the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

VI. Die Wahrzeichen der Eiszeit am Südrande des Garda-See's.

Von Edmund Staudigl,

k. k. Hauptmann in der Armee.

(Vorgelegt in der Sitzung der k. k. geologischen Reichsanstalt am 6. November 1866.)

I. Beschreibung des Terrains.

1. Das erratische Terrain der Lombardei, theilweise auch jenes der Provinz Venedig, ist in vielfachen Abhandlungen beschrieben, nur die schönst ausgeprägte Bildung des Garda-Gletschers wartet einer kundigen Hand Freilich verzeichnet Mortillet dieselbe in seiner Karte der Urgletscher, beschreibt Paglia in verschiedenen Mittheilungen an die „Società italiana" von Mailand den West- und Südwestrand des Benaco, allein das Gebiet der Festungen Peschiera und Pastrengo war in Folge der jetzt gelösten Streitfrage der Völker Oesterreichs und Italiens ein unentziffertes, weil das Studium desselben zu sehr erschwert war.

Wenn ich es nun, aufgemuntert durch die wohlwollende Aufnahme, welche meine ersten privaten Mittheilungen bei Männern fanden, die der specifisch wissenschaftlichen Welt Oesterreichs angehören, wage, die Erfahrungen und Erkenntnisse, welche ich während eines sechsjährigen Aufenthaltes zu Peschiera sammeln konnte, der Oeffentlichkeit zu überantworten, so thue ich es in der Hofinung, dass das erste Debut eines Ingenieurs in einer ihm nur in den äussersten Grenzen zugänglichen Wissenschaft mit jener Milde aufgenommen werden wird, deren sich Männer der exacten Forschung stets befleissen.

Das Terrain, dessen Beschreibung ich unternehme, ist von der Mehrzahl der Geologen als ein erratisches, das heisst, als ein durch Mitwirkung des Eises formirtes anerkannt, und glaube ich deshalb, trotz des Widerspruches einer bedeutenden Minorität, in meiner Abhandlung die Terminologie des Gletschers anwenden zu sollen.

2. Der Garda-See tritt zwischen dem Vorgebirge San Vigilio und den Abfällen des Monte Pizzocollo bei Gardone Salò, aus dem eigentlichen Alpenthal heraus und breitet sich nun, entledigt der Fesseln, welche der Stock des Monte Baldo und die Brescianer Gebirge ihm anlegten, in mächtiger Weise zum förmlichen Landsee aus.

Während im Bereiche des Hochgebirges das östliche Ufer beinahe gar keine Buchten besitzt, und das westliche nur wenige und seichte aufzuweisen hat, bildet, von der besagten Linie an, die Ufercurve mehrere bedeutende Ausbauchungen. Die Bucht von Saló, die durch die Inselreihe von Isola Lechi abgeschlossene Bucht, Porto del Torcolo genannt, die durch den Monte Corno abermals untertheilte Bucht von Desenzano formiren die westliche Wasser-

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

fläche; die Bucht von Garda, die von Peschiera und Lugana bilden in bedeutend flacheren, zusammenhängenden Linien, die Osthälfte des See's, und zwischen beide tritt in weitem Vorsprung die Halbinsel Sermione als trennende Wand.

Leider fehlt eine genaue Sondenkarte des See's, und kann ich über die Configuration des Seebodens nur anführen, dass die Tiefe in der Bucht von Peschiera keine bedeutende ist, dass von Lugana, Parengo, Lazise aus sich ein sehr sanftes Abfallen zeigt, und dass zwischen San Vigilio und Sermione eine Untiefe, die Punta del Palo, der Schiffahrt gefährlich wird, daher dieselbe auch mit einem Pfahl kenntlich gemacht wurde.

Diese Untiefe beweist, dass zwischen dem Monte Baldo und Sermione ein unterseeischer Zusammenhang stattfindet, welcher sich in der Fortsetzung der östlichen Uferlinie als Grenzlinie zwischen dem westlichen Becken (dem in der Seehauptaxe Torbole Desenzano verlängerten Alpensee) und dem östlichen Becken (dem eigentlichen Landsee) manifestiren müsste.

Die Herstellung einer genauen Sondenkarte ist freilich das einzige Mittel, solchen Vermuthungen einen festen Halt zu geben, und auch die nunmehr zu erwähnenden Thatsachen in ihrem inneren Zusammenhang zu beleuchten.

3. Manganotti in seiner Abhandlung: *„Sul terreno alluviale antico della provincia di Verona“*, Seite 25 und **26**, erwähnt die unterseeischen warmen und schwefeligen Quellen, welche unweit der Halbinsel Sermione aufsteigen, um zu beweisen, dass diese Gegend einstens Zeuge vulcanischer Vorgänge gewesen und vielleicht auch diesen zum Theile ihre jetzige Formation zu danken habe; ferners erwähnt er zu gleichem Zwecke das Auftauchen von Kohlensäure auf der Rhede von Lazise.

Endlich existirt unweit von letzterem Orte ein Säuerling, die Pisserole genannt, welcher seit neuester Zeit zu Gesundheitszwecken ausgebeutet wird.

Es ist klar, dass diese auf eine gleichartige Entstehungsursache rückzuführenden Phänomene umsomehr in Betracht gezogen werden müssen, als in dem ganzen Gebiete des Hügellandes am Südrande des Garda keine ähnlichen aufgewiesen werden können, und als die Verbindungslinie der Orte, wo die erwähnten Phänomene auftreten, parallel zur Linie Eremo Manerba ist, wo in der Rocca di Garda, in der Rocca di Manerba zum letzten Male der Nummulitenkalk in grösserer Masse aus dem umhüllenden Moränenschlamm auftaucht.

4. Die Terrainstrecke, welche Gegenstand der vorliegenden Betrachtung ist, wird westlich von dem Chiese, östlich von der Etsch begrenzt.

Der Chiese tritt unterhalb Villanova beim Monte Covolo aus der Alpenregion heraus, wird anfangs von den unteren Staffeln einer Hügelreihe nach Westen abgewiesen, welche sich vom Monte Zocco an über Calcinato, Montechiari bis Carpenedole in gebogener Richtung hinzieht, und nimmt erst bei Mezzano die reine Meridianrichtung an, welche von den Flüssen dieses Theiles der nord-italienischen Ebene gewöhnlich eingehalten wird.

Die Etsch tritt zwischen Monte Magnone und Bipalo einerseits und Monte Pastello andererseits aus der Alpenregion.

Die Richtung, in welcher der Strom mit concentrirter Kraft und grosser Geschwindigkeit aus der Klause tritt, ist ebenfalls die Meridianrichtung, und sonderbarer Weise ändert sie sich beim Eintritt in den Bereich der von Manganotti zur antiken Alluvion gezählten Anschwellung von Bussolengo, Chievo, Santa Lucia, Zevio in eine beinahe östliche; um erst bei Alvaredo wieder in die Richtung der Hauptabdachung der venetianischen Ebene überzugehen.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

Hieraus ersieht man, dass die beiden das Moränengebiet einfassenden Flüsse, trotz der Grösse ihres Quellgebietes, welches bei der Etsch besonders um ein Vielfaches überwiegend ist, durch die Emanationen des Sarca-, respective Garda-Thales, von ihrer ursprünglichen Richtung abgedrückt erscheinen, der eine nach Westen, der andere nach Osten

Hier verdient besonders mit Rücksicht auf die Etsch hervorgehoben zu werden, dass Ströme, welche in der Meridianrichtung fliessen, immer die Tendenz zeigen, das rechte Ufer zu benagen (Suess: „Boden der Stadt Wien"), und dass nach Peter Paleocapa („Gutachten über die Regulirung der Theiss", 1847, Seite 22) die Erfahrung lehrt, dass bei allen tief eingebetteten Flüssen der Erdstrich, welchen man als das freie Gebiet des Flusses betrachten kann, der sich da in seine eigenen Anschwemmungen eingegraben hat, eine begrenzte Ausdehnung habe, und dass der Fluss innerhalb dieser Grenzen herumirrt, ohne sie zu überschreiten.

Dieser Satz auf die Etsch angewendet, welche bei Verona in vielfachen Serpentinen ihre Kraft schwächt, um dann, trägeren Laufes, mehr gestreckte Richtungen anzunehmen, lässt von vorneherein bezweifeln, dass die Geröllhalden von Villafranca, Povegliano, San Giovanni Lupatoto etc. auf dem rechten Ufer Erzeugniss derselben sind.

5. Monte Pizzocollo einerseits, Monte Baldo andererseits senden ihre Ausläufer bis in den Bereich des Moränengebietes.

Bei näherer Besichtigung der Karte des Manövrirterrains am Mincio (im Maasse 1 Zoll = 300 Klafter) oder der Generalstabskarte fallen die Kalk- und Sandsteinhügel durch ihre ausgeprägten und von den anschliessenden langgrathigen Moränen ganz differirenden Formen auf.

Enrico Paglia in seiner Abhandlung: *„Sulla Morena laterale destra dell antico ghiacciajo del Adige" (Atti della Società italiana volume VI., fasc. III. 1864)* erwähnt die längs der Strasse von Salò nach Tormini und Villanova auftauchenden Juraschichten von Agnedo und Volciani, dann den Monte Covolo (zwischen Bissiniga und Soprazocco), dessen auf der Chieseseite steiler Abfall das grosskörnige miocene Conglomerat in blossgelegten Wänden zeigt, dessen Südostabhang jedoch in sanften Wellen gegen die in Moränenform sich anlehnenden Monti: Zocco, Faida und Patusci sich absenkt, um hier ein Hochthal zu bilden, welches einerseits gegen Südosten bei Legnago, andererseits als Valle Buche gegen Nordosten abfällt und die Wässer in entgegengesetzter Richtung gegen den Chiese sendet.

Ebenso constatirt Paglia das Zutagetreten der eocenen Bildungen von Portese, San Felice, Manerba, Moniga, welche mit dem am Ostufer bei Garda auftretenden Nummulitenkalk correspondiren. Gewiss gehören die Inseln Lechi und die Klippen, welche die Bucht Porto del Torcolo sperren, zu derselben geologischen Formation.

Endlich beschreibt Paglia die Halbinsel Sermione als zusammengesetzt aus dem kalkigen Kopf des Vorgebirges und dem überhöhenden, sich an ersteren anlehnenden miocenen Gestein von Monte Pietro.

Dieselbe Stufenfolge von älteren und jüngeren Gesteinen findet sich östlich vom Garda im Terrain, welches die Wasserscheide zwischen ihm und der Etsch bildet. Die geologischen Ergänzungen entnehme ich der schon erwähnten Abhandlung Manganotti's. In das Thal von Pesina und Caprino tauchen die kalkigen Abfälle des Monte Baldo sich ein, um in ihrer weiteren Fortsetzung bei Garda unter die Wasserfläche des See's zu schlüpfen. Der Tessino hat in dem Moränenschutt, welcher sich an diese Hügel anlehnte, eine tiefe ungeheure

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez

Schlucht eingerissen und so die chaotische Zusammensetzung der Moränen von Costermano blossgelegt.

Ebenso ist der Halbkreis von Hügeln, welcher das eigentliche Plateau von Rivoli constituirt, nichts anderes, als eine Reihenfolge von Moränen, welche dem eigentlichen Etschgletscher ihr Dasein verdanken; der Monte Magnone zeigt sogar in der Karte die Risse an, welche das Gletschereis in seine östliche Flanke eingegraben und seine Südspitze bei Incanal zeigt die abgerundeten Wunden, welche der auf dem Plateau ausgebreitete Gletscher ihm geschlagen, um den Theil der Endmoräne zu bilden, welcher auf der Karte Bosco Cereoli benannt ist.

Gegen die Etsch zu tritt die Fortsetzung des Monte Magnone in dem steilen, vielfach zerrissenen Absturz zu Tage, der bis in die Höhe von Volargne die rechte Wand der Etschklause bildet.

Der Bipalo, die Fortsetzung des Monte Pastello, wie Manganotti aus der genauen Uebereinstimmung der Schichten beweist, ist ebenfalls in Moränenschlamm eingehüllt und zeigt nur hart an der Etsch die gigantische Kalkwand, welche die Durchbruchsstelle derselben bezeichnet.

Diese unter den Moränen vergrabenen Kalkschichten tauchen jedoch im weiteren Verlaufe noch mehrmals als Inseln auf, wie zum Beispiel bei San Eremo die Rocca di Garda, bei Affi (woher für Pastrengo die Bausteine gebrochen wurden) der Monte Moscali, welcher in Verbindung mit dem Monte Cavajon die Form einer jener Südsee-Inseln wiedergibt, die im hohen Kranz eine innere Vertiefung einschliessen, deren Abfluss sich im gegenwärtigen Falle im Val Sorda gewaltsam Bahn gebrochen.

Die genauere Bestimmung des relativen Alters dieser letzterwähnten Berge fehlt, doch wäre es interessant, deren geologische Stellung zum Monte Baldo und speciell zum Bipalo, zu Sermione oder Manerba zu fixiren.*)

Ebenso ist auch die Form der Hügel von Albaredo eine ausgesprochen nichtmoräne, weil zu massig abgerundet, ohne dass Manganotti ihrer speciell Erwähnung gethan.

6. Das Moränengebiet, welches näher zu beschreiben ich unternehme, beginnt von der Strasse Salò Villanuova und endet nach seinem Rundlauf um den Garda-See bei Pesina Caprino.

Dasselbe ist das Gebiet der Endmoräne des Garda-Gletschers. Die Seitenmoränen wären, wie dies Paglia westlich längs der Brescianer Berge gethan, auch östlich längs des Monte Baldo von San Vigilio aus zu verfolgen, was jedoch vielleicht aus dem Grunde bisher nicht geschehen, weil die häufigen Abrutschungen der steil gehobenen Schichten den Zusammenhang derselben zu stark unterbrochen haben.

Es wäre die Kenntniss der Höhe und Form derselben nothwendig, um das Profil des zwischen Torri und Gardone in einer Breite von sechs Kilometern hervorbrechenden Gletschers construiren zu können, und ebenso eine genaue hypsometrische Aufnahme der Gegend, um den Bewegungen der Eismasse mit Ziffern folgen zu können. Da aber beides fehlt, so muss ich mich begnügen, die Betrachtungen, welche sich mir aufdrängen, ohne Cotenangaben wiederzugeben; ein Mangel, welcher den Werth meiner Studien stark beeinträchtigt, aber schlechterdings nicht zu beheben ist.

7. Am Monte San Bartolomeo oberhalb Salò finden sich nach Paglia erratische Blöcke auf circa 100 Meter über dem See, und lässt sich die Fortsetzung dieser Seitenmoräne sowohl nördlich als südlich weiter verfolgen.

*) Es sind durchaus eocene Hügel, während Mt. Baldo bekanntlich vorzüglich aus Juraschichten besteht. D. R.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

Bei Salò drängt ein Arm des Gletschers thalaufwärts bis Volciano, überkleistert die daselbst anstehenden Kalkhügel und bildet, 300 Schritte von der Chiese entfernt, in dem kleinen Amphitheater von Tormini die Wasserscheide zwischen Garda und Chiese, welche sich im Halbkreis südlich gegen den Knotenpunkt der Moränen bei Berenigo wendet, von welchem aus die Verästung der Endmoränen beginnt. Der Umstand, dass die Wasserscheide soweit gegen den Chiese heranrücken konnte, ist erklärlich durch die Höhendifferenz der beiderseitigen Wasserspiegel. Ich finde Gavardo mit circa 210^{m}, den Garda-See mit 69^{m} angegeben, und die in der Karte wiedergegebenen Formen bei Tormini deuten auf ein mächtiges Ankämpfen des Flusses gegen den anrückenden Gletscher.

Von Berenigo aus zweigen sich in langgestreckten Rücken drei Moränen ab, deren 1te mit dem Monte Zocco sich an den Südostrand des Covolo anlehnt, um da die schon erwähnten Thäler zu bilden, deren 2te mit dem Monte Coste an den querliegenden Monte Faida in beinahe senkrechter Richtung zusammenstösst, um daselbst das Thal von Bariago zu formiren, und deren 3te, die Trägerin der Wasserscheide, in ununterbrochenem Zusammenhang mit den Moränen von Lonato sich befindet.

Monte Zocco und Faida wiederholen in etwas grösserem Maassstabe das Bild des in ein Seitenthal eingepressten Gletschers, welcher in seinem zweiten Anlaufe, gehindert durch die von ihm selbst auf die unterliegenden Kalkhügel abgelagerten Massen, nur in geringer entwickeltem Keil (Prestino, Piazze, Coste) vorzudringen vermochte, und endlich im dritten Anlaufe gar nur die vorspringenden Ecken von San Macario und Luzzaga der nunmehr geradlinigen Hauptmoräne Sappinzocco Confin vorzulagern im Stande war.

Es zeigt sich hier, wie überall in diesem Gebiete, dass die naheliegenden Moränenreihen eine nähere, die entfernteren eine entferntere Parallelität untereinander zeigen, bis sie endlich mit den See-Ufern selbst gleichlaufen.

Betrachtet man den Lauf des Chiese, so fällt augenblicklich die Parallelität des Stückes bei Bustoni mit dem San Pietro, welcher den Zocco und Faida verbindet, und jene der Curve Villanuova, Gavardo bis oberhalb Monte San Martino mit der schon besprochenen Keilform Zocco Faida auf.

Die auf der Karte angegebenen Ravins, welche auch dem Covolo vorlagern, fügen sich demselben Gesetze, so dass es nicht ferne liegt, den ganzen Raum von den Bergen bis zum Chiese durch die Ueberreste einer Moräne sich erfüllt zu denken, welche in dem noch sichtbaren Grath bei Bustoni ihre einstige weitest vorspringende Spitze besass. Durch welche Kraft die Zerstörung der Moräne oder vielmehr die Ausgleichung und Sichtung ihres Materiales geschah, werde ich später hypothetisch zu erklären trachten, will aber vorderhand darauf hingewiesen haben, dass auch hier im äussersten Winkel und im kleinsten Ausmaass sich nachweisen lässt, was im ganzen grossen Umfang der Garda-Moränen hei ihrer Abdachung in die Ebene stattfindet, nämlich eine Denudation der Moränenwälle, welche eine Verflachung der Formen und eine Ausbreitung der diversen Materialien mit sich brachte.

Hiernach ist es leicht, den Zusammenhang der Moräne Zocco, Martino, Cavalgese, längs des Chiese bis Ponte San Marco, Calcinate, Montechiari, Carpenedole zu verfolgen, und die 2te Moräne von Coste über den Keil Piazze, Prestino, Serino bis Calzago fortzusetzen, während der nicht unterbrochene Zusammenhang der 3te Hauptmoräne in die Augen fällt.

Die Querschnitte dieser Moränen zeigen im Allgemeinen auf der Aussenseite eine sanftere, auf der Innenseite eine steilere Böschung.

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

8. Das Chaos von Hügeln bei Pnegnago, Polpenazze, Padenghe, welches sich an die Moräne 3 anschliesst und in welchem die Hauptmasse des Gletscherschuttes in compacter Form vereinigt ist, zeigt schon eine grössere Aehnlichkeit mit dem Verlauf der See-Ufer.

Diese Hügelmasse bezeichnet vielleicht die Ausdehnung, welche der Gletscher während einer Epoche hatte, wo Eiszufluss und Abschmelzung sich annähernd ausgeglichen hatten, und findet sich in ihr unregelmässig übereinander gehäuft der Moränenschutt, welcher abwärts von Desenzano in mehr gegliederte Ketten sich ablagerte.

Weiter gegen den See zu finden sich, markirt durch die Steilabhänge, noch mehrere Rückzugsstationen des Gletschers, deren bedeutendste diejenige zu sein scheint, welche durch die Linie Villa, Campagnolo, Manerba bezeichnet werden kann, und welche einerseits die Halbinsel Portese, andererseits die Bucht Porte del Torcolo in der Horizontaltraçe wiederholt.

Die Austheilung der Moränen auf dieser ganzen Fläche musste naturgemäss durch den hier vorherrschend kalkigen Untergrund, welcher, wie schon erwähnt, in einzelnen Spitzen auftaucht, bedeutend influencirt werden, und sind daher die aufgefundenen Gesetze von um so grösseren Werth, als sie besonders deutlich dort nachweisbar sind, wo horizontal gelagerte Schichten den Untergrund bilden, wie dies südlich des Parallelkreises von San Vigilio der Fall ist.

9. Die Tiefenlinien und Tiefenpunkte dieses von Salò bis zur Eisenbahn reichenden Terrainabschnittes geben in ihrer Configuration ein Bild der Hauptform der Basis, auf welcher die Moränenkämme aufsitzen.

Wir finden zuerst mit der Abdachung gegen den See das Thal Salò, Cacavero, dessen Wasserader, der Rio, mehrfache Zuflüsse, einerseits von den Abfällen des Monte Pizzocolo, andererseits von der Seitenmoräne dieses Gletscherarmes empfängt. Diese Seitenmoräne enthält zugleich den Hauptknotenpunkt von Berenigo, und die sechs langen Serpentinen der Poststrasse Salò Desenzano bei Palazina markiren genügsam deren Höhe und Steilheit.

Das Thal zwischen der ersten und zweiten Moränenreihe bis zum Faida entsendet seine Gewässer gegen den Chiese und ist anfangs Längenthal, dann Durchbruchsthal beim ausspringenden Winkel des San Pietro. Ebenso ist die zweite Moräne beim Monte Piazze durchbrochen, und Wiesen bilden den Grund des Thales, welches freilich nur in unscheinbarer Weise mit dem Längenthale zwischen der zweiten und dritten Moräne zusammenhängt.

Der Unterschied, welcher sich hier zwischen dem nach einwärts fallenden Thale des Rio di Salò und dem nach auswärts sich öffnenden Durchbruchsthal des Rio di Gavardo zeigt, ist charakteristisch genug und führt zur Erkenntniss eines dritten Gesetzes, welches im vorliegenden Moränengebiet mehrfach bethätigt ist.

Wo nämlich der Gletscher auf aufsteigendem Boden sich vorwärts schob, ist der Moränenkranz nicht durchbrochen, dort jedoch, wo er auf einer etwas fallenden Fläche vorrückte und durch was immer für Umstände, als: Formation des Untergrundes, Art des Abschmelzens u. s. w., in eine Spitze ausgekeilt wurde, bildete sich ein Gletscherstrom, welcher die im Entstehen begriffene Moräne durchbrach, oder vielmehr überhaupt nicht entstehen liess, indem er die kleineren Theile abschwemmte und nur die sehr grossen liegen liess; ein Verhältniss, welches sich sogar beim Mincio nachweisen lässt.

Es kommt jedoch oft vor, dass der Gletscher sich auskeilen wollte, ohne es, gehindert von der Steigung der Sohle oder dem rasch wirkenden Abschmelzungsprocess, zu Stande zu bringen, wie dies in der 3ten Moräne die Formen

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

des Monte Confin und der dem Laghetto Sovernigo vorliegende Theil des Luzzago anschaulich machen, während die dem Laghetto Locone vorliegenden Höhen des Monte Cassago einmal die gelungene Auskeilung mit dem Durchbruch bei La Tosa und dann die unfertige in dem geschlossenen Steilrand des Amphitheaters von Locone zeigen.

Die Erscheinung dieser nach Aussen amphitheatralisch abgeschlossenen, in ihrer tiefsten Stelle durch See'n oder Torfbildungen eingenommenen Thäler findet sich sehr häufig in der Moränenregion.

Der Abschluss gegen den See wurde durch die nächstfolgende Moräne, also in dem vorliegenden Falle durch den Monte Guardia gebildet, welcher sich südlich bei Predelli an die vorhergehende Moräne anschloss und nördlich mittelst des Monte Rotondo den Zusammenhang des Sumpfthales von Sofaino mit dem von Locone zu beseitigen drohte.

Sofaino, Locone sind Stationen eines zwischen Moräne 3 und dem Moränen-Conglomerat von Pnegnago gebildeten Längenthales, und der Gang des Wasserabflusses in den Locone ebenso, wie die der dem Laghetto Sovernigo entspringende Rio Davico zeigen genügsam, dass die Längenthäler dieses Theiles des Moränenterrains von Norden nach Süden stufenweise abfallen.

10. Dieser Rio Davico gibt in seinem Oberlaufe bei Polpenazze die erste Andeutung einer Untertheilung des Hügelgewirres in zwei nahe aneinanderstossende und theilweise zusammengewachsene Moränenreihen, welche also Nr. 5 und 6 genannt werden müssten.

Dieselbe Ursache, welche das Auskeilen des Cassago in Nr. 3 des Monte Pietro in Nr. 4 hervorbrachte, scheint in der Moräne Nr. 5 am rechten Ufer des Davico sich geltend gemacht, und so den Davico in die bis Balbiano westöstliche Richtung gezwängt zu haben.

Tiefe Auswaschungen in dem zwischen Polpenazze und Manerba sich ausbreitenden Moränenplateau bezeichnen seinen Weg und den seiner Zuflüsse, und erst bei Balbiano selbst wendet er sich nördlich, um endlich in dem, dem engeren Becken von Porte del Torcolo entsprechenden Gegenthal beim Monte di Campagnolo die Tiefebene unterhalb Pieve vechia zu erreichen, und die mit so überraschendem Erfolge begonnene Deltabildung fortzusetzen.

Die drei bezeichneten Modificationen der im radialen Sinne vorfindigen Thalbildungen sind also hier in gedrängter Aufeinanderfolge sichtbar; die gelungene Auskeilung bei La Tosa, die Sumpfthalbildung von Locone und die Gegenthalbildung des Mittellaufes des Rio Davico im Sinne des amphitheatralischen Abfallens gegen den Gardasee, combinirt mit der zwischen den Moränenreihen stattfindenden Längenthalbildung im Sinne des Umfanges und den Störungen, welche das bei Manerba nachgewiesene, wahrscheinlich auch bei Balbiano stattfindende Auftauchen des felsigen Untergrundes in dem Flusslauf und in weiterer Instanz in dem Eislauf hervorbrachte.

11. Ich habe absichtlich diesen complicirteren Theil des Moränengebietes einer genaueren Analyse unterzogen, weil hier die Einzelphänomene, wenn auch in kleinerem Maassstabe nahe aneinander liegen, und weil ich zur Abkürzung der Abhandlung der somit festgestellten Terminologie bedarf, und beginne nun die Betrachtung des zweiten Hauptabschnittes der Moränen von dem durch die Eisenbahn markirten Uebergangspunkt von Desenzano und Ponte San Marco bis zur Linie Sermione Volta.

Es wird hier schwieriger, die einzelnen Moränen der Reihenfolge nach zu behandeln; das nummulitische Terrain von Padenghe, der Vorsprung des

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

wahrscheinlich *) einem neuerlichen Auftauchen der miocenen Bildungen von Sermione seine Existenz verdankenden Monte Corno verursachen Störungen in den Reihenlinien, und die einzelnen Reihen zeigen hier, wo die Wirkung der in mehr und mehr auf den Umfang normaler Richtung einfallenden Sonnenstrahlen eine intensivere ist, oft eine fächerförmige Spaltung in zwei, drei und noch mehrere einzelne Terrainfalten, wie zum Beispiel in der Fortsetzung der Moräne Nr. 3, welche über Lonato herabzieht und sich bei Esenta in die Rücken Moloco, Mottoni, Premudin spaltet.

Jede einzelne dieser sechs oben erwähnten Moränen ist also das Erzeugniss eines oft im Ausgang wechselnden und länger andauernden Kampfes zwischen Eis und Sonne zu betrachten, und nur einzelne Hauptepochen, welche aus noch unbekannten Ursachen während des sehr langen Bestandes des Gletschers eingetreten sind, liessen ihre Marken in den tieferen und weiteren Längenthälern zurück.

Im Allgemeinen sei daher auf die Karte gewiesen, welche den Lauf der Höhenzüge deutlich macht, und nur constatirt, dass die Moräne 3 bei Lonato, jene 4 dort, wo der Tunnel angebracht werden musste, bei dem Wächterhause 43, die 5te beim Wächterhause 42 und die 6te bei Desenzano auf die Eisenbahn treffen; dass Nr. 1, nachdem sie den Chiese in ununterbrochenem Steilufer begleitet und sich theilweise verflacht hatte, mit dem Monte di Sopra und seinem kleinen nördlichen Ausläufer bei Fornare wieder in Moränenform mit Dreiecksquerschnitt auftaucht und dass die Fortsetzung der Moräne Nr. 2 in den Geröllebenen zwischen Montechiari und Esenta sich verliert.

Hier, sowie in der früher beschriebenen Strecke ist die Moräne 3 die Trägerin der ausgeprägtesten und höchsten Formen, und bildet gewissermassen die höchste Staffel des gegen den Garda abfallenden Amphitheaters.

Bei näherer Betrachtung des inneren Theiles fallen als leitende Punkte die Promontorien des Monte Corno und Sermione auf.

Der Einfluss des Monte Corno lässt sich in radialer Richtung klar verfolgen. Der durch ihn im Vorrücken, respective Ansteigen gehinderte Gletscher setzt bei Desenzano einen ihm (dem Corno) ähnlichen Knopf, in dem Monte Rovero und Ponte (Moräne 4) ein verkehrtes Amphitheater ab, und selbst die Moräne 3 zeigt in diesem Sinne ein Zurückbleiben im Horizont und eine Drückung in der Höhe. Die Moränen, welche entsprechend der Bucht von Badenghe sich ausgebaucht haben, nehmen in Folge dessen gleichsam die nordsüdliche Richtung der Lateralmoränen an und ziehen beispielweise von Desenzano nach Venzago.

Hier tritt zum ersten Male die Erscheinung auf, wie die durch eine widerstandsfähige untereisige Klippe getheilten Gletschermassen nach Umgehung des Hindernisses sich neuerdings zu vereinigen suchen, und bei diesem Versuche ähnlich wie ein durch einen Brückenpfeiler getheilter Strom Moränenknöpfe als Inseln absetzen.

Diese Aehnlichkeit geht so weit, dass ebenso, wie die Inseln zu Wasserscheiden zwischen den Stromarmen werden, weil in ihnen die Geschiebe in grösserer Masse und Höhe abgelagert sich befinden, auch diese massigeren Knöpfe

*) Ich sage wahrscheinlich, da ich selbst nicht Gelegenheit hatte, die Gegend zu bereisen, und auch andere Schriftsteller hierüber nichts äussern; vielleicht weil der Corno, in Moränenschlamm eingehüllt, äusserlich sich den übrigen Moränen anzuschmiegen scheint. Ebenso lässt mich die Betrachtung des Monte Val Sorda in der Moräne Nr. 3 nördlich von Lonato bezweifeln, dass er wirklich im ganzen Körper ein Moränenprisma sei.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

und die in ihnen befindlichen Thäler die Wasserscheide zwischen der Bucht von Padenghe einerseits und jener von Desenzano andererseits in sich enthalten.

12. Die Art und Weise, wie sich von hier aus die einzelnen Moränenzüge neu abzweigen und bis in die Linie Sermione Volta fortsetzen, hat Enrico Paglia in seinem werthen Aufsatze: *„Sulle colline di terreno erratico intorno all' estremita meridionale del Lago di Garda"* in den *„Atti della Società italiana Vol. II., fasc. IV,"* in genauer Weise beschrieben, und es bleibt mir also nur übrig, den Einfluss des zweiten Leitpunktes der Halbinsel Sermione auf den Gletscher zu erörtern.

Sermione hat als weit in den See vorspringend und dem Anprall des Gletschers ausgesetzt, seine Erhaltung vielleicht der Festigkeit des Felsmateriales, vielleicht dem Umstande, dass die Abschmelzung des Garda-Gletschers in der Mitte desselben, wo die Beschattung der Thalwände keinen erhaltenden Einfluss geltend machen konnte, leichter stattfand, wahrscheinlicher jedoch den von Manganotti erwähnten warmen Quellen zu danken, welche ähnlich wie der Vulcan Erebus im Südpolarlande durch ihre höhere Temperatur eine Bucht in die Eismassen eingeschmolzen haben.

Manganotti gibt die genaue Lage dieser Quellen nicht an, jedoch glaube ich aus der Lage der Moränenknöpfe von Volta, Olivetto Pille, Rovina Giacomotti, Rompicollo-Paganini-Meneglis, Olivi-, Zechini-Canal und Rovizza, deren radiale Verbindungslinie bei der Villa Onafria an die Bucht von Peschiera stösst, schliessen zu dürfen, dass diese Quellen hauptsächlich auf der nordöstlichen Seite von Sermione liegen mussten.

Die Bestätigung dieser Vermuthung würde eine Sanction für die vorliegende Arbeit und für die angewandte Methode der Terrainformen-Analyse bilden.

Der Art der störenden Ursache gemäss haben diese Knöpfe nicht die massige Form der früher erwähnten, auf den Corno zurückweisenden, sondern sie bilden in ihren innersten Theilen die Spitze eines eingehenden Winkels, dessen Schenkel gleichsam die im Scheitel zusammenstossenden Lateralmoränen der getrennten und die Vereinigung suchenden Gletschermonde bilden.

Die erwähnte Form tritt am ausgesprochensten in den mittleren der benannten Knöpfe auf, und vermindert sich der eingeschlossene Winkel von Volta aus immer mehr, um endlich bei Rovizza beinahe ununterscheidbar zu werden.

Die Endmoränen, welche die Cornoknöpfe mit den Sermioneknöpfen verbinden, wiederholen im Allgemeinen die Form des Seetheiles zwischen Desenzano und Villa Onafrio, und erst die enger begrenzten inneren, flachen Moränenwellen bilden das engere Amphitheater von Rivoltella, dessen Lateralmoräne die Wurzel der Halbinsel Sermione formirt, während das der Bucht von Osteria di Lugana entsprechende mit schwerer Thonerde bedeckte, beinahe ebene Terrain keine ausgesprochene amphitheatrale Form besitzt.

13. Bezüglich der Wasserläufe in diesem Abschnitt ist im Allgemeinen zu erwähnen, dass dieselben der Richtung der Intervalle nach in Längenthälern vorfindig sind, so zum Beispiel der aus dem Lago die Lavagnone entspringende Redone mit seinen Nebenflüssen, welchem dort, wo die Knöpfe von Marteloso und Paganini auf einanderfolgen, durch Ausgrabungen ein künstlicher Abfluss in den Mincio ermöglicht wurde.

Der Redone schliesst sich sonach im Allgemeinen der Fallrichtung der lombardischen Ebene an, ohne das engere Gebiet der Moränen zu verlassen, Beweis, dass auch die Moränenbasis sich der ursprünglichen Form der Po-Ebene innigst angeschlossen hat. Die Zuflüsse, welche den Castellaro

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

Lagusello speisen, dessen Sumpfthal die vom Redone durchflossene Torfmulde von Pozzolengo wiederholt, fliessen theilweise dem Fall des Redone entgegen, weil man ihnen nicht wie dem Redone den Abfluss gegen den Mincio öffnen konnte, welcher Umstand zur Bestätigung der Behauptung dient, dass diese Knöpfe in Folge der grösseren ihn ihnen vereinten Massen die Wasserscheiden in sich enthalten.

Die Flüsse des engeren Amphitheaters von Rivoltella fallen wie der Rio Davico und der Rio di Salò retrograd in den See. Durchbrüche bei Auskeilungen sind nur wenige zu verzeichnen, und keiner greift in mehr als zwei der hinterliegenden Moränenreihen zurück; der wichtigste ist der Durchbruch bei Castiglione, welchem bei seiner Ausmündung ein bedeutender Schuttkegel vorlagert.

14. Die östliche Hauptabtheilung des Gletschers von dem Austritt bei San Vigilio an verfolgend, fällt (in Bestätigung des früher detaillirt besprochenen Verhaltens der Eisströme) zuerst das bei Costermano amphitheatralisch abgeschlossene Thal von Garda auf, — ein durch den Eremo vom Ganzen losgelöster Gletschermond stieg hier, so weit es die Niveauverhältnisse erlaubten, thalaufwärts, — Hauptwasserader ist der vom Monte Baldo strömende und die Moränenwand von Aussen durchbrechende Tessin, dessen gewaltige Wirkungen Manganotti so anziehend beschreibt.

Um nicht vieles doppelt hervorheben zu müssen, mache ich schon hier aufmerksam, dass trotz der gewaltigen Wassermassen, welche der Torrente im geschwellten Zustande führt, das Durchbruchsthal, die localen Grenzen eines solchen, nicht überschreitet und dass auch eine vielfache Steigerung der Kraft des Flusses allenfalls eine Erweiterung des Thales, aber keine Abplanirung des gesammten Amphitheaters hervorbringen könnte.

Unterhalb San Eremo schob sich das Eis bis zu den Felsköpfen von Albaredo und Moscali, und lehnt, zu schwach, dieselben zu überschreiten oder abzukippen, seine Lateralmoränen an dieselben an. Ich sage Lateralmoränen, weil die von Nord nach Süd laufenden Ravins, welche den Moränen selbst eingerissen sind, beweisen, dass der hier abgewiesene Gletscher das Vordringen nach Süden fortsetzte.

Unterhalb Cavajon umgeht die gepresste Masse den Berg und lagert bei Villabella ein kleines gegen Norden convexes Amphitheater ab, während die Hügelreihen im Allgemeinen die Richtung Nord-Süd beibehalten.

Dugale del Palu, Pisagola, Tione sind die Hauptflüsse der hiedurch gebildeten Lateral-Längenthäler, und geben, gleich dem Redone, den Hauptumriss des See-Ufers wieder.

Bei Pastrengo bildete wahrscheinlich ein Ausläufer des gleich dem Monte Pastello durch das Etschthal gespaltenen Monte San Ambrogio den letzten von der Kalkformation dem Gletscher entgegengesetzten Grenzpfeiler. Aus dem Grunde findet sich hier der Knotenpunkt, von welchem aus in vielen Faltungen die Endmoränen des östlichen Gletschermondes sich fächerförmig ausbreiten.

Die anscheinend gewaltigste, weil durch ihre relative Höhe auffallende Moräne ist jene äusserste, welche San Giustina, Somma-Campagna und Custozza auf ihren Rücken trägt, und welcher der jetzt so berühmte Monte Mamaor angehört.

Die Wasserscheide zwischen Aussen und Innen trägt jedoch wie auf der westlichen Seite die mittlere Moräne, welche bei San Giorgio in Salice mittelst eines Tunnels durchbrochen werden musste.

15. Um die etwas verwickelten Verhältnisse zu erklären, welche in jenem Theil des Terrains sich kundgeben, der zwischen den Winkelknöpfen Rovizza

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

Volta und der Eisenbahnstrecke Cavalcaselle, Somma-Campagna eingeschlossen liegt, muss ich vorerst auf die Form des Garda-Ufers aufmerksam machen, welche diesem Ausschnitt entspricht

Vom Vorsprung bei Villa Onafria an baucht sich das Ufer in Buchtform aus, um bei Bergamini neuerdings einem Moränenvorkopfe Raum zu geben, von welchem an die eigentliche Bucht von Peschiera in Keilform beginnt.

Auf der Ostseite ist diese Keilbucht begrenzt durch einen in den See sich verflachenden Vorsprung (worauf das Werk Nr. IX der Festung Peschiera steht), von welchem nordwärts die mehr geradlinige Bucht oder Rhede von Pacengo liegt.

An der Spitze dieses Keiles hat der Mincio seinen Ursprung, und der Lauf desselben muss naturgemäss die jedesmalige Lage des Durchbruchpunktes andeuten, oder in anderen Worten den Scheitelpunkt des Winkels, welchen die Schenkel des Keiles mit einander bildeten.

Dem schon erkannten Gesetze gemäss musste dieser Winkel von Innen nach Aussen immer spitzer werden, während die eingehenden Winkel der Knöpfe von innen nach aussen immer stumpfer werden müssten.

Die Scheitel dieser eingehenden Winkel liegen immer, wie schon erörtert, auf einer durch die Beschaffenheit des Eisstrombettes in ihrer Lage bedingten Leitlinie auf. Die gegenseitige Lage zweier solcher Leitlinien bedingt aber ihrerseits nach dem vorbesagten Gesetze der Verminderung und Vermehrung der Winkel, und nach dem Gesetze, dass durch was immer für Ursachen entstandene Störungen proportional der Distanz auch prononcirter oder verschwommener geformte Marken zurücklassen, die Form der Leitlinie für den Durchbruch, für die Punkte der Auskeilung.

Ohne im Stande zu sein auf die specielle Ursache hinzuweisen, welche wahrscheinlich durch eine Sonderkarte aufgehellt werden dürfte, hebe ich nur hervor, dass östlich vom Mincio in den Knöpfen und eingehenden Winkeln von Fort IX, Fort VII, San Lorenzo, Feliona (Morena), Cricol (Renati), Monte Vento (östliche Kuppe) Monte Mamaor (mittlere Kuppe) sich die eine Leitlinie markirt, während die westlich vom Mincio liegende Leitlinie die von den Quellen bei Sermione bedingte ist.

Zwischen dem Mincio und der Leitlinie von Sermione liegt eine Leitlinie secundärer Gattung, welche von Bergamini ausgehend, in den Kuppen des Monte Croce, Casale, Monzambano und Monte Pica sich manifestirt und deren Grundursache ebensowenig bestimmbar ist. Genug dessen, sie existirt und complicirt die Erscheinungen, daher die Serpentinen des Mincio; daher die compacte Masse des mit Bergen gekrönten Plateaus von Vallegio, in welcher sich die Marken der Bergamini-Leitlinie verlieren und in welcher der Mincio sich ein grossartiges Durchbruchsthal eröffnen musste; daher aber auch in den äussersten Moränenreihen das durch die Knöpfe bedingte Zurückbleiben, welches auch schon anderweits constatirt wurde.

16. Zwischen der Leitlinie von San Lorenzo-Mamaor und der Eisenbahn findet sich nichts Bemerkenswerthes; die Höhenzüge laufen anfangs in so zu sagen mathematischem Sinne parallel mit den Lago-Ufern, um sich in den Aussenmoränen halbmondförmig auszubreiten.

Die von Norden fliessenden Wässer der Längenthäler stossen auch hier bei der Leitlinie San Lorenzo auf Punkte, deren Uebersteigung Schwierigkeiten bereitete. So z. B. empfängt der Dugale del Palu einen retrograden Zufluss aus dem Thale von Mandella, und wird die kräftige wasserreiche Tione von der er-

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez

höhten Basis des Monte Vento gezwungen, ein erfolgreiches Attentat auf die einstens zusammenhängenden Moränenprismen des Aussenrandes auszuüben.

Als Beispiele der Sumpfthalbildung treten in dieser Terrainstrecke auf: der 50 Fuss tiefe und mit seinem Wasserspiegel 21 Fuss über den Garda-See erhabene Laghetto, dessen Nordende mit bedeutenden Torfbildungen ausgefüllt ist und dessen Abfluss in retrogradem Sinne der Rio del Laghetto bildet; ferner die Sumpfstrecken, welchen der Dugale del Palu, die Pissagola und die Tione entspringen.

II. Innere Structur der Moränen.

17. Die vielfachen Bauten, welche das ursprüngliche noch auf Pfählen erbaute Fischerdorf Peschiera zu dem machten, was es jetzt ist, d. h. zu einem bedeutenden Waffenplatze, eröffneten, freilich im begrenzten Umkreis, die Einsicht in das Innere der Moränen.

Vom Mincio-Arm angefangen, welcher in dem der Anhöhe Salvi zugekehrten Festungsgraben fliesst, bis zu den erst im Jahre 1863 ausgehobenen Gräben und Fundamenten des Forts am Monte Croce bei Ponti zeigte sich überall die gleiche Zusammensetzung; die nicht verkleideten Contre-Escarpen der Werke, welche die erste und zweite Stufe des Amphitheaters krönen, zeigen ein wahres Durcheinander von Grus, Gerölle, feinem Sand und Letten, innerhalb welchem sich einzelne grössere Steine, Felstrümmer in den gewagtesten Stellungen eingebettet finden. Die tiefeingebetteten Blöcke haben alle mehr oder weniger abgerundete Ecken, die seichter liegenden oder gar zu Tage stehenden haben vielfach die eckige Form beibehalten, welche sie einst besassen, als sie vom Gebirge auf den Rücken des Gletschers niederfielen.

Porphyre zeigen im Allgemeinen etwas runde Formen, Kalksteine vom Monte Baldo und den Giudicarien mehr die eckige, Gneiss, wenn er eingebettet liegt, zerfällt mit Ausnahme eines inneren erhaltenen Kernes in kleinste Theile wie Streusand. Am Monte Croce wurden bis in 30 Fuss Tiefe erratische Blöcke zu Tage gefördert, und gewöhnlich findet sich unterhalb der Kuppen oder Höcker, welche den Moränenzügen aufsitzen, ein grosser Findling in dem Gletschermulm eingebettet.

18. Diese Beschreibung, welche auf eigene Anschauung basirt, den engeren Rayon von Peschiera und den Bauten-Rayon von Pastrengo umfasst, passt auch, wie dies eine Vergleichung mit Mortillet's, Paglia's und Manganotti's Schriften zeigt, auf die ganze bis jetzt beschriebene Hügelregion, und glaube ich, dass es unnöthig ist, weitere Citate und Beweise über die innere Gleichartigkeit der Bergprismen zu liefern.

Die erratischen Blöcke finden sich also nicht nur ausgestreut auf den Höhen, sondern auch eingebettet und zwar oft in beträchtlicher Tiefe.

Gleichwohl scheint sich im Allgemeinen von der Höhe in die Tiefe eine Abnahme in der Grösse der Bestandtheile zu zeigen, wobei der Ausgangspunkt stets die Oberfläche des Terrains und nicht vielleicht eine angenommene Vergleichungsebene ist.

So fand sich z. B. am Monte Croce ein enormer Block auf 200 Fuss Seehöhe, und auf der Höhe von Salvi existirt als Insel an der Strasse, welche gegen Mandiferro führt, ein ähnlicher in blos 50 Fuss Höhe über dem Garda-See. Ja sogar im Bett des Mincio finden sich dort, wo der Gletscherstrom durch Wegschaffung der kleineren Theile die Bildung der Moräne hinderte, ganze Bänke von erratischen Blöcken, welche als natürliche Wehren eine Flussschwelle bilden. Der Mensch benützte die hiedurch entwickelte Wasserkraft zu seinen Zwecken,

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

und die in der Karte angezeigten Mühlen, deren Dämme die ganze Breite des Mincio absperren, geben besser als jede Beschreibung die Punkte an, wo die Moränen gleichzeitiger Entstehung den Gletscherstrom durchsetzen. Viele dieser Wehren sind auch nicht mit Mühlen gekrönt, und der klare Strom lässt trotz seinem Schäumen und Sprudeln die Felstrümmer erkennen, gegen deren Gewicht er schon seit Jahrtausenden ankämpft, ohne etwas anderes als eine gewisse Abrundung der Ecken vollbringen zu können. Die Nachweisung, dass erratische Blöcke sich auch im Innern der Moränenbasis befinden, wurde durch einen Abzugscanal geliefert, welcher als Minengallerie 5 Klafter unter der Oberfläche, den Graben des Werkes II entwässern sollte. Dieser Graben, sowie jene der übrigen Werke von Peschiera haben beinahe wasserdichte Wandungen, und es bildeten sich durch die atmosphärischen Niederschläge und theilweise auch durch die einfallenden wasserführenden Schichten mehrere derselben zu eigentlichen Wassergräben aus; ein Beweis, dass die hie und da sichtbare Stratification der einzelnen ganz irregulär wechselnden Schichten eine durchaus locale ist.

Ja sogar unmittelbar auf einer aus den feinsten Molecülen gebildeten blauen Tegelschichte, welche den Boden des neu ausgehobenen Minciograbens vor dem Marine-Arsenal bildet, habe ich drei Blöcke von circa 1½ Meter Inhalt aufliegen sehen, bedeckt von einer 14 Fuss tiefen Torfschicht, 12 Fuss unter dem mittleren Wasserstande des Lago und in einer Linie, welche über das Pulvermagazin in der Kriegshafenbastion, das Festungs-Commando-Gebäude und die Porta Lago sich ziehen lässt. Diese Linie gibt vielleicht die an der Grenze des trockenen und flüssigen laufende Moränenwelle an, denn es stehen die Gebäude auf festem Grund und die Porta del Lago zeigt am Boden des Mincio grobes Gerölle, während die weiter landeinwärts stehenden Kasernen und Officiers-Pavillons auf Piloten fundirt werden mussten.

Der bestergründete Theil des engeren Moränenbeckens von Peschiera ist begreiflicher Weise der engere Rayon des Festungsniveaus, die Bestimmung der Grenzen, wo die ausgesprochen erratischen Bildungen unter den blauen Tegel und die Wellsandschichten schlüpfen, wäre ermöglicht durch die Zusammenstellung der Resultate, welche die Fundamentaushebungen geliefert haben, und ich glaube, dass der Geologe, welchem die Archive der Genie-Direction zu unbeschränkter Benützung offen stehen würden, bedeutende Erkenntnisse schöpfen und begründen könnte.

Vielleicht ist es mir möglich, bei Gelegenheit der Beleuchtung der Frage über die seit der Errichtung der Pfahlbauten stattgefundene Niveauerhöhung des See's darauf in ausgedehnterer Weise zurückzukommen; für jetzt sei nur constatirt, dass die Unterlage Peschiera's und insbesondere des nordöstlichen Theiles ein feiner, anfangs sandiger, dann aber compacter Tegel ist, in welchem bei der neu erbauten Porta Verona die Piloten für die Brücke mit Leichtigkeit und Gleichmässigkeit auf 10 Fuss Tiefe eingetrieben werden konnten. Die Oberfläche dieser Tegelschichte fällt im Allgemeinen gegen den See zu ab, bildet aber auch Inseln und Mulden, in welch' letzteren sich dann Torfbildungen einfanden.

Auf dieser Oberfläche liegt eine gegen den See und die Tiefenlinie des Mincio zu sich auskeilende Schotterschichte, deren Elemente im Sinne der Verticalen immer kleiner werden, und so im Korn sowohl, als in der Farbe den Uebergang zum Tegel darstellen. Im Sinne der Annäherung an die Moränen wird die Schotterschichte dicker und grobkörniger und geht nach und nach in die chaotische Zusammensetzung des Moränenschuttes über.

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

Eine Fahrt längs dem See-Ufer gegen Pacengo oder gegen Bergamini zu kann dazu dienen, das Spiel der hier einwirkenden Kräfte aufzuklären; der Uferboden wechselt je nachdem ein Moränenberg oder ein Moränenthal correspondirt, und wird dem entsprechend aus Geröll oder aus feinkörnigeren Bestandtheilen gebildet. Auf den letzteren Punkten stellt sich eine Sumpfflora ein, deren Wurzeln und Ueberreste den Stoff zu Torfbildungen geben.

Wir haben es hier somit mit einer Matamorphose der Eisformation in eine Wasserformation zu thun, d. h. es zeigt sich, dass die während und nach dem Rückzug der Gletscher als Moränenprismen auf fremdem Boden angesiedelten Massen durch die Kraft der Atmosphärilien und des Wassers angenagt und verarbeitet, in ihrer Oberfläche verändert und dem Gewichte und der Grösse nach sortirt wurden.

19. Die Schlemmung durch das Wasser ist im Meere, See und Flusse denselben Gesetzen unterworfen, das Gröbere sinkt näher, das Feinere weiter vom Ursprung zu Boden; allein die topographische und hypsometrische Austheilung dieser Sortimente ist eine andere, je nach der Form, in welcher das Wasser die Moränen bekämpfte. Wenn in erster Instanz die Form der Moränen massgebenden Einfluss übt, so erkennt man doch in zweiter Instanz aus der Form der alluvialen Schichtung, ob sie einem Bach, einem See, einer Brandung, einem begrenzten Süsswasserlauf oder einer ausgedehnten Meeresströmung ihre Existenz verdankt.

Der Einfluss des Regens und der von ihm genährten Bäche, unterstützt von der durch den Wechsel von Winter- und Sommer-Temperatur begründeten Verwitterung, trachtet die eckigen Formen zu verwischen, rundet die Höhen ab und schlemmt die Thalmulden mit feinerem Sande oder Gerölle an. War die Mulde tief und, wie dies oft in diesem Gebiete vorkommt, durch die wellenförmig vorgeschobenen und sich aneinander lehnenden Moränen abgeschlossen, so bildeten sich Seen, Torfbildungen, langgezogene Wiesenflächen und auch trockener Ackergrund als Repräsentanten der verschiedenen Stadien der Ausfüllung und Abtrocknung. War die Mulde nicht abgeschlossen, oder wurden durch die Ausfüllung die stufenförmig gegen den Beginn der Ausfächerung der Moränenzüge übereinander gelegenen Muldentheile der Längenthäler in eine ununterbrochene Fläche vereint, so bildeten sich Bäche und Flüsse von grösserer Bedeutung, von denen die einwärts der culminirenden Moränen gelegenen, auch nach einwärts strebten, wie z. B. Rio Davico, und die auswärts gelegenen sich Durchbrüche zu öffnen im Stande waren, wie z. B. der auch durch andere später zu erwähnende Umstände begünstigte Tione. Im Gefolge dieser kräftigeren Wasserläufe müssen sich daher alle jene Umänderungen der zugehörigen Rinne nachweisen lassen, welche durch dieselben überhaupt erzeugt werden können; diese Umänderungen müssen relativ grösser oder geringer ausfallen, je mächtiger das den Flüssen tributäre Gebiet sich ausdehnte. Die Auswaschungen des Tessin, jene des Rio Davico mit den zugehörigen Deltabildungen, die dem gleichförmigeren Abfall der Thalrinnen angemessenen Alluvionen des Salò, der Pisagola des Redone, die an den Ausmündungen der kurzen Querthäler der äussersten noch erhaltenen Moränen sichtbaren Schuttkegel sind ebenso viele Zeugnisse der Wirkung, welche längere oder kürzere Wasserläufe auf ihren Untergrund ausüben.

Jedenfalls lassen sich aber diese sehr localen Kraftäusserungen auf eine Wasserkraft zurückführen, welche der heute existirenden gleich oder wenigstens nicht sehr überlegen war. Die einzige Ausnahme bilden die erwähnten Schutt-

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

kegel und der Durchbruch des Tione. Dieser letztere ist in zu grossartigem Maassstabe angelegt, als dass man nicht auch andere Kräfte zu Hilfe rufen müsste, um diese Abnormität zu erklären.

Die grösste Wasserader endlich ist der Mincio. Die Entstehungsursache dieser Thalrinne wurde schon im ersten Capitel mit den Gletscherwirkungen in Verbindung gebracht und zu erklären versucht.

Der Mincio fügt sich den Gesetzen der Flüsse; er schnellt über Findlingswehren, läuft rasch über Geröllgrund, stürmt in Einengungen und setzt in ruhigen Theilen feine Schlammtheile ab, welche nach und nach den Boden erhöhen.

20. Unterirdische Wasserläufe finden sich trotz der chaotischen und solcherweise beinahe wasserdichten Zusammensetzung der Hügel auch. Perennirende Quellen brechen längs des See- und Mincio-Ufers ebenso wie am Fusse der Anhöhen hervor, ein Beweis, dass die auch an der Oberfläche vielfach sichtbare, so zu sagen torrentielle Stratification, sich auch in den Eingeweiden der Hügel fortsetzt, wie dies auch bei Beschauung der Contre-Escarpen der Werke augenblicklich auffällt.

Eine Erklärung dieser Erscheinung kann nur in dem Verhalten des Gletschers gesucht werden, dessen zwischen den auflagernden Schuttstreifen (Gufferlinien) abstürzende Oberschmelzwasser eine sichtende Wirkung ausüben mussten, während das durch warme Quellen oder die Bodentemperatur bewirkte Abschmelzen die Gletscherbäche der Auskeilungen verursachte, welche ebenfalls das Materiale sichteten und naturgemäss ablagerten. Insoweit stimmen die hervorgehobenen Facten mit den Beobachtungen, welche wir über das Verhalten der heutigen Gletscher haben, vollkommen überein. Auch da findet sich der Gletscherbach am tiefsten Punkt, die Milchströme dort, wo in Folge der Configuration der Thalwände des Untergrundes und des Abschmelzungsprocesses ein Bersten der Eiskrusten und die Bildung von Wasserläufen begünstigt wurde.

Die bedeutende Grösse des einstigen Gletschers und dessen Theilung in zwei Halbmonde, deren jeder wieder Unterabtheilungen aufweist, musste eine Differencirung dieser Erscheinungen und eine Vervielfältigung der einzelnen Phänomene herbeiführen. Ich habe Gelegenheit gehabt, auf den Durchbruch bei Gavardo (entsprechend der Bucht Porto del Torcolo), bei Castiglione delle Stiviere (entsprechend der Längenaxe des Garda-See's), bei Peschiera (Linie des Mincio) und bei Custozza (Durchbruch der Tione) hinzuweisen.

Es scheint mir wahrscheinlich, dass diese Durchbrüche, welche sich, wie gesagt, immer in den Auskeilungen zwischen zwei Knopfleitlinien finden, durch die betreffenden Gletscherbäche gebildet worden sind, deren Anzahl von Aussen nach Innen immer mehr abnimmt, um sich endlich auf den einzigen Mincio zu reduciren.

Hiedurch ist auch die früher bei Besprechung des Tione hervorgehobene Schwierigkeit beseitigt, der Tione war also nicht gezwungen, den Monte Mamaor in seiner ganzen Höhe zu durchsägen, sondern stürzte sich in die Scharte, welche sich in Folge der Einwirkung des noch bei Bildung der nächstfolgenden Moränenreihen existirenden secundären Gletscherbaches im Moränenkamme sich gebildet hatte.

Solche secundäre Gletscherbäche konnten aber nur dort entstehen, wo durch radial ziehende Wasserscheiden die zum Theile retrograde Verbindung mit dem Mincio verhindert war, und in Wahrheit finden sich diese Wasserscheiden in den Leitlinien von Monte Corno, Sermione und S. Lorenzo etc., deren mittlere, d. h. jene von Sermione, diejenige war, welche der Wassercommunication die mindesten Schwierigkeiten entgegenstellte.

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez

21. Es bleibt nun noch eine Thatsache zu erwähnen, welche wohl nur in sehr engem Raum nachgewiesen, doch wahrscheinlich eine allgemeine und auf den ganzen Untergrund zu übertragende Erscheinung sein dürfte.

Es wurde nämlich beim Werk IX, 300 Schritte vom See und 50 Fuss höher ein Brunnen gegraben und bis über 200 Fuss Tiefe ausgehoben, so dass seine Sohle in mehr als 150 Fuss Tiefe unter dem Wasserspiegel sich befindet. Der Brunnen musste, weil keine wasserführende Schichte erreicht werden konnte, in eine Cisterne verwandelt werden, da die durchbrochene Erdmasse von oben aus eine immer feinkörnigere und homogene Zusammensetzung zeigte und gar kein Anzeichen vorhanden war, aus welchem man auf eine baldige Aenderung hoffen durfte.

Ein ähnliches Verhalten zeigte ein Brunnen bei Mandella und eine bei Gelegenheit des Baues der Eisenbahnbrücke ausgeführte Sonde im Bette des Mincio selbst.

Es folgt sonach in diesem Terrainabschnitte auf die als rein erratisch anerkannte Bildung, oder wie im Minciobette auf die Alluvialschichten jüngsten Datums, eine mächtige gleichförmige Lehmschichte von gelblicher Farbe. Es ist mir nicht bekannt, ob dieselbe Versteinerungen oder irgend welche Anzeichen enthält, welche auf einen fluviatilen oder Meeresursprung hindeuten, gleichwohl möchte ich dieselbe in Folge der Erfahrungen, welche man bis jetzt über die Gletscherwirkung gesammelt hat, ebenfalls zur erratischen Bildung zählen, und folge ich hiebei den Angaben Albert Mousson's, dessen Buch: „Die Gletscher der Jetztzeit" zur Grundlage der nun folgenden Ueberlegungen diente.

III. Weitere Folgerungen aus I und II.

22. Die im Firn vergrabenen Trümmer treten im Bereiche des Ablationsgebietes durch die natürliche Folge des Abschmelzens und der Vorwärtsbewegung an die Oberfläche; durch eben diese Gesetze der Abschmelzung breiten sich die Zwischendämme, die Materialien der Gufferlinien immer mehr aus, bis sie bei grossen, schuttreichen Gletschern die Gletscherzunge vollständig bedecken und hiedurch mehr oder weniger vor dem zu raschen Abschmelzen schützen. Der Längenschnitt der Gletscherzunge wird also einen Winkel repräsentiren, dessen oberer Schenkel die Obermoräne trägt und dessen unterer auf der Grundmoräne aufruht. Der Punkt, wo Ober- und Grundmoräne sich berühren, ist am bestimmtesten in die Nähe jenes Niveaus zu setzen, wo der Gletscherbach entsprang. Der Garda-See ist mit seinem mittleren Wasserstande 216 Fuss über dem Meere gelegen. Die Sonde der Mincio-Eisenbahnbrücke gibt den Beginn jener Schichte feinen Kornes einige Klafter tiefer. Wenn ich also die Cote mit circa 200 annehme, so ergibt die Vergleichung mit den in Punkt 21 angegebenen Coten des Brunnens, dessen Sohle auf der Meereshöhe 66 befindlich ist, dass die Grundmoräne des Gletschers hier ad minimum 134 Fuss dick sein müsste. In weiterer Tiefe hat man die Grundmoräne nicht aufgeschlossen, wird daher jede Zahlenangabe über das Maximum nur auf hypothetischem Grunde stehen.

23. Die Steintrümmer, welche die Grundmoräne bilden, werden durch den furchtbaren Druck der Eislast zermalmt, wenn sie weicher, in Stücke zersprengt, wenn sie fester sind, an den Ecken abgestossen, endlich zu wahren Rollsteinen abgerundet.

Durch Schmelzung von scheinbar ganz reinem Eise erhielt Agassiz einen Rückstand von $2\frac{1}{2}$ Grammes auf den Liter, vermuthlich Erd- und Staubtheile, welche schon in der Firnregion auf den Schnee fielen, theilweise vielleicht auch vom Infiltrationswasser in das Eis gebracht wurden.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

Dies sind Angaben Albert Mousson's. Ueber das quantitative Verhältniss der Ober- und Grundmoränen und des im blauen Eise enthaltenen Materials existirt keine Beobachtung, lässt sich also kein Rückschluss machen, ob die in den Hügeln bis zu einer Höhe von 200—400 Fuss über den Seespiegel sich erhebenden Massen der Ober-Moränen im naturgemässen Verhältniss mit einer 150 bis 200 Fuss mächtigen Grundmoräne stehen.

Bedenkt man jedoch, dass der Oberschutt Erzeugniss der Atmosphärilien, der Unterschutt aber Erzeugniss der Abreibung ist, welche an manchen Orten eine bedeutende genannt werden muss; bedenkt man ferner, dass speciell beim Garda-Gletscher die untere Abschmelzung durch die warmen Quellen und das Vorhandensein eines früheren vulcanischen Herdes eine bedeutende sein musste, und dass die solcherweise entstandenen Gletscherwasser das Material der Grundmoräne mitführen und dort ablagern mussten, wo dies durch ebeneres Terrain und die Möglichkeit der Ausbreitung bedingt war, so scheint die Annahme, dass die Grundmoräne die obige Dicke habe, keine zu gewagte.

24. Wenn ich also bezüglich der die Hügel unterlagernden Schichte feinkörnigen Materials eine Erweiterung des Begriffes „erratisches Terrain" beantragen muss, und die alluviale oder diluviale Entstehung derselben zu negiren wage, so sei es mir auch erlaubt, gestützt auf schlagendere Gründe, weitere Annexionen in dem das Amphitheater umgebenden Aussenterrain vorzunehmen.

Die Endmoräne von Castiglione, Solferino, Custozza, Somma-Campagna steigt steil aus den umgebenden Flächen auf und scheint hiemit die Grenze des Moränengebietes anzugeben. Dies ist jedoch keineswegs der Fall.

Die bei Carpenedole endende Hügelreihe Nr. 1 und die schon früher in den steinigen Feldern von Montechiari verloren gegangene Moräne Nr. 2 bezeugen, dass die Wirkung des Gletschers auch über die oben genannte Moräne 3 hinausreichte, und der unweit Medole aus den geröllreichen Feldern emportauchende Monte Medelano scheint ein Leitpunkt für die in der allgemeinen Verflachung verlorene Moräne 1 zu sein. Ebenso steht der Winkelknopf von Volta ausser jeder Verbindung mit der Moräne 3, und scheint ebenfalls ein Ueberrest der verflachten Moräne 2 zu sein, sowie auch der bei Valeggio das Keilthal des Mincio begleitende Monte Baiber ausser Zusammenhang mit dem Monte Mamaor ist, somit nicht der Moränenreihe 3 angehört.

Die Verbindungsglieder dieser nunmehr isolirt stehenden Höhen müssen also ebenfalls Moränenhügel gewesen sein, deren prismatischer Querschnitt unter einer nivellirenden Kraft verloren ging. War diese Kraft eine allgemeine, so musste der Nivellirungsprocess immerhin noch einige Merkmale zurücklassen, welche Zeugniss ablegen, dass in dem Gebiete der verschwundenen Hügel dieselben Gesetze walteten, wie in jenen der noch bestehenden.

Eines dieser Gesetze ist jenes der Wasserscheiden, welche stets in den Winkelknöpfen enthalten sind, und ein anderes, dass diese Punkte in radialer Richtung zusammengezogen eine Leitlinie geben, welche in jedem ihrer Theile ihre Eigenschaften selbst bis zum Verschwinden beibehalten müsste

Eine dieser Leitlinien ist die des Monte Corno, deren radiale Richtung über Lonato auf Montechiari hinweist, und wirklich liegen in dieser Verlängerung die steinigen Felder von Montechiari, welche auch die Wasserscheide in sich fortführen.

Die sonderbare Erscheinung, dass der Rio Galcinato, der Moriaga retrograd in den Chiese fallen, ist hiedurch erklärt. Die Leitlinie der culminirenden Punkte Castell Venzago, Castiglione weist in radialer Richtung auf den äussersten relativ höchsten Ueberrest der Moräne 1 bei Carpenedole hin.

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez

Weitere Analogien finde ich in dem Umstand, dass die Nebenflüsse des Mincio am rechten Ufer im Allgemeinen den Lauf des Redone nachahmen, und nach dem Gesetze der Auskeilung in immer spitzeren Winkeln in denselben einmünden, und dass von dem Punkte an, wo der Tione hätte einmünden sollen, am linken Ufer gar keine Nebenflüsse vorhanden sind, weil hier offenbar die Leitlinie von San Lorenzo Mamaor sich fortsetzt.

Der schon erwähnte Umstand des Abdrängens des Chiese und der Etsch von der ursprünglichen Richtung ist bei dem ersteren durch den halbrunden Verlauf der Moräne von Carpenedole augenscheinlich gemacht, das Abdrängen der Etsch jedoch kann, wenn Wirkung und Ursache auch hier wie überall in der Natur das Gleichgewicht zeigen sollen, nur dann erklärt werden, wenn man annimmt, dass die zwischen dem engeren Becken von Verona und den sumpfigen Valli Veronesi bestehenden Rücken- und Terrainwellen ebenfalls Gletscherbildungen sind, welche die einstige Lage der Moränen erster Reihe noch jetzt andeuten.

25. Was die innere Structur dieser Terrainwellen betrifft, bin ich gezwungen Citate zu gebrauchen.

In der Schrift: „*Sul terreno alluviale antico della Provincia di Verona*" sagt Manganotti Seite 1: „Eine jener geologischen Thatsachen von grosser Wichtigkeit und grosser Ausdehnung in der Provinz Verona ist jene des *terreno alluviale antico,* auch unter dem Namen *terreno erratico* bezeichnet, welches dem Diluvium von Buckland entsprechen würde;" dann Seite 2: „Dieses Alluvialterrain, welches beim Eintritte in die Veroneser Provinz durch das Etschthal eindringt und sich in mächtiger Entwicklung am linken Ufer der Etsch zeigt, berührt alle Thaleinmündungen der Alpen, bedeckt bis zu einer gewissen Höhe deren Abhänge und reicht bis auf 12 Kilometer unterhalb der Stadt Verona. Bedeutender noch breitet sich dasselbe längs des rechten Ufers zwischen Etsch und Benaco aus, indem es bis zu ansehnlicher Höhe die Abfälle des Montebaldo bedeckt, und von der berühmten Landschaft Rivoli bis Castelnuovo herabziehend, in der Provinz Verona in einer gekrümmten Linie endet, welche von der Umgegend Valeggios beginnend, über Villafranca, Povegliano, Castel d'Arzano, Buttapietra, Zevio bis an das rechte Etschufer gegenüber von Caldiero läuft.

Der Umstand, dass Manganotti die Hügel von Costermano, Rivoli Castelnuovo mit dem Terrain von Povegliano in eine Classe reiht, ist wichtig. Die Grenze, welche er angibt, wird am besten durch die Karte bezeichnet, in welcher die Reisfelder hervorstechend angegeben sind, welche am Aussenrand der vorbezeichneten, durch die Ortschaften gekrönten Terrainwelle beginnen und bis an die Valli Veronesi reichen.

Manganotti sagt über letztere Region: „Tiefer als dieses ungeheuere Gebiet und ausserhalb der vorbesagten Curve geht die Alluvion der grossen Massen der Rollsteine und des Schotters in eine weite Zone von Sand mit Lehmschichten über, um zuletzt in weiterem Abfall dem reinen Lehm Platz zu machen, welcher sich beinahe bis an das linke Ufer des Po ausbreitet," und weiters: „Die Materialien dieser Alluvion sind den Felsen der in der Provinz bestehenden Berge ganz fremd." Die Identität des Terrains von Villafranca und des innerhalb der Hügel befindlichen constatirt Manganotti Seite 32: „Jedes Auge, auch das eines Nichtgeologen kann sich überzeugen, dass beispielsweise zwischen Pozzolengo und Monzambano innerhalb des Amphitheaters beinahe überall das Terrain mit derselben Alluvion bedeckt ist, welche den Boden ausserhalb der

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

äussersten Stufen des Amphitheaters von Villafranca an bis ringsum Verona und auch weiter noch bis zum höchsten Rand der groben Alluvionen bedeckt."

Mortillet in seiner Abhandlung: „*Carte des anciens Glaciers du versant italien des Alpes*" sagt über die *Alluvions anciennes*:

„Die Depots der *Alluvions anciennes* mit ihrer torrentiellen Stratification, welche die *depots glaciaires* ohne Stratification tragen, zeigen sich nicht nur in der grossen Ebene an der Mündung der Thäler gegen das Ende der alten Gletscher, sondern auch im Innern der Thäler selbst", und schon früher:

„Bei der Ueberschreitung des Oglio bemerkt man dieselben Verhältnisse. Dieser Fluss in seinem Laufe von Palazzolo bis zum Iseo ist tief zwischen Lager von Rollsteinen, Schotter und Sand eingeschnitten, welche die torrentielle Stratification imitiren, immer horizontal sind und oft in den Zustand des Mulms *(pondingue)* übergehen."

Endlich will ich noch aus dem Aufsatze Zollikofer's: „Beiträge zur Geologie der Lombardei" einzelne Stellen citiren, welche — obwohl nicht speciell auf die besprochene Section des Po-Thales angewendet — doch meine Ansicht, dass die dem eigentlichen Hügelgebiet vorliegenden wellenförmigen Bildungen dem Erratischen angehören, zu bekräftigen scheinen.

Seite 38: „Das erratische Becken des Tessin endigt nicht ganz mit dieser zweiten Stirnmoräne. Es gibt ausserhalb derselben im Piemontesischen oberflächliches Geschiebe, dessen leichte Wellenlinien sich nach und nach in die Diluvialebene verlieren."

„Die zahlreichen Hügel, von den Plateaux von Golasecca und Piaté getragen, bilden beträchtliche erratische Anhäufungen. Die vielen Einschnitte des Plateaus von Golasecca zeigen abwechselnde Bänke von Sand-, Grus- und Rollsteinen deutlich geschichtet (Diluvial-Charakter) mit vollkommen eckigen Blöcken (erratischer Charakter), der Boden der Einschnitte ist überdies mit einer Menge erratischer Blöcke bedeckt. Erst glaubte ich, sie wären von oben hineingefallen, aber ihre Zahl ist zu gross, um so etwas anzunehmen; es ist viel wahrscheinlicher, dass sie aus dem Innern der Hügel kommen und durch Erosion entblösst wurden."

26. Die mit Hilfe der Terrainlehre gefundenen Gesetze, die geologische Identität der inneren Structur berechtigen also zu dem Schlusse, dass die Aussenfläche des Amphitheaters erratischen Ursprunges ist, d. h., dass ein Eisstrom und kein Wasserstrom den Transport vollbrachte. Nachdem aber jeder Gletscher ein strikte vorgezeichnetes, durch eine prismatische Moräne abgeschlossenes Gebiet hat, so entsteht die Frage: Wo liegt diese Moräne, wo ist die äusserste Grenzmarke des Gletschers?

Ich suche sie im östlichen Theile in den Valli Veronesi und den sie umgebenden Reisfeldern, bin aber ausser Stande, dieselbe nach Osten zu verlängern. Sind die Hügel Mantua's auch noch Moränen, und der Lago inferiore das Auskeilungsthal des Mincio? Dies ist eine Frage, welche sich aufwerfen, aber nicht leicht lösen lässt. Und wenn diese Mantuaner Hügel erratischen Ursprunges sind, wie dies schon leise von einigen Gelehrten angedeutet wurde, sind dieselben gleichzeitiger Entstehung, oder bilden sie nur das Merkmal einer schon vormaligen Ankunft des Gletschers auf italienischem Boden, wie dies schottische Geologen in Schottland selbst nachgewiesen haben, und hiedurch zur Annahme einer periodischen Wiederkehr der Eiszeit gebracht wurden?

Diese Fragen zu beantworten mögen tüchtigere Kräfte unternehmen, wenn mehr Materialien gesammelt und gründlicher gesichtet sind.

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez

27. Der Gang dieser Abhandlung ist ein eigenthümlicher.

Auf die Analyse der Terrainformen habe ich den Beweis gestützt, dass dieselben nur durch einen Eisstrom gebildet werden konnten; weitere hypothetische Ueberlegungen führten mich hierauf zu dem Schlusse: die erratische Formation sowohl in der Tiefe durch die Grundmoräne, als in der Horizontalen durch die Annexion des Aussenfeldes zu vergrössern und dem sogenannten Diluvium Terrainstrecken zu entreissen, deren Mächtigkeit eine enorme, deren Ausdehnung eine noch überraschendere ist.

Da aber diese Untersuchung nur mit Hilfe der schraffirten General-Stabskarte angebahnt wurde, nur wenige, manchmal auch divergirende hypsometrische Angaben vorhanden sind; da ferner die Erdschichten in der Tiefe nicht aufgehellt sind und da überhaupt bei der Neuheit der befolgten Methode vielleicht Fehlschlüsse unterlaufen sind, deren Rectificirung nothwendig ist, bevor es sich der Mühe lohnt, Hypothesen an Hypothesen reihend, weitere Schritte zur Entzifferung des geologischen Räthsels „Erratische Formation" zu versuchen, so schliesse ich hiemit die specielle Betrachtung des Terrains mit Rücksicht auf seine Bildung durch das Eis.

Es bleiben nur noch jene Veränderungen zu besprechen, welchen das erratische Geschiebe während und nach dem Rückzuge des Gletschers unterworfen wurde.

28. Was das Innere des Amphitheaters betrifft, so habe ich bei Besprechung der Wasserrinnen schon Einzelnes erwähnt:

Die Alluvionen der Flüsse aus Moränen-Material, die Bildung der Ablagerungen und Erosionen inmitten oder an den Ufern des See's, zu welch' ersteren jener in einen blauen Tegel übergehende Wellsand zu rechnen ist, der die vom Herrn Hauptmann Kostersitz entdeckten Reste des Pfahldorfes einhüllt, u. s. w.

Das Aussenfeld jedoch, den in Wellenlinien verlaufenden Theil der Eisstrombarren habe ich noch nicht behandelt. Die sanften Wellenlinien kontrastiren genügsam mit den schrofferen Formen des Amphitheaters, und ich habe in Punkt 24 schon angedeutet, dass eine auf die ganze Strecke gleichmässig einwirkende Kraft die Ursache der Verflachung sein müsse.

Das Querprofil der Moränen, der Barren des Eisstromes war das Dreieck, die ganze Form die eines dreiseitigen Prismas, dessen Kamm nur nach der Lage der Hauptgufferlinien Einzurkungen zeigen konnte.

Woher kommt es also, dass dieses Dreiecksprofil nicht mehr existirt, dass das Prisma sich je mehr nach aussen in einen immer flacheren Cylinder verwandelt, dass die Geröllbestandtheile, welche doch oft 1½ Meter Inhalt haben, nicht wie auf Moränen die eckige Form behalten haben, sondern abgerundet erscheinen? Woher kommt es, dass einzelne den Knöpfen entsprechende Felderkomplexe, wie die bei Montechiari und die zwischen Valleggio und Villafranca, vorzugsweise Ciottolifelder sind, unfruchtbar durch die Masse der aufliegenden Rollsteine?

Woher kommt es, dass die äusserste Moräne Nr. 1 von Carpenedole bis zur Eisenbahn in zehn isolirte Theile gespalten ist, und ebenso die Moräne Custozza und Somma-Campagna die Anfänge einer solchen Spaltung in einzelne Stöcke zeigt, während im Innern des Amphitheaters diese hier erwähnte Querthalbildung, die so zu sagen vollständige Durchsägung der Moränenprismen gar nicht oder doch in nur unbedeutendem Grade nachweisbar ist?

Woher kommt es endlich, dass der ganze Verlauf der Wellenrücken parallel mit den Halbmonden des Gletschers ist, und dass in der Verlängerung der er-

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

wähnten Durchsägungen kein Auswaschungsthal zu sehen ist, ausser dort, wo wirklich Auskeilungen nachgewiesen wurden?

Alle diese Fragen sind einzig und allein durch die Voraussetzung zu erklären, dass die ganze erratische Formation theils während, theils nach ihrer Bildung durch eine Wasserbedeckung umgemodelt wurde.

Diese Wasserbedeckung kann aber keine solche gewesen sein, welche durch — wenn auch noch so gewaltige — Ströme verursacht und deren Weg durch die Alpenthäler und den Fall der Flächen vorgezeichnet wird, sonst würde sich nicht die blosse Verflachung, sondern eine totale Zerreissung bis in's Innerste des Amphitheaters nachweisen lassen müssen.

Diese Wasserbedeckung muss also eine Meeresbedeckung gewesen sein, dessen Brandung, dessen Strömungen, dessen Wellenschlag überhaupt die Moränen-Ablagerungen des Gletschers entweder schon im Beginne ihrer Entstehung, oder erst später in jene Structur überzuführen trachteten, welche den Ablagerungen des Meeres an und in der Nähe von Küsten überhaupt eigen sind.

Im Widerspruch mit den Ansichten der Geologen, welche die erratische Bildung als die unmittelbare Vorläuferin des Alluviums betrachten, fordert somit die Terrainlehre eine Meeresbedeckung und mit ihr eine Meeres-Formation nach der letzten Eiszeit und vor dem Alluvium.

29. Wo ist aber diese neueste Meeres-Formation?

Zollikofer (Seite 43 der erwähnten Abhandlung) nennt unter dem Titel: „Neueste Bildungen" eine eigenthümliche Erdgattung, die *Terra rossa* (deren Verbreitungsbezirk — nebenbei erwähnt — ein bedeutender ist, da ich sie selbst in Cattaro bei meinen Bauten verwendet habe und dieselbe sich auch am Karst vorfindet), und definirt sie Seite 44 als eine auffallend ockerrothe Dammerde, welche bei Verona, Brescia etc. die Felder in grosser Ausdehnung bedeckt. Sie dringt ungefähr einen Meter tief und sticht grell von der unteren Schichte ab, welche die gewöhnliche Erdfarbe hat. Diese Farbe rührt von der eisenhaltigen Thonerde her, welche die nahen Flysch- und Scaglia-Hügel bedeckt. Sie enthält bis 10% Eisen und wird gewöhnlich Ferretto genannt.

Eine weitere Ueberlegung führt Zollikofer Seite 45 zu folgendem Resultat:

„Ich glaube deshalb mit Balsamo Crivelli und Curioni, dass diese Thonerde durch das Meer an dem Fusse der Hügel abgelagert wurde. Sie wäre demnach älter als das Diluvium, und nur die Colorirung der obersten Schichte der Ebene durch das Auswaschen dieser Bildung gehörte der neuesten Zeit an."

Paglia hat in den „*Atti della Società Vol. II, Fasc. IV, 1861*" folgenden Passus veröffentlicht:

„Im Westen dieser Hügelreihe (Moräne Nr. 1) breiten sich die unfruchtbaren Felder von Ghedi und Montechiari aus, deren Geröllbedeckung ohne jeder Beimischung von vegetabiler Erde Zeugniss ablegen, dass über sie grosse Fluten hinweggingen, vielleicht in jüngerer Epoche als jene, in welcher die Alpenströme mit gröberem Gerölle jene Ebene erfüllten, welche im Osten bis Medole sich ausdehnt, allwo der Ferretto sich längs den Hügeln in einer unregelmässigen Zone vorfindet, welche unterhalb Cavriana kaum zwei Miglien Breite hat, während sie an anderen Orten bis an den Lauf des Oglio sich ausbreitet, um daselbst an die Lehm- und Tegelbildungen jüngsten Datums sich anzuschliessen."

30. Das Ferrettomeer, dessen Gewässer an die vorgeschobenen Vedetten der Eiszeit in wilder Brandung anprallen, dessen tägliches Steigen und Fallen die Auslaugung der feinsten, feinen und gröberen Theile vornimmt, welches in

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

periodischen Fluctuationen anfangs nur den Fuss der erratischen Region bespült, um dann vielleicht in bedeutender Entwicklung in der ruhigeren Tiefe den Ferretto zu bilden, bei welchem natürlich auch Küstenströme, Wirbelbewegungen etc. eintreten müssten, erklärt einzig und allein die vorhin angegebenen Erscheinungen, der Verflachung der äusseren Moränen, der Zerreissung der hierauf folgenden in viele einzelne Stöcke durch Querthäler, deren radiale Verlängerung in der nächstfolgenden Reihe entweder fehlt oder nur leise angedeutet ist, der theilweisen Conservirung der Moränen von Carpenedole, welche durch eine um 66 Meter höhere Basis den Einwirkungen der zerstörenden Brandung und durch die Form des Po-Thales und die Lage der Moränen selbst den Einwirkungen des Küstenstromes mehr entzogen waren, und vieler anderer, deren Erörterung erst dann am Platze wäre, wenn die in dieser Schrift niedergelegten Ansichten durch eine wohlthätige, und wie ich erbitte, wohlwollende Kritik geklärt, modificirt und bestätigt worden sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: 016

Autor(en)/Author(s): Staudigl Edmund

Artikel/Article: Die Wahrzeichen der Eiszeit am Südrande des Garda-See's. 479-500