom Fort de l'Ecluse. In diese Gegend ist meiner Ansicht nach die eine der Schleusen zu legen, welche gegen Osten den alpinen Binnensee abspernte, und von dieser Seite her das Eindringen des Meerwassers in späterer Zeit verhinderte. Eine geringe Undulation im Boden konnten an dieser schmalsten Stelle des Sees, ähnlich wie bei Chambéry, das alpine Seebecken schliessen.

" 252 Zeile 6 von oben, *statt*: Ufer-nach*lies*: Ufer, nach-

" 258 " 3 von unten, " nur

" uns

" 258 " 2 " " horizontaler

" horizontales

" 268 " 11 von oben, " Val Mesoleum

" Val Mesolcina

" 268 " 3 von unten, " Londeron

" Landeron

" 279 " 5 " " Jütters

" Tütters

" 280 " 9 von oben, " Hochland Aspal

" Hochland, Aspoe

" 283 " 4 von unten, " Ostsee

" Nordsee

" 284 " 1 von oben, " gelegen

" begonnen

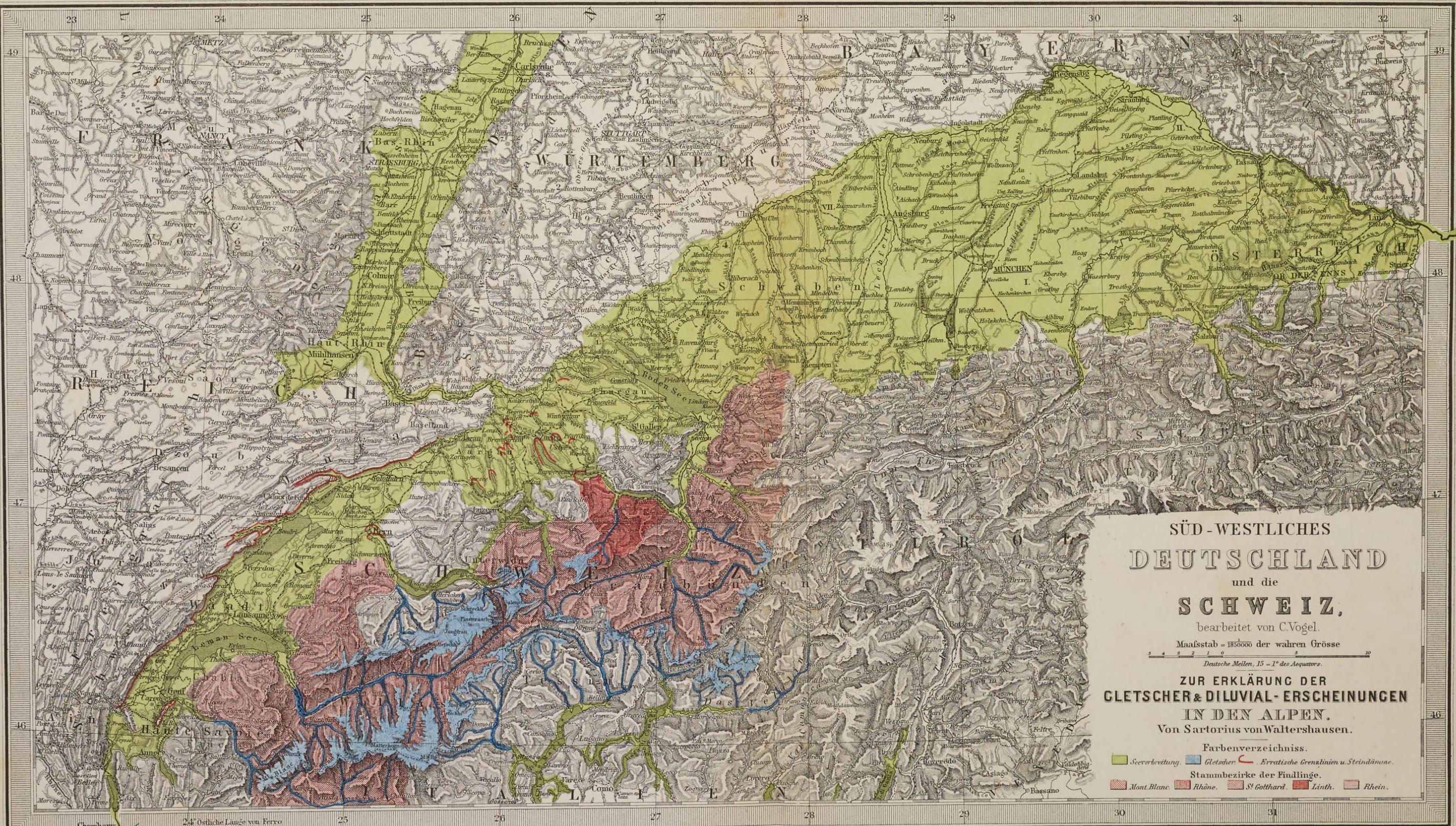
" 284 " 2 von unten, " aus

" auf

" 287 " 16 " " Röros

" Röraas

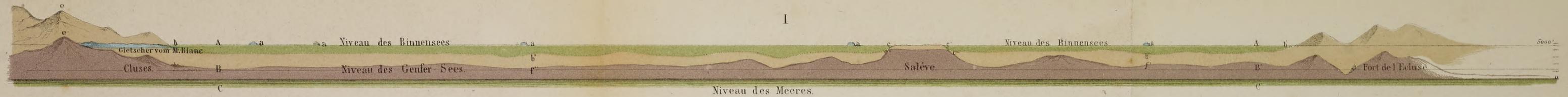
Seite 287	Zeile 2	von unten,	<i>statt:</i>	Küstenraum	<i>lies:</i>	Küstensaum
" 288	" 2	von oben,	"	ein zweiter	"	ein zweites
" 298	" 13	"	"	Patersfang	"	Petersburg
" 301	" 5	"	"	des Fiords	"	der Fiorde
" 305	" 19	"	"	von dem	"	von denen
" 305	" 19	"	"	dass es eine	"	dass sie eine
" 306	" 17	"	"	weiter auch Süd	"	weiter nach Süd.
" 312.	Während eines neuen längeren Aufenthalts in Carlsbad im Laufe dieses Sommers, habe ich die beschriebene Localität noch ein Mal genauer untersucht. Die Quarzfelsblöcke, denen sich auch solche von Granit zugesellen, gleichen in ihrer isolirten Lage den Findlingen des Jura oder denen des nördlichen Deutschlands auf das Täuschendste, allein man findet in dem ganzen Thale keine Spuren von Gletscherschliffen und es wird danach doch mehr als wahrscheinlich, dass diese isolirten Blöcke, die vermuthlich aus dem weicheren Tertiärsandstein ausgewittert und aus einer zerstörten Schicht übrig geblieben sind, nichts mit vormaliger Gletscherbildung des Thales zu thun gehabt haben.					
" 329	Zeile 7	von oben,	<i>statt:</i>	Daraus folgt	<i>lies:</i>	Darauf folgt
" 330	" 8	"	"	sich um 350 mal	"	um 350 mal
" 330	" 12	"	"	mehr als 3000 Jahre	"	mehr als 30000 Jahre
" 339	" 6	"	"	wo ein versunkener	"	wo in einem versunkenen
" 339	" 8	"	"	Crag Schichten	"	Crag-Schichten
" 341	" 13	von unten,	"	Das Mammuth	"	der Mammuth
" 353	" 4	"	"	zwei	"	eine
" 355	" 4	von oben,	"	werde	"	wurde
" 355	" 11	"	"	hinwieder	"	hin und wieder
" 359	" 14	"	"	in denselben	"	dieselben
" 359	" 14	"	"	verwandten	"	verwandte
" 361	" 17	"	"	beginnen	"	beginnend
" 363	" 13	"	"	Cancelloides	"	Gammarus cancelloides
" 367	" 6	"	"	vormals einst	"	vormals
" 369	" 4	von unten,	"	FALKLAND	"	FRANKLAND
" 377	" 3	"	"	Fluthgebiete	"	Flussgebiete



**SÜD-WESTLICHES  
DEUTSCHLAND  
und die  
SCHWEIZ,**  
bearbeitet von C.Vogel.  
Maasstab = 1:850000 der wahren Grösse  
Deutsche Meilen, 15 = 1° des Aequators.

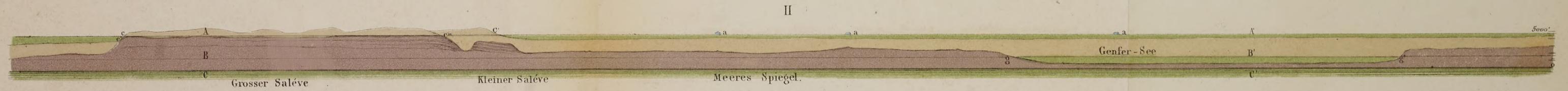
**ZUR ERKLÄRUNG DER  
GLETSCHER & DILUVIAL-ERSCHEINUNGEN  
IN DEN ALPEN.**  
Von Sartorius von Waltershausen.

- Farbenverzeichniss.
- Seeverbreitung. Gletscher. Erratische Grenzlinien u. Steindämme.
  - Stammbezirke der Findlinge.
  - Mont Blanc. Rhône. St. Gotthard. Linth. Rhein.

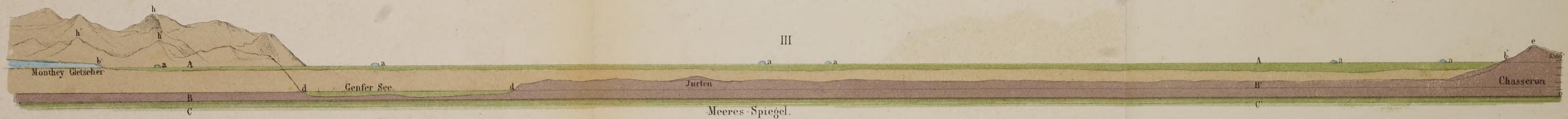


Profil von Cluses bis Fort de l'Ecluse durch den Mont Salève.

1 : 150000



Längen-Profil durch den Mont Salève und den Binnen See.



Profil von Monthey bis zum Chasseron am Jura.



Die See-Ebene mit dem Salève und dem Durchbruch der Rhone von Longirod am Jura gesehen.

Lith. v. Emrik & Binger.