

Die
Glacialschotter in den Ostalpen.

Vortrag,

gehalten in der Section Breslau des D. u. Oe. Alpenvereins
am 18. October 1890

von

Albrecht Penck

in Wien.

Mit einem Anhang, enthaltend die Hauptergebnisse der von
A. Penck, E. Brückner und A. Böhm bearbeiteten Preis-
aufgabe über „die Vergletscherung der Ostalpen“.

Wien, 1890.

Verlag des D. u. Oe. Alpenvereins.

Separat-Abdruck aus den „Mittheilungen des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins“, Jahrgang 1890, Nr. 20 u. 23.

Der S. Breslau des D. u. Oe. Alpenvereins gebührt das grosse Verdienst durch ihre Preisaufgabe (vergl. diese „Mittheilungen“ 1887, Nr. 7) eine zielbewusste einheitliche Erforschung des Glacialphänomens in den Ostalpen angeregt zu haben. Dadurch ist den mannigfachen Irrthümern vorgebeugt worden, welche bei einer langsam und schrittweise von vielen einzelnen Mitarbeitern erfolgenden Forschung unausbleiblich sind. Denn wie einheitlich auch das Glacialphänomen in den Ostalpen entfaltet ist, so schmiegt es sich doch dem äusseren Aufbau des Gebirges in bemerkenswerther Weise an und zeigt in manchen Gebieten eine Entwicklung, die ihm in anderen fremd ist. Nur zu leicht aber werden derartige rein örtliche Ausbildungsweisen für den Ausdruck allgemeiner Gesetze angesehen, und es entstehen dann auf dem Boden einer in engeren Grenzen sich bewegenden Localforschung Hypothesen, welche die Entwicklung der Kenntniss des Ganzen hemmen.

Es ist wohl zu erwarten gewesen, dass die von meinen Freunden Böhm und Brückner und von mir in den letzten drei Jahren durchgeführte Erforschung des gesammten ostalpinen Glacialphänomens zur Beseitigung solcher auf beschränktem Unter-

suchungsgebiete erwachsener Hypothesen beitragen würde. In der That hat dieselbe unter Anderem zur Erkenntniss geführt, dass eine auf dem Boden der grossen nordalpinen Längthäler erwachsene, von uns Dreien getheilte Ansicht nicht den allgemeinen Verhältnissen entspricht. Es handelt sich hier um die Frage nach der Entstehung der ostalpinen Glacialschotter. Wo auch am Fusse der Alpen die Ablagerungen der alten Gletscher näher studirt wurden, da zeigte sich fast regelmässig folgender Aufbau: Oben sah man Moränen und darunter von Flüssen abgelagerte Schotter, welche von den Franzosen alte Anschwemmungen, Alluvions anciennes, genannt wurden. So ist dies in der Gegend von Genf der Fall, so unweit Lyon, so auf der bayrischen Hochebene, so in den Gefilden am Südfusse der Alpen. Diese Thatsache liess sich in einfachster Weise erklären. Als während der Eiszeit die Gletscher aus den Alpen herausgetreten waren, da lagerten die ihnen entströmenden Flüsse ungeheure Geröllmassen, die alten Anschwemmungen ab. Gelegentlich schob sich dann noch der Gletscher etwas vorwärts und deckte mit seinen Moränen die alten Anschwemmungen zu, so dass man nun beide Gebilde vereint findet, das erstere über dem letzteren lagernd.

Gelegentlich meiner vor zehn Jahren in Oberbayern und Nordtirol durchgeführten Untersuchungen fand ich auf der Hochebene alles das bestätigt, was man bereits anderwärts am Fusse des Gebirges beobachtet hatte. Ich fand hier allenthalben Moränen über alten Anschwemmungen. In das Gebirge eindringend, lernte ich aber dort in den Hauptthälern dasselbe Lagerungsverhältniss kennen. Es stellte sich namentlich heraus, dass das Mittelgebirge des Innthales — jene charakteristische Terrasse, welche sich östlich

von Innsbruck in der Thalscenerie so entschieden geltend macht — aus Schottern aufgebaut ist, die von Moränen bedeckt sind. Also nicht nur vor, sondern auch in den Ostalpen Moränen über alten Anschwemmungen. Dies Factum führte zu der Annahme, dass nicht bloß während der grössten Eisentfaltung vor dem Gletscher Flussanschwemmungen abgelagert wurden, wie bislang behauptet, sondern dass dies auch vor Allem beim Herannahen der Vereisung geschah. Es ging der Vergletscherung eine Schotteranhäufung gleichsam voraus, so dass innerhalb des Gebirges und vor dessen Fuss überall unter den Moränen Gerölle angetroffen werden, die ich daher als „untere Glacialschotter“ bezeichnete. Diese Auffassung der alten Anschwemmungen führte zu einer Reihe sehr wichtiger Folgerungen. Wenn die Schotterablagerung allenthalben der Vergletscherung vorausging, so verbreitete sich die letztere über ein von Flüssen eingeebnetes Land. Es hinterliess aber die Vergletscherung eine ganz andere sehr wellige Landoberfläche, die Alpenseen bezeichnen die alten Gletscherbetten. Vor Eintritt der Vereisung musste daher die Landschaft eine ganz andere Gestaltung besessen haben als nach deren Ende, und so ergaben sich sehr bedeutsame Schlüsse auf die bodengestaltende Wirksamkeit der Gletscher und namentlich mussten die Alpenseen als deren Werk bezeichnet werden. Wenn ferner eine allgemeine Schotterablagerung der Vergletscherung vorausging, so erhielten die einzelnen Moränenbänke unter diesen „unteren Glacialschottern“ eine ganz besondere Wichtigkeit. Sie zeigten eine Vergletscherung an, welche der letzten vorausgegangen ist, und welche sich vor Eintritt derselben mindestens so weit zurückgezogen haben musste, als die Glacialschotter sich in das Gebirge herein

erstrecken. Man sieht nun unterhalb Salzburg, bei Tölz, bei Innsbruck und an anderen Orten unter den Glacialschottern Moränen und verfolgt letztere bis in die Nähe des Brenners; daraus liess sich schliessen, dass vor der letzten Vergletscherung eine frühere stattgefunden hat, welche bis aus den Alpen herausreichte und welche sich mindestens bis zum Brenner zurückgezogen hatte, bevor die jüngste grosse Vergletscherung begann.

So liessen sich denn die verschiedensten Folgerungen aus der Anschauung herleiten, dass allgemein der Vereisung eine Schotterbildung vorausging. Wenn aber dies richtig war, so musste sich in allen Alpenthälern Aehnliches finden wie im Innthale, man musste überall ein von Schottern aufgebautes, von Moränen bedecktes Mittelgebirge antreffen. Aber dies ist nicht der Fall. Mir selbst fiel dies zuerst auf, als ich mit Freund Brückner 1884 das Oetzthal, Zillertal, ferner das Etschthal zwischen Meran und Bozen durchwanderte. In den beiden erstgenannten Thälern fehlt das Mittelgebirge ganz, im Etschthale aber zeigt es einen ganz andern Aufbau als im Innthale, es besteht nicht aus Schottern und Moränen, sondern aus einer Felsterrasse. Mittlerweile begann Freund Böhm seine Untersuchung des Ennsthales. Auch hier fehlen die dem Mittelgebirge des Innthales entsprechenden Schotterterrassen, so weit man sich im Längthale befindet, und Böhm gelangte zur Ueberzeugung, dass sie hier durch die Vergletscherung gänzlich ausgeputzt seien. 1885 studirte sodann Brückner die Eiszeitbildungen des Salzachthales. Auch er fand hier eine andere Schotterentwicklung als im Innthale. Im oberen Pinzgau entdeckte er überhaupt keine Schotterterrassen, dagegen wies er solche im Mitter-Pinzgau zwischen Bruck und St. Johann im

Pongau nach, jedoch unter sehr merkwürdigen Lagerungsverhältnissen. Bald liegen hier die Schotter sehr hoch, bald sehr niedrig. Es wollte nicht recht gelingen, ihren einstmaligen Zusammenhang zu erkennen, und Brückner vermochte ihr Auftreten nur unter der Vermuthung zu erklären, dass noch nach ihrer Ablagerung Hebungen im Gebirge stattgefunden hätten. Im selben Jahre hatte ich das Vergnügen, mit A. Heim die Glacialgebiete in Oberbayern und bei Zürich zu durchwandern; Heim versicherte mir auf das Bestimmteste, dass in keinem Schweizer Alpenhale solche Schotterterrassen vorhanden seien wie im Innthale, und ich selbst vergewisserte mich davon im Linththale. 1887 nun begannen unsere durch die Aufgabe der S. Breslau angeregten Untersuchungen, mir fiel es zu, Drau- und Etschthal zu studiren. In beiden langen Thälern fand ich nur ganz ausnahmsweise Bildungen, die an das Mittelgebirge des Innthales erinnerten, und schon Ende 1888 war ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass eine solch allgemeine Schotterablagerung vor Eintritt der Vergletscherung, wie ich sie früher gemuthmasst hatte, nicht stattgefunden hat, und dass das Innthaler Mittelgebirge jedenfalls eine vereinzelte Bildung darstelle. Fortgesetzte Studien im Draugebiete führten nun 1889 allmählig zur Lösung des Problems. Es zeigte sich, dass die Schotterablagerungen hier keineswegs überall fehlen, sondern vielfach in Nebenthälern anzutreffen sind, während man sie im Hauptthale vergeblich sucht, dass hingegen dann, wenn sie in dem Letzteren ausnahmsweise auftreten, sie in den Nebenthälern fehlen. Am 21. September 1889 hielten wir, meine beiden Freunde und ich, unsere letzte gemeinsame Besprechung über die Ergebnisse unserer Untersuchung ab. Wir hatten allmählig einen Ueberblick über das Glacialphänomen in den ganzen Ost-

alpen, einer Fläche von 100.000 Quadratkilometer, gewonnen, meine Freunde konnten mir auch von ihren Unternehmungsgebieten bestätigen, dass die Glacialschotter in den Alpenthälern nur ausnahmsweise anzutreffen sind, und ein schnell entworfenes Kärtchen über die Verbreitung dieser Schotter zeigte sofort, dass deren Entwicklung an die oben erwähnte, im Draugebiete festgestellte Regel geknüpft ist. Diese geographische Regel aber führte sofort zu einer neuen Auffassung der Entstehung der fraglichen Gebilde.

Das Anwachsen der eiszeitlichen Gletscher geschah gewiss in jedem Thale in einer der Gestaltung des Thales entsprechenden Weise, und nichts spricht dafür, dass dort, wo zwei Thäler zusammenstreffen, auch gleichzeitig bei ihrem Anwachsen die eiszeitlichen Gletscher zusammenstießen. Vielmehr wird wohl in den bei Weitem meisten Fällen der Gletscher des einen Thales eher die Thalvereinigung erreicht haben als der des anderen, und er wird sich als ein Eisdamm quer vor das letztere Thal gelegt haben. Sperrt aber ein Gletscher ein Thal ab, so staut er hinter sich einen Eissee auf, wie dies der Aletschgletscher, der Gurglerferner und der Vernagtferner bei seinen Ausbrüchen thut, oder wenigstens erschwert er den Abfluss des abgesperrten Thales, so dass sich in demselben mächtige Schottermassen ablagern. Man darf daher erwarten, dass beim Anwachsen der eiszeitlichen Gletscher es namentlich oberhalb von Thalvereinigungen vielfach zu Eisseebildungen und Schotterablagerungen kam, welche beiden bei Fortwachsen der Vergletscherungen von Moränen bedeckt wurden. Nun ist es denkbar, dass die Gletscher der Nebenthäler eher das Hauptthal erreichen, als dieses von seinem Gletscher vereist wird, dann werden oberhalb der Mündung der Ne-

benthäler Eisseebildungen oder Schotterablagerungen im Hauptthale entstehen, umgekehrt aber auch kann ein anwachsender Hauptthalgletscher die Nebenthäler absperren, dann kommt es in den letzteren zu Bildern der fraglichen Ablagerungen.

So waren wir denn gerade am Schlusse der uns zu unserer Arbeit zu Gebote stehenden Aufnahmezeit zu einer wesentlich neuen Auffassung der Glacial-schotter in den Alpen gelangt und es fehlte an Zeit, dieses Ergebniss auf seine Richtigkeit im einzelnen Falle zu prüfen. Diese Aufgabe konnte erst im verflossenen Sommer (1890) in Angriff genommen werden. Es wurden die wenigen Schotterbildungen des Etschgebietes besucht, nämlich die Terrasse von Ueberetsch und der Gegend nördlich von Brixen; es zeigte sich, dass diese Ablagerungen ungezwungen durch die neue Anschauung erklärt werden könnten. Es wurden einschlägige Studien im Rheingebiete vorgenommen, und es stellte sich heraus, dass die Schotterablagerungen des Prättigau und Bregenzerwaldes nichts Anderes seien als Bildungen, entstanden in einer Zeit, als der Ausgang der betreffenden Thäler vom Rheingletscher versperrt war. Endlich aber wurde die Innthalterrasse, an welcher ich vor zehn Jahren meine Arbeiten begonnen hatte, neuerlich untersucht. Von der Grenze des oberen und unteren Engadin bis zum Thalausgange von Kufstein wurde das Innthal begangen und dabei zeigte sich, dass die grosse imposante Innterrasse von Innsbruck nur eine sehr beschränkte Verbreitung besitzt. Sie beginnt im Innthale bei Mötz, unterhalb der Mündung des Oetzthales, und endet bei Jenbach, oberhalb der Mündung des Zillerthales. Oberhalb dieser 60 Kilometer langen Strecke hat man lediglich in dem Thalzuge, welcher von Imst über Nassereith gegen Telfs nördlich vom Tschirgant vorbeiführt, untergeordnete

Terrassenbildungen; unterhalb der Mündung des Zillerthales beschränken sich die Terrassen auf die Nebenthäler und fehlen dem Hauptthale vollkommen. Zwischen Oetz- und Zillerthal aber hat die Innthalterrasse so gut wie kein Gefälle. Südlich der Miemingerkette erhebt sie sich auf der Hochfläche von Miemingen auf 870 Meter; im Gnadenwalde steigt sie allerdings nur auf 820 Meter Höhe an, so dass sie ein Gefälle von 50 Meter zu besitzen scheint; dagegen fällt der Fluss auf gleicher Strecke um den doppelten Betrag herab. Aber weiter unterhalb erhebt sich bei Schwaz und Jenbach die Terrasse mit einem Male auf 930 Meter, steigt also in der Richtung des Thales um 110 Meter an. Das sind Gefällsverhältnisse, wie sie keine normale Schotterterrasse aufweisen kann. Nun liesse sich allerdings einwenden, dass das Gefälle der Terrasse durch den Innthalgletscher, der sich über sie breitete, verändert worden sei. Aber ihr innerer Aufbau lässt sie unmöglich zu einem einheitlichen Gebilde reconstruiren, Alles weist vielmehr darauf hin, dass die Terrasse von vornherein in unregelmässiger Weise abgelagert worden ist. Ihre Structur ist eine weit verwickeltere, als ich ursprünglich auf Grund einiger Stellen im Gnadenwalde angenommen hatte. Am Aufbaue der Terrasse betheiligen sich zunächst Schuttkegel der Nebenthäler, welche in das Hauptthal gebaut worden sind. Derartige Schuttkegel sind bei Telfs, Hötting bei Innsbruck, am Ausgange des Vomperloches und bei Jenbach nachgewiesen. Ueber diese localen Schuttkegel breitet sich nun erst das eigentliche Inngeröll, welches nicht mehr als 100 bis 150 Meter über die Thalsohle ansteigt. Im Westen, bei Mötz und Völs zeigt dasselbe Deltastructur, weiter gegen Osten geht es in sandige und schlammige Ablagerungen über, die namentlich in der Gegend

von Innsbruck grosse Entwicklung aufweisen, so dass man den Eindruck eines alten Sees im Innthale erhält. Ueber diese Schotterbildungen nun, vielfach dieselben schräge abschneidend, breiten sich Moränen in sehr stattlicher Mächtigkeit. Diese Moränen sind ihrerseits wieder mit Schotterlagen vergesellschaftet, wie z. B. auf der Mieminger Hochfläche, oder gehen in Schotter über, wie z. B. am Achensee, und auch sie stehen mit Schlammlagern in Verbindung; nicht selten beobachtet man eine mehrfache Wechsellagerung zwischen Moränen, Sand und Geröll, was genau ebenso wie im Alpenvorlande natürlich nicht auf mehrere Vergletscherungen schliessen lässt, sondern nur auf ein unregelmässiges Abwechseln von Fluss- und Eisthätigkeit deutet. Genau eben derselbe Aufbau wiederholt sich in der Moränenlandschaft am Fusse des Gebirges, z. B. in Wasserburg am Inn. Namentlich diesen Moränenbildungen ist es zuzuschreiben, wenn die Terrasse gelegentlich besonders grosse Höhen aufweist.

Was nun aber die Entstehung des Mittelgebirges anbelangt, so ist sehr wesentlich der Umstand, dass sich dasselbe auf den Raum zwischen Oetz- und Zillerthal beschränkt. Als die Gletscher der Alpen zum letzten Male zu einer gewaltigen Vereisung anzuwachsen begannen, da dürften die Gletscher des Oetz- und Zillerthales etwa gleichzeitig das grosse Innthal erreicht haben, während viel später erst aus dem niedriger umrandeten Sillthale sich ein Gletscher in das Innthal ergoss. Der Zillerthalgletscher legte sich wie ein Damm vor eine 60 Kilometer lange eisfreie Strecke des Innthales unterhalb der Oetzthalmündung. Es wurde der Inn aufgestaut, er lagerte seinen Schotter und trübe Schlammmassen über den bereits in das Thal gebauten Schuttkegeln ab, dann wuchs die Vergletscherung weiter, es wurde

das ganze Thal vereist und nunmehr wurden Moränen über die Schotter- und Schlammmassen gebreitet. Endlich ging die Vergletscherung zurück und in einer bestimmten Phase wird der Zillerthalgletscher noch sich in das Innthal erstreckt haben, als dessen Gletscher bis vielleicht oberhalb Innsbruck zurückgegangen war, so dass abermals Eisseebildungen entstanden.

Aufbau und Auftreten der grossen Innthalterrasse lassen sich unschwer aus dem Umstande erklären, dass das Innthal zu jenen grossen Längsthälern gehört, welche von den Gletschern der Querthäler eher erreicht wurden als von ihren Gletschern selbst. So ist die Innthalterrasse also unter ganz demselben Gesichtspunkte zu betrachten, wie die isolirten Schotterablagerungen in den übrigen Thälern der Ostalpen. Sie ist ein Gebilde localer Art. Diese Erkenntniss, welche sich nun als Endergebniss unserer Studien über die ganzen Ostalpen herausstellt, ist mittlerweile völlig unabhängig von uns auch durch das Studium der Terrasse selbst gewonnen worden. Anfang October gelegentlich meines letzten Besuches in Innsbruck freute es mich, zu vernehmen, dass J. Blaas durch seine fortgesetzten Untersuchungen über die Innthalterrasse zu gleicher Anschauung über deren Entstehung gelangt ist, wie wir.

Auch die neben dem Innthale gelegenen Terrassen-vorkommnisse lassen sich ungekünstelt als örtliche glaciale Rückstaubildungen erklären. Dies gilt von den Bildungen im Thalzuge Imst—Nassereith—Telfs. Dies ist offenbar ein ausser Gebrauch gesetztes Stück Innthal, welches durch die Eismassen des Pitz- und Oetzthales abgesperrt werden konnte. Entsprechend verhält es sich mit den Terrassen in den Seitenthälern unterhalb Jenbach. Diese Thäler kommen aus niedrigem Gebirge, sie hatten offenbar noch

keine Gletscher, als das Innthal schon seinen mächtigen Eisstrom barg, und wurden durch denselben abgesperrt. Namentlich im Brixenthal oberhalb Hopfgarten lässt sich dies gut erweisen. An der bekannten grossen Eisenbahnschleife oberhalb Hopfgarten sieht man unten Schotter, eine Staubbildung bei Eintritt der Vergletscherung, darüber das Werk der letzteren, Moränen, welche wiederum von Schottern überlagert werden, die als Staubbildung beim Schwinden der Vergletscherung entstanden, als das Innthal noch vom Eise erfüllt war, während der vom Salzachgletscher aus gespeiste Brixenthaler Gletscher schon zurückgegangen war.

Zu den bereits erzielten und in unserer Arbeit niedergelegten Ergebnissen unserer auf Anregung der S. Breslau ausgeführten Untersuchungen in den Ostalpen gesellt sich nunmehr noch ein weiteres. Es ist in den Ostalpen der letzten Vergletscherung innerhalb des Gebirges keine zusammenhängende Schotterbildung, sowie ich vor zehn Jahren muthmasste, vorausgegangen, sondern nur local, bedingt durch besondere orographische Umstände, sind da und dort vor Eintritt der Vereisung Geröll-, Sand- und Schlammmassen abgelagert worden. Allein mit der Annahme einer zusammenhängenden, der Vergletscherung vorausgehenden Schotterformation fallen nicht zugleich alle daraus gezogenen Schlüsse. Wird zwar der Lehre von der bodengestaltenden Wirksamkeit der Gletscher, wird ferner jener von der Wiederholung der Eiszeiten eine Stütze entzogen, so haben sich doch für beide Lehren gerade durch unsere Untersuchungen zahlreiche neue Beweise gefunden, und beide können heute schärfer und richtiger begründet werden als früher. Zugleich aber eröffnet sich ein für das Wesen der Eiszeit wichtiger neuer Ausblick. Nicht während des Herannahens

der Vergletscherung, sondern während derselben selbst wurden die ungeheuren Schottermassen abgelagert, welche die Poebene aufbauen und sich vor den Moränen des deutschen Alpenvorlandes erstrecken. Man gewinnt daraus die Vorstellung, als ob die Eiszeit als solche von ziemlich langer Dauer gewesen wäre und verhältnissmässig plötzlich kam und ging, während man unter Annahme einer der Vergletscherung voranschreitenden Schotteranhäufung sich das Maximum der Vereisung nur als einen Moment vorstellen musste, in welchem das langsame Anwachsen der Gletscher aufhörte. So bezeichnet denn die neue Auffassung der Glacialschotter in den Ostalpen, zu welcher unsere auf Grund der von der Section Breslau gestellten Aufgabe ausgeführten Untersuchungen leiten, nicht blos die Beseitigung einer irrthümlichen Ansicht, sondern auch einen Fortschritt in der Erkenntniss des schwierigen Problems der Dauer der Eiszeit. Den Impuls hierzu gegeben zu haben, wird man als schönes Verdienst der S. Breslau preisen; ich selbst aber fühle mich derselben lebhaft zu Dank dafür verpflichtet, dass sie mir Veranlassung bot, einen früher von mir selbst begangenen Fehlschluss zu beseitigen.

ANHANG.

Uebersicht der Hauptergebnisse

der von

A. Penck, E. Brückner und A. Böhm

bearbeiteten Preisaufgabe:

„Die Vergletscherung der Ostalpen“.

1. Es wird die Grenze der alten Gletscher im nördlichen Alpenvorlande östlich der Mattig, ferner im Mur-, Drau- und Savethale zum ersten Male beschrieben. Sehr wesentlich berichtigt werden die bisherigen Angaben über die Enden des Enns-, Isonzo-, Piave- und Brentagletschers, sodass sich nunmehr zum ersten Male die gesammte eiszeitliche Gletscherentwicklung in den Ostalpen überblicken lässt. Dieselbe war im Norden intensiver als im Süden. Dies offenbart sich einerseits in dem Umstande, dass man im Norden ein zusammenhängendes Inlandeis zwischen Bodensee und Attersee hatte, während sich im Süden nur einzelne Gletscherzungen in das Vorland schoben, andererseits geht dies aus der Erfahrung hervor, dass die nordalpinen Eismassen sich über Reschenseideck, das Pfitscherjöchl, den Katschberg, die Turracherhöhe, den Fladnitzsattel, die Pässe südlich von Murau und den Neumarkter Sattel in das Bereich der südlichen Thalfucht ergossen. Ferner war die Gletscherentwicklung im Westen intensiver als Osten, wo es östlich von 32° 30' ö. L. v. F.

in den Alpenthälern zu keiner zusammenhängenden Vergletscherung mehr kam, sodass das östliche Alpenvorland nirgends vom Eise betreten wurde.

2. Allenthalben im Norden, Osten und Süden lassen sich äussere lösslehmbedeckte Moränen von morphologisch hervortretenden Endmoränen sondern. Sowohl durch gelegentliche Ueberlagerung, als auch durch ihr verschiedenes Verhältniss zu den Niederterrassenschottern lässt sich allenthalben nachweisen, dass die äusseren Moränen einer älteren Formation angehören als die jüngeren Moränen. Ueberdies findet sich im Norden nur durch Schotter, im Süden auch durch Moränen eine dritte Glacialformation angedeutet, welche älter ist als die der äusseren Moränen. Die Lössbildungen finden sich im südlichen wie im nördlichen Alpenvorlande lediglich über den äusseren und in den gesammten Ostalpen nirgends über den inneren Moränen.

3. Auch innerhalb des Gebirges lassen sich verschiedene Glacialformationen trennen. Zu den bereits früher bekannten Profilen, von denen das von Hötting neuerlich untersucht wurde, gesellen die vorstehenden Darlegungen solche bei Bürs im Illthale, solche bei Bruggen und Villach im Drauthale, bei Ampezzo im Tagliamentothale, bei Cadola im Piavethale.

4. Diese Verhältnisse lassen sich am besten durch die von Penck geäusserte Ansicht, dass mindestens drei Vergletscherungen, von denen die vorletzte an Umfang die grösste gewesen ist, erklären. Ist es gestattet, aus der Mächtigkeit von Verwitterungsproducten auf die Dauer der Verwitterung zu schliessen, so bekunden die zwischen dem Decken- und Hochterrassenschotter und zwischen diesem und dem Niederterrassenschotter südlich von München, ferner die zwischen den ältesten und den älteren (äusseren) und zwischen letzteren und den jüngeren (inneren) Moränen im Chiesethale auftretenden mächtigen Verwitterungslehme im Vergleiche zur dünnen Verwitterungslehmschicht auf den Schottern und

Moränen der jüngsten Vergletscherung, dass eine viel längere Zeit zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Vergletscherungen verging, als nach der letzten Vereisung bis zur Gegenwart verstrich.

5. Alle Vergletscherungen sind jünger als die jungtertiären Schichten des nördlichen Alpenvorlandes, namentlich als die Schichten mit *Hipparion gracile*, und im südlichen Alpenvorland ergibt sich keinerlei Anhaltspunkt dafür, dass sich je Gletscher in ein pliocänes Meer schoben. Fossilien in dem ältesten der drei Schotter des Alpenvorlandes erweisen dessen und somit auch aller Vergletscherungen diluviales Alter auf das Bestimmteste.

6. Das Niveau der Gletscheroberfläche sank während der Eiszeit im Allgemeinen von der Achse des Gebirges nach dessen Rändern, und die allgemeine Regel ist, dass die Gletscher der Centralalpen über die unter ihrem Niveau gelegenen Pässe der Kalkalpen eindringen. Eine Ausnahme erleidet diese Regel dort, wo die in den Kalkalpen sich entwickelnden Gletscher so mächtig waren, dass sie den centralalpinen Gletschern den Eintritt zu wehren vermochten, wie z. B. in den Berchtesgadener Alpen, im Gebiete der österreichischen Traun und im Bereiche der Südtiroler Dolomiten. Dort, wo die Kalkalpen sich im Vergleiche zu den Centralalpen besonders mächtig erheben, wie z. B. die Julischen Alpen, erleidet die Regel eine völlige Umkehrung, und hier entsandten die Kalkalpen ihre Gletscher in die Centralalpen, im gegebenen Falle in das Klagenfurter Becken, wo die Eisoberfläche mindestens 300 Meter tiefer lag als am Rande der julischen Alpen.

7. Die Schneegrenze lag während der letzten Glacialformation durchschnittlich mehr als 1000 Meter tiefer als heute, und zwar ebenso wie heute am Saume des Gebirges, wo sie durchschnittlich 1300 Meter hoch lag, tiefer als in dessen Mitte, wo sie 1500—1700 Meter hoch lag.

Ein Gebiet abnorm niedriger Lage der eiszeitlichen Schneegrenze stellen die nordöstlichen Salzburger Kalkalpen dar, wie aus folgender Aufzählung erhellt:

Höhe der Schneegrenze während der letzten Vergletscherung: Altbayerische Alpen ca. 1300 Meter, Niederösterreichische-Salzburger Alpen ca. 900 Meter, Oesterreichische Kalkalpen ca. 1300 Meter, Norische Alpen 1500—1700 Meter, Fischbacher Alpen 1300 Meter, Karawanken 1500—1700 Meter, Venetianer Alpen ca. 1300 Meter. — Die Sohle der Kare stimmt nur am Saume der Alpen annähernd mit der glacialen Schneegrenze überein.

8. Die Gebiete der alten Gletscher besitzen einen durchaus regelmässigen Aufbau. In deren Betten abwärts wandernd, erreicht man nahe deren Ende: a) eine Depression, die Centraldepression genannt wurde, und welche umspannt ist von einem b) Moränenwalle, vor welchen sich legt c) eine nach aussen sich abdachende Schotterfläche.

Der Boden der Centraldepression sinkt in der Regel unter das Niveau des Sockels von Moränenwall und Schotterfläche herab; er ist eingenommen von einer postglacialen Schotterfläche oder einem Moore oder meistens von einem See, und nach ihm richtet sich, in manchen Fällen geradezu dem Gebirge entgegenfliessend, der Lauf zahlreicher Gewässer. Die Lage der Centraldepression ist lediglich durch die Lage des Gletscherendes bestimmt und wird in keiner Weise vom Gebirgsbau direct beeinflusst. Manche Centraldepressionen liegen ganz im Gebirgsvorlande (Isargletscher), andere theilweise (Gardasee), die dritten nahe dem Rande des Gebirges (Attersee, Traunsee), die vierten mitten in den Alpen (Draugletscher). Sowohl an der Aussenzone als auch an der Innenzone, sowie auch an dem seitlichen Abbruche des Faltingsgebirges treten diese häufig seeerfüllten Depressionen auf. Es liegt daher nicht der mindeste Grund vor, diese Depressionen nebst ihren Seen direct auf tektonische Ursachen zurückzuführen. Nur bei wenigen Gletschern (Save und Piave) ist die Entwicklung der Centraldepression verkümmert.

Der die Centraldepressionen theilweise umrandende Moränenwall wirkt gewöhnlich als Wasserscheide und sondert „centripetale“ und „centrifugale“ Gerinne. Nicht selten hin-

dert er Flüsse, der Centraldepression direct zuzufliessen und zwingt dieselben, letztere zu umgehen, wie z. B. die Aurach am Traunsee, die Gurk am Klagenfurter Becken, den Rothweinbach am Veldessee, den Chiese und Tasso am Gardasee. In den also gleichsam abgedämmten Flussthalern werden gewöhnlich sehr mächtige Schotterablagerungen angetroffen.

Die Schotterfläche ist gewöhnlich wasserarm, meist ohne permanente Rinnsale wegen der Porosität ihres Materiales. Schotter und Moränen gehen an ihrer Grenze durch Wechselagerung in einander über, und in manchen Fällen (Save- und Draugletscher) setzt sich dabei der Moränenwall nicht deutlich von der Schotterfläche ab.

9. Die eben erwähnte Regelmässigkeit im Aufbau der Gletschergebiete wird dadurch etwas beeinflusst, dass sich in der Regel mehrere Vergletscherungen an der Herstellung derselben betheiligten. Es lassen sich zwei hierdurch bewirkte Modificationen im Aufbau unterscheiden:

a) Der nordalpine Typus. Die Moränenwälle und Schotterflächen der einzelnen Vergletscherungen sind ineinander geschachtelt und treten nebeneinander auf.

b) Der südalpine Typus. Moränen und Schotterflächen der einzelnen Vergletscherungen lagern übereinander und die jüngeren Ablagerungen verhüllen die älteren fast vollständig.

In beiden Fällen trifft man im Bereiche der Centraldepressionen Schotter mit Deltastructur, die als Ausfüllung jener Depressionen zu betrachten sind und denen dementsprechend ein inter- oder postglaciales Alter zuzuweisen ist.

10. Die Eigenthümlichkeiten im Aufbau der Gletschergebilde lassen sich einzig und allein durch die Annahme erklären, dass die Gletscher in ihren Betten bis zum Bereiche der centralen Depressionen erodirten, und dass sie weiter unterhalb Moränen und ihre Wasser die Schotterflächen accumulirten.

11. Oberhalb der Centraldepressionen finden sich in den Hauptthälern keine Endmoränen und erst nahe den Thalwurzeln begegnet man von Neuem Moränenwällen.

Hieraus ist zu schliessen, dass der Rückzug der letzten grossen Vergletscherung ein ziemlich rascher gewesen ist, mindestens bis zu einem Stadium sehr unbedeutender Gletscher- ausdehnung, welches als das der „postglacialen“ bezeichnet wurde, und während dessen die Schneegrenze mindestens 300 Meter höher lag, als während der letzten Vergletsche- rung.

12. Oberhalb der Centraldepressionen treten Glacial- schotter immer nur örtlich im Connex mit Moränen auf, und zwar unter Lagerungsverhältnissen, welche eine allgemein ver- breitete Schotterablagerung vor Eintritt der Vergletscherung im Gletschergebiete nicht wahrscheinlich machen.

Muthmaasslich ist der grösste Theil der hierhergehörigen Ablagerungen ähnlich entstanden, wie die unter 8 erwäh- ten, in den durch Moränen abgedämmten Thälern lagernden Schotter.

13. Die glacialen und interglacialen Bildungen der Ost- alpen sind bislang vielfach als tertiäre aufgefasst worden und ein grosser Theil des ostalpinen Neogens, nämlich alles inner- alpine, das in das Bereich der Nordabdachung oberhalb Wien fällt, ein namhafter Theil des Mürz- und Murthaler Neogens, alles angebliche Neogen im Drauthalgebiet oberhalb Villach, ein Theil des Neogens im Savethale, theilweise Taramelli's Alluvione sarmatica im Tagliamentogebiete etc. gehören zum Diluvium. Das Villafranchiano des Gardasees gehört grössten- theils zum Diluvium, theilweise zum Miocän. Neogene Schichten dringen nirgends in die Thäler der Nordabdachung, wohl aber in die der Ost- und Südabdachung der Alpen in be- scheidenem Maasse ein.

14. Andererseits erweist sich das sogenannte erratische Diluvium von Pitten in Niederösterreich als eine umgelagerte tertiäre Bildung und mehrfach sind Bergsturztrümmer für Moränen angesehen worden (Etschgebiet, Piavegebiet).

15. Die postglacialen Bildungen sind in den Thälern der Südalpen weit beträchtlicher als in denen der Nordalpen. Postglaciale Alluvionen dämmen in den Südalpen mehrfach

Seen ab, wie z. B. den Kalterersee bei Bozen. Nennenswerthe Seen (Cavedine, Toblino) sind hier Reste von Seen, die von Bergstürzen aufgestaut wurden. Hand in Hand geht hiermit eine viel grössere Zerstörung der Glacialbildungen als in den Nordostalpen.

16. Weder von Baron von Czoernig, noch von Gumprecht ist die Natisonefrage richtig behandelt worden.

17. Die Niveauverhältnisse der Schotterterrassen erweisen, dass Alpen und Alpenvorland seit der Glacialperiode keine beträchtlichen Dislocationen erlitten haben können, lediglich im Bereiche der schwäbischen Diluvialplatte finden sich Andeutungen glacialer Krustenbewegung. Inwieferne die besonders niedrige Lage der Gletscheroberfläche im Sterzingerthale und die auffallend geringe Höhe der glacialen Schneegrenze in den Salzburger Kalkalpen etwa durch Senkungserscheinungen erklärt werden können, haben spätere Untersuchungen zu entscheiden.

