

Die alten Gletscher der Enns und Steyr.

Von Dr. **August Böhm.**

Mit zwei Tafeln (Nr. VIII–IX).

Vorbemerkungen.

Die nachfolgenden Blätter behandeln die Ergebnisse von Untersuchungen, welche in den Sommermonaten der beiden letztverflossenen Jahre über die eiszeitliche Gletscherentfaltung in den Thalgebieten der Enns und Steyr gepflogen wurden.

Die zurückgebliebenen Reste, welche eine Reconstruction jener einstmaligen Verhältnisse ermöglichen, sind in nur geringer Zahl vorhanden und dabei über ein sehr weites Feld zerstreut, so dass ihre Verfolgung einer ungetheilten Aufmerksamkeit bedarf und die Thätigkeit des Forschers vollauf in Anspruch nimmt. Wer sich in welchem Gebiete immer mit glacialgeologischen Fragen eingehend beschäftigt, der findet nicht die Zeit, in gleicher Weise auch den tektonischen und stratigraphischen Aufbau des Gebirges zu studiren, und andererseits wird der geologische Topograph einer Gegend zwar hin und wieder Anzeichen einer einstigen Gletscherwirkung erkennen, aber aus solchen zufällig getroffenen localen Stichproben keinen umfassenden Ueberblick des Phänomens in seinen weiten Zügen und in seinen Beziehungen zu anderweitigen Entwicklungsvorgängen zu gewinnen im Stande sein.

Das Diluvium war bis vor Kurzem das Stiefkind unter den geologischen Formationen, Niemand wollte mit seinen Gebilden sich befassen, Niemand kam gerne mit ihm in nähere Berührung, und der Aufnahmegeologe behandelte es zumeist mit stillschweigender Verachtung, und schätzte es für etwas, das gar nicht viel besser sei als Gehängschutt, Sand, Schlamm und ähnliche unangenehme Dinge, welche die aller schönsten Aufschlüsse verdecken. In früheren Tagen, als die Alpengeologie noch nicht auf jener hohen Stufe stand, wie heute, zur Zeit der unbestrittenen Hegemonie des Alpenkalkes in dem Verbande der mesozoischen Formationen, da lag die Sache etwas anders, da konnte man eher Musse finden, die Ablagerungen und Vorgänge der

jüngsten Perioden zu beachten. Als jedoch der Verfall jenes stratigraphischen Monstrums begann, und es galt, in das bisherige Chaos der alpinen Sedimente Klarheit und Ordnung zu bringen, da wandte sich der Wetteifer einer ganzen Schaar ausgezeichneten Männer der Lösung dieser schwierigen aber schönen Aufgabe zu, welche jedem Einzelnen überreichlichen Stoff zur Beobachtung und eine wahre Fülle der verschiedenartigsten Anregungen darbot. Dank der seltenen Tüchtigkeit der Forscher und dem unablässigen Fleisse, mit welchem die Erreichung jenes Ziels angestrebt wurde, hat man sich demselben nunmehr schon so sehr genähert und so bedeutende Erfolge in der einen Richtung erzielt, dass heute eine Vernachlässigung der jüngeren Gebilde mit einem relativen Rückschritt in deren Erkenntniss verbunden wäre, welcher nicht nur keineswegs durch zwingende Nothwendigkeit veranlasst wird, sondern den zu verhüten das Wünschenswerthe eines möglichst allgemeinen Vorwärtsschreitens der Wissenschaft geradezu erfordert.

Es wird deswegen gegenwärtig nicht mehr als ein undankbares oder gar unnützes Beginnen bezeichnet werden können, wenn man mitunter auch die Ereignisse und Ueberreste der Quartärperiode eines Streifblickes würdigt, und, da sich dies mit der Behandlung geologischer Fragen anderer Natur nicht gut vereinen lässt, einmal auch auf dieselben das Hauptaugenmerk wirft, und sie nachher in einer selbstständigen Publication behandelt. Es wächst denn auch von Jahr zu Jahr das Interesse, welches den Vorgängen der jüngsten geologischen Vergangenheit unseres Erdballs entgegen gebracht wird, und gleichzeitig mehrt sich auch die Zahl Derjenigen, welche sich mit einschlägigen Untersuchungen befassen. Die Resultate dieser Bemühungen liegen in einer Reihe monographischer Abhandlungen und Schriften vor, und die katastrophenartigen Diluvialfluthen der älteren Schule sind bereits ebenso der Vergessenheit anheimgefallen, wie der „Alpenkalk“, dessen Schicksal sie mit vollstem Rechte theilen.

Für die Anregung speciell zu der folgenden Arbeit bin ich meinem Freunde Dr. Albrecht Penck in München verbunden, dessen schönes Werk über die Vergletscherung der Deutschen Alpen zuerst den Wunsch in mir erregte, eine Fortsetzung dieser Studien auch für die noch fehlenden Theile unserer heimischen Nordalpen in Durchführung zu nehmen. Alsbald jedoch fand ich mich veranlasst, meinen Plan enger zu begrenzen und das Arbeitsfeld räumlich auf die Thäler der Enns und Steyr zu beschränken. Im Salzkammergute werden ja, wie bekannt, schon seit Langem von einem so altbewährten Glacialisten, wie Professor Simony, die eingehendsten Detailuntersuchungen gepflogen, und auch der Salzachgletscher ist, wie ich in Erfahrung brachte, bereits früher mit Beschlag belegt worden. Ausserdem aber hätten mich auch innere Gründe zu dieser Einschränkung gezwungen, denn ich hatte von vorneherein nicht die Ahnung, dass die Glacialforschung in den Alpen je weiter nach Osten einen um so viel grösseren Zeitaufwand in Anspruch nehme, als dies thatsächlich der Fall.

Indem ich hiermit an die Tage der Arbeit im Gebirge selbst erinnert werde, gedenke ich auch gerne der Unterstützung, welche mir die vorzügliche Spezialkarte des k. k. Militär-Geographischen Institutes durch Ermöglichung einer genauen und raschen Orientirung

im Thale sowohl, als auch auf einsamen Bergpfaden gewährte. Minder bekannt als dieses jedem Geologen in unseren Alpen geradezu unentbehrliche und unschätzbare Kartenwerk ist die „Karte der Ostalpen in neun Blättern“ von L. Ravenstein, bearbeitet unter Mitwirkung des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, welche in kleinerem Massstabe (1:250.000) einen ganz vortrefflichen Ueberblick des Bodenreliefs weiterer Bezirke gestattet, und auf welche aufmerksam gemacht zu werden, vielleicht gerade an dieser Stelle mancherseits mit Freuden begrüsst werden möchte. Ich selbst komme gewissermassen einer Schuld des Dankes nach, wenn ich auf das besagte kartographische Werk verweise, denn ich habe demselben manche Belehrung über die oroplastische Configuration meines Gebietes mit Leichtigkeit entnommen, welche aus grösseren Karten nur auf umständliche Weise gewonnen werden könnte.

Die Höhenangaben, welche im Verlaufe dieser Schrift zur Mittheilung gelangen, sind theils in der Specialkarte (1:75.000) oder in den Originalaufnahmen zu derselben (1:25.000) enthalten und beziehungsweise mit „Sp.-K.“ und „O.-A.“ bezeichnet, oder aber sie sind das Ergebniss eigener Messungen, in welchem Falle denselben keine weitere Bemerkung beigefügt wurde. Da die Angaben über die Höhe der erraticen Vorkommnisse und die Mächtigkeit der Schotterterrassen u. dgl. möglichste Genauigkeit erfordern, bei den gewöhnlichen Aneroid-Messungen, wie sie unter den Alpentouristen Mode sind, Fehler bis zu 100 und 200 Meter jedoch nicht zu den Seltenheiten gehören, und Differenzen von 50 Meter und darüber völlig unvermeidlich sind, so wurden die Messungen unter Beobachtung der strengsten Vorsichtsmassregeln getroffen, und stets die correspondirenden Ablesungen einer unteren Station bei Berechnung derselben berücksichtigt. Zur Verwendung kamen hiebei zwei Präcisions-Aneroide von Casella in London (Nr. 4613 und 4614) und ein Aneroid von Naudet in Paris; die gleichzeitigen Bestimmungen der Lufttemperatur erfolgten mittels Schlanderthermometer von L. Kappeller in Wien. Wer sich des Näheren über den Vorgang beim exacten barometrischen Höhenmessen interessirt, dem empfehle ich die „Praktische Anleitung zum Höhenmessen mit Quecksilber-Barometern und mit Aneroiden“ von Major Heinrich Hartl, Wien, II. Aufl., 1884.

Da sich manche Ortsnamen in den Alpen in verschiedenen Gegenden wiederholen, so sei es gestattet, auf einige derartige Beispiele zu verweisen, welche mit Bezug auf die nachfolgenden Untersuchungen leicht zu Verwechslungen Anlass geben könnten. Das Salzathal nördlich vom Hochschwab, welches bei Gross-Reifing, und der gleichnamige Fluss, welcher vom Todten Gebirge kommend unterhalb Gröbming in die Enns mündet, sind untereinander und von dem Salzathal im Salzburgischen wohl zu unterscheiden; desgleichen das Paltenthal in Steiermark von dem Paltenbach nächst Molln in Oberösterreich. Der Dorfname Altenmarkt findet sich im Ennsthale das eine Mal oberhalb Radstadt, das andere Mal unterhalb Hieflau. Eine Ramsau gibt es bei Berchtesgaden, eine andere bei Schlading in Obersteiermark und eine minder bekannte in der Nähe von Molln. Die Bezeichnung Mitterberg wiederholt sich bei Gröbming und bei Liezen.

Einer schönen, allgemein geübten Gepflogenheit nachzukommen, drängt es nunmehr auch mich, allen jenen Herren meinen besten Dank auszusprechen, welche mich in irgendwelcher Weise bei dieser Arbeit unterstützten; vor Allem Herrn Oberbergrath v. Mojsisovics, der mir zu wiederholten Malen mit wohlmeinenden Rathschlägen zur Seite stand, ferner Herrn Major Hartl im k. k. Militär-Geographischen Institut, welcher die Freundlichkeit hatte, die Temperatur-Coefficienten meiner Aneroide zu ermitteln und dieselben während der Wintermonate einer genauen Controle ihres Ganges zu unterziehen; endlich den Herren Bachmayr in Wildalpen, Bernhofer in Gstatterboden, Stationsvorstand Rund in Schladming, Postmeister Russmann in Molln und Apotheker Zeller in Windischgarsten, welche jeweils die correspondirenden Ablesungen an den Instrumenten vornahmen.

I. Capitel.

Orographische Orientirung und Uebersicht der bisherigen Nachrichten über Glacialspuren im Gebiete der Nordalpen östlich von der Salzach.

Der Grauwackenthalzug. — Entwässerung des Gebirges. — Parallele zwischen Enns- und Innthal. — Simony und v. Morlot, Vorkämpfer glacialgeologischer Forschung in den Oestlichen Alpen. — Weitere Nachrichten über Glacialerscheinungen dortselbst von Ehrlich, Czjžek, Stur, Suess, v. Mojsisovics, Hauenschild u. A. — Ueberfließen des Enns-gletschers über die niederen Quersättel der Kalkalpen zuerst von v. Mojsisovics erkannt. — Eine Lücke in der glacialgeologischen Literatur der Alpen. — Zweck der vorliegenden Arbeit.

Ein langer Thalgang scheidet im Osten des Rheins die nördliche Kalkzone von der krystallinischen Centralkette der Alpen. In seiner Anlage bedingt durch das Auftreten eines schmalen fortlaufenden Bandes weicher Grauwackengesteine, welches den Innenrand der mesozoischen Bildungen begleitet, spielt derselbe eine wichtige Rolle bei der Entwässerung des Gebirges, denn er bildet einen natürlichen Sammelcanal für alle südwärts von ihm entspringenden Gewässer. Während das nördlich vorgelagerte Kalkgebirge seine Abflüsse zumeist durch kurze Querthäler direct nach Norden entsendet, ist kein Wasser, welches von den schneeigen Gefilden der Hochalpen herabkommt, im Stande, das Gebirge mit Beibehaltung der ursprünglichen Richtung auf dem kürzesten Wege zu verlassen; sie alle werden der Reihe nach von der erwähnten Thalfurche aufgenommen, welche das Gebirge ohne Unterbrechung der Länge nach durchzieht.

Diese ausgezeichnete Tiefenlinie tritt uns jedoch keineswegs in ihrer ganzen Erstreckung als eine hydrographische Einheit entgegen, sondern sie zerfällt im Gegentheil in mehrere Abschnitte, deren jeder für sich ein vortrefflich charakterisirtes hydrographisches Individuum bildet. An drei Stellen, bei Kufstein, Bischofshofen und Hiefau, finden sich quer durch die Nördlichen Kalkalpen hindurch Beispiele jener Gebirgsdurchbrüche, welche rücksichtlich ihres ursächlichen Verständnisses zu den schwierigsten Problemen der modernen Geologie gehören.

Durch diese Pforten strömen die Fluthen des Inn, der Salzach und der Enns hinaus nach der Hochebene am Fusse des Gebirges, indem sie aus den sanft geneigten Längsthälern, welche sie bisher beherbergten, in Querthäler mit starkem Gefäll eintreten. Die Wasserscheiden, welche die dadurch entstandenen Abschnitte unseres grossen Längenthalzuges bezeichnen, sind von ganz unbedeutender Höhe, die allgemeine Neigung desselben erfolgt in Uebereinstimmung mit jener des Gebirgssockels gegen Ost und ist beim jeweiligen Anstieg zu den Wasserscheiden nur auf kurze Strecken von entgegengesetzter Richtung.

In den einzelnen Längsthälern des Inn, der Salzach und der Enns wiederholen sich nun im Grossen und Ganzen dieselben Verhältnisse, und es wäre eine leichte Aufgabe, ein ziemlich weitläufiges Capitel über hydrographische Homologien in den Ostalpen zu schreiben. Die Schilderung, welche z. B. von Penck für das Innthal entworfen wurde ¹⁾, lässt sich fast Wort für Wort auch auf das Ennsthal übertragen, mit welch' letzterem wir uns in der gegenwärtigen Arbeit vorzugsweise zu beschäftigen haben werden. Auch das Ennsthal bildet bei fast genau westöstlichem Verlauf auf eine Entfernung von etwa 80 Kilometer die Scheide zwischen dem Urgebirge und den Nördlichen Kalkalpen und sammelt auf dieser Strecke die zahlreichen Gewässer des ersteren, wobei es von den letzteren nur wenige bemerkenswerthe Zuflüsse erhält. Während aber beim Innthale in Folge der eigenartigen Gliederung der Westtiroler Centralstöcke und der grösseren Entfernung des wasserscheidenden Hauptkammes die Flüsse, welche sich von Süden her in den Inn ergiessen, selbst wieder weitverzweigten Thalsystemen entspringen, münden in das Ennsthal, ähnlich wie es schon im Gebiete der Salzach der Fall ist, zumeist nur kurze und geradlinige Thalgräben, welche sich hier von dem nahegelegenen Hauptkamme der Niederen Tauern unter starker Stufenbildung herniedersenken. Nur das Unterthal bei Schladming, die Thäler der Sölk, sowie das Paltenthal verzweigen sich etwas tiefer nach dem Innern des Gebirges. Das Paltenthal ist aber ausserdem vorzugsweise deswegen von Wichtigkeit, weil es als die eigentliche Fortsetzung des Ennsthales im geologischen Sinne zu betrachten ist. Dieses durchschneidet nämlich, worauf schon zu wiederholtenmalen und so neuerdings auch von Löwl wieder hingewiesen wurde ²⁾, bereits zwischen Selzthal und Admont die Grauwackenzone und tritt unterhalb des letzteren Ortes durch die wildromantische Felskehle des Gesäuses in die Kalkalpen ein, um dieselben dann von Hieflau aus gegen Norden zu durchbrechen. Die Strecke Admont-Hieflau gehört also, obwohl noch immer in der bisherigen Längsrichtung verlaufend, schon dem Querthale an, während das unter stumpfem Winkel bei Selzthal abbiegende Paltenthal dem Grauwackenzuge folgt und mit diesem dem Streichen des Gebirges getreu bleibt, welch' letzteres hier, wie Suess gezeigt hat ³⁾, durch die Nähe der böhmischen Masse eine locale Ablenkung gegen Südost erlitten hat. Das Paltenthal erhebt sich allmählig bis zu dem flachen

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leipzig 1882, pag. 26 und 27.

²⁾ Die Entstehung der Durchbruchsthäler. Peterm. Geogr. Mitthlg. XXVIII, 1882, pag. 410.

³⁾ Die Entstehung der Alpen. Wien 1875, pag. 20.

und niederen Sattel von Wald (849 Meter Sp. K.) und setzt sich jenseits desselben in dem Liesingthal fort, welches bei St. Michael in das Murthal mündet; dieses folgt dem Grauwackenzug, dessen Streichen nunmehr wieder nach Nordosten umschlägt, bis Bruck, von wo an die Gewässer der Mürz, jedoch mit entgegengesetzter Fallrichtung, die von der Natur vorgezeichnete Thallinie benützen.

Die Verbindung des Ennstales mit seinem westlichen Nachbar, dem Salzachthal, ist fast von noch innigerer Art. Die unmerkliche Wasserscheide von Eben (856 Meter Sp. K.) erhebt sich nur wenige Meter über das Niveau des schönen Thalbeckens von Altenmarkt (841 Meter O. A.) und Radstadt und fällt auch jenseits nur 60 Meter tief gegen den Fritzbach ab, welcher, von dem kühn geformten Doppelgipfel der Bischofsmütze kommend, in enger Schlucht der Salzach zufließt. Auf dieser Route zog schon zu Römerzeiten eine Strasse dahin, wie aus einem Meilenstein des Septim. Severus bei der Kirche von Hüttau hervorgeht; heute macht auch die Bahn von derselben Gebrauch, welche hier mit weit geringerer Mühe als sonstwo die Grenzmarke zweier Flussgebiete überschreitet. Ausserdem aber besteht über den ebenfalls tief eingesenkten Sattel von Wagrein (952 Meter Sp. K.) noch eine zweite Verbindung zwischen den beiden Thälern, welche südlich von der vorigen gelegen ist und die directe Fortsetzung der grossen Tiefenlinie des Grauwackenzuges bildet; der Ursprung der Enns wird in das bei Reitdorf sich öffnende Flachauer Thal verlegt, welches von dem Westflügel der Radstädter Tauern ausgeht.

Von Zuflüssen, welche die Enns an ihrer linken, nördlichen Seite erhält, sind nur jene der Mandling an der Südflanke des Dachsteingebirges, der Salza unterhalb Oeblarn und des Grimming-Baches bei Irnding zu erwähnen. Im Uebrigen werden die Kalkalpen, wie gesagt, durch nordwärts gerichtete Querthäler entwässert, welche nach dem Ennsthal durch tiefe Einsattlungen geöffnet sind, die sich nur 150—300 Meter über die Sohle des letzteren erheben. In der Senke von Mitterndorf, dem Pass am Pyhrn und dem Buchauer Sattel finden wir somit ähnliche halbvollendete Durchbrüche wieder, wie sie im Fernpass, Seefelderpass und Achenpass die Thäler Oberbayerns nach dem Inn erschliessen; hier gelangen wir über dieselben der Reihe nach in die Querthäler der Traun, Steyr und der unteren Enns, von denen das letztgenannte in einen scharfen geologischen und landschaftlichen Gegensatz tritt zu dem Längenthal, welches den Oberlauf desselben Flusses beherbergt. Nur das Almthal, welches in dem weit nach Norden vorgeschobenen Todten Gebirge entspringt, besitzt keine derartige Communication, sondern erweist sich als ein vollständig in sich abgeschlossenes Gebiet. Was aber von den Thälern gilt, welche zwischen Rhein und Inn die Alpen verlassen, findet in gleicher Weise auch auf jene Anwendung, welche zwischen Salzach und Enns auf das Vorland hinaustreten; trotz mancher tiefen Oeffnung gegen das Urgebirge hin wird dieses doch von keinem derselben berührt.

Bald nachdem man in der Schweiz durch das Studium der heutigen Gletscher und ihrer Erscheinungen dahin geführt worden war, aus verschiedenen Anzeichen, welche sich dortselbst allerorten im Gebirge zerstreut finden, auf eine einstige allgemeine Vergletscherung

desselben zu schliessen, begann man auch in den Nordöstlichen Alpen auf Spuren einer vormaligen grösseren Ausdehnung und weiteren Verbreitung der Gletscher aufmerksam zu werden. Insbesondere zwei Forscher sind hier hervorzuheben, welche in dieser Beziehung bahnbrechend den Anderen vorangingen, und deren schönes Verdienst darin besteht, dass sie es waren, welche in Oesterreich überhaupt den Anstoss gaben, das ganze heute mit solchem Eifer kreuz und quer durchpflügte Feld, auf dem sich Geologie und physikalische Geographie begegnen, in den Kreis wissenschaftlicher Betrachtung zu ziehen. Schon im Jahre 1846 veröffentlichte Simony eine Reihe von Berichten: „Ueber die Spuren der vorgeschichtlichen Eiszeit im Salzkammergute“¹⁾, und in einer ein Jahr darauf erschienenen Schrift) widmete v. Morlot dem „erratischen Diluvium“ ein ausführliches Capitel. Damals schon glaubte man auch zu erkennen, dass die eiszeitliche Vergletscherung in diesem Theile der Alpen nicht jene Dimensionen erreichte, zu denen sie in den Schweizer Bergen gedieh, und es ward eine Erklärung hierfür in der geringeren Erhebung des Gebirges gefunden. Anfangs wurde sogar die Mächtigkeit und die Ausdehnung der alten Vereisung ganz beträchtlich unterschätzt, wohingegen es allerdings später auch an Uebertreibungen nicht fehlte. In den erst-erwähnten Berichten wird aus dem Vorkommen von Rundhöckern, Gletscherschliffen und Moränen auf das frühere Vorhandensein weit-ausgedehnter Gletscher auf dem Dachsteinplateau, dem Todten Gebirge und anderen Kalkstöcken des Salzkammergutes geschlossen, doch wird die Frage vorläufig noch offen gelassen, ob auch die grossen Thäler ganz mit Eismassen erfüllt waren, und ob die letzteren etwa auch das Flachland überzogen. In Obersteiermark konnte v. Morlot, wie er dies auch später noch an anderen Orten erwähnt²⁾, überhaupt keine deutlich erkennbaren Spuren alter Gletscher erkennen, doch meint derselbe, dass sich solche in der Folge bei aufmerksamem Suchen schon noch finden würden, da ja auch bei Pitten im Wiener Becken derartige Erscheinungen beobachtet worden wären. Von letzterem Orte beschrieb nämlich v. Morlot³⁾ Grundmoränen mit erratischen Geschieben und hält es in Folge dessen für unzweifelhaft, dass sich einst ein mächtiger Gletscher aus dem Höllenthale bis gegen Wiener-Neustadt vorschob. Diese Beobachtung wurde später von Čížžek⁴⁾ und von Suess⁵⁾ bestätigt und auch auf das Rosaliengebirge ausgedehnt, doch sprach

¹⁾ Wiener Zeitung vom 3., 5., 9., 13. und 17. Mai 1846. — Gesammelt in Haidinger's Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien, I, 1847, pag. 215—248.

²⁾ Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der Nordöstlichen Alpen. Wien 1847.

³⁾ Erläuterungen zur geologisch bearbeiteten VIII. Section der Generalquartiermeisterstabs-Specialkarte von Steiermark und Illyrien. Wien 1848, pag. 39. — Einiges über die geologischen Verhältnisse in der nördlichen Steiermark. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, I, 1850, pag. 100.

⁴⁾ Ueber erratisches Diluvium bei Pitten. Haidinger's naturwissenschaftliche Abhandlungen, IV. Bd., 1851, II. Abthlg., pag. 1—18. — Vergleiche auch Haidinger's Berichte, VII, 1851, pag. 99 und 125.

⁵⁾ Das Rosaliengebirge und der Wechsel in Niederösterreich. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, V, 1854, pag. 524, 525 und 527.

⁶⁾ Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, IX, 1858. Verhandlg. pag. 101.

sich letzterer ¹⁾ gegen einen directen Transport, speciell dieser Findlinge durch Gletscher aus und vertrat vielmehr die Meinung, dass das Wiener Becken während der Eiszeit ein Binnensee gewesen sei, dessen südliches Ende Gletscher überschauten, welche von den Höhen des Schneeberges und des Wechsels ²⁾ herabgingen und am Fusse des Gebirges bei Würflach und Pottschach Moränenwälle und lose Blöcke hinterliessen; der erratiche Schotter von Pitten und dem Rosaliengebirge, dem sich auch vereinzelt Vorkommnisse bei Wien zugesellen, sei hingegen auf schwimmenden Eisschollen verfrachtet worden. K a r r e r, welcher ebenfalls die in Rede stehenden Ablagerungen beschrieb ³⁾, äussert sich nicht darüber, ob er mit Rücksicht auf die Vorkommnisse in der Umgebung von Pitten der Gletscher- oder der Drifttheorie den Vorzug gebe; W o l d f i c h ⁴⁾ hinwieder tritt der letzteren entschieden entgegen, lässt aber dabei seinen Gletscher in nördlicher Richtung bis gegen Wien und in östlicher Richtung bis in das Marchfeld hinaus-spazieren.

In den steierischen und oberösterreichischen Gebirgen wurden inzwischen auch hin und wieder neue Spuren aus der Glacialperiode entdeckt. Im Jahre 1849 erwähnt Ehrlich ⁵⁾ gelegentlich, dass in den Thalgründen und auf den Kalkalpen grosse Blöcke von Granit und Gneiss zu finden seien, hebt jedoch ⁶⁾ ausdrücklich den Mangel an solchen in der Umgegend von Windischgarsten hervor. Später beobachtete er ⁷⁾ erratiche Blöcke an der Ostseite des Gwenthals, im Steinbachgraben bei Flachau und auf dem Wege von Alm nach Hinterthal, und berichtete auch ⁸⁾ über die Auffindung eines Stückes Glimmerschiefer im Verfolge der Anhöhe des Ramlerberges bei Reichraming im unteren Ennsthal. Č ž ž e k ⁹⁾ verzeichnet Moränen bei Hinterstoder, bei Pürg und östlich vom Wildkarspitz bei Schladming; erratiche Blöcke kommen seiner Angabe nach am Almfluss, an der krummen Steyrling und am Paltenbach südlich von Leonstein vor. Wichtig sind die Untersuchungen H a u e n-

¹⁾ Der Boden der Stadt Wien. Wien 1862, pag. 68 ff. — Bericht über die Erhebungen der Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderathes der Stadt Wien. 1864, pag. 53 und 54.

²⁾ Vergl. Lorenz, Alte Glacialablagerungen bei Kirchberg am Wechsel. Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1871, pag. 234 und 235.

³⁾ Geologie der Kaiser Franz Josefs Hochquellen-Wasserleitung. Wien 1877, pag. 5, 51, 64 und 83.

⁴⁾ Die diluvialen Faunen Mitteleuropas und eine heutige Sareptaner Steppenfauna in Niederösterreich. Mittheilungen der anthropologischen Gesellschaft in Wien. XI, 1882, pag. 184 und 185.

⁵⁾ Uebersicht der geognostischen Verhältnisse von Salzburg und dem Lande ob der Enns. Dritter Bericht des geogn.-montan. Ver. f. Innerösterreich und das Land ob der Enns. Graz 1849, pag. 28. — Vergl. auch: Geologische Geschichten. I. Entwicklungs-Geschichte der Gegend von Linz. Linz 1851, pag. 36—38.

⁶⁾ Bericht über die im Sommer des Jahres 1849 ausgeführte Begehung der Umgebung von Windischgarsten. Manuscript, im Besitze der k. k. geol. Reichsanstalt, pag. 22.

⁷⁾ Ueber die Nordöstlichen Alpen. Ein Beitrag zur Kenntniss des Gebietes von Oesterreich und Salzburg. Linz 1850, pag. 9. — Oberösterreich in seinen Natur-Verhältnissen. Linz 1871, pag. 66.

⁸⁾ Geognostische Wanderungen im Gebiete der Nordöstlichen Alpen. Linz 1852, pag. 95.

⁹⁾ Bericht über die Arbeiten der II Section. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. III, 1852, IV. Heft, pag. 70.

schild's¹⁾, welcher, dem Vorgange Simony's und v. Mojsisovics' im Salzkammergute folgend, in kreideähnlichen erhärteten Schlamm-Massen, welche in Thalwinkeln am nördlichen Abhang des Todten Gebirges auftreten und einen vortrefflichen Wassermörtel liefern, die Reste von Grundmoränen erkannte. Er beschrieb derartige Lager²⁾ nebst echten Grundmoränen von der Weissenecker Klaus, vom Schweizerberg und der Habernau in der Umgebung des Almsees, sowie auch eine gewaltige, über 20 Meter mächtige Grundmoräne in der Hasl, einem Seitenzweige des Steyrlingthales, gegenüber der Mündung des Hungerauer Hochthals. Ebenderselbe bemerkte auch in der Hopfing, nördlich vom Sengengebirge, unverkennbare Spuren vorweltlicher Gletscher, welche sich besonders im Hintergrunde des Thales in deutlichen Moränenhügeln offenbaren.³⁾ Das Sengengebirge wurde übrigens schon von Stur⁴⁾ — nebst dem Gebirge um Aussee, dem Dachsteinstock und der Gruppe des Hochgolling — als alter Gletscherherd bezeichnet, und am Todten Gebirge fand Simony⁵⁾ an allen grösseren Vorsprüngen und Aufragungen eine häufig wiederkehrende Abrundung, deren Aehnlichkeit mit den Rundhökern der inneralpinen Gletscherbezirke nicht zu verkennen sei und für sich allein schon den Gedanken an eine einstmalige Firn- und Eisüberdeckung dieser öden Steinwüste nahelege.

Im Salzkammergute war es vorzugsweise Simony, welcher, wie bereits erwähnt, die Kenntniss der Glacialformation in hohem Grade förderte. Bei der Fortsetzung seiner Untersuchungen erkannte derselbe bald, dass die erratischen Blöcke und Gletschergeschiebe nicht nur auf den Rücken und die Gehänge des Dachsteins und der umliegenden Berge beschränkt sind, sondern auch fast in allen Thälern des Salzkammergutes, selbst noch am äussersten Nordrande der Alpen bei Hof, Unterach und Gmunden, sich vorfinden.⁶⁾ Er verfolgte die Spuren der alten Gletscher und legte die Ergebnisse seiner Bemühungen in zahlreichen Abhandlungen und Notizen nieder.⁷⁾ Der Gletscher des Gosau-

¹⁾ Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und Steyrlingthale. Verhandl. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, 1870, pag. 61—63. — Ueber hydraulische Magnesia-Kalke und deren Vorkommen und Anwendung in Oesterreich. Sitz.-Ber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, LXI, II. Abth., 1870, pag. 203—208. — Bemerkungen zu J. Schauer's Prielgruppe und das Todte Gebirge vom Kasberge aus gesehen. Zeitschr. d. Deutschen Alpenvereins, II, 1871, pag. 568.

²⁾ Sogenannte „Gletscherkreide“; dieselbe wird vielfach auch als Glaserkitt oder als Grundfarbe für Zimmermaler verwendet, nachdem sie vorher geknetet, an der Luft getrocknet und sodann in eigenen Mühlen gemahlen worden. Vergl. v. Mojsisovics, Bemerkungen über den alten Gletscher des Traunthals, Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, XVIII, 1868, pag. 304 u. 305.

³⁾ Das Sengengebirge. Jahrb. d. Oesterreichischen Alpenvereins, VII, 1871, pag. 125.

⁴⁾ Ueber die Ablagerungen des Neogen, Diluvium und Alluvium im Gebiete der nordöstlichen Alpen und ihrer Umgebung. Sitz.-Ber. der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, XVI, 1855, pag. 512.

⁵⁾ Charakterbilder aus den österreichischen Alpen. Begleitworte zu dem Physiognomischen Atlas d. österr. Alpen. Gotha 1862, pag. 10.

⁶⁾ Bericht über die Arbeiten der V. Section. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, I, 1850, pag. 655.

⁷⁾ Haidinger's Berichte, VII, 1851, pag. 142. — Die Seen des Traungebietes. Anzeiger der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1868, pag. 126—128 und 189—192. — Gletscherschliffe im oberen Traunthale. Verhandl. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, 1869, pag. 296—298. — Ueber Urgesteinsablagerungen im obersten

thales erreichte nach ihm eine Mächtigkeit von mindestens 570 Meter¹⁾, und das isolirte Vorkommen von Glacialerscheinungen in der Umgebung des Schoberberges und am Laudachsee veranlasste ihn zu dem Rückschluss, dass die eiszeitliche Firnlinie in jenem Theile der Alpen nicht über 1000 Meter hoch gelegen sei.²⁾ Auch v. Mojsisovics³⁾ wendete den Glacialerscheinungen des Traunthales seine Aufmerksamkeit zu und zeigte, dass sich der Gletscher desselben mindestens bis an das Nordende des Traunsees erstreckte, woselbst er zwischen Altmünster und Gmunden eine hufeisenförmig angeordnete Kette von Moränenhügeln hinterliess, welche sich bis zu 50—70 Meter über den Seespiegel erheben. Auch wurde von demselben ausgezeichneten Forscher bereits damals⁴⁾ auf einen ununterbrochenen Zusammenhang der eiszeitlichen Gletscher des Traungebietes mit jenen des Salzkammergutes hingewiesen. Demgegenüber bekundet es einen offenbaren Rückschritt, wenn Bonney⁵⁾ in seinem Kampfe gegen die Glacialerosion jenen Gletschern selbst die Fähigkeit abspricht, die niederen Wasserscheiden zwischen den einzelnen Seen des Salzkammergutes zu überschreiten, und behauptet, dass manche der letzteren gänzlich ausser den Bahnen der alten Gletscher liegen, während doch schon früher thatsächliche Beweise für das Gegentheil dieser Behauptung beigebracht wurden. Zahlreiche glacialgeologisch wichtige Aufschlüsse wurden ferner erst in neuerer Zeit durch den Bau der Salzkammergut-Bahn geschaffen und von Wolf⁶⁾ untersucht. Ein interessantes Ergebniss lieferte auch eine zum Zwecke der Erschliessung von Salzlagern in der Nähe von Goisern vorgenommene Tiefbohrung, über welche Balzberg⁷⁾ berichtet. Bis zu 40 Meter Tiefe bestand der durchbohrte Grund aus Moränen-Schotter, darunter kamen Sande und Flussgeschicbe, bis bei einer Tiefe von 64 Meter das anstehende Gestein erreicht wurde. Die Moränen besitzen hiernach an diesem Orte eine ganz erstaunliche Mächtigkeit.

Aus dem Gebiete des Ennsthales und seiner Umgebung beschrieb zuerst Simony⁸⁾ Gletscherschliffe und Rundhöcker von der Südsseite der Radstädter Tauern und erwähnte später⁹⁾ eines Moränenwalles bei der oberen Eiberalpe am Fusse des Hochgollings, S. v. Schladming.

Traunthale. Sitz-Ber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, LIX, I. Abth., 1869, pag. 722—734. — Die erosirenden Kräfte im Alpenlande. Jahrb. d. Oesterreichischen Alpenvereins, VII, 1871, pag. 1—48.

¹⁾ Gletscher- und Flussschutt als Object wissenschaftlicher Detailforschung. Mittheil. d. k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, XV, 1872, pag. 273.

²⁾ Ebendas., pag. 328.

³⁾ Bemerkungen über den alten Gletscher des Traunthales. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, XVIII, 1868, pag. 303—310. — Das Verhalten der Flyschzone zum Nordraude der Kalkalpen zwischen dem Traun- und dem Laudach-See bei Gmunden. Verhandl. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, 1868, pag. 212—216.

⁴⁾ l. c., pag. 306.

⁵⁾ Lakes of the North-eastern Alps, and their bearing on the Glacier-erosion Theory. Quart. Journ. of the Geological Society of London, XXIX, 1873, pag. 382—395.

⁶⁾ Die geologischen Aufschlüsse längs der Salzkammergut-Bahn. Verhandl. der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1877, pag. 259—263.

⁷⁾ Die Tiefbohrung in Goisern. Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, XXVI, Wien 1878, pag. 231—290.

⁸⁾ Haidinger's Berichte, VII, 1851, pag. 135.

⁹⁾ Eine Gollingfahrt. Mitth. d. Oesterreichischen Alpenvereins, Wien, II, 1864, pag. 170.

Auch in der Umgebung von Gröbming beobachtete derselbe Moränenschutt, und zwar in einer Höhe, welche zu der Annahme Berechtigung gab, dass der alte Ennsgletscher dortselbst mindestens 400 Meter hoch an den beiderseitigen Gehängen emporgereicht habe.¹⁾ Zu den Ersten, welche im Ennsthal Glacialerscheinungen bemerkten, gehören auch Ehrlich²⁾ und Čžjžek³⁾, sowie ferner Stur³⁾, welcher bei den in den Jahren 1851—1853 durchgeführten geologischen Detail-Aufnahmen Moränen und erratische Blöcke bei Buchau, Stuttering, in der Walchern und bei Donnersbachwald vorfand und auf den später von ihm herausgegebenen Uebersichtskarten⁴⁾ alle im Bereiche derselben überhaupt bekannt gewordenen Vorkommnisse dieser Art verzeichnete. Solche Moränen und Gletscherblöcke, über welche vorher in der Literatur noch nicht berichtet worden war, finden sich auf diesen Karten angegeben am Kammergebirge, bei Mitterndorf und Aussee, bei Mühldorf im Almtal, bei Stoder, Windischgarsten und Molln im Gebiete der Steyr, in der Umgebung von Altenmarkt im unteren Ennsthal und bei Tragöss, am Teufelssee und bei Wildalpen in der Gebirgsgruppe des Hochschwab. Seither wurden nur noch auf der Höhe des Strechauer Rückens bei Liezen von Löwl⁵⁾ erratische Geschiebe von Gneiss und Granit wahrgenommen, deren Herkunft aus dem Gebirgskerne der hohen Wildstelle vermuthet wird. Dass aber der alte Ennsgletscher, ähnlich wie jener des Innthales, zur Zeit der grössten Vergletscherung des Landes selbstständig über niedrige Quersättel der Nördlichen Kalkalpen hinwegsetzte und somit nicht nur den Linien der grössten Thaltiefen folgte, dies ist schon von dem scharfen Blicke v. Mojsisovics⁶⁾ erkannt worden.

Aus den noch weiter östlich gelegenen Districten der Nordalpen ist mit Ausnahme der schon angeführten zweifelhaften erratischen Spuren im Wiener Becken bisher wenig Sicheres über Glacial-Erscheinungen bekannt geworden. Kudernatsch⁷⁾ erwähnt solche aus dem Seebachthale bei Lunz und aus der Umgebung des Brandhofes, während Hertle⁸⁾ zwischen dem Lauf der Erlaf und der Schwarza nichts dergleichen bemerkte; dennoch aber muss man wohl Much⁹⁾ beipflichten, insoferne er mit Rücksicht auf die von anderwärts vorliegenden Beobachtungen es für gewiss hält, dass auch die Thäler der Traisen, Erlaf und Ybbs nicht ganz aller und jeder Gletscherentwicklung entbehrten. So fände sich denn jene schon vor Jahren ausgesprochene Vermuthung de Mor-

¹⁾ Gletscher- und Flussschutt etc., I. c., pag. 273.

²⁾ Vergl. pag. 436; erratische Blöcke bei Flachau und am Ramlerberg, Moränen am Wildkarsspitze und bei Pürg.

³⁾ Die geologische Beschaffenheit des Ennsthales. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, IV, 1853, pag. 481.

⁴⁾ Geologische Uebersichtskarte der Neogen-Tertiären, Diluvial- und Alluvial-Ablagerungen im Gebiete der Nordöstlichen Alpen. Wien 1855. — Geologische Uebersichtskarte des Herzogthums Steiermark. Graz 1865. — Siehe auch: Geologie der Steiermark. Graz 1871, pag. 11.

⁵⁾ Die Entstehung der Durchbruchsthäler. Peterm Geogr. Mitth., XXVIII, 1882, pag. 410. — Ueber Thalbildung. Prag 1884, pag. 102.

⁶⁾ Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879, pag. 136.

⁷⁾ Geologische Notizen aus den Alpen. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, III, 1852, II. Heft, pag. 86.

⁸⁾ Lillienfeld—Payerbach. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, XV, 1865, pag. 451—552.

⁹⁾ Niederösterreich in der Urgeschichte. Gaea, XVII, 1881, pag. 149.

tillets¹⁾ bestätigt, dass zur Eiszeit Gletscher alle Thäler der bayerischen und der österreichischen Alpen erfüllt hätten. „Die Thatsache der einstigen allgemeinen Vergletscherung der Alpen ist bereits so fest begründet, dass die Existenz von verschiedenenartigen Glacialspuren im Mittel- und Unterlaufe jedes grossen Alpenthales als eine selbstverständliche Sache angesehen werden kann“ (v. Mojsisovics).

Fehlt es somit, wie man aus der vorstehenden Zusammenstellung ersieht, auch in dem östlich von der Salzach gelegenen Theile der Nordalpen keineswegs an Angaben, welche eine vormalige weit ausgedehntere Vergletscherung des Gebirges erweisen, so ist doch andererseits nicht zu verkennen, dass die meisten dieser Nachrichten nur sehr beiläufig erfolgen und gewöhnlich nur in zweiter und dritter Linie als Anhang zu der Schilderung der stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse der betreffenden Gegend zur Mittheilung gelangen. Eine selbstständige oder gar die Hauptrolle wurde dem Glacialphänomen nur in wenigen Abhandlungen zugewiesen, und diese betreffen nicht jenes engere Gebiet, innerhalb dessen sich die nachfolgenden Untersuchungen bewegen. Simony und v. Mojsisovics haben sich in eingehender Weise mit den Glacial-Erscheinungen des Salzkammergutes beschäftigt, v. Morlot widmete dem merkwürdigen erratischen Diluvium bei Pitten eine ausführliche Beschreibung, Ha u e n s c h i l d pflog Detailuntersuchungen über die Reste vorweltlicher Gletscher in der Umgebung des Almsees, aber mit den Gletscherspuren in den Thälern der Enns und Steyr hat sich bisher noch Niemand genauer befasst, und an einem Werke, welches die Gesamtheit der einschlägigen Verhältnisse in zusammenfassender Weise zur Darstellung brächte, gebricht es heute unserer Literatur noch ganz und gar. In dieser Beziehung haben uns die Geologen der West- und Südalpen längst überflügelt, und in neuerer Zeit haben auch schon die Bayerischen Alpen²⁾, sowie auch die Karpathen und selbst die Mittelgebirge Deutschlands³⁾ ihre glacialgeologische Bearbeitung gefunden. Die Nordöstlichen Alpen und ihre Nachbarn im Süden liegen allein noch brach; eine empfindliche Lücke macht sich hier bemerkbar, und ein weites und schwieriges Arbeitsfeld öffnet sich vor Demjenigen, der gewillt ist, sie zu schliessen. Die vorliegende Schrift verfolgt diese Absicht nicht; späterer Forschung muss es vorbehalten bleiben, die Geschichte der Nordöstlichen Alpen während der grossen Eiszeit aus dem nur stückweise auf uns gekommenen und vielfach unleserlich gewordenen Urtexte zu entziffern und in ihrem Zusammenhange in's Geologische zu übertragen. Heute kann es sich nur darum handeln, Bausteine zu sammeln und aus dem Rohen zu behauen, um sie tauglich zu machen für die Errichtung eines prächtigen und styltreinen Gebäudes der Zukunft, welches der Erkenntniss der jüngsten Veränderungen in dem Mienenspiel des Erdantlitzes geweiht ist.

¹⁾ Note sur les dépôts glaciaires du versant méridional des Alpes. Arch. d. scienc. phys. et nat. de Genève, X, 1861, pag. 34.

²⁾ A. Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluss auf die Bodengestaltung. Leipzig 1882, 8°, 483 S., mit 2 Karten und 2 Tafeln.

³⁾ J. Partsch, Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882, 8°, 198 S., mit 4 Karten.

II. Capitel.

Glacialerscheinungen im Ennsthale.

Schwierigkeit der Verfolgung von Glacialspuren in dem behandelten Gebiete. — Mächtigkeit des alten Ennsgletschers und Methode deren Bestimmung. — Der Ennsgletscher auf das Gebirge beschränkt; muthmassliches Ende seiner Zunge. — Reflexionen über die Schuttbedeckung der eiszeitlichen Gletscher und die Ablagerung und Erhaltung von Oberflächen- und Grundmoränen. — Vergleiche zwischen Enns- und Inn-gletscher; Erklärung des spärlichen Auftretens von Glacialspuren im Bereiche des ersteren. — Glacialerscheinungen im Gebiete der unteren und der oberen Enns. — Beziehungen zwischen Hauptgletscher und localen Zuflüssen desselben. — Bewegungsrichtung des Eises.

Die im vorigen Capitel erwähnten Angaben über Glacialspuren in den nordalpinen Thälern östlich der Salzach lassen bereits mit Sicherheit erkennen, dass das Ennsthal während der Eiszeit von einem sehr gewaltigen Gletscher erfüllt war, weshalb denn die Auffindung weiterer Spuren dieser Art an und für sich keine neue Thatsache vor Augen führt, sondern zunächst nur die wiederholte Bestätigung eines schon bekannten Factums bedeutet. Nichtsdestoweniger musste es in hohem Grade wünschenswerth erscheinen, möglichst viele Spuren und Ueberreste der alten Vergletscherung aufzufinden, da dieselben durch ihr örtliches Auftreten, durch ihre Zusammensetzung, sowie durch ihre Verbindung mit andern Ablagerungen manchen schätzenswerthen Beitrag zu der Lösung der mannigfachen Fragen liefern konnten, welche sich sofort an die gewonnene Erkenntniss der einstigen Existenz einer grösseren Gletscherbedeckung knüpfen.

Bei dem Versuche, diesem Wunsche gerecht zu werden, begegnet indessen der Glacialgeologe in jenem Theile der Nordöstlichen Alpen weit grösseren Schwierigkeiten, als dies in den westlich gelegenen Gebieten der Salzach und des Inn der Fall ist; und kehrt er etwa nach einem Excurse in jene fremden Thäler in sein eigenes Arbeitsgebiet zurück, so ist ihm zu Muthe, als wäre er aus einem reichen Palaste, wo Alles in Fülle und in bester Ordnung vorhanden, in eine ärmliche Hütte versetzt worden, in der selbst an den nöthigsten und unumgänglichsten Dingen Mangel ist, so dass dieselben Stück für Stück mit Mühe und unter Sorgen jeweils erst herbeigeschafft werden müssen. Dieser Umstand konnte allerdings nicht Wunder nehmen, sondern war vielmehr von vorneherein zu erwarten. Wo immer bisher das Glacialphänomen eingehender studirt wurde, hat es sich gezeigt, dass die Entwicklung der grossen diluvialen Gletscher unter denselben Bedingungen erfolgte, wie die heutige Eisbedeckung, so dass jene lediglich als eine Potenzirung dieser letzteren erscheint. Dieser Satz, welcher zuerst in den Alpen erkannt wurde ¹⁾, hat sich nunmehr in gleicher Weise auch in den Karpathen und in den Deutschen Mittelgebirgen, sowie in den Pyrenäen bewahrheitet. Dort, wo heute die Gletscherentfaltung gegenüber derjenigen in andern Gebieten zurücksteht, war dies auch während der Glacialepoche der Fall; mag man diesbezüglich innerhalb der Alpen selbst, oder aber zwischen diesem Gebirge und den Pyrenäen

¹⁾ A. Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 112.

und Karpathen Vergleiche ziehen, immer ergibt sich dasselbe Verhältniss. Die Verschiedenheit der Gletscherentwicklung, welche z. B. heute zwischen der Nord- und Südseite der Alpen, welche zwischen Tirol und der Schweiz besteht, war in ähnlicher Weise auch zur Eiszeit vorhanden, und so wie anderseits die Pyrenäen gegenwärtig in viel geringerem Masse vergletschert sind als das Alpengebirge, so erlangte auch das diluviale Glacialphänomen dort lange nicht jene Ausdehnung und Mächtigkeit wie hier. Nun ist bekannt, dass in den Ostalpen die heutige Gletscherentwicklung nach Osten zu stetig abnimmt, und im Ennsgebiete überhaupt ihr Ende findet; nur am Dachsteinplateau lagern noch einige kleine Eisfelder, und im Uebrigen wird die Höhe der Schneelinie kaum mehr von der einen oder anderen Bergspitze erreicht. Es war deshalb zu vermuthen, dass auch die eiszeitliche Vergletscherung im Ennsthale von geringerer Intensität gewesen sei, als weiter im Westen, wo sich an den alten Gletschern des Rhein-, Inn- und Salzachthales die entsprechende allmälige Grössenabnahme bereits auf das deutlichste documentirt.

Zu dem Umstande, dass in dem steirischen und oberösterreichischen Gebirge in Folge der geringeren Erhebung der Bergspitzen und Bergkämme die gletschernährenden Gebiete so wie heute auch zur Eiszeit kleiner waren, als in den Salzburger und Tiroler Alpen, kommt nun noch hinzu, dass auch die Thaleinschnitte hier tiefer sind, und dass sich das alpine Vorland ebenfalls gegen Osten zu beständig senkt. Den kleineren Sammelgebieten waren also Bezirke mit intensiverer Abschmelzung zugeordnet, und dieses Moment musste abermals eine Schmälerung der Gletscherverbreitung bewirken.

Als der alte Inngletscher durch die Thalpforte bei Kufstein die Alpen verliess, fand er eine Hochfläche vor, welche eine mittlere Meereshöhe von 500 Meter besitzt; und nur um weniges tiefer liegt das Terrain, über welches sich der Salzachgletscher am Fusse des Gebirges verbreitete. Dieses Niveau erreicht jedoch das Ennsthal noch weit im Innern des Gebirges, in der Gegend von Hieflau, während es sich bei seinem Austritt aus demselben bis auf 300 Meter herabsenkt. Sollte also der alte Gletscher des Ennsthales den Saum des Gebirges erreicht haben, so müsste er sich um 200 Meter tiefer herabgeschoben haben als jener des Innthales, trotzdem sein Nährgebiet um so vieles beschränkter und seine Mächtigkeit dementsprechend gewiss auch weit geringer war, als bei dem grossen Tiroler Eisstrom.

Durch diese Erwägung allein erscheint es mithin zunächst als sehr wahrscheinlich, dass die Mächtigkeit des alten Ennsgletschers, obwohl an sich immerhin noch sehr beträchtlich, dennoch hinter jener seiner westlichen Nachbarn zurückstand, und weiters, dass derselbe nicht mehr das Alpenvorland zu erreichen vermochte, sondern auf das Gebirge selbst beschränkt war und in demselben endete. Die hierüber an Ort und Stelle gepflogenen Untersuchungen haben dieses voraussichtliche Resultat vollauf bestätigt.

In der Umgegend von Gröbming hatte schon Simony erratische Geschiebe in einer Höhe von ungefähr 1070 Meter gefunden, woraus sich erkennen lässt, dass die Dicke des Eises dortselbst mindestens 400 Meter betragen haben müsse. Eine hiermit übereinstimmende Minimal-

dicke geht auch aus der Angabe v. Mojsisovics' hervor, dass der Gletscher die niederen Pässe der Kalkalpen überschritten habe, welche sich bis zu 300 Meter über die Thalsohle erheben. Die Höhe der Eismassen war also gewiss keine unbedeutliche, und zwar umsoweniger, als die eben angeführten Ziffern nur als untere Grenzwerte für dieselbe zu gelten haben; es ist denn auch die Mächtigkeit während des Maximums der Vereisung in der That eine noch weit bedeutendere gewesen.

Durch anhaltendes und mühevolltes Suchen ist es mir gelungen, an elf Orten, welche sich auf die Umgebungen von Schladming, Gröbming, Mitterndorf, Admont und Altenmarkt vertheilen, die Mächtigkeit des alten Ennsgletschers zu bestimmen, und die gute Übereinstimmung, welche die an einander nahe gelegenen Punkten gewonnenen Resultate unter sich bekunden, spricht sehr zu Gunsten einer gewissen Zuverlässigkeit der so erhaltenen Werthe.

Da Gletscherschliffe und Rundhöckerformen an den Berghängen unseres Gebietes äusserst selten sind, und die eiszeitlichen Alpengletscher zur Zeit ihrer grössten Ausdehnung in Folge der zusammenhängenden Firnbedeckung des Gebirges fast gar keine Oberflächenmoränen auf ihren Rücken trugen, so verbleiben die Grundmoränen oder einzelne Grundmoränengeschiebe als die einzigen Anzeichen, welche die Ermittlung der einstigen Gletscherhöhe ermöglichen. Aber nicht alle Grundmoränenreste werden ohne Weiteres diesem Zwecke dienlich sein können, denn es leuchtet ein, dass eine Moräne, die man irgendwo auf einem Berghang findet, an und für sich ebensowohl von dem Hauptgletscher des Thales, als auch von einem seiner seitlichen Zuflüsse herrühren könne; gehörte sie aber solch' einem localen Seitengletscher an, dann hat sie selbstverständlich gar nichts mit dem Niveau des Hauptgletschers zu thun und kann hoch über demselben überall dort auftreten, wo sich ein mehr oder minder bedeutender Hängegletscher herabsenkte. Demgemäss werden also nur solche Grundmoränen hier in Betracht gezogen werden dürfen, von denen es evident ist, dass sie eine Ablagerung des Thalgletschers, nicht aber eines von der Höhe des Bergkamines herabkommenden tributären Eisstromes repräsentiren. Dies aber wird nur dann der Fall sein, wenn die betreffenden Ablagerungen Gesteinsarten enthalten, welche den Revieren der jeweiligen localen Gletscher fremd sind, wenn sie sich also durch die Führung von erratischem Material als dem Hauptgletscher zugehörig erweisen. Nun scheidet das Längenthal der Enns das Urgebirge von der nördlichen Kalkzone, und es können daher unter Verhältnissen, welche den heutigen analog sind, die krystallinischen Gesteine der einen und die mesozoischen Kalke der anderen Seite sich nicht wechselweise über die gegenüber befindlichen Thalgehänge verbreiten. Enthält also eine in grösserer Höhe auf dem Abfalle der Kalkalpen zurückgebliebene Grundmoräne Urgebirgsgeschiebe, oder umgekehrt, eine solche auf der krystallinischen Seite des Thales Kalkgestein, so mussten es die Eismassen des Thalgletschers gewesen sein, welche den Transport dieser Findlinge von der einen Thalseite bis hoch hinauf an dem jenseitigen Gehänge vermittelten.

Es ist nun gewiss ein beachtenswerthes Ergebniss, dass sich an keinem Punkte des rechten Ennsthales, welcher über dem Niveau

der diluvialen Flussterrassen gelegen wäre, Grundmoränen oder auch nur vereinzelt Geschiebe von triasischen oder jüngeren Kalken finden, indem hieraus ganz zweifellos hervorgeht, dass nirgends eine Bewegung des Eises von den Kalkalpen her quer über das Thal stattgefunden hat. Hingegen treten an manchen Orten des nördlichen Thalhanges Urgesteine in den Grundmoränen und als lose Blöcke auf und werden somit nicht nur zum Beweise, dass eine derartige Querbewegung in der entgegengesetzten Richtung, nämlich von der Centralkette her, innerhalb des Gletschers erfolgte, sondern geben gleichzeitig auch das erwünschte Mittel an die Hand, die Höhe des Eises im Hauptthale selbst zu bestimmen. Die höchsten Vorkommnisse dieser Art werden einen unteren Grenzwert für die grösste Höhe des Gletschers markiren; tiefer kann der Stand des letzteren während des Maximums der Vereisung nicht gewesen sein, dagegen sehr wohl höher. Es ist ja doch kaum mehr als ein Zufall, wenn Gesteine von dem jenseitigen Ufer, sei es nun unter oder auf dem Eise, quer über das Thal bis zu dem oberen Saume des Gletschers auf der anderen Seite verschleppt wurden, und es ist weiters nur einem günstigen Zufalle zu danken, wenn diese Ablagerungen den allerhand erodirenden Processen, denen sie ihrer Lage wegen ausgesetzt sind, zu trotzen vermochten und uns, wenn auch nicht ganz, so doch wenigstens theilweise erhalten blieben. Bei der Suche nach solchen Ueberresten wird man sich auf jene Oertlichkeiten beschränken, welche der Erhaltung derselben zuträglich sind, also auf sanftgeneigte Hänge und Gebirgsvorsprünge; auf steilen und schroffen Böschungen fallen sie nur allzu rasch dem übergewaltigen Einfluss der zerstörenden Agentien zum Opfer. Trotz dieser Umsicht aber wird die Zahl der vergeblichen Gänge stets jene der mit Erfolg gekrönten weitaus überwiegen, und speciell die Gewinnung der wenigen hier zur Mittheilung gelangenden Angaben über die Mächtigkeit des alten Gletschers im Ennsthale erforderte einen Aufwand von Zeit und Mühe, von welchem sich gewiss nur wenige Leser dieser Zeilen eine richtige Vorstellung machen werden.

In der Nähe von Schladming, an der Südseite des Dachsteinstockes, liess sich die obere Geschiebegrenze an drei verschiedenen Stellen mit ziemlicher Uebereinstimmung bestimmen. In dem Graben, welcher von Filzmoos zum Nestler Riedl, südlich vom Rettenstein, hinanzieht, beobachtet man mehrere Aufschlüsse in Grundmoränen, welche neben schön gekritzten Kalkgeschieben auch solche von Gneissen und Quarziten enthalten; die letzteren lassen sich hierselbst bis zu der Höhe von 1550 Meter verfolgen. Jenseits des Nestler Riedels gelangt man in das Gebiet der Kalten Mandling, und aus diesem durch den Scharfensteingraben auf die schönen Matten der Neustatt-Alpe und des Brandriedels. Hier fand ich dieselben Gneisse und Quarzite in 1561 und 1590 Meter Höhe; die letztere Fundstelle befindet sich unfern der Austria-Hütte an der Westseite des Brandriedels, 5 Kilometer weiter östlich als jene unterhalb des Nestler Riedels. Auf dem steilen Osthang des Brandriedels endlich fand ich enorm grosse Kalkblöcke und erratiche Geschiebe in einer Höhe von 1594 Meter. Die Oberfläche des Ennstgletschers lag also an der Südseite des Dachsteins sicherlich nicht tiefer als 1600 Meter, und da der correspondirende Punkt der Thalsole

bei Pichl 780 Meter hoch gelegen ist, so betrug die Mächtigkeit des Eises mindestens 820 Meter, wahrscheinlich aber noch etwas mehr.

An der Südwestseite des Grimming haben sich im Diemberner Wald einzelne erratische Blöcke in 1353 Meter Höhe erhalten, wonach sich die Eisdicke dortselbst zu circa 700 Meter bestimmt. Hiermit steht eine Beobachtung im besten Einklange, welche ich zwar schon ausserhalb des Ennsthales, doch noch im Bereiche des alten Gletschers an der nordwestlichen Umrahmung des Mitterndorfer Beckens machte. Unterhalb der Seidenhof-Alpe begegnete ich in einer Höhe von 1346 Meter den Resten einer Grundmoräne, welche, obwohl sie keinerlei erratisches Material enthält, sondern nur aus den Kalkgesteinen der Umgebung besteht, dennoch nur dem Hauptgletscher, nicht aber einem localen Hängegletscher angehören konnte. Zu der Entwicklung solch' einer letzteren Eismasse hat es nämlich an unserem Orte in Folge der Terrainbeschaffenheit der Gegend unmöglich kommen können; der Hang ist steil, und die betreffende Stelle befindet sich schon nahe dem Rande eines Plateaus, welches nach der entgegengesetzten Seite abdacht. Die Moräne ist also jedenfalls eine Höhenmarke jener Eismasse, welche hier aus dem Ennsthale in das Traungebiet hinüber reichte.

Ennsabwärts am Mitterberg bei Liezen, welcher aus Grauwackenschiefer besteht, beobachtete schon Löwl Trümmer von krystallinischem Gestein, die sich bis auf die Höhe des Rückens (1047 Meter Sp. K.) verfolgen lassen; derselbe war mithin ganz von dem Eise überfluthet. Erratische Gesteine in Grundmoränen fanden sich ferner am östlichen Abhange des Pleischberges bei Admont in 1080 Meter Höhe, und die Hochfläche des Buchauer Sattels (850 Meter Sp. K.) ist bedeckt mit grösseren und kleineren Blöcken der verschiedenartigsten Urgebirgsgesteine, neben denen auch solche von Kalk und von dem eigenthümlichen Verrucano der Nordalpen in Menge auftreten. Diese Blöcke finden sich auch auf dem fast genau 1000 Meter hohen Sattel zwischen Asandkogel und Laferwald, woselbst insbesondere grüne Gneisse und granatführende Glimmerschiefer auffallen. Beim Anstieg von hier nach dem Gipfel des Laferwaldes fand ich das höchste erratische Geschiebe, ein faustgrosses Stück Hornblendeschiefer, bei 1072 Meter. Bei der etwas weiter östlich gelegenen Alpe, am Fusse des Schlagriedels, kommen im Bachbette Gneissgeschiebe vor, welche von den höheren Partien durch das Wasser herabgespült wurden. Die Seehöhe beträgt hier 997 Meter, so dass diese Beobachtung sehr gut mit der vorigen übereinstimmt. Der erwähnte Bach fliesst dem Ritschengraben zu, welcher mit jähem Sprung in das „Gesäuse“ abstürzt; östlich davon befindet sich der wilde, durch seine grossartige Holz-Klause berühmte Bruckgraben, von dem vorigen durch eine kurze Kammwiderlage geschieden. Auf einer Einsattlung dieser letzteren, 1052 Meter Sp. K., liegen wiederum krystallinische Blöcke umher. Die Sohle des Ennsthales ist am Eingange des Gesäuses in einer Höhe von 609 Meter Sp. K. gelegen; die Stärke der Eismasse betrug demnach hier mindestens noch 470 Meter.

Aus diesen Angaben geht mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervor, dass sich die Oberfläche des Gletschers von Pichl bis zum Gesäuse, das ist auf eine Entfernung von 74 Kilometer, um 520 Meter senkte; dies entspricht einem Gefälle von 1 : 142. Die Thalsohle selbst

senkt sich auf dieser Strecke nur um 170 Meter, besitzt also ein Gefälle von 1:430. Die Mächtigkeit des Eises wiederum verringerte sich bis hierher um 350 Meter, was eine Abnahme von 1:211 ergibt. Diese letztere Relation bringt gleichzeitig auch den Unterschied zwischen der Neigung der Gletscheroberfläche und jener des Thales zum Ausdruck und ist deshalb identisch mit dem, was H. v. Schlagintweit als die „specifische Neigung“ des Gletschers bezeichnet.¹⁾ Geradezu auffallend ist die Uebereinstimmung der soeben gewonnenen Daten mit den entsprechenden Verhältnissen des alten Inngletschers. Vom Tschirgant bis zu dem 75 Kilometer entfernten Achensee senkte sich die Oberfläche desselben nach Penck²⁾ um 530 Meter mit einem Gefälle von 1:141; die Thalsohle hinwieder senkt sich ihrerseits um 180 Meter, hat also einen Fall von 1:417. Die specifische Neigung berechnet sich hiernach zu 1:214.

Wenn die specifische Neigung des Ennsgletschers in der 17 Kilometer langen Schlucht des Gesäuses dieselbe blieb wie bisher — wegen der bedeutenden Thalverengung dürfte sie eher noch kleiner als grösser geworden sein — dann hätte die Mächtigkeit des Eises hierselbst um 80 Meter abgenommen und würde bei Hieflau im Minimum noch 390 Meter betragen haben. Unter dieser Annahme erreichte sonach die Oberfläche des Gletschers hier eine Meereshöhe von ungefähr 900 Meter, sie senkte sich also auf dieser Strecke um 170 Meter mit einer Neigung von 1:100.

Nach dem Austritte aus dem Gesäuse erweitert sich das Thal, und obwohl hier zwei nicht unbeträchtliche Seitenthäler, das des Erzbaches und jenes der Salza münden, welche ebenfalls vergletschert waren, nahm doch die Mächtigkeit des Eises nunmehr in rapider Weise ab. Bei Altenmarkt, 16 Kilometer unterhalb Hieflau, fand ich die höchsten erraticen Trümmer in einer Höhe von 700 Meter, woraus für die Dicke des Eises nur mehr 240 Meter resultiren. Die Oberfläche desselben senkte sich mithin auf diese kurze Entfernung um volle 200 Meter, entsprechend einer Neigung von 1:80; die specifische Neigung berechnet sich hiernach auf 1:107.

Nicht die ganze Masse des Gletschers machte jedoch, um von Admont nach Altenmarkt zu gelangen, den Umweg durch das Gesäuse und über Hieflau, sondern ein nicht unbeträchtlicher Theil von etwa 200.000 Quadratmeter Querschnitt überschritt den Sattel von Buchau (850 Meter Sp. K.) und erreichte über St. Gallen bei Altenmarkt wieder das Thal der Enns, nachdem die beiderseitigen Eisströme schon vorher über den niederen Sattel „Im Erb“ (676 Meter Sp. K.) mit einander Fühlung gewonnen hatten. Auf dem Hange, der sich vom Eisenzieher oberhalb St. Gallen zu der Admonter Höhe hinaufzieht, liessen sich erratiche Geschiebe bis auf 330 Meter über die heutige Thalsohle, also bis zu 900 Meter Meereshöhe verfolgen; die Oberfläche des Eises senkte sich demnach vom Buchauer Sattel bis zum Eisenzieher auf 7 Kilometer um 170 Meter (1:41) und von hier bis Altenmarkt auf 10

¹⁾ Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen. Leipzig 1850, pag. 158.

²⁾ Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 191.

Kilometer um 200 Meter (1 : 50)¹⁾; auf der letzteren Theilstrecke betrug nach diesem die spezifische Neigung des Gletschers 1 : 111, also fast genau dasselbe, wie in der unmittelbar vor der Vereinigung der beiden Eisarme gelegenen Partie im Ennsthale selbst. Es lässt sich daher erfreulicherweise auch hier wieder die beste Uebereinstimmung der verschiedenen Beobachtungen constatiren.

Unterhalb Altenmarkt gelang es mir nicht mehr, irgend welche Spuren glacialer Thätigkeit zu erkennen; es bestätigt dies die Vermuthung, welche sich bereits bei Betrachtung der geringen Mächtigkeit des Eises in dieser Gegend im Vereine mit den angegebenen Neigungsverhältnissen seiner Oberfläche aufdrängt, dass nämlich der Gletscher hier schon seinem Ende nahte und sich kaum noch weiter als einige Kilometer erstreckt haben dürfte. Man wird nicht weit fehlgehen, wenn man annimmt, dass der Abschwing des alten Ennsgletschers zur Zeit seiner grössten Ausdehnung in der Gegend von Klein-Reifing, in einer Meereshöhe von ungefähr 400 Meter zu suchen sei. Nun könnte wohl gefragt werden, wo denn dann der Stirnwall sei, welcher sonst in der Regel den grössten Stand eines jeden Gletschers bezeichnet, und Derjenige, dem etwa aus eigener Anschauung die wohlausgeprägte Moränenlandschaft der bayerischen Hochebene oder jene am Fusse der Südalpen bekannt ist, wird mit Staunen hier im Ennsthale jede Andeutung dieser charakteristischen Grenzmarke vermissen. Die Antwort auf diese Frage ist einfach die: ein solcher Stirnwall, oder vielmehr eine ganze Reihe von solchen Wällen, war wohl seinerzeit ausser allem Zweifel vorhanden, vermochte aber der nachherigen Erosion nicht genügend zu trotzen, sondern ist durch dieselbe ganz und vollständig vernichtet worden.

Es muss hier übrigens dagegen Verwahrung eingelegt werden, dass diese letztere Behauptung etwa nur als ein billiges Auskunftsmittel bewerthet werde, welches in bequemer Weise über die Schwierigkeit einer positiven Grenzbestimmung hinweghilft; es ist vielmehr aus der Natur der Sache selbst erklärlich, dass es nur so und nicht leicht anders sein könne. Auf der bayerischen Hochebene verbreitete sich die Moränenlandschaft über flaches Terrain auf weite Strecken, während die späteren Wirkungen des fliessenden Wassers räumlich beschränkt waren und nur an wenigen Orten auf die Zerstörung der Glacialreste hinarbeiten konnten. Im Gebirge jedoch sind die Endmoränen der Gletscher localisirt, dagegen die Erosionsvorgänge jeder Art sowohl in extensiver wie in intensiver Beziehung unverhältnissmässig gesteigert; kein Wunder also, dass wir hier manche Werke der Gletscher vermissen, welche sich im Flachlande unter günstigeren Bedingungen fast unversehrt zu erhalten vermochten. Es fehlen ja im Gebirge auch die inneren Wälle, welche während des jedenfalls durch Pausen und kleine Oscillationen unterbrochenen Rückzuges der Vereisung zur Bildung gekommen sein

¹⁾ Das stärkere Gefäll auf der ersteren Strecke ist durch den raschen Fall der Thalsole bedingt. Um sich von diesen Neigungsangaben leicht eine Vorstellung machen zu können, sei bemerkt, dass 1 : 40 das stärkste Gefäll ist, welches bei Eisenbahnen nach dem Gesetze vorkommen darf, und welches thatsächlich fast auf jeder unserer Bergbahnen in den Alpen, wie z. B. am Semmering, Brenner, Arlberg, St. Gotthard u. s. w. zu wiederholten Malen erreicht wird. 1 : 200 ist auf jeder Alpenbahn eine ganz gewöhnliche Steigung.

mussten, wogegen man den Ueberresten von Grundmoränen doch hin und wieder, und stellenweise sogar ziemlich häufig, begegnet. Dies findet wiederum in der Art der Ablagerung dieser beiden verschiedenen Gattungen von Moränen seine Erklärung. Die Seiten- und Stirnmoränen traten in jeder einzelnen Gletscherphase in einem bestimmten Niveau, an einer ganz bestimmten Stelle auf und wurden vom Gletscher dortselbst abgelagert, ohne Rücksicht darauf, ob der Ort, an dem dies geschah, für ihre Erhaltung günstig war oder nicht. Diese Moränen wurden ferner nach Linien abgelagert, und so konnte es sich leicht ereignen — und es wird dies eben auch wirklich in den meisten Fällen so gewesen sein —, dass der ganze Strich der Ablagerung auf ein Terrain zu liegen kam, welches in Folge seiner Neigungsverhältnisse oder wegen verschiedener anderer Umstände einer Erhaltung dieser Wahrzeichen einer ehemaligen Gletscherverbreitung in mehr oder minder hohem Grade abträglich war. Endlich ist noch zu bedenken, dass die in Rede stehenden Moränen, in denen der Schutt der Gletscheroberfläche, wenn vorhanden, eine hervorragende Rolle spielt, dem Terrain ganz oberflächlich aufgelagert werden; sie unterbrechen störend das Relief der Landschaft und fallen deshalb leicht der nivellirenden Thätigkeit späterer Erosion zum Opfer. Anders ist dies Alles bei den Grundmoränen; ihre Ablagerung erfolgt nach Flächen, und zwar vorzugsweise dort, wo durch muldenförmige Vertiefungen im Gletscherbette eine Ansammlung derselben von vorneherein begünstigt wird. Die Verbreitung von Grundmoränen ist also von dem Relief der Oertlichkeit mit abhängig, sie wird in ihren Grundzügen von demselben vorgezeichnet und steht demnach mit diesem im besten Einklang. Die Grundmoräne kleidet die Unebenheiten des Untergrundes aus, sie verhüllt und ebnet die Unregelmässigkeiten desselben und kommt hiemit der Wirkung der Erosion gewissermassen entgegen; wo sie dennoch an exponirten Punkten auftritt, wird sie ebenfalls im Verlauf nicht allzulanger Zeit entfernt, da sie aber eben vorzugsweise an geschützten, hiezu schon prädestinirten Stellen zur Anhäufung kommt, bleiben Reste von ihr in grösserer Menge bis auf späte Zeiten erhalten.

Ein Umstand verdient hier noch eine kurze Besprechung. Man hat in neuerer Zeit vielfach, wie es zuerst Agassiz bezüglich der Vereisung im Norden Europas gethan, das alpine Inlandeis durch den Mangel an Oberflächenmoränen charakterisirt und aus dem Fehlen von Resten solcher Moränen in den untersuchten Gebieten und dem nur vereinzelt Vorkommen von eckigen Gletscherblöcken gefolgert, dass während des Maximums der Vergletscherung nur ein sehr geringer Gesteintransport auf dem Eise, hingegen ein desto stärkerer und ausgiebigerer unter demselben erfolgte. Dass nun heute dergleichen Moränenreste in der That gar nicht oder doch nur äusserst selten angetroffen werden, das kann nach dem, was oben über die Ablagerung und die Erhaltung von Moränen im Allgemeinen gesagt wurde, nicht mehr überraschen, und es würde somit kaum erlaubt sein, aus diesem negativen Resultate unserer Beobachtung eine solche Folgerung, wie die eben angegebene, zu ziehen. Aber man hat den in Rede stehenden Rückschluss auf die Beschaffenheit der eiszeitlichen Gletscher auch durch eine plausible theoretische Speculation gestützt, indem man nämlich

darauf hinwies, dass Oberflächenmoränen nur dort entstehen können, wo der Gletscher von schroffen Felspartien überragt werde, was aber während der Glacialperiode in Folge der grossen Mächtigkeit der Eisströme und der tiefen Lage der Schneelinie schlechterdings nicht der Fall gewesen sein könne.

Diese Erwägung gilt aber — es muss dies ganz besonders betont werden — nur für den Zeitabschnitt der stärksten Gletscherentwicklung, und selbst für diesen nicht an allen Orten. Das alpine Inlandeis ist ja nicht mit einem Male fix und fertig da gewesen, sondern musste sich aus bescheidenen Anfängen entwickeln, und der grossen Eiszeit ging jedenfalls ein Stadium voraus, welches an unsere gegenwärtige Gletscherwelt erinnert. Die Gletscher, aus denen später die riesigen Eisströme der grossen Alpenthäler erwachsen, waren einst gewiss nicht bedeutender, als unsere heutigen es sind, und auch ihre orographische Verbreitung war ehemals in gleicher Weise beschränkt. Niemand wird nun die Bedeckung dieser sozusagen embryonalen Gletscher mit Moränenschutt leugnen wollen, alle Bedingungen für das Vorhandensein einer solchen waren ja damals, so wie jetzt, vollauf vorhanden. Aus diesen schuttbedeckten Gletschern aber entwickelten sich ganz allmählig die grossen Eismassen der Diluvialzeit; von kleinen Anfängen bis zu ihrer enormen Grösse mussten sie alle möglichen Zwischenstadien durchlaufen, und ihre Zungen drangen langsam immer mehr und weiter in den Thälern vorwärts. So lange nun die Gletscherzungen im Gebirge selbst sich befanden, mussten sie jederzeit mit Oberflächenmoränen versehen gewesen sein, denn die Zungen der Eisströme reichen immer unter die Firnlinie herab, und die Berghänge zu ihren Seiten waren mithin bis zu einer gewissen Höhe schneefrei. Der alte Gletscher des Ennthales also, welcher, wie gezeigt wurde, das Gebirge nicht verliess, hat selbst zur Zeit seiner grössten Ausdehnung sicherlich auf seinem Rücken Moränen getragen, während diese Erscheinung weiter im Westen, so lange sich dort die Eismassen aus dem Gebirge heraus auf die demselben vorgelagerte Hochebene ergossen, und somit Berg und Thal gleichmässig unter der Firndecke begraben lag, kaum oder doch nur in höchst minimaler Ausbildung aufgetreten sein konnte. Beim Rückzuge der Vergletscherung mussten jedoch wieder dieselben Verhältnisse Platz greifen, wie sie während des Anwachsens derselben vorhanden waren, und ein Zeitgenosse der schwindenden Vereisung würde alsdann auch auf den inneralpinen Gletschern Tirols und Oberbayerns von Neuem Moränen und Oberflächenschutt bemerkt haben; er hätte ferner auch die Stirnwälle wahrnehmen können, welche die Gletscher bei ihrem Rückwärtsschreiten zweifelsohne hin und wieder hinterliessen, die aber seither wohl in den meisten Fällen von dem nagenden Zahn der Zeit längst wieder abgetragen wurden. Wie rasch dies letztere vor sich geht, dazu bieten ja die historischen Oscillationen unserer heutigen Gletscher ein ebenso anschauliches, wie lehrreiches Beispiel.

Wie wir sahen, erstreckte sich der diluviale Eisstrom des Ennthales bis ungefähr in die Gegend von Klein-Reifling und endete dort selbst in einer Seehöhe von 400 Meter; der Inngletscher hingegen, welcher doch um so vieles mächtiger war als jener, vermochte diese

Tiefe nicht zu erreichen, sondern fand die Grenze seines Vordringens bereits zwischen 500 und 600 Meter auf der oberbayerischen Ebene. Es scheint dies anfangs einen Widerspruch in sich zu schliessen, denn man sollte ja vielmehr erwarten, dass der Inngletscher bei seinem weit aus grösseren Einzugsgebiete unter sonst gleichen Verhältnissen tiefer vorgedrungen sei, als sein kleinerer Gefährte im Ennsthal; aber abgesehen von der Verschiedenheit in der Ausdehnung der Nährbezirke waren eben die Verhältnisse hier auch noch in der Weise ungleich, dass die Abschmelzungsfläche des Ennsgletschers sich lediglich in die Länge und nach der Tiefe zu erstreckte, während jene des Inngletschers vorzugsweise in die Breite entwickelt war, wobei sie auf weite Entfernung hin in derselben Höhenlage verblieb. Der Ennsgletscher bot also in Folge des Umstandes, dass er in einem engen Thale eingezwängt war, der Abschmelzung in jeder bestimmten Höhenstufe keine grosse Oberfläche dar, wohingegen bei dem Tiroler Eisstrom, dessen Ende sich auf der Hochebene ungestört nach allen Seiten ausdehnte, gerade das Gegentheil der Fall war; dies macht das tiefere Vorrücken des ersteren verständlich.

Aber auch noch ein anderes Moment wird durch dieses Verhältniss deutlich vor Augen gebracht. Es ist ohne weiteres erklärlich, dass der Inngletscher, bei sonst gleichförmigem Wachstum, im Gebirge schneller vordringen musste, als draussen auf der Ebene; denn bei dem relativ engen Querschnitt des Eisstromes im Thale musste sich jede Vermehrung seiner Masse alsbald durch ein Anwachsen in der Längsrichtung desselben geltend machen, während auf dem flachen Lande, wo die Ausbreitung der Eismasse radial erfolgte, der auf jeden einzelnen Ort entfallende Betrag des allgemeinen Vorschubs sich nothwendigerweise stets verminderte. In dem einen Falle concentrirte sich das Vorrücken des Gletschers auf eine Richtung und trat deshalb in derselben mit voller Stärke auf, in dem anderen hingegen wurde es durch Vertheilung über eine weite Fläche allenthalben geschwächt. Wir sehen ja auch heute innerhalb einer und derselben Oscillationsperiode Gletscher, deren Zungen in enge Thäler eingebettet sind, grosse Schwankungen ihrer Länge erleiden, während andere, welche ein breit ausgehendes Ende besitzen, dieses nur um kurze Strecken verschieben.

Es musste dann auch in dem Stadium, welches der Maximalentfaltung der Vereisung voranging, der Ennsgletscher, welcher auf das Gebirge beschränkt war, in seinem Thale rascher vorrücken, als der Inngletscher draussen auf der Hochebene am Fuss der Alpen, woselbst er mit seinen Nachbarn bereits zu einem unüberschbaren Meere von Eis verschmolzen war; es werden mithin die beiden Eiskörper zur selben Zeit verschieden weit von der äussersten Grenze ihres Vordringens entfernt gewesen sein, und zwar jener weiter als dieser. Dasselbe musste nun in ähnlicher Weise auch beim Schwinden der Vergletscherung stattgefunden haben, so dass die oberbayerischen Eismassen sich jeweils nur um Weniges nach den Bergen hin zurückzogen, während im Ennsthale das Eis in den correspondirenden Zeitabschnitten auf weit grössere Distanzen retirirte. Innerhalb der letzten Periode des Vorrückens, ebensowohl wie zu Beginn des Rückzuges, verlängerte und verkürzte sich demnach der Gletscher des Ennsthales noch — beziehungsweise schon

— um ein Bedeutendes, wogegen in Oberbayern die entsprechende Oscillation in der Bewegungsrichtung der Eismasse viel beschränkter war und sich nur auf eine kurze Entfernung erstreckte. Der Inn-gletscher blieb also um die Zeit der grössten Eisverbreitung viel länger stationär als jener, und wenn wir sonach hier wie dort von dem äussersten Ende des Vordringens um gleiche Strecken zurückgehen, so finden wir, dass dieselben im Ennsthale in einem viel späteren Stadium der heranahenden Vereisung von dem Gletscher bedeckt und hernach viel früher von demselben wieder verlassen wurden, als jene auf der oberbayerischen Hochfläche. Gelegentlich der Abnahme des Glacialphänomens begann somit die Erosion des fliessenden Wassers ihre auf die Vernichtung der Gletscherspuren gerichtete Thätigkeit im unteren Ennsthal weit eher zu entfalten, als auf dem nordalpinen Vorlande, und es verband sich mithin dort die längere Dauer des Zerstörungsprocesses mit der grösseren Intensität, welche demselben im Gebirge gegenüber der Ebene innewohnt, zu umso ausgiebigerer Wirkung. Da nun zudem in der Nähe der einstigen Maximalgrenze der Vereisung Kommen und Gehen beim Enns-gletscher rascher erfolgte, als bei dem oberbayerischen Eismeer, und somit die äussersten Etappen in longitudinaler Richtung von dem crstere bei weitem nicht so lange behauptet wurden, als von diesem, so waren im Ennsthale auch die Werke des Gletschers gegen sein Ende zu geringer und konnten nun doppelt leicht durch die stärkere und länger einwirkende postglaciale Erosion beseitigt werden. Das seltene Auftreten von Glacialspuren unterhalb des Gesäuses und der gänzliche Mangel an solchen in der Gegend von Klein-Reifing selbst, darf uns daher auch nicht im Entferntesten überraschen, sondern wird vielmehr in Umkehrung des eben Gesagten zur schönen Bestätigung der oben mitgetheilten Bestimmungen und Vermuthungen über die Ausdehnung und die Grenzen der alten Gletscherzunge im unteren Ennsthal.

Auch an den Mündungen des Salzthales und des Erzbaches sind keine sicheren Anzeichen einer einstigen Vergletscherung vorhanden, da die localen Gletscher dieser Thäler, wenn sie überhaupt bis zur Vereinigung mit dem Hauptgletscher gediehen, nur kurze Zeit diese äusserste Position behaupten konnten. Im Thale der Salza fand ich die ersten Glacialspuren bei Palfau, woselbst auf den mächtigen Schotterterrassen Grundmoränen auftreten. Der Umstand, dass dieselben lediglich aus Kalken und Werfener Schiefem bestehen, schliesst die Möglichkeit aus, dass etwa der Ennsgletscher hier einen Zweig hereingesendet hätte, denn sonst müssten den Moränengeschoben auch krystallinische Gesteine untermengt sein. Dass dies nicht der Fall, wird somit zum Beweise, dass das Salzthal seinen eigenen Gletscher erzeugte. Thalaufwärts mehren sich denn auch die Gletscherspuren, und bei Wildalpen befindet sich ein schöner Aufschluss in einer 50 Meter mächtigen Moräne. Rundhöcker treten mitunter an den Thalhängen auf, und hin und wieder finden sich auch Gletscherschliffe an den Felsen, doch sind letztere nicht immer zweifellos als solche zu erkennen. Grundmoränen sind hingegen ziemlich häufig. Die Siebenseen im Gebiete des Seisenbaches sind durch Moränenschutt abgedämmt. Auch der Erzbach hatte seinen eigenen Gletscher. Spuren desselben finden sich am Leopoldsteiner See und im Fobesthal, sowie in der Gegend von Eisenerz. Südlich von

dem genannten Hüttenorte treten am Franzosenbühel die charakteristischen Züge der Moränenlandschaft auf, das ganze Terrain ist von unregelmässigen Wällen und Hügeln bedeckt. Einige Entblössungen lehren den Aufbau derselben kennen, sie bestehen aus eckigem Schutt, vermischt mit gerundeten und gekritzten Geschieben.

Ungleich häufiger als im unteren Ennsthale begegnet man den Ueberresten aus der Glacialperiode im Bereiche der oberen Enns. Wie wir sahen, gelang es hier mit Hilfe der erraticen Blöcke und Geschiebe, die Mächtigkeit des alten Gletschers mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen. Unterhalb dieser oberen Geschiebegrenze ist erratiche Material an manchen Orten sehr verbreitet, doch hat es wenig Interesse, alle Vorkommnisse dieser Art zur Aufzählung zu bringen. Einigen derselben verleihen jedoch die näheren Umstände ihres Auftretens erhöhte Bedeutung.

Bei Gstatterboden im Gesäuse verläuft die obere Geschiebegrenze in einer Sechöhe von 1000 Meter. Von Norden kommen hier mehrere Gräben herab, welche einem weiten Kessel entspringen, der von dem wildzackigen Kranz der wettergebleichten Felswände des Grossen und Kleinen Buchsteins, der Tiefimauer und der Lucketen-Wand und weiterhin von dem krummholzbewachsenen Gehänge des Tamischbachthurms umrahmt wird. Dieser Kessel war während der Eiszeit von einem localen Gletscher erfüllt, welcher mehrfach Spuren seiner Anwesenheit hinterlassen hat. Zur Zeit des Maximums der Vereisung war die Zunge des localen Gletschers mit dem Haupteisströme, welcher durch das Gesäuse dahinzog, verschmolzen, d. h. sie würde an und für sich, ohne Rücksicht auf den Bestand des Hauptgletschers, in ein tieferes Niveau hinabgedrungen sein, als es jenes war, welches die Oberfläche des letzteren erreichte. Es ist klar, dass, als beim Rückzug der Vergletscherung die Oberfläche des Hauptgletschers sank, das Zungenende des localen Gletschers in die Höhe zurückweichen musste, so dass endlich bei einem bestimmten Stande des ersteren die Lostrennung des localen Gletschers von demselben erfolgte. Nun fand ich oberhalb des Gstatterbodenbauers in einer Höhe von 800 Meter krystallinische Gesteine, welche der Grundmoräne des Ennsgletschers entstammen. Es konnte also die besagte Lostrennung keinesfalls in einem tieferen Niveau erfolgt sein, als eben in 800 Meter, denn soweit der locale Gletscher als selbstständiges Gletscherindividuum bestand, musste er alle Ablagerungen des Hauptgletschers hinabschieben oder aber durch seine eigenen überdecken. Es ist aber damit durchaus nicht gesagt, dass die Ablösung der beiden Eismassen nicht etwa schon in einem höheren Niveau hätte vor sich gegangen sein können, denn es wäre ganz gut denkbar, dass höher oben erratiche Material entweder gar nicht abgelagert oder aber hernach auf irgend welche andere Weise entfernt wurde. Jene 800 Meter repräsentiren demnach einen unteren Grenzwert für die Höhe, in welcher beim Schwinden der Vereisung Zungenende des localen und Oberfläche des Hauptgletschers sich berührten. Da nun aber auch für den Maximalstand des Hauptgletschers stets nur ein unterer Grenzwert ermittelt werden kann, so erscheint die Differenz zwischen diesen beiden Daten überhaupt nicht als ein Grenzwert, sondern als irgend eine mittlere Grösse, welche ebensowohl überschritten, wie auch möglicherweise gar nicht erreicht

worden sein konnte. Je nachdem nämlich jene beiden unteren Grenzbestimmungen gleich weit oder verschieden weit unter der wirklichen Höhe der bezüglichen Niveaux zurückbleiben, werden sich diese Abweichungen entweder gegenseitig compensiren oder aber vergrössern, beziehungsweise verkleinern. Es konnte z. B. die Abtrennung der beiden Eisströme in 810 Meter Höhe erfolgt sein, während früher der Maximalstand des Hauptgletschers 1100 Meter betragen hatte; möglicherweise aber ist die Unsicherheit der Bestimmungen die umgekehrte, und waren die bezüglichen Höhen etwa 900 und 1010 Meter; in dem ersteren Falle würde die Differenz der beiden Niveaux 290 Meter, in dem zweiten hingegen nur 110 Meter betragen; beide Fälle liegen aber innerhalb des Bereiches der durch unsere Beobachtung gebotenen Möglichkeit. Die Differenz von 200 Meter, um welchen Betrag unserer Beobachtung zu Folge die Zunge des localen Gstatterbodengletschers zur Zeit ihrer Loslösung von dem Hauptgletscher unter dessen einstiges Maximalniveau hinabgereicht haben konnte — welcher Betrag indessen ebensogut grösser wie kleiner gewesen sein kann —, erscheint somit nicht geeignet, um auf Grund derselben weitere Schlüsse auf die Beziehungen zwischen der Ausdehnung von Haupt- und Nebengletscher zu ziehen, so verlockend ein solcher Vorgang sonst auch wäre.

Aehnliche Verhältnisse treten uns auf der Südseite des Dachsteingebirges noch weit auffallender entgegen. Hier wurde die obere Geschiebegrenze auf dem Rücken zwischen der Neustatt- und der Brandalpe, sowie auf den Hängen des Brandriedels in ca. 1600 Meter Höhe gefunden. In dem Graben jedoch, welcher zwischen dem genannten Rücken und dem Brandriedel verläuft, ist von erraticem Schutt absolut nichts zu entdecken, hingegen sind in demselben schöne Grundmoränen aufgeschlossen, welche lediglich aus den Kalken des Dachsteimassivs bestehen, also von einem localen Hängegletscher herrühren. Ein kleiner Rest desselben ist auch heute noch vorhanden, es ist dies der Edelgriesferner, der einzige Gletscher der „grünen“ Steiermark. Erst unterhalb der Schlizenalm, in einer Höhe von 1440 Meter, stellen sich auch im Graben krystallinische Gesteine der Centralalpen ein, und zwar sofort in ziemlicher Menge. Bis hierher dürfte also die Zunge des Edelgriesferners gereicht haben, als sie sich vor dem schwindenden Ennsgletscher losriss. Mächtiger war der locale Gletscher, welcher von den Karen am Fusse der ungeheuerlichen Südwälde der Dachsteinspitzen, der Scharl-, Maar- und Neustatt-Alpe, in das Thal der Kalten Mandling vordrang. Nächst der Mühle im Tiefenbach fand ich hier in einem kleinen Seitengraben noch erratiche Geschiebe der Centralalpen in 1180 Meter Höhe, weiter aufwärts jedoch sah ich nur mehr Kalk. Bei der Scharlalpe (1486 Meter O.-A.) befinden sich mehrere alte Endmoränenwälle, welche besonders während des Anstieges auf den Sulzenhals, oder von der Neustattalpe her, schön übersehen werden können. Sie bestehen zumeist aus eckigem Kalkschutt und rühren jedenfalls schon von einem postglacialen Stadium der Vergletscherung her. Auch in der Gegend der Maaralpe ist in fast gleicher Höhe ein ähnlicher Stirnwall erhalten. Ein localer Gletscher erstreckte sich ferner von der Bischofsmütze und dem Gosauer Stein herab in das Thal der Warmen Mandling. Hier hatten die Eismassen des Hauptstromes während ihrer grössten Entfaltung die

Höhe von 1600 Meter sicherlich überschritten; dennoch aber finden sich in diesem Thale die höchsten krystallinischen Geschiebe ebenfalls bereits in 1200 Meter. Höher oben sind ebenso, wie auch in dem benachbarten Aualpengraben, nur locale Grundmoränen vorhanden. Aus allen diesen Beobachtungen geht jedoch vorläufig nur das Eine mit Sicherheit hervor, dass die Verschmelzung der nach abwärts vordringenden Hängegletscher mit dem anwachsenden Hauptgletscher schon erfolgte, lange bevor der letztere seinen höchsten Stand erreicht hatte, und dass die Hängegletscher während des Rückzuges der Vereisung sich noch weit unter das einstmalige höchste Niveau des Hauptgletschers hinab erstreckten. Würde uns das Ausmass dieser Differenz für verschiedene Fälle genau bekannt sein, oder könnten wir dasselbe wenigstens zwischen zwei Grenzwerthe einschliessen, dann wäre es vielleicht möglich, sich auf diesem Wege mit Erfolg der Frage nach der Höhe der glacialen Schneelinie zu nähern. Im Ennsthale ist indessen selbst durch detaillirtere Untersuchungen eine präcise Werthbestimmung der erforderlichen Angaben nicht zu erhoffen, wohl aber könnte dies in den Thälern der Salzach oder des Inn der Fall sein, woselbst die Spuren der Eiszeit viel zahlreicher und besser erhalten blieben.

Eine Nutzenanwendung kann jedoch der Glacialgeologe aus diesem leider nur qualitativ und nicht auch quantitativ erkennbaren Verhältnisse für sich ziehen. Ebensogut nämlich, wie man bei nicht genügend scharfer Unterscheidung zwischen den in ihrer verticalen Verbreitung nicht durch ein bestimmtes Höhenniveau beschränkten localen Grundmoränen einer- und den Ablagerungen des Hauptgletschers andererseits für die Mächtigkeit des letzteren leicht einen zu hohen Werth erhält, kann man auch zu einer Unterschätzung derselben verleitet werden, wenn man die erratische Geschichtsgrenze an solchen Orten bestimmt, an denen sie während des Schwindens der Vereisung von einem localen Gletscher möglicherweise verschoben oder von seinen Ablagerungen überdeckt wurde. Man muss also bei der Bestimmung der oberen Geschiebegrenze die localen Gletscher sehr im Auge behalten und wird am vortheilhaftesten hierzu solche Oertlichkeiten wählen, welche ausserhalb der Bahnen solcher Zuflussgletscher gelegen sind. An Berghängen in der engsten Bedeutung des Wortes wird das sicherste Resultat gewonnen werden, hingegen sind Stellen, welche unterhalb von Karen oder Mulden gelegen sind, sowie ferner Gräben, Runsen u. dgl. vorsichtig zu meiden. Diese Beziehungen zwischen der Haupteismasse des Thales und ihren localen Zuflüssen wurden bisher nicht in genügender Weise beachtet.

Es wurde schon vorher die Thatsache hervorgehoben, dass zwar die krystallinischen Gesteine der südlichen Ennsseite durch die Eismassen über das jenseitige nördliche Gehänge verbreitet wurden, dass jedoch das umgekehrte Verhältniss nicht stattfand, indem in den Moränen-Ablagerungen am rechten Ennsgehänge die Gesteine der Kalkzone fehlen. Sogar auf der Thalsohle selbst begegnet man dieser einseitigen Trennung der Geschiebe, zumindest in ihrer oberen Strecke; erst von Irnding an beginnen die Kalkgeschiebe auch am rechten Ufer aufzutreten und ziehen sich selbst in jene alte Thalung, welche einstmals die Enns südlich vom Mitterberg bei Liezen in das Paltenthal hinübergeleitet haben soll. Diese Erscheinung wird leicht erklärlich,

wenn man bedenkt, dass der alte Gletscher des Ennsthales hauptsächlich von den Centralalpen her gespeist wurde, während er aus dem Kalkgebirge nur geringe Eiszuflüsse erhielt; es spiegelten sich eben zur Glacialzeit die heutigen hydrographischen Verhältnisse wieder. In Folge dieses Umstandes wurde von Süden her ein bei weitem grösserer Druck auf die Eismassen des Thales ausgeübt als von Norden, weshalb die letzteren sich bestrebten, nach der Richtung des geringeren Druckes auszuweichen. So entstand innerhalb des Eises ausser der allgemeinen Bewegung desselben entlang dem Thalzuge auch eine solche von mehr untergeordneter Bedeutung in die Quere, welche die Ausbreitung von erraticem Material aus dem Urgebirge über den Abhang der Kalkalpen bewirkte. Am stärksten machte sich diese Querbewegung im obersten Theile des Ennsthales geltend, wo durch die Thäler der Niederen Tauern die hauptsächlichsten Nährströme des Gletschers herabkamen. Hier wurden die Gneisse und Glimmerschiefer des Hochgolling und der Hohen Wildstelle bis weit hinein in die Hochthalfurchen des Dachsteingebirges verschleppt, und deshalb gelang hier die Bestimmung der oberen Geschichtsgrenze mit grösserer Genauigkeit und an mehreren Orten, als in den unteren Partien des Ennsthales. Zahlreich liegen die Tauerngesteine auf der sonenseitigen Abdachung des Rossbrandes bei Radstadt umher, und die Hochfläche der Ramsau ist übersät mit fremden Blöcken und Geschieben. Ueber die Senke von Mitterndorf ergoss sich ein Zweig des Ennsgletschers in das Thal der Traun, wie aus einem Ostwest gerichteten Gletscherschliff unfern des Mitterndorfer Bahnhofes des Näheren ersichtlich wird. Auf diesem Wege nahm derselbe Urgebirgsgeschiebe in Menge mit sich; in dem schönen, weiten Becken von Mitterndorf liegen sie ziemlich häufig in den Mooren des Thalgrundes umher, und auch im Traunthale selbst ist bekanntlich an erraticem Material kein Mangel. Dennoch aber kam es auf der Kalkalpenseite hier im Ennsthale noch lange nicht zu jener massenhaften Ablagerung von Findlingen krystallinischer Gesteine wie im Innthal, wo dieselben, z. B. am Scefelder Pass, in solcher Zahl auftreten, dass man sich fragen könnte, „ob man in ein mesozoisches Kalkgebirge oder in ein krystallinisches Schiefergebirge einzutreten im Begriffe sei.“¹⁾ Auch die Verfrachtung von Urgebirgsgeschieben hinüber in die Thäler jenseits der Kalkalpenpässe war im Gebiete des Inn-gletschers ungleich bedeutender als hier. Man muss eben wieder das Mass der Vergletscherung hier und dort in's Auge fassen und darf dabei auch die orographischen Vorbedingungen derselben nicht übersehen. Nicht allein, dass der Inn-gletscher viel mächtiger war als jener des Ennsthales, und somit sein Ueberfliessen über die Einsattlungen der Kalkalpenkette entsprechend stärker, so kamen dort aus den Hochregionen der Oetzthaler-Gruppe und des Zillerthales so beträchtliche Eisströme unter starkem Gefälle herab, dass in Folge des dadurch erzeugten gewaltigen Druckes in dem sanftgeneigten Innthale die Querbewegung des Eises jene in der Längsrichtung des Thales bei weitem überwog. So sehen wir denn im Gebiete des Inn das Eis hauptsächlich in den Querthälern sich bewegen und durch diese das Gebirge auf dem kürzesten

¹⁾ v. Mojsisovics, Ueber die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, XIX, 1869, pag. 139.

Wege verlassen, während die in den einzelnen Längsthalabschnitten lagernden Eismassen im Allgemeinen nur die Verbindung der in den Querthalern strömenden Gletscher vermittelten. Penck hat dies aus der Verbreitung der Geschiebe erkannt¹⁾, und neuerdings gelangte auch Blaas zu demselben Resultate, dem er dadurch noch verschärften Ausdruck verleiht, dass er das mittlere Innthal zur Glacialzeit eher als einen „Eisse“²⁾, denn einen Eisstrom bezeichnen möchte.²⁾ Aus dem Ennsthale hingegen können wir Gleiches nicht behaupten, hier folgte im Gegentheil die Hauptbewegung des alten Gletschers dem natürlichen Abflusscanal der heutigen Gewässer; eine Querbewegung fand stellenweise allerdings auch statt, doch war dieselbe, wie wir uns überzeugten, nicht von besonderem Belang.

Mit der Abnahme der Intensität der Vergletscherung gegen Ost ging also eine stärkere Individualisirung derselben Hand in Hand, die Gletscher konnten nicht mehr so leicht in fremde Flussgebiete eindringen, sondern waren — zwar nicht ausschliesslich, aber doch der Hauptsache nach — an die eigenen Thalläufe gebunden. Im Westen schoben sich die Eismassen, umbeirrt durch die gegenwärtige Entwässerungs-Anlage, fast vollständig über niedere Thalschranken hinweg und bewegten sich vorzugsweise im Sinne der allgemeinen Abdachung des Gebirges gegen Nord; im Osten hingegen war die Vergletscherung den Tiefenlinien des Gebirges untergeordnet, und wo sich eine Lücke in der Thalbegrenzung zeigte, welche unter das Niveau des Eises hinabreichte, dort fand mehr ein oberflächliches Abfließen als ein Hinüberschieben der ganzen Gletschermasse statt. Hier tritt der Charakter des „Inlandeises“ zurück und verschwindet mehr und mehr unter der wachsenden Einflussnahme von gewissen orographischen Zügen. Wir erkennen somit, dass sich die Differenz in der quantitativen Entfaltung des Glacialphänomens in den Steirischen und Tiroler Alpen, welche genau die heutigen Verhältnisse widerspiegelt, sich auch in einer Verschiedenheit der Bahnen äusserte, denen der Stromstrich der alten Gletscher folgte.

III. Capitel.

Glacialerscheinungen im Gebiete der Steyr.

Der Gebirgskessel von Windischgarsten. — Der Pass am Pyhrn; Beziehungen desselben zu dem alten Gletscher des Ennsthales. — Andere Pässe der Nördlichen Kalkalpen, — Ausgangspunkte der Vergletscherung im Steyrgebiet: Pyrgass-Gruppe, Todtes Gebirge, Warscheneck, Sengsengebirge. — Glacialerscheinungen in der Umgegend von Windischgarsten. — Mächtigkeit des Eises im Steyrthal nicht zu bestimmen, jedenfalls aber weit geringer als im Ennsthal. — Gabelung des Gletschers unterhalb Klaus; Endmoräne des Seitenarmes bei Molln, keine Spur von dem Ende des Hauptstammes. — Vergletscherung im Thal der krummen Steyr. — Glacialerscheinungen im Almtal.

Die prall aufsteigenden, weisslichschimmernden Kalkstöcke des Grossen Priels, des Warschenecks und Hohen Pyrgass, denen im Norden der breitschulterige Grenzwall des Sengsengebirges vorgelagert

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leipzig 1882, pag. 91.

²⁾ Ueber die Glacialformation im Innthale. 1, Sep-Abdr. aus der Zeitschr. d. Ferdinandeums, IV. Folge, 29. Heft, Innsbruck 1885, pag. 104.

ist, umschliessen einen weiten, prächtigen Gebirgskessel, welcher die Quellwässer des Steyrflusses beherbergt und durch die drei ersterwähnten Felsgemäuer von dem südlich gelegenen Ennsthale geschieden wird. Im nordwestlichen Winkel dieses Kessels, dort, wo der junge Fluss denselben in enger Thalkehle verlässt, erhebt sich der Tamberg bis etwa zur halben Höhe jener vielgipfeligen Felsumrahmung, und veranlasst innerhalb derselben eine Untertheilung in zwei isolirte Becken. Das westliche, kleinere von beiden, ist jenes von Stoder, welches als der eigentliche Ursprungsort der Steyr betrachtet wird; es ist ein vollständig in sich abgeschlossenes Gebiet und besitzt keine Oeffnung gegen einen fremden Thalzug. In dem grösseren östlichen Becken liegt inmitten der ganzen Gebirgrunde der freundliche Marktflecken Windischgarsten, das einstige Ernolatum der Römer. Hier besteht nun eine doppelte Verbindung mit dem Ennsthal, die eine südwärts über den schönen Pass am Pyhrn (945 Meter Sp.-K.), die andere über den Längssattel von Laussa (947 Meter Sp.-K.) und jenseits durch das gleichnamige Thal gegen Osten. Das letztere erreicht den Lauf der Enns bei Altenmarkt, wo, wie wir gesehen haben, der Ennsgletscher bereits seinem Ende nahte; dieser konnte somit dort die Grenzen des Thales nicht mehr überschreiten. Aber auf dem ersteren Wege, von Liezen über den Pass am Pyhrn, musste es ihm möglich gewesen sein, seine Eismassen in das Thal der Steyr zu ergiessen.

In der unmittelbaren Umgebung des genannten Passes selbst ist es nun zwar leider nicht möglich gewesen, das Oberflächenniveau des alten Ennsgletschers auf directe Weise zu bestimmen; die nächstgelegenen Punkte, an welchen dies, und zwar, wie wir sagen dürfen, mit ziemlicher Sicherheit gelang, befinden sich 25 Kilometer oberhalb des Passes an der Abdachung des Grimming im Diembernerwald, und 10 Kilometer unterhalb desselben am Gehänge des Pleschberges NW. von Admont. An dem ersteren Orte wurde die obere Geschiebegrenze in 1350 Meter, an dem letzteren in 1080 Meter gefunden; durch entsprechende Interpolation ergibt sich somit für die absolute Höhe der Eismasse im Ennsthal in der Gegend des Passes am Pyhrn der Betrag von ungefähr 1150 Meter. Dass die Mächtigkeit des Gletschers in der That die Passhöhe übertraf, dies geht schon aus der mitgetheilten Beobachtung hervor, dass der ganze Rücken des Mitterberges bei Liezen (1047 Meter Sp.-K.) von dem Eise überfluthet war. Nehmen wir nun an, dass das Ergebniss unserer Berechnung richtig sei — und wir haben, da auf so kurze Strecke hin das Gefäll des Gletschers jedenfalls ein gleichförmiges gewesen war, auch nicht den geringsten Grund, hieran zu zweifeln — dann ist das Eis mit einer Mächtigkeit von 200 Meter über den Pass hinweggegangen, und dieser bot sonach demselben einen Durchlass von rund 100.000 Quadratmeter Fläche.

Diese Ziffer ist jedoch mit Bezug auf die in Rede stehende Erscheinung gar nicht bedeutend, sondern muss im Gegenheil als ziemlich gering crachtet werden. Wir haben gesehen, dass der Buchauer Sattel dem Gletscher eine Pforte von 200.000 Quadratmeter Flächeninhalt, also von der doppelten Grösse, eröffnete, und durch die tiefen Einschnitte des Salzathales („Durch den Stein“) und des Grimmingbaches konnten sich zwei Eisströme von zusammen $1\frac{1}{2}$ Millionen Quadratmeter

Querschnitt in das flache Becken von Mitterndorf und aus diesem in die Gründe des Salzkammerguts ergiessen. Der Ennsgletscher selbst besass bei Liezen einen Querschnitt von über $2\frac{1}{2}$ Millionen Quadratmeter Fläche; er sandte somit über den Pyhrn kaum den fünfundzwanzigsten Theil seiner Masse in das Steyrthal hinüber.

Dieser schwache Eisarm, welcher aus dem Ennsthale von der Höhe des Passes herab in das tiefe und weite Gebirgsbecken von Windischgarsten eindrang, wäre für sich allein gewiss nicht im Stande gewesen, eine allgemeine Vergletscherung im Thalgebiete der Steyr zu erzeugen. Gering und unansehnlich wie er selber sind auch die Spuren, welche seine Thätigkeit hinterliess, und nur wenige Wahrzeichen sind erhalten geblieben, welche heute noch den Bestand einer directen Verbindung der beiden Thäler während der Glacialzeit bekunden. Als solche haben aber sowohl die mächtigen Grundmoränen zu gelten, welche auf der steirischen Seite der Pässeinsattlung selbst zur Ablagerung gelangten, als auch die erraticen Geschiebe von Urgebirgsgestein, denen man hin und wieder in der Umgebung von Windischgarsten und auch weiter thalab begegnet.

Die Moränen am Passe Pyhrn befinden sich dicht an der uralten Strasse, auf welcher einst noch römische Legionen einherzogen, während später ebendasselbst Kreuzfahrer und Pilger nach dem Süden wallten. Gute Aufschlüsse, durch die Strassenverbreiterung entstanden, lehren das Innere und den Aufbau der Moräne kennen. In einer lehmig-grusigen, etwas röthlichen Masse stecken zahlreiche Geschiebe verschiedenster Art ohne Rücksicht auf Herkunft oder Grösse in wirrem, regellosem Durcheinander; fast alle sind geschrämmt und gekritzelt, viele ausserdem noch schön geglättet; eckige oder kantige Trümmer fehlen, von einer Schichtung nicht die Spur — es ist eine echte Grundmoräne. Die Mehrzahl der Geschiebe besteht aus triasischen und liasischen Kalken, doch spielen auch Gosauconglomerate sowie Werfenerschiefer unter denselben eine Rolle. In nicht geringer Menge sind ferner Grauwackenschiefer vertreten, wodurch es unzweifelhaft gemacht wird, dass sich das Eis vom Ennsthal her in nördlicher Richtung bewegte. Centralalpine Gesteine konnte ich zwar an dieser Stelle nicht erspähen, doch fand ich solche nach längerem Suchen in einer ähnlichen Moräne an der westlichen Bergflanke und dergleichen auch auf dem Thalboden unterhalb des Passes.

Die Einsattlung am Pyhrn ist die höchste unter den drei tiefen Scharten, welche im Ennsgebiet den Mauerwall der nördlichen Kalkalpenkette unterbrechen. Fand deshalb schon über die beiden anderen Sättel hinweg nur mehr ein schwacher Nachschub der Eismassen des Thalgrundes, sondern vorwiegend ein Abfliessen der oberen Partien statt, so musste hier die erstere Bewegung fast vollständig zurücktreten, wie dies eine einfache Gegenüberstellung der verschiedenen Eisdicken und der relativen Passhöhen verdeutlicht.

Bei der Abzweigung nach Mitterndorf betrug die Mächtigkeit des Eises im Ennsthale 700 Meter und die zu überschreitende Höhe 150 Meter. Mitterndorf ist aber 12 Kilometer vom Ennsthale entfernt; die Steigung, welche das Eis auf dieser Strecke zu überwinden hatte, war demnach im Mittel 1 : 80. Wollten wir dieses Verhältniss graphisch

darstellen, so würde die erhaltene Neigungslinie nur eine ganz minimale Abweichung von der Horizontalen erkennen lassen. Dass sich der Gletscher unter dem Einflusse des Druckes höherer Massen über eine so sanftgeneigte Fläche aufwärts bewegen konnte, wird uns nicht sehr unwahrscheinlich dünken. Es wurde denn auch bereits gezeigt, dass hier eine derartige Aufwärtsbewegung, wenn auch nicht in dem Masse, wie beim Inngletscher, wirklich erfolgte, und dass der Gletscher unter seiner Sohle in der Grundmoräne Urgebirgsgeschiebe über die Sattelschwelle in's Traungebiet hinüberschleifte.

Unterhalb Admont besass die Eismasse nur noch eine Stärke von 470 Meter, während daselbst der Sattel von Buchau eine relative Höhe von 240 Meter erreicht. Dabei ist der Sattel dem Ennsgehänge nach Möglichkeit genähert, so dass die Böschung, welche zu ihm hinanführt, als eine verhältnissmässig steile zu bezeichnen ist; sie besitzt eine Neigung von 1:14. Dass trotz alledem auch hier noch ein Ueberschub des Eises stattfinden konnte, ist wohl einzig und allein dem Umstande zu danken, dass der Eisstrom, welcher an dieser Stelle in dem breiten Thale noch einen Querschnitt von über $1\frac{1}{2}$ Millionen Quadratmeter hatte, nachher plötzlich durch die Felsenenge des Gesäuses auf den sechsten Theil seines früheren Profils, nämlich auf 280.000 Quadratmeter Fläche reducirt wurde.

Am ungünstigsten gestalteten sich die Verhältnisse bei dem Durchlasse am Pyhrn. Dieser schöne Alpenpass liegt volle 300 Meter über dem Spiegel der Enns und senkte sich nur 200 Meter unter das Niveau des alten Gletschers herab, dessen Mächtigkeit hier ungefähr 500 Meter betragen mochte. Fast um zwei Drittel der gesammten Eisdicke mussten sich demnach die unteren Partien des Gletschers erheben, um auf die Uebergangshöhe zu gelangen, und da diese von der Thalsohle bei Liezen nur 7 Kilometer entfernt ist, so hatten sie hiebei eine mittlere Steigung von 1:20 zu überwinden. Ist die letztere auch ein wenig geringer als jene beim Buchauer Sattel, so ist sie dafür von umso längerer Dauer und erstreckt sich auf eine Höhe, welche diejenige bei Buchau sowohl in absoluter wie in relativer Beziehung weitaus übertrifft. Ausserdem aber fehlte hier auch der gewaltige Ueberdruck des Eises, welcher dort durch die enge Einschnürung des Thales veranlasst wurde, und es erscheint somit nunmehr durchaus verständlich, dass sich nur so wenige Geschiebe aus der Grundmoräne des Enns-thales über den Pass hinweg in das Gebiet der Steyr verirrt. Mehr noch als in den beiden anderen Fällen haben wir es demnach an diesem Orte mit einem ruhigen Abfliessen an der Oberfläche, als mit einem Ueberschub durch die ganze Tiefe der Eismasse zu thun.

In dem Gebirgskessel von Windischgarsten sind nun aber Glacialerscheinungen entwickelt, welche sich nicht durch den besprochenen Abfluss des Ennsgletschers allein erklären lassen. Schon in der nächsten Umgebung von Windischgarsten selbst treten Grundmoränen auf, welche auf die einstige Existenz einer weit beträchtlicheren Eismasse verweisen, als jene, welche aus dem Ennsthale her an der einen Stelle der Bergumrahmung über dieselbe herabquoll, und aus der Abrundung mancher Bergtheile geht hervor, dass das Eis denn doch eine immerhin nicht unbedeutende Höhe erreicht haben müsse. Wenn wir nun auch in ganz

abgeschlossenen und entlegenen Winkeln des Gebirges Ueberreste von Moränen und dergleichen finden, dann tritt es uns wohl ganz deutlich vor Augen, dass sich im Steyrthal eine selbstständige Vergletscherung entwickelte. In der That sind denn auch schon vor Jahren Glacialspuren aus verschiedenen Theilen des Gebietes bekannt geworden¹⁾, und es wurden schon damals von Stur²⁾ und von Simony³⁾ die Berggruppen um Windischgarsten, und unter diesen namentlich das Todte Gebirge, als die Ausgangspunkte der alten Gletscher bezeichnet, welche die in dieser Gegend vorkommenden Moränen erzeugten. Die Höhe des Gebirges war vollauf genügend, und die wüsten Trümmerböden und die Steinmeere der weitgedehnten Plateauflächen boten hinreichend Platz für die Ansammlung gewaltiger Massen von Schnee und Firn, deren Eiszungen sich tief hinabschoben in die Thäler, um dort unten zu einem einheitlichen Eiskörper zu verschmelzen.

Die scharfgegliederte Kettengruppe des Hohen Pyhrngass war in hohem Grade vergletschert. Die hügeligen Kare zwischen den einzelnen Kammläufnern sind ausgiebige Firnreservoirs gewesen, wobei ihnen ihre nördliche Exposition ganz vortrefflich zu statten kam. Hier wird man allerdings nach sicheren Anzeichen dieser vormaligen Eiserfüllung nur vergebens suchen. In diesen hohen Regionen ist die Verwitterung zu mächtig, sie nagt und frisst unaufhörlich an den kahlen Wänden, und die Schutthalden am Fusse des Gemäuers und das rauhe Trümmerwerk, welches den Boden der Kare bedeckt, sind bredte Zeugen der Ohnmacht, in welcher selbst der starrtrotzige Fels der wilden Gewalt der Zerstörung und Vernichtung anheimfällt. Erst unterhalb des Steilabsturzes der Hochmulden, in den dunkelbewaldeten Thalgründen, stellen sich Andeutungen von Gletscherwällen ein, und Grundmoränen weiterab an den Wiesenufern des Dambachs und entlang der Roscnauer-Strasse verrathen, dass sich eine nicht zu unterschätzende Eismasse hier bewegte.

Weit mannigfaltiger sind die Glacialspuren im Bereiche des Todten Gebirges, jener unermesslichen, trostlosen Steinöde, deren stundenweite, verwetterten Karrenfelder und zerbröckelnden Felswüsteneien im ganzen Gebiete der Alpen ihres Gleichen suchen. Die Werke der Gletscher stehen ja in enger Beziehung zu ihrer Grösse, und in letzterer Beziehung konnten die Eisströme, welche von den endlosen, welligen Hochflächen und von den zerschründeten Kesseln und rauhen Gräften dieser abgeschiedenen Welt des Todes ausstrahlten, unbedingt den ersten Rang in der Umgebung für sich in Anspruch nehmen. Nach allen Seiten entsandte der Gletscherherd des Prielstockes seinen eisigen Erguss: nach Süden in das Gebiet der Enns, ost- und nordwärts in die Thäler der Steyr und Alm, die Hauptmasse aber, der allgemeinen Abdachung des Gebirges folgend, in der Richtung gegen Südwest und West, wo sie im Vereine mit den Gletschern des Dachsteingebirges und dem starken Zweige, welcher über die Senke von Mitterndorf aus dem Ennsthale herüber kam, in hervorragender Weise zur Speisung des alten Traungletschers beitrug. Es kann noch nicht gar lange her sein, dass die

¹⁾ Vergl. das erste Capitel.

²⁾ Ueber die Ablagerungen des Neogen, Diluvium und Alluvium etc. Sitz-Ber. der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, XVI, 1855, pag. 512.

³⁾ Charakterbilder aus den österreichischen Alpen. Gotha 1862, pag. 10.

letzten Reste der früheren Eis- und Firnbedeckung geschwunden sind; wie ich einer Mittheilung meines Freundes G. Geyer, des gründlichen Kenners jenes verworrenen Felslabyrinths verdanke, finden sich hoch oben in den unwirthlichsten Partien des Feuerthals prächtige Moränen und wohlerhaltene Rundhöckerformen, was bei dem rasch vor sich gehenden Ruin und Zerfall in diesen Regionen auf ein verhältnissmässig junges Alter derselben zu schliessen gestattet. Heute noch vermögen einzelne Schneefelder in der Umgebung des Grossen Priel den ganzen Sommer zu überdauern, und es bedürfte wohl einer äusserst geringen Erniedrigung der Temperatur, um hier ähnliche Erscheinungen wieder wachzurufen, wie sie gegenwärtig noch das Dachsteinplateau beherbergt, dessen kleine Eisfelder ja ebenfalls bereits dem Erlöschen nahen. Aus den tieferen Höhenlagen des Gebirges sind Merkmale glacialer Thätigkeit seit Längerem bekannt. Schon auf den ältesten Aufnahmeblättern der Geologischen Reichsanstalt vom Jahre 1852¹⁾ ist ein Moränenwall am Ausgang der Dietl-Hölle, einem Seitengraben bei Hinterstoder, verzeichnet, und ausserdem wurden dortselbst von Czjžek²⁾ Moränen sowohl in der Thaltiefe als auch an den Abhängen des Prielmassivs beobachtet. Am Steyr-Ursprung sind die Thalsohle und die Seitenböschungen von Grundmoränen stellenweise förmlich ausgekleidet, welche fast überall zu Tage treten, wo nicht Gehängschutt alles überdeckt.

Einen der schönsten und interessantesten Aufschlüsse fand ich an der Einmündung des Weissenbaches in die Thalweitung von Stoder. Hier ist an der rechten Seite des Grabens eine typische Grundmoräne entblösst, voll gekritzter und polirter Geschiebe; dieselben sind in einer weisslichen Mörtelmasse eingebettet und wurden durch die nachherige Erhärtung des Bindemittels ziemlich fest unter einander verkittet. Was diese Stelle ganz besonders beachtenswerth erscheinen lässt, ist der Umstand, dass hier die directe Berührung zwischen der Grundmoräne und dem anstehenden Fels zu bemerken ist. Der letztere, ein dunkelgrauer Dolomit des Muschelkalkes, ist nun aber dort, wo ihm die Moräne aufliegt, keineswegs angeschliffen und geglättet, sondern er ist im Gegentheile unter derselben aufgearbeitet und zertrümmert, und die Bruchstücke sind in die Moräne einverwoben. Es ist nun sehr schön zu sehen, wie die Ablagerung in der Nähe des Contacts mit der Gebirgsunterlage fast ausschliesslich aus eckigem Getrümmer und bröckligem Grus besteht, und wie nach aufwärts zu immer mehr und mehr eine Abrundung der einzelnen Stücke sich geltend macht; die mittleren und oberen Partien der Moräne haben ganz den normalen Charakter und enthalten fast durchgängig gutgerundete Geschiebe. Die Erscheinung spricht für sich selbst, und ihr an Ort und Stelle gegenüber, braucht man deswegen durchaus nicht zu den „extremsten Enthusiasten für Gletschererosion“³⁾ zu gehören, um sofort zu der Ueberzeugung zu gelangen, dass hier in der That eine andauernde Aufarbeitung und Losreissung des festen Gesteins durch den Gletscher

¹⁾ Umgebungen von Spital am Pyhrn; Nr. 26 der geologisch colorirten Specialkarte von Oesterreich ob und unter der Enns, 1:144.000.

²⁾ Bericht über die Arbeiten der II. Section. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, III, 1852, IV. Heft, pag. 70.

³⁾ Heim, Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart 1885, pag. 383.

selbst stattgefunden habe. Der Einwand, dass die betreffenden Gesteinsstücke in Folge der leichten Zerstorbarkeit des Dolomits als in Schutt aufgelöste Kruste des Grundgebirges schon bereit lagen, bevor der Gletscher erschien, kann nicht gemacht werden, da ja solch' eine locale Schuttanhäufung bei der langen Dauer der Eiszeit längst ausgefegt und hierbei ausserdem in ihren einzelnen Theilen in Geschiebeform umgewandelt worden wäre. Daraus, dass in der Grundmoräne zu unterst scharfkantige, regellose Trümmer mit nur wenig untermischten Geschieben auftreten, geht vielmehr mit unabweislicher Sicherheit hervor, dass hier, so lange dieselbe überhaupt in Bewegung war, stets ein Neuhinzukommen von eckigem Material erfolgte, was unter dem Gletscher nur durch dessen eigene Wirksamkeit veranlasst werden konnte. Wir werden übrigens auf diesen Punkt später noch ausführlicher zurückkommen.

Nicht unbedeutend müssen die Eisströme gewesen sein, welche von dem sanftcontourirten, langgestreckten Rücken des Warschenocks ausgingen, der — ein Zwitterding von Stock und Kette — den Uebergang von der Hochplateaubildung des Todten Gebirges zu dem ausgeprägten Gliederbau der Pyhrgassgruppe vermittelt. Die Hauptabfuhr geschah zwar auch hier nicht in das Gebiet der Steyr, sondern erfolgte südwärts nach der Enns; aber in den gegen Norden geöffneten Karen besass der Berg doch vorzügliche Sammelstätten für die Ernährung von Gletschern, deren Spuren bereits auf dem vorerwähnten alten Aufnahmeblatte¹⁾ bei dem kleinen See im Loigisthal, sowie auf der Sturschen Uebersichtskarte²⁾ in der Nähe von Glöckl angegeben sind. Endlich spielte noch das Sengsengebirge bei den Glacialvorgängen eine active Rolle, wemgleich ich an der Windischgarsten zugekehrten Seite seines breiten Stockes keine diesbezügliche Belegstelle entdecken konnte.

Von den verschiedensten Seiten her erstreckten sich also Eismassen in die Tiefe des schönen Gebirgskessels von Windischgarsten, und dass sie nicht auf halbem Wege mit ihrem Lauf zu Ende waren, sondern den Boden des Beckens erreichten und sich dort zu einem respectablen Gletscherkörper von eiszeitlichen Dimensionen vereinigten, dies geht aus dem Vorkommen von Grundmoränen hervor, welches ich in der Umgebung Windischgarstens, und zwar insbesondere auf der Terrasse des Teichlfusses südlich vom Radling-Berg, beobachtete. Auch das vereinzelte erratische Auftreten von Tauerngesteinen, welche über den Pass Pyhrn aus dem Ennsthale herüberkamen, ist ein Anzeichen für die einstige Eiserfüllung dieses Beckens.

Welche Mächtigkeit freilich das Eis hier besessen habe, dies lässt sich leider nicht mehr eruiren; das ist mitunter eine sehr mühevoll Sache in Thalzügen, welche an der Grenze verschiedenartiger Gesteinszonen verlaufen, es ist aber ein Ding fast der Unmöglichkeit in abgeschlossenen Gebieten innerhalb des Bereichs mesozoischer Formationen. Hier ist der Wechsel des Gesteins so häufig, und die einzelnen petrographisch meist schwer unterscheidbaren Kalkarten besitzen eine so

¹⁾ Umgebungen von Spital am Pyhrn.

²⁾ Geologische Uebersichtskarte der Neogen-Tertiären, Diluvial- und Alluvial-Ablagerungen im Gebiete der Nordöstlichen Alpen. Wien 1855.

weite und sprungweise Entfaltung, dass nur in seltenen Fällen mit Berechtigung von erratischen Kalkblöcken im Kalkgebirge wird gesprochen werden können. Die Grundmoränen lassen uns hier ebenfalls im Stich, denn wenn ihre Geschiebeführung nicht auf einen bestimmten Ursprungsort verweist, können sie ebensogut von einem localen Hängegletscher, wie von dem Hauptgletscher des Thales herrühren. Wo Grundmoränen vorhanden sind, dort war Eis in Bewegung; aber ob sich dieses über das Gehänge nach abwärts oder demselben entlang in der Thalrichtung bewegte, dies kann, wenn nicht andere Merkmale in der Zusammensetzung der Moräne hinzukommen, aus ihrem blossen Dasein nicht erschlossen werden.

Ebendasselbe gilt von den moutonnirten Formen der Berghänge bei Ermanglung wohlerhaltener Gletscherschliffe, welche durch ihre Streifung auf die Richtung des Gletscherschubs verweisen. In manchen Hochthälern der Schweiz und Tirols lassen dieselben zwar auf grössere Entfernung hin eine deutliche Höhengrenze ihres Auftretens erkennen, aber in unserem Gebiete ist dies nicht der Fall, und wir müssen deshalb auf ihre Mithilfe bei der Bestimmung der einstigen Gletscherhöhe verzichten. Eine letzte Hoffnung könnte noch auf das Vorkommen alter Ufermoränen gesetzt werden, doch fehlen solche im Bereiche der Steyr ebenso wie in jenem der Enns, und wie auch in den Thälern der Nordtiroler Kalkalpen ¹⁾, während im Salzachgebiete ²⁾ und besonders in den Gebirgen Berchtesgadens ³⁾ kleine Reste desselben mitunter noch erhalten sind.

Das Eine steht jedoch fest, dass das Eis in dem Becken von Windischgarsten lange nicht mehr jene Mächtigkeit erreicht hatte, wie im Ennsthal. Abgesehen von der ausserordentlichen Weite des Kessels, welcher durch die Gletscherströme seiner eigenen Bergrunde erfüllt werden musste — der Zufluss aus dem Ennsthal war nicht bedeutender als irgend ein anderer localer Gletscher — so geht jedoch gerade aus dem Ueberfliessen des Eises über den Pass Pyhrn aus dem Ennsthale hervor, dass das allgemeine Niveau des Eises auf der nördlichen Seite des Passes tiefer lag als im Süden. Da nämlich, wie gezeigt wurde, beim Pass am Pyhrn nicht so sehr ein sich Hinüberschieben der Eismassen des Ennsgletschers in Folge eigener Druckwirkung desselben, sondern vielmehr ein ruhiges Abfliessen ihrer oberen Partien stattfand, so muss eine beträchtliche Höhendifferenz zwischen der Eisoberfläche von hüben und drüben bestanden haben. Wäre das Eis zu beiden Seiten des Passes gleich hoch gestanden, so hätte über dem letzteren Gleichgewicht geherrscht, und es wäre dort um so weniger zu einer Bewegung des Eises nach der einen oder anderen Richtung hin gekommen, als der Pass ziemlich weit abseits von dem eigentlichen Gletscherstromstrich des Ennsthals, sowie des Steyrthals gelegen ist.

Wir können also wohl behaupten, dass der Gletscherarm, welcher im Passe Pyhrn die Kette der Kalkalpen durchbrach, auf der nördlichen Seite desselben sich zur Tiefe senkte, aber um welchen Betrag dies

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen etc., pag. 92.

²⁾ E. Brückner, Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Mittheilungen d. Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, 1885, pag. 21.

³⁾ Nach freundlicher Mittheilung Herrn Dr. Penck's.

geschah, und welche Dicke die Eismassen in dem Kessel von Windischgarsten erreicht haben, auf diese Fragen bleiben wir die Antwort schuldig.

Wir müssen uns somit darauf beschränken, den Gletscher in seiner horizontalen Erstreckung zu verfolgen. Aber auch hier begegnen wir denselben Schwierigkeiten wie vorher im Ennsthale, und zwar aus ebendenselben Gründen. Der Gletscher zwängte sich durch die Thaleuge von Klaus hindurch und hinterliess hin und wieder Grundmoränen auf der Schotterterrasse des Flusses. Hier kam von links her durch das Thal der Steyrling vermuthlich ein Zufluss heraus, welcher von dem Nordabfall des Todten Gebirges ausging. Hauenschild¹⁾ hat eine 20 Meter mächtige Grundmoräne dieses Eisstromes in der Hasl beschrieben, welche in ihren oberen Theilen Spuren von Schichtung — ein untrügliches Zeichen langandauernder Ablagerung — erkennen lässt. Ich fand diese Beobachtung bestätigt, aber ob der Gletscher wirklich bis in das Steyrthal herausgedrungen sei, dessen konnte ich mich nicht vergewissern.

Wie dem auch sei, der Steyrgletscher scheint nunmehr in dem engen Thale seinen letzten Kraftvorrath verbraucht zu haben, denn in dem schönen flachen Becken von Leonstein und Molln hat er keine Zeichen einstiger Anwesenheit mehr hinterlassen. Unterhalb Klaus, woselbst die rundlichen Kuppen der niederen Dolomithügeln bei der Wallfahrtskirche Frauenstein sehr an Rundhöckerformen erinnern, sandte der Gletscher noch einen Zweig rechts ab in den Paltenbach hinein und übersäte den Terrassenboden und auch die Wiesenhänge der Ramsau mit grossen, meist eckigen Blöcken, welche schon von Čžjžek²⁾ als fremde Eindringlinge, als echte Gletscherblöcke erkannt wurden. Die meisten dieser Blöcke bestehen aus einem dunklen Liaskalk, während in der Umgebung lichte obertriasische Kalke und Dolomite anstehen. Ihre Grösse ist mitunter recht bedeutend, einer erreicht sogar eine Länge von zwölf Schritten. Sonderbar ist es, dass auch noch ein centralalpiner Urgebirgsblock hierher verschlagen wurde; derselbe liegt auf der sanften Bergkante im Winkel der weiter aufwärts folgenden Thalkrümmung, zwischen der Ramsau und der Hopfing, 80 Meter über der Thalsohle, 590 Meter über Meer. Er besteht aus granatenführendem grünlichen Glimmerschiefer und ist einen Meter lang und je $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{5}$ Meter breit und hoch. Aus der Höhenlage seines Vorkommens lässt sich folgern, dass der Steyrgletscher bei Frauenstein noch eine Mächtigkeit von fast 200 Meter besessen habe. Dieser hat deshalb sicherlich auch den niederen Sattel gegen das Kremsthal (495 Meter Sp. K.) überflossen, doch konnte ich dort keine Glacial-Erscheinungen erkennen.

Das erwähnte Thal der Hopfing besass auch einen localen Gletscher, welcher von der nördlichen Seite des Sengsengebirges herabkam. Im Hintergrunde des Thales findet sich bei der Mistelebenalpe die Andeutung einer Ufermoräne — der einzigen, welche ich in diesem Theile der Alpen bemerkte; dieselbe dürfte indessen schon aus der Rückzugsperiode des Gletschers herkommen. Der hereinreichende Zweigarm des Steyrgletschers, soleherart verstärkt, schob sich nun noch durch die

¹⁾ Ueber einige Reste der Glacialperiode im Alm- und Steyrlingthal. Verhandl. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, 1870, pag. 62.

²⁾ l. c., pag. 70.

Garnweith über eine unansehnliche Bodenschwelle von nur wenigen Metern Höhe hinweg und drang hinaus bis gegen Molln, woselbst er am Ausgange der Thalung, am Rande des Beckens, eine prächtige Endmoräne (513 Meter O.-A.) hinterliess.

Dieser Moränenwall, welcher sich von dem linken Thalgehänge löst, besitzt, aus dem Thalinneren gemessen, eine Höhe von 50 Meter und fällt gegen Molln zu ungefähr 60 Meter ab; seine Neigung nach innen beträgt 28 bis stellenweise 34°, jene nach aussen jedoch nur 22—25°; er bildet einen nach der letzteren Richtung hin convexen Bogen, welcher sich fast bis auf die andere Thalseite hinüberzieht und dort von dem kleinen Bache durchbrochen wird. Unten am Wasser steht ein dunkler Dolomit an, aus welchem möglicherweise auch noch der untere Theil des begrüntten dammartigen Gebildes bestehen mag; höher oben aber befindet sich an der Aussenseite desselben eine Schottergrube, in welcher nichts mehr von anstehendem Gestein zu sehen ist. Im Aufschluss bestehen die untersten Partien aus feinem Sand mit eingestreutem Grus, welcher hier und da streifenförmig angeordnet ist. In den höheren Lagen gewinnen kleine Geschiebe die Oberhand über den Sand und wachsen an bis zu Faustgrösse; noch höher oben überwiegen grössere Geschiebe, aber auch hier findet sich dazwischen immer noch feiner Sand und Grus, mitunter dünne Lagen zwischen der Schottermasse bildend. Die Geschiebe sind meist wohlgerundet, mindestens aber kantengerundet; ganz eckige Stücke sind unter ihnen selten. Auch grosse Blöcke von mehrfacher Kopfgrösse treten auf; manche Stücke zeigen Politur und Kratzung, viele lassen noch Spuren hiervon erkennen. Eine deutliche Schichtung ist in den Schotterlagen nicht zu bemerken, nur in den unteren Partien, in denen der Sand vorherrscht, macht sich eine solche in geringem Masse geltend.

Diese Charaktere sind bezeichnend für einen bestimmten Typus von Endmoränen, wie er von Penck¹⁾ aus der Gegend von Landsberg, an der westlichen Begrenzung des alten Isargletschers, beschrieben wurde. Diese Endmoränen bestehen aus dem von den Schmelzwässern noch unter dem Gletscher gewaschenen Material der Grundmoräne, welches am Ende desselben in Gestalt eines flachen Schotterkegels abgelagert wurde; nach dem Rückzuge des Eises blieb der letztere als Stirnwall zurück, welcher in der Regel seinen steileren Abfall dem Gletschercentrum zukehrt.

Ob sich in unserem Falle der ganze Wall aus losen Massen aufbaut, konnte ich in Ermanglung von Entblössungen an geeigneten Stellen nicht entscheiden; die Aufschlüsse am Bach, welcher den Riegel durchbricht, lassen fast vermuthen, dass sein unterer Theil noch aus anstehendem Gestein bestehe. Wir müssen uns deshalb die Frage vorlegen, auf welche Weise solch eine Riegelbildung im anstehenden Fels entstanden sein könnte.

Würde der besagte Wall zu unterst wirklich schon aus festem Fels bestehen, dann ginge hieraus nichtsdestoweniger noch lange nicht hervor, dass dieser untere „anstehende“ Theil seiner Form nach älter sei, als die Moräne, welche ihn überlagert; es müsste ja doch ein ganz ausserordentlicher Zufall gewesen sein, wenn die Moräne just auf

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen etc. pag. 117.

dem Rücken einer solchen schon von früher her bestehenden Felschwelle zur Ablagerung gekommen wäre. Hingegen kann man sich sehr wohl vorstellen, dass früher der allgemeine Boden des Thales in jener Höhe lag, bis zu welcher heute noch der Riegel aus anstehendem Gesteine besteht, und dass nun an irgend einem Punkte dieses alten Thalbodens der Gletscher geendet und dortselbst einen Stirnwall hinterlassen habe. Dieser sperrte nach dem Rückzuge des Gletschers das Thal ab und erzeugte in demselben einen See, von dessen Abfluss er nach und nach in seiner ganzen Mächtigkeit durchbrochen wurde, wenn dies nicht etwa schon während seiner Anhäufung selbst erfolgte. Die Erosion steht aber nicht stille, und die Thalgewässer werden nach der Durchsägung des Walles auf eine weitere Vertiefung des Thalbodens hingearbeitet haben. Hierbei waren nun aber die blossliegenden Theile des letzteren der Erosion leichter zugänglich als jene, welche durch die darüber liegende Moräne mehr oder weniger geschützt waren, und so konnte es geschehen, dass die Moräne mit ihrer unmittelbaren Felsunterlage immer höher und höher aus dem Thalboden herauspräparirt wurde. So wie die heutigen Moränen auf den Gletschern das unter ihnen liegende Eis vor der Ablation beschützen und dadurch Veranlassung zu einer sockelartigen relativen Erhebung ihrer Unterlage über die freie Eisoberfläche geben, so ähnlich konnten alte mächtige Moränenwälle ihre feste Gesteinsunterlage der Erosion entziehen und eine Sockelbildung im anstehenden Fels unter sich bedingen. In dem vorliegenden Falle erscheint diese Speculation noch haltbarer in Folge des Umstandes, dass weiter oberhalb in der That in geringer Höhe über dem heutigen ein alter Thalboden in Gestalt einer lateralen Felsterrasse auftritt.

Der hier angedeutete Vorgang ist indessen nur an solchen Orten möglich, an denen die Erosion keine allzu rasche und intensive Wirksamkeit entfaltet, also vornehmlich in kurzen flachen Thälern, welche abseits von den Hauptwegen des fliessenden Wassers gelegen sind. In den grossen Thalzügen hingegen sind gerade die Moränenwälle der alten Gletscher als störende Unterbrechungen einer gleichförmigen Bodengestaltung einem besonders lebhaften Angriff seitens der nivellirenden Agentien ausgesetzt gewesen und fielen der Uebermacht späterer Einwirkungen spurlos zum Opfer. Wenn nun aber ein derartiger Moränenwall mit anstehendem Gesteinssockel einmal besteht, so kann es sich im Lauf der Zeiten auch ereignen, dass die Moräne von ihrer Unterlage wieder entfernt wird, und dass dann die letztere allein als fester Gesteinsriegel zurückbleibt. Derlei Felssporne findet man nicht allzu selten an den Ausgängen von Seitenthälern in ein Hauptthal, und es liegt nicht ganz ausser dem Bereich der Möglichkeit, dass manche derselben in der angegebenen Weise zur Bildung gelangten. Die Erosion ist übrigens im Stande, derartige Formen auch ohne Rücksicht auf eine allfallsige Vorzeichnung derselben durch Gletscherwälle — oder überhaupt durch Schuttbedeckung irgend welcher Art — aus eigenster Machtvollkommenheit zu schaffen. Dass jedoch durch solche Erosion — erfolge nun dieselbe bedingt oder unbedingt — nie und nimmer eine ununterbrochene Felsenschwelle durch die ganze Thalbreite hindurch, also kein Seebecken in anstehendem Gestein erzeugt werden kann, ist wohl nicht erst besonders zu bemerken.

Bei Molln also sehen wir den Seitenarm des Steyrgletschers enden, welcher den Eibling-Berg durch die Ramsau und die Garnweith umfloss. Minder glücklich sind wir im Hauptthale selbst, hier ist unterhalb Frauenstein keine Spur des Gletschers mehr zu erkennen. Ebenso wie in dem Thal der Enns, bezeichnet auch hier im Steyrthal keine Stirn- moräne das Ende des einstigen Gletschers, und wir können dasselbe deshalb wiederum nur approximativ bestimmen. Keinesfalls hat die Zunge des Steyrgletschers zur selben Zeit, als die Endmoräne bei Molln zur Ablagerung kam, das Becken von Leonstein und Molln bis zur Verschmelzung mit dem Garnweither Zweige erfüllt, da sonst die Bildung jener Moräne nicht hätte vor sich gehen können. Da nun aber keinerlei Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass der Gletscherarm, welcher durch die Garnweith herausdrang, jemals sich über die besagte Endmoräne hinauserstreckt hätte, so müssen wir wohl muthmassen, dass auch der Hauptast des Steyrgletschers bald nach seinem Austritt in die Leonsteiner Thalweite die Grenze seines Vordringens gefunden habe. Der Steyrgletscher endete demnach in einer Meereshöhe von ca. 420 Meter, erreichte also fast dieselbe Tiefe, wie der alte Gletscher im Ennsthale, und blieb ebenso wie jener auf das Gebirge selbst beschränkt.

In das Becken von Molln mündet von Osten her das Thal der Krummen Steyrling, welches an der östlichen Flanke des Sengsengebirges entspringt und ebenfalls einen localen Gletscher beherbergte. Das Thal setzt sich in der Nähe seines Ursprunges aus zwei Aesten zusammen, dem Bodinggraben, welcher südwärts über die Uebergangshöhe am Haslers Gatter (1166 Meter Sp.-K.) mit dem Gebirgskessel von Windischgarsten communicirt, und dem Blottenbach, welcher unter dem Hohen Nock, dem Culminationspunkte des Sengsengebirges, entspringt und den Nordabsturz des Plateaurandes gegen Osten begleitet. In beiden Gräben haben sich Spuren der einstmaligen Vergletscherung erhalten. In dem ersteren finden sich nächst der Rumpelmaierreith¹⁾ Grundmoränen, deren Geschiebe zwar gekritz, meist aber nur roh geglättet sind, was auf einen kurzen Transport derselben unter dem Eise, also auf die Nähe des betreffenden Gletscherursprunges, verweist. Haslers Gatter lag auch wirklich hoch über dem Niveau des Eises auf der anderen Seite, so dass von einem Ueberfließen an dieser Stelle nicht im Entferntesten die Rede sein kann. Im Blottenbach sind zwar keine Moränen erhalten, dafür aber liegen auf den steilen Bergwiesen ober der Polterauer (Blumauer) Alpe grosse Gletscherblöcke umher, die nur mittelst Absatzes durch einen Eisstrom auf so stark geneigter Unterlage zur Ruhe gekommen sein konnten. Ausserdem macht sich hier an den Berghängen und auf der Thalsohle mitunter eine rundhöckerartige Abrundung bemerkbar. Von der Vereinigung dieser beiden Quellzweige nach abwärts liegen im Thalgrunde allenthalben grosse Blöcke umher, welche von Čžjžek²⁾ als erraticus angesprochen wurden.

¹⁾ Unter „Reith“ versteht man in diesem Theile des Gebirges solche Alpenwirthschaften, welche nur im Früh- und Spätsommer bezogen sind, während im Hochsommer die höher gelegenen eigentlichen „Almen“ besiedelt werden. Es entspricht dieser Ausdruck der in Tirol üblichen Bezeichnung „Niederläger“ im Gegensatze zu „Hochläger“.

²⁾ l. c., pag. 20.

Im Uebrigen fehlen auf dieser Strecke sichere Glacialerscheinungen bis unterhalb Meserer, wo am Fusse des Altersteins die Reste einer Endmoräne auftreten. Dieselbe baut sich aus geschrammten und polirten Geschieben, sowie aus gerundeten Blöcken verschiedenartiger Kalke auf, denen sich auch kantige Trümmer zugesellen, dazwischen feiner Gletschergrus und Schlamm. Die Moräne erhebt sich im Mittel 17 Meter aus dem Thalinnern, welches hier 550 Meter über dem Meere gelegen ist. Unterhalb derselben fehlen die grossen Blöcke, welche früher den Thallauf begleiteten.

Ich hatte ursprünglich die Absicht, auch das Almthal in das Bereich dieser Untersuchungen zu ziehen; anhaltendes Regenwetter zur Zeit meines Besuches liess indessen diesen ziemlich resultatlos verlaufen. Ich konnte nur die Beobachtungen Haenschild's wiederholen betreffs Gletscherspuren in der Hetzau und in der Umgebung des Almsees. Die beiden Oedenseen, welche mitten in einem Gewirr von kleinen isolirten Hügeln liegen, die dem Thalboden aufgesetzt sind, dürften sich in der Folge als Moränenseen erweisen. Moränenschutt liegt in gewaltigen Mengen umher, und vermuthlich bestehen die einzelnen niederen Hügeln ganz aus demselben.

In der Habernau, wo das Thal der Hetzau mit dem Almthal sich vereinigt, ist eine typische Moränenlandschaft entwickelt, welche sich aufwärts bis zum Almsee und abwärts bis unter die Eystenau verfolgen lässt, und die sich auch in das Thal der Hetzau mit geringen Unterbrechungen bis zu den Oedenseen hineinzieht. Die Sohle des Thales ist ganz bedeckt von kleinen Hügeln und Hügelzügen, welche sich als Moränenwälle zu erkennen geben. Mehrere derselben sind von der Strasse angeschnitten, wodurch ihr Inneres entblösst wird; sie bestehen aus Kalkschutt, wie er in den Endmoränen der heutigen Gletscher im Kalkgebirge auftritt, nur selten finden sich darunter auch gekritzte Geschiebe. Ob diese Wälle das Ende des Gletschers während seiner grössten Ausdehnung bezeichnen, dies muss vorläufig noch dahingestellt bleiben. Bei dem beschränkten Einzugsgebiete des Gletschers und der Steilheit des Abfalls, mit welchem sich dasselbe im Hintergehänge des Thales von 2000 Meter Höhe auf 700 Meter herabsenkt, ist es allerdings nicht sehr wahrscheinlich, dass der Gletscher in dem tiefen und weiten Thale noch eine beträchtlichere Strecke über die Eystenau hinaus vorgedrungen sei, bei welcher die Thalsole ohnehin nur mehr eine Höhe von 560 Meter besitzt. Der eiszeitliche Almgletscher dürfte seiner Grösse nach einem unserer grösseren centralalpinen Gletscher zu vergleichen gewesen sein und auch sonst manche Aehnlichkeit mit einem solchen gehabt haben. Er war mit mächtigen Oberflächenmoränen bedeckt, aus deren Material sich seine Endmoränen vorzugsweise aufbauten. Dass sich diese letzteren hier erhalten haben, während sie anderswo fehlen, rührt daher, dass sie in Folge der Wildheit und Zerrissenheit des Gebirges hier von vorne herein verhältnissmässig bedeutende Dimensionen erlangten, und dass der Thalboden, auf dem sie zur Ablagerung kamen, flach und breit ist, so dass das fliessende Wasser keine besonders intensive Wirksamkeit entfalten konnte. Thalaufwärts liegt in nächster Nähe der Almsee; wie die Sümpfe an seinem unteren Ende erweisen, hat sein Wasserspiegel einstmals eine viel grössere Ausdehnung besessen und sich bis dicht an die Moränenlandschaft heran erstreckt, was ebenfalls deren Erhaltung begünstigte.

IV. Capitel.

Accumulation und Erosion.

Die Schotterterrasse an der unteren Enns. — Fehlen derselben im oberen Ennsthal und dadurch bedingte Verschiedenheit des Charakters der Landschaft. — Mächtigkeit und Gefäll der Terrasse. — Entstehungsweise derselben. — Geschiebeführung; Accumulation und Erosion. — Jeder Fluss der eigene Regulator seines Gefälls; Verstärkung desselben durch Accumulation, Verminderung durch Erosion. — Beide wirken direct von oben nach abwärts, indirect in ihren Folgen nach rückwärts und aufwärts. — Schotter- und Felsterrassen. — Gefällsverhältnisse derselben. — Durchsägung einer aufstrebenden Faltung. — Ursache der Entstehung von Schotterterrassen. — Aenderung der Wassermenge ohne Belang; Aenderung der Geschiebeführung von umso grösserem Einfluss. — Verwitterung. — Herabdrückung der Höhenregionen des Gebirges. — Eiszeit. — Glacialschotter.

Wenn man von Amstetten kommend mittels der Rudolfsbahn das untere Ennsthal hinauffährt, so behält man auf der ganzen Strecke zwischen Kastenreith und Ilieflau ein ziemlich eintöniges Landschaftsbild vor Augen. Man bleibt während dieser Fahrt beständig in der Tiefe einer engen Schlucht, in welcher der wildschäumende Fluss zwischen hohen Steilwänden von horizontal geschichteten Schotterbänken und Conglomeratmassen dahin rauscht; die eigentlichen Thalgehänge bleiben zumeist hinter dem oberen Rand des Absturzes verborgen, nirgends wird ein freier Ausblick in die weitere Umgebung zu Theil. Verlässt man jedoch etwa bei der Station Weissenbach die Bahn und folgt der Strasse, welche sich schräge an dem Conglomeratabbruch hinanzieht, bis auf die Höhe von Altenmarkt, so ist man erstaunt ob der ungeahnten Weite der Gegend und über den schönen ebenen Plan, welcher sich hier, hoch über dem Fluss, als der eigentliche Thalboden zu erkennen gibt. Nur auf geringe Breite ist derselbe durch den Schlund der schmalen Erosionsfurchen unterbrochen, welche sich das Wasser erst in neuerer Zeit für seinen Lauf geschaffen, drüben aber setzt sich der Boden in derselben Höhe wieder gleichmässig fort. Die frühere Thalsole, welche durch Aufschüttung des schon vorher bis zum heutigen Flussniveau vertieften Thalgrundes entstanden war, erscheint demnach gegenwärtig als eine fortlaufende Terrasse, auf welcher die meisten Ortschaften liegen, und auf der sich auch zum grössten Theil das culturelle Leben der Thalschaft abspielt.

Nicht überall konnte jedoch die Terrasse ihren Zusammenhang bewahren, an besonders engen Stellen haben sich mitunter nur Rüdimente derselben erhalten, und überall dort, wo ein Seitenthal oder ein Nebengraben einmündet, wurde sie von dem betreffenden Gewässer bis zur Tiefe des Ennsflusses hinab durchbrochen und durchsägt. Auf diese Weise wurde die Terrasse an manchen Orten förmlich zerstückelt und erscheint nunmehr in zahlreiche einzelne Vorsprünge aufgelöst, auf deren begrüntem, mit Wald und Feld bedeckten Höhen sich jeweils das Gehöfte eines Bauers befindet, welcher dort oben in stiller Abgeschlossenheit gleichsam wie in einem eigenen Königreiche schaltet und waltet. Hier, auf der Oberfläche der Terrasse, erscheint das Ennsthal nicht mehr als eine enge Schlucht, sondern es treten die Berghänge mitunter auf sehr beträchtliche Entfernungen auseinander, um sich

freilich stellenweise wieder sehr bedeutend gegenseitig zu nähern. Die Strasse hält sich fast immer an die Höhe der Terrasse, und da diese sehr oft unterbrochen ist, steigt sie zum Aerger des Wanderers beständig bergab, bergauf; bald zieht sie unten in der Wildniss dicht am brausenden Fluss dahin, bald schlängelt sie sich wieder durch wogende Kornfelder auf der Oberfläche des Thals: ein unaufhörlicher lästiger Wechsel von Höhenverlust und Wiedereinbringung desselben, nicht minder verbunden aber auch mit einer ansprechenden steten Veränderung der Scenerie. In dem dahineilenden Eisenbahnzuge am Grunde der Schlucht merkt man von alledem so viel wie nichts; man sieht nur den Fluss und das Conglomeratgemäuer zu seinen Ufern, und indem man von der Existenz des ebenen Thalbodens hoch droben keine Ahnung hat, nimmt man eine ganz falsche Vorstellung von dem physiognomischen Charakter der Thalung mit nach Hause.

Wie anders hingegen gestaltet sich das Bild, welches dem Reisenden nach Passirung der engen Felsenkehle des Gesäuses, beim Eintritt in das obere Ennsthäl sich eröffnet! Breit und flach dehnt sich die Sohle des Thals, wie der Boden einer Wanne, eingesenkt in den Höhenzug des Gebirges. Dieses präsentirt sich allerorten in seiner vollen Grösse und Entfaltung und beherrscht die Gegend ringsum in weiter Runde. In vielen Windungen und Krümmungen schleicht der Fluss trägen Laufes dahin, Riedgräser, Schilf und Röhricht begleiten seine Ufer, und Sumpfboden und Torfmoore bilden mit dazwischen befindlichen Tümpeln und Lachen die ebene Fläche des Thales. So sehr ist die letztere stellenweise überwässert, dass auf den Fusswegen Laufbretter gelegt sind, um die Gehenden vor allzu tiefem Einsinken in den durchfeuchteten zähen Schlich und glimmerigen Schlamm des Bodens zu beschützen. Und diesen Charakter behält das Längenthal der Enns in seiner ganzen Erstreckung, bis zur Verzweigung in die inneren Quellthäler oberhalb Radstadt; überall dieselbe Weite, allenthalben die gleiche Versumpfung. Wo aber sind nun hier die mächtigen Geschiebemassen, aus denen die hohen Terrassen am Unterlaufe der Enns sich aufbauen? Fehlten sie hier etwa von Anfang an, oder wurden sie bereits gänzlich entfernt, oder aber liegen sie noch vollständig unter der heutigen Thalsohle begraben, und wird der Fluss erst bei weiterem „Rückwärtsschreiten“ der Erosion sich in dieselben einnagen?

Wir werden alle diese Fälle erwägen und hernach die Frage beantworten, wollen aber vorerst nochmals in das untere Ennsthäl zurückkehren und die Geschieberrasse dortselbst eingehender studiren.

In einer ansprechenden Abhandlung „Ueber Periodicität der Thalbildung“ hat Penck¹⁾ darauf hingewiesen, dass es in den Gebirgsthalern zweierlei Arten von Terrassen gebe, welche ganz verschiedenen Vorgängen ihre Entstehung verdanken. Die einen sind „die Ueberreste von alten Flussbetten eines höheren Niveaus, entstanden in jenen Zeiten, während welcher die Thäler noch nicht bis zu ihrer heutigen Tiefe eingeschnitten waren; sie werden als Spuren des allmäligen Einschneidens der Thäler gedeutet“ und von Penck als Erosionsterrassen bezeichnet. Die anderen hingegen entstehen durch Auf-

¹⁾ Sep.-Abdr. aus den Verh. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1884, Nr. 1.

schüttung des Thales — welches schon vorher bis zu seinem gegenwärtigen Niveau vertieft war — durch die Geschiebmassen des Flusses, und durch abermaliges Einschneiden des letzteren in einer nachherigen Periode; sie erscheinen im Gegensatze zu den vorigen als Aufschüttungs- oder Accumulationsterrassen.

Diese Ansicht über die Existenz und die Bildung von Accumulationsterrassen ist übrigens nicht neu, ja es scheinen sogar dieselben früher die Aufmerksamkeit der Forscher erregt zu haben, als die Terrassen im anstehenden Gestein. Schon im Jahre 1844 spricht der Nestor unter den Alpengeologen, B. S t u d e r ¹⁾, von Geröllablagerungen, die sich an den Thalgehängen nicht selten bis in grosse Höhe aufwärts ziehen, „als ob der Strom einst das ganze Thal ausgefüllt hätte; der jetzige Thalbach hat sich zuweilen ein über hundert Fuss tiefes, sehr steiles und enges Bett eingegraben, ohne ihren Grund zu erreichen, und an den Abhängen findet man sie in Höhen von mehreren tausend Fuss über dem Thalboden.“ Auch den älteren österreichischen Geologen waren die Aufschüttungsterrassen wohl bekannt, v. Morlot nannte sie „Diluvialterrassen“ und war sich vollkommen darüber im Klaren, dass dieselben ihrer ganzen Mächtigkeit nach aus Geschieben und Conglomeraten (dem „älteren Diluvium“) bestehen und deshalb nicht als Geröll-Lager gedeutet werden können, „welche der Fluss beim Einschneiden in die Thäler hinterliess“. Dass der Letztgenannte bereits eine richtige Vorstellung von der Bildungsweise dieser Terrassen gewonnen hatte, geht aus seiner Beschreibung derselben in den „Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der Nordöstlichen Alpen“ hervor, sowie aus einem theoretischen Profil, welches ebendortselbst zur Mittheilung gebracht wurde. ²⁾ An einem anderen Orte ³⁾ spricht er sogar ausdrücklich von einer bei 100 Fuss hohen Terrasse, „die der Liesingdiluvialbach aufgeworfen hat“, und gibt an, dass sich die Mur bei Judenburg 200 Fuss tief in das ältere Diluvium „eingegraben“ habe. In der Folge scheint allerdings das Verständniss für die Aufschüttungsterrassen wieder mehr und mehr geschwunden zu sein, und bei Rütimeyer, v. Sonklar, Heim, Bodmer und Löwl ist fast ausschliesslich von Erosionsterrassen im festen Fels die Rede; man unterschied „Gehänge- oder Lateralterrassen“ im Gegensatze zu „Thalterrassen“ im engeren Sinn, aber die Accumulationsterrassen blieben vergessen, oder wurden doch nur wenig gewürdigt, bis sie durch P e n c k der wissenschaftlichen Beachtung wieder näher gebracht wurden.

Es sei nun vor Allem darauf hingewiesen, dass die Accumulationsterrassen stets nur in der Form von Lateralterrassen auftreten, dass jedoch die Conglomerat- und Schottermassen, aus denen sie bestehen, niemals zur Bildung von stufenförmigen Absätzen der Thalsohle Veranlassung geben, dass also „Thalterrassen“ im Sinne L ö w l's ⁴⁾ hier aus-

¹⁾ Lehrbuch der Physikalischen Geographie und Geologie, I. Bd., Bern 1844, pag. 267.

²⁾ Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der Nordöstlichen Alpen. Wien, 1847, pag. 69.

³⁾ Erläuterungen zur geologisch bearbeiteten VIII. Section der Generalquartiermeisterstabs-Specialkarte von Steiermark und Illyrien. Wien 1848, pag. 39.

⁴⁾ Ueber den Terrassenbau der Alpenthäler. Geographische Mittheilungen. Gotha, XXVIII, 1882, pag. 132, Anmerkung.

geschlossen sind. Es lässt dies darauf schliessen, dass einerseits den Aufschüttungsmassen an sich jene Eigenschaften fehlen, welche etwa im festen Gestein eine Prädisposition zur Ausbildung solcher Terrassen bedingen, und dass anderseits sich seit dem Bestande dieser Gerölllager jene äusseren Einflüsse nicht mehr wiederholten, welche möglicherweise selbstständig ein stufenförmiges Gefäll der Thäler zu erzeugen vermochten.

Die Geschiebeterrasse im unteren Ennsthale ist nicht überall von einer und derselben Mächtigkeit, sondern erhebt sich um so weniger hoch über das heutige Flussnivcau, je weiter thalabwärts sie gelegen ist. Folgende Uebersicht veranschaulicht dieses Verhalten auf das Beste:

	Mächtigkeit der Terrasse
Hieflau	76 Meter
Landl	70 "
Altenmarkt	60 "
Oberhalb Klein-Reifling	45 "
Unterhalb Kastenreith	32 "
Gross-Raming	30 "
Reich-Raming	28 "
Losenstein	25 "
Stadt Steyr	30 " ¹⁾

Dies steht nun aber in directem Widerspruche mit einer allgemeinen Aeusserung v. Morlot's ²⁾, laut welcher in den Alpenthälern die Diluvialterrassen immer in einem Niveau fortlaufen, „das sich nach und nach thalaufwärts hebt und ansteigt, aber langsamer als das jetzige Flussbett, so dass diese zwei Niveaus endlich in den höheren Regionen verschmelzen“. Um nun in die Sache Klarheit zu bringen, müssen wir zunächst untersuchen, auf welche Art und Weise derlei Terrassen überhaupt entstehen.

Der erste Vorgang bei der Bildung einer jeden Geschiebeterrasse ist die Ausfüllung des Thales bis zu einer gewissen Höhe mit den Geschieben des Flusses. Ein Fluss wird aber dort ablagernd wirken, wo er aus irgend welchen Gründen nicht mehr im Stande ist, die ganze Geschiebelast fortzubewegen, welche er höher oben mit sich führte. Die Transportfähigkeit des fliessenden Wassers ³⁾ hängt aber lediglich von der Stosskraft desselben ab und diese wiederum ist dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers direct proportional. Um demnach die transportirende Kraft eines ganzen Flusses für irgend ein Querprofil desselben zu bestimmen, braucht man blos den allgemeinen Ausdruck für die Stosskraft des Wassers an der bezüglichen Stelle mit der Breite der Grundfläche, auf welcher daselbst ein Geschiebetransport stattfindet, zu multipliciren. Die Geschwindigkeit eines Flusses ist aber ihrerseits wiederum abhängig von dem Gefälle und von der

¹⁾ Die grössere Mächtigkeit der Terrasse bei Stadt Steyr erklärt sich durch die starke Gefällsverminderung beim Austritt des Flusses aus dem Gebirge auf das Vorland.

²⁾ Erläuterung. z. geol. Uebersichtskarte d. Nordöstl. Alpen. Wien 1847, pag. 63.

³⁾ Mit Bezug auf die Fortbewegung von Geschieben an seinem Grunde.

Reibung des Wassers an den Wandungen des Flussbettes; sie wächst bei zunehmendem Gefäll und nimmt ab bei vermehrter Reibung. Die Reibung endlich ändert sich mit dem Inhalt des Stromprofils, und bei gegebener Grösse desselben ausserdem noch mit dem Umfang seiner Wandung (mit der Concentration des Querschnittes); ist der Inhalt des Stromprofils grösser, so sind mehr Wassertheilchen vorhanden, auf die sich die Verzögerung durch Reibung vertheilt, und die Geschwindigkeit wird grösser; bei gegebener Grösse des Stromprofils aber wird die Reibung dann am kleinsten und die Geschwindigkeit daher dann am grössten sein, wenn der Umfang der Wandungen des Flussbettes ein möglichst geringer, der Querschnitt desselben also ein möglichst concentrirter ist.

Wir sehen also die transportirende Kraft eines Flusses, welche dem Producte aus der Breite der Grundfläche in das Quadrat der Geschwindigkeit direct proportional ist, abhängig von dem Gefäll des Flusses, dem Inhalt seines Querschnittes und dem Grade der Concentration desselben. Bei einem und demselben Flusse werden aber diese drei Factoren bei sonst gleichen Umständen auch gegenseitig aufeinander einwirken, so zwar, dass sie in ihrer Gesamtheit stets die Function einer constanten Grösse bilden. Betrachten wir nämlich zwei verschiedene Querprofile eines und desselben Stromes, so ist klar, dass durch jedes dieser Profile in derselben Zeit dieselbe Wassermenge durchlaufen muss, wenn der Strom inzwischen keinen Zuwachs und keinen Verlust an Wasser erlitten. Bezeichnen wir die beiden Profile mit I und II und nehmen an, dass das Gefäll bei II grösser sei als bei I, die Concentration des Querschnittes jedoch in beiden Fällen dieselbe, so wird offenbar die Schnelligkeit des Wassers bei II grösser sein als bei I; da aber nun bei beiden Profilen die in gleichen Zeiten durchgehenden Wassermengen einander gleich sein müssen, so wird der Inhalt des Querschnittes bei II nothwendigerweise kleiner sein als bei I, damit der Zusammenhang des Flusses gewahrt bleibe. Ist in einem anderen Falle das Gefälle bei I und II dasselbe, jedoch die Concentration des Querschnittes bei II stärker als bei I, so wird wiederum bei II die Schnelligkeit des Wassers grösser und deshalb der Inhalt des Stromprofils kleiner sein, als bei I, doch ist leicht einzusehen, dass eine solche Aenderung in der Concentration des Querschnittes gegenüber einer Aenderung des Gefälles nur von untergeordnetem Einfluss sein werde, insolange ihr Ausmass eine gewisse Grenze nicht überschreitet.

In der Natur sind nun das Gefälle des Flusses und die Form seines Querschnittes, also die Concentration desselben, gewissermassen gegeben, und diese beiden Factoren werden somit jederzeit die Grösse des Querschnittes regeln. Wächst das Gefäll, so verkleinert sich der Querschnitt und umgekehrt; vermehrt sich die Concentration des Querschnittes, so wird sich der letztere ebenfalls an Grösse vermindern, da in beiden Fällen, mit dem Wachsen des Gefälles sowohl, als auch mit der Vermehrung der Querschnitts-Concentration eine Zunahme der Geschwindigkeit verbunden ist, und trotz der grösseren Geschwindigkeit in der Zeiteinheit nur dieselbe Wassermenge passiren darf wie vorher. Stromprofil und Geschwindigkeit sind einander umgekehrt proportionirt.

Man könnte nun sagen: wenn das Gefäll eines Flusses sich ändert und z. B. geringer wird, so vermindert sich zwar die Geschwindigkeit des Wassers und desgleichen daher auch dessen transportirende Kraft; zugleich aber wächst der Querschnitt des Stromes, und wenn nun dieses Wachsen nach der Breite erfolgt, so wird nun zwar an jedem Punkte mit geringerer Kraft, aber dafür auf einer breiteren Grundfläche transportirt, und es könnte sich dies mit Rücksicht auf den Gesamttransport möglicherweise compensiren. Dem ist aber nicht so, weil der Gesamttransport nur im Verhältniss mit der einfachen Flächenbreite wächst, auf welcher transportirt wird, hingegen mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des fließenden Wassers sich vermindert. Es wird also unter allen Umständen dort, wo das Gefäll des Flusses abnimmt, der letztere nicht mehr im Stande sein, das ganze Material, welches er früher mit sich führen konnte, weiter zu transportiren, und es wird somit dort, wenn er vorhin nach Kräften transportirte, zu einer Ablagerung von Geschieben kommen müssen. Ein ähnlicher Effect wird durch eine Verringerung der Concentration des Querschnittes eines Flusses erzielt werden; auch hier wird eine Ablagerung stattfinden.

Es vergegenwärtige nun die Linie $ABCD$ (Fig. 1) das Längs-

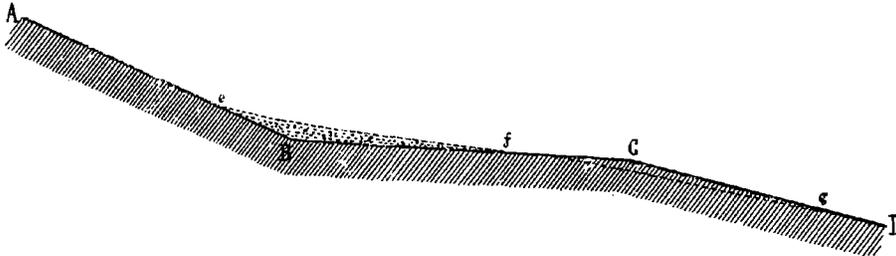


Fig. 1.

profil der Strecke eines Flussbettes von durchaus gleicher Concentration des Querschnittes, und wir nehmen an, es führe der Fluss bei A , wo er in diese Strecke eintritt, genau so viele Geschiebe mit sich, als seiner Stosskraft dortselbst entspricht. Auf der ganzen Theilstrecke AB wird es nun zu keiner Ablagerung von Geschiebmaterial kommen können, weil sich hier weder die Stosskraft des Wassers, noch die Breite des Flussbettes ändert, und somit gar keine Veranlassung dazu vorhanden ist, dass der Fluss seine Geschiebelast an jedem folgenden Punkte der Strecke AB nicht sollte ebensogut mit sich fortführen können, wie an jedem vorhergehenden. Bei B jedoch verringert sich das Gefälle und mit demselben auch die Geschwindigkeit des Flusses und seine transportirende Kraft, und es wird sich deshalb derselbe nunmehr eines Theiles seiner Geschiebelast entledigen müssen. Ebendasselbe wird auf den unterhalb B gelegenen Punkten der Strecke BC stattfinden, jedoch mit stets abnehmender Intensität, da sich ja die Geschiebelast des Flusses durch die Ablagerung beständig vermindert und endlich auf einen Betrag herabsinkt, welcher mit der transportirenden Kraft auf dem Gefälle von BC im Einklang steht. Etwa von dem Punkte f an wird also der Fluss nicht mehr abgelagern, sondern in Folge der vorher-

gegangen Ablagerung nunmehr auf der Strecke fC nur mehr so viele Geschiebe mit sich führen, als seiner transportirenden Kraft entspricht.

Bei C aber ändert sich abermals das Gefälle des Flussbettes, und zwar wird dieses nun von C bis D wiederum bedeutend stärker. In Folge dessen wird sich die Geschwindigkeit des Wassers wieder vermehren, und mit derselben auch die Transportkraft des Flusses. Der letztere führt aber bei C , wo er in die stärker geneigte Strecke CD eintritt, nur so viele Geschiebe, als er auf der minder geneigten Strecke fC zu transportiren vermochte, und es wird deshalb bei C und auf den weiter abwärts folgenden Punkten gegen D hin ein Ueberschuss an Kraft vorhanden sein, welcher nicht auf den Transport von Geschieben verwendet wird. Da nun aber die Arbeitsleistung stets mit der vorhandenen Kraft im Einklange stehen muss, so wird der besagte Kraftüberschuss bei und unterhalb C auf Erosion verwendet werden. Es wird der Fluss durch Erosion die Kante bei C im grossen Massstabe abstumpfen, und zwar so lange, bis durch diese Abstumpfung das Gefäll unterhalb C um so viel verringert und die Transportkraft des Flusses folglich so weit abgeschwächt ist, dass sich dieselbe in der Weiterschaffung der von oberhalb C herabgebrachten Geschiebe vollständig aufzehrt.

Bei C also schneidet der Fluss in Folge von Erosion ein und erniedrigt somit sein Bett, bei D hingegen lagert er ab und erhöht dasselbe. Erosion findet dort statt, wo der Fluss weniger Geschiebe mit sich führt, als seiner Arbeitskraft entspricht, Ablagerung hingegen erfolgt, wenn das umgekehrte Verhältniss eintritt. Gehen wir von der Geschiebeführung des Flusses als gegeben aus, so können wir sagen, der Fluss lagert ab, wenn sein Gefälle mit Rücksicht auf die fortzuschaffende Geschiebelast zu gering ist, er erodirt hingegen, wenn das Gefäll diesbezüglich zu gross wird. Nun sehen wir, dass das Flussbett durch Ablagerung erhöht, durch Erosion hingegen erniedrigt wird; mit partieller Erhöhung des Flussbettes ist aber eine Verstärkung des Gefälles, mit einer partiellen Erniedrigung eine Verminderung desselben verbunden; es wird also der Fluss im ersteren Falle sein Gefälle vermehren, im zweiten hingegen es verringern. In beiden Fällen erfolgt die Veränderung des Gefälles so lange, bis dasselbe der Geschiebeführung des Flusses genau entspricht. Ein Fluss hat also in sich selbst die Fähigkeit, die Neigung seines Bettes je nach Bedürfniss zu verringern oder zu vermehren, er ist der eigene Regulator seines Gefälles.

Es ist nun sicher und erscheint bei Betrachtung von Fig. 1 ganz selbstverständlich, dass sich die Ablagerung auf dem oberen Theil der Strecke BC nicht auf diese letztere beschränken, sondern sich an die vorübergehende steilere Strecke AB anlehnen wird, einen allmähigen Uebergang von der stärkeren Neigung zur schwächeren vermittelnd. Je höher bei B die Ablagerung wird, desto weiter wird sie an der Strecke AB hinaufreichen. Es schreitet also die Ablagerung von jenem Punkte, an welchem sie zuerst begann, nicht nur nach vorwärts und abwärts, sondern auch nach rückwärts und aufwärts vor, da nach Ablagerung jeder einzelnen Geröllschicht der Punkt, an welchem sich das Gefälle

ändert, weiter an der vorhergehenden steileren Strecke hinaufgeschoben wird. Fig. 2 soll dies des Näheren erläutern; die grösseren Blöcke

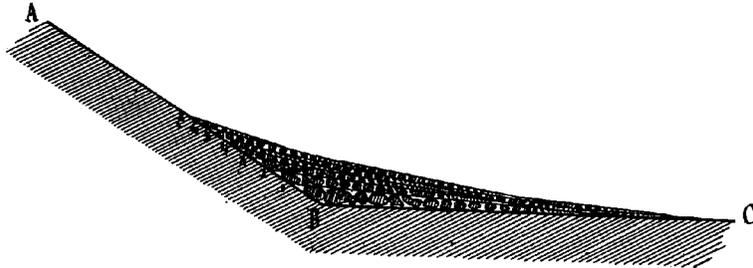


Fig. 2.

bleiben zuerst liegen, wodurch die einzelnen Schichten eine keilförmige Gestalt erhalten; die Gefälls-Änderung wird der Reihe nach von *B* auf die Punkte 1, 2, 3, 4 u. s. w. verlegt, rückt also an der Strecke *AB* aufwärts.

Ganz dasselbe findet auch bei der Erosion statt, denn wenn (Fig. 1) auf der Strecke *CD* erodirt wird, so wird der Angriffspunkt der Erosion immer weiter von *C* gegen *B* hin verlegt: die Erosion ist in gewissem Sinne „rückläufig“. Nichtsdestoweniger hat Tietze vollkommen Recht, wenn er in seinen interessanten „Bemerkungen über die Bildung von Querthälern“¹⁾ stets mit besonderem Nachdrucke betont, dass die Erosion im Wesentlichen immer von oben nach unten wirke. Es ist ja doch ganz klar, dass in unserem Beispiele zu allererst bei *C* selbst erodirt werden wird, und erst nachher der Reihe nach an den einzelnen aufeinander folgenden Punkten unterhalb *C*, denn bei *C* findet das Wasser jeweils zuerst Verhältnisse vor, welche eine Erosion bedingen. Es wird also immer erst oben erodirt und dann unten, und es schreitet mithin die Erosion als solche nach abwärts vor. Mit der Zeit verlegen sich freilich die Angriffspunkte der Erosion weiter flussaufwärts, und die Stellen, welche eine Erosion veranlassen, werden mithin unter deren Eingreifen flussaufwärts verschoben, aber die eigentliche Wirkung der Erosion erfolgt in jedem einzelnen Moment thatsächlich von oben nach unten.

Aus dem Umstande, dass Ablagerung wie Erosion in ihren Folgen von dem ursprünglichen Ausgangsorte sowohl abwärts, als auch aufwärts — vor- und rückwärts — schreiten, geht hervor, dass sich beide in den Zwischenstrecken bei hinlänglich langer Dauer des Vorganges schliesslich begegnen müssen, und dass sie somit im Vereine auf eine Ausgleichung der Unregelmässigkeiten des Gefalles der Thalsole hinarbeiten. Solche Unregelmässigkeiten bestehen, trotzdem das Wasser seit jeher, nämlich von dem Momente der Erhebung von Land

¹⁾ Einige Bemerkungen über die Bildung von Querthälern. Zweite Folge. Jahrb. d. k. k. Geologischen Reichsanstalt, XXXII, 1882, pag. 685—768.

und der Bildung von Gebirgen, darauf bedacht war, sich ein gleichmässiges Gefäll zu schaffen, beziehungsweise sich bestrehte, alle Störungen desselben gewissermassen im *status nascendi* zu überwinden. Wie man allenthalben sieht, ist ihm letzteres nicht gelungen, und es scheint somit gewisse noch nicht näher untersuchte Factoren zu geben, welche ungeachtet ihrer jedenfalls sehr langsam und ganz allmählig sich geltend machenden Einwirkung von dem fliessenden Wasser nicht in demselben Masse, in welchem sie nach und nach erwachsen, siegreich bekämpft werden konnten.

Ein Fluss ist ein äusserst complicirtes Ding; nicht nur ändern sich von Schritt zu Schritt Gefäll und die Beschaffenheit des Bettes, sondern auch die Wassermenge variirt, abgesehen von den allgemeinen Schwankungen nach Jahreszeiten und nach längeren klimatischen Perioden, selbst local in Folge von Verdunstung und Infiltration und endlich zu allermeist durch Aufnahme neuer Zuflüsse.

Betrachten wir das Längsprofil einer Thalstrecke, wie es in Fig. 3 zur Anschauung gebracht wird. Bleibt die Wassermenge des Flusses auf dieser ganzen Strecke $ABCDE$ dieselbe, und ist er auf der Theilstrecke AB mit Geschieben „gesättigt“, so wird er, wie früher erläutert wurde, auf BC ablagern, auf CD erodiren. Was wird nun auf der folgenden Strecke DE geschehen, welche wiederum sanfter geneigt ist? Auf CD verfrachtet der Fluss jene Geschiebelast, welche er von der minder geneigten Strecke BC mitbringt — und welche also dem Gefäll auf BC entspricht, da dasjenige, was darüber hinaus geht, vorher abgelagert wurde — mehr demjenigen, was aus der Erosion auf jener Strecke CD resultirt. Ist nun DE weniger oder höchstens gleich stark geneigt, wie BC , so wird dortselbst unter allen Umständen abgelagert, und zwar im letzteren, ungünstigeren Falle alles dasjenige, was der Fluss durch Erosion auf CD an Geschieben hinzugewonnen. Ist jedoch DE stärker geneigt als BC , dann wird es sich fragen, ob der Geschiebezuwachs von CD den Zuwachs an Transportkraft auf DE gegenüber BC übersteigt oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann wird auch hier auf DE eine Ablagerung von Geschieben erfolgen, im Gegenfalle aber wird auf DE die Erosion von CD fortgesetzt werden, jedoch der Gefällsverminderung wegen mit geringerer Intensität. Bei der Annahme gleichbleibender Wassermenge kann also in obigem Profile auf DE unter Umständen keine Ablagerung von Geschieben stattfinden, während eine solche auf CD zunächst überhaupt ausgeschlossen erscheint. Auf der letztgenannten Strecke könnte es nämlich erst dann zu einer Ablagerung kommen, bis das Gefälle zwischen B und C in Folge Accumulation und der damit verbundenen Gefällserhöhung so sehr vermehrt wurde, dass es demjenigen der Strecke CD mindestens gleich ist.

Wenn wir nun aber die Supposition der constanten Wassermenge verlassen und uns vorstellen, dass unser Strom seitliche Zuflüsse erhalte, welche mit starkem Gefälle in das Hauptthal herabkommen und nicht nur die Wassermasse, sondern auch die Geschiebeführung in demselben vermehren, dann kann möglicherweise auf der ganzen Strecke des Hauptthales ohne Unterschied der Neigung von vorneherein eine Geschiebeablagerung Platz greifen. Mündet z. B. bei C ein Fluss,

welcher mehr Geschiebe mit sich bringt, als die Differenz zwischen der Geschiebeführung oberhalb *C* und der transportfähigen Menge des verstärkten Flusses unterhalb *C* beträgt, dann wird natürlicherweise auch auf *CD* ohne weiteres abgelagert werden.

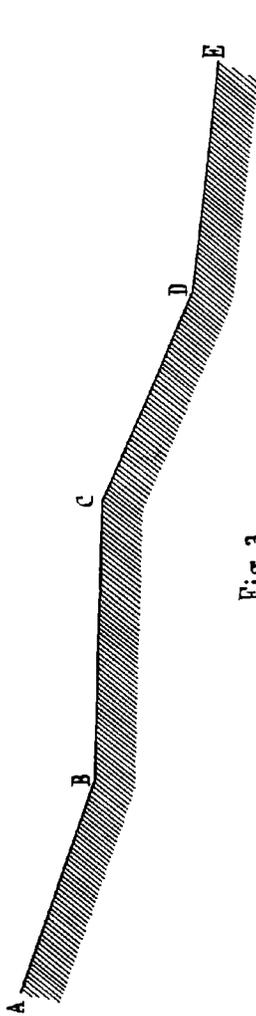


Fig. 3.

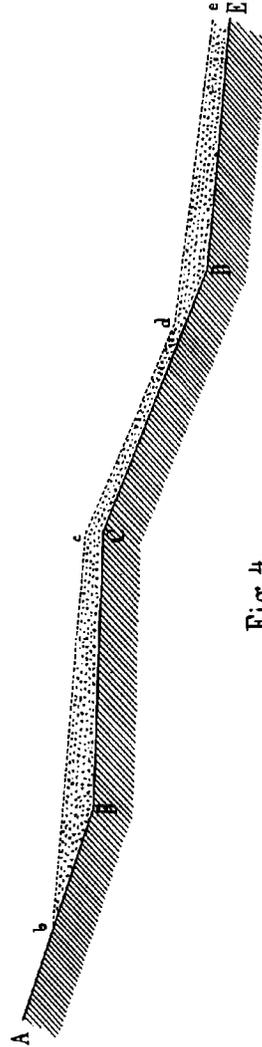


Fig. 4.

In Perioden einer allgemeinen starken Geschiebeführung der Gebirgswässer kann es nun geschehen, dass die Ablagerung immer mehr und weiter anwächst, und dass schliesslich die Thäler bis zu einer beträchtlichen Höhe mit Schottermassen aufgefüllt erscheinen. Hält man sich hierbei vor Augen, dass Accumulation überall dort erfolgt, wo die Geschiebelast grösser ist als die Transportkraft, mit

anderen Worten also dort, wo das Gefäll des Flusses zu gering ist, und dass aber durch Ablagerung eben dieses Gefäll erhöht wird, und zwar so lange, bis zwischen den beiden eben bezeichneten Factoren Gleichgewicht herrscht, so wird man zu der Erkenntniss gelangen, dass der aufgeschüttete Thalboden stets ein stärkeres Gefäll besitzen werde, als der darunterliegende alte (Fig. 4). Die Ablagerung wird somit in der Regel von oben nach abwärts an Mächtigkeit abnehmen; sie kann allerdings local durch neue Zufuhr und muss beim Uebergang von einer steileren zu einer sanfteren Thalstrecke wieder höher anschwellen, jedoch nur, um auf derselben Strecke sofort wieder das allgemeine Verhalten zu befolgen. Beim umgekehrten Uebergang, von einer sanfteren zu einer stärker geneigten Thalstrecke, wird hingegen die Mächtigkeitsabnahme des Geschiebelagers noch gesteigert. Dort, wo eine Verminderung des Thalgefälls und somit ein locales Anwachsen der Ablagerung stattfindet, wird sich die letztere rückwärts an der steileren Thalstrecke hinaufziehen und wird somit dort, wie beispielsweise in Fig. 4 von *D* an nach aufwärts eine Strecke lang bis *d* an Mächtigkeit verlieren; das ist eine Folge des Rückschreitens der Accumulation, auf welches ja schon vorhin hingewiesen wurde. Ebenso wird in Folge von Rückwirkung der Accumulation von *CD*, auf der kurzen Strecke von *C* bis *c* über *BC* ein stärkeres Anwachsen der Aufschüttung thalaufwärts zu erfolgen, als es den Verhältnissen über *BC* eigentlich entspricht. Dieses jeweilige Uebergreifen der Accumulation auf die nächsthöhere Thalstrecke stösst jedoch das eben ausgesprochene Gesetz nicht um, dass die durch Aufschüttung entstandenen erhöhten Thalböden jederzeit stärker geneigt sind, als die zugehörigen alten Thalsolehnen. Zwischen einem Schotterkegel, wie er an der Mündung eines Wildbaches sich bildet, und den ausgedehnten Geschiebelagern eines grossen Thales besteht nur ein quantitativer, kein qualitativer Unterschied.

Wird nun die vermehrte Geschiebeführung unterbrochen, und treten wieder die früheren Zustände ein, so besitzt das Wasser auf der aufgeschütteten Thalsole ein stärkeres Gefäll, als der verminderten Geschiebeführung entspricht, und es wird allenthalben in gleicher Weise erodirt werden, in welcher vorher abgelagert wurde. Der Fluss wird sich bestreben, durch Erosion sein Gefäll zu mildern, er wird in die angehäuften Geschiebemassen einschneiden und auf diese Art so ziemlich sein altes Bett zurückgewinnen; bei andauerndem Geschiebemangel wird er darauf auch im festen Fels die Erosion noch weiter fortsetzen. So bleibt denn die vorherige Aufschüttung in höherem Niveau über dem vertieften Flussbett zurück und erscheint somit als Schotterterrasse über dem gegenwärtigen Thallauf. Schotter-, Aufschüttungs- oder Accumulationsterrassen müssen demnach ein stärkeres Gefäll als die heutige, durch Erosion gewonnene Thalsole besitzen.

Dieses auf rein theoretischem Wege gewonnene Ergebniss steht nun mit den oben mitgetheilten Daten über die Höhe der Geschiebeterrasse im unteren Ennsthale im besten Einklang, und es muss deshalb die gegentheilige Behauptung v. Morlot's, welche heute ziemlich allgemein verbreitet ist, auf einem Irrthum beruhen. Es dürfte letzterer

einer Verallgemeinerung der Thatsache entsprungen sein, dass jede Terrasse in der Nähe ihres Beginns nach aufwärts zu in die nächst höhere Thalstrecke sich verflacht, wobei sie in diesem übergreifenden Theile (Fig. 4 von *B* bis *b*) ein geringeres Gefäll hat als jene. Vielleicht aber liegt auch nur eine Verwechslung mit den Erosionsterrassen im festen Fels vor, von denen in neuerer Zeit auch bei Rütimeyer¹⁾ und scither allerorten zu lesen ist, dass sie sich durch eine schwächere Neigung vor den heutigen Thalwegen auszeichnen. Wir müssen deshalb auch diese „Erosionsterrassen“ einer kurzen Besprechung unterziehen.

„Erosionsterrassen“ entstehen dadurch, dass ein Fluss in seinen Thalboden einschneidet und denselben tiefer legt; die Reste des alten Thalbodens erscheinen dann als Terrassen über dem heutigen. Unsere Schotterterrassen sind also eigentlich ebenfalls Erosionsterrassen, denn sie sind durch Einschneiden des Flusses in einen durch vorherige Aufschüttung erhöhten Thalboden entstanden. Die Aufschüttung nimmt also lediglich auf die Höhenlage des Thalbodens Einfluss, niemals aber wird sie eine Terrasse als Product ihrer gestaltenden Einwirkung hinterlassen; dazu bedarf es allenthalben und jederzeit der Erosion.²⁾ Die Benennung Aufschüttungs- oder Accumulationsterrasse entbehrt demnach einer genetischen Berechtigung, und ihr gegenüber bringt die Bezeichnung „Erosionsterrasse“ eigentlich den gewünschten Gegensatz nicht einmal recht zum Ausdruck, da es ja der Erosion ganz gleichgiltig ist, ob sie eine Terrasse in einem felsigen oder in einem aufgeschütteten Thalboden erzeugt. Höchstens wird sie in dem einen Falle rascher, in dem anderen langsamer wirken, aber das Resultat ihrer Thätigkeit ist in beiden Fällen dasselbe, nämlich eine Terrasse, welche somit ihre Entstehung direct der Erosion verdankt. Es empfiehlt sich deswegen anstatt der Bezeichnungen Aufschüttungs- oder Accumulationsterrassen (Erosionsterrassen, denen eine Aufschüttung vorangegangen) und Erosionsterrassen (im engeren Sinn) der Gebrauch der keineswegs neuen Ausdrücke Schotter- und Felsterrassen, die einander vollkommen selbstständig gegenüberstehen.

Da die Schotterterrassen vermöge ihrer Entstehung durch Erosion in letzter Linie sich genetisch durch gar nichts von den Felsterrassen unterscheiden, so muss in gleicher Weise, wie bei jenen, auch bei diesen die Neigung der Terrassenfläche stärker sein als die des gegenwärtigen Flussbettes; durch Erosion wird das Gefäll der Thalsohle stets vermindert, das kann nicht oft genug betont werden. Das fließende Wasser ist ohne Unterlass bestrebt, die Herstellung von Gleichgewicht zwischen Gefäll und Geschiebeführung zu bewirken. Es muss

¹⁾ Ueber Thal- und Seebildung. Basel 1874, pag. 24, 28, 50 etc.

²⁾ Erosion und Accumulation wirken einander entgegen, und dieser Gegensatz äussert sich auch in ihren Werken. Erosion erniedrigt, Accumulation erhöht; durch gleichmässige Erosion wird ein Thalboden erniedrigt, durch gleichmässige Accumulation erhöht. Durch ungleichmässige Erosion, oder wenn dieselbe, wie es bei Flüssen meist der Fall, auf einen schmalen Streif der Thalfläche beschränkt ist, entsteht in derselben eine Rinne, beziehungsweise eine Terrasse; durch beschränkte Accumulation, z. B. bei den Strömen auf der oberitalienischen Tiefebene, entsteht ein Damm. So kommt die Verschiedenheit zwischen Erosion und Accumulation zu Bedeutung, während doch beide wieder in dem Bestreben einig sind, ein regelmässiges Gefäll der Thalsohle zu erzeugen.

jederzeit die ganze Arbeitskraft, welche aus Wassermenge und Geschwindigkeit resultirt, durch eine entsprechende Arbeitsleistung verzehrt werden; geht sie nicht ganz in Transport auf, dann wird der Ueberschuss auf Erosion verwendet, und zwar so lange, bis eben die ganze Arbeitskraft durch Geschiebeführung in Anspruch genommen wird. Seine eigene Menge kann das Wasser nicht verringern, aber indem es erodirt und dadurch sein Bett vertieft, erniedrigt er sein Gefäll und vermindert sohin mittelbar seine Geschwindigkeit und Arbeitskraft. Dass die Erosion das Gefäll vermindert, geht logischer Weise schon daraus hervor, dass sie durch zu starkes Gefäll bedingt wird, mit der Verminderung desselben abnimmt, mit seiner Erhöhung steigt. Würde also Erosion das Gefäll erhöhen, so würde in diesem Falle die Wirkung auf die Ursache steigernd zurückwirken und sich dadurch selbst in's Unendliche potenciren, was ein Unding; Ursache und Wirkung stehen vielmehr im Gegentheil zu einander in solcher Beziehung, dass die Wirkung in dem Masse ihres Erfolges die hervorriefende Ursache schwächt.

Wenn man nun daran festhält, dass das Thalgefäll durch Erosion stets vermindert wird, so muss man unbedingt verneinen, dass ein alter Thalboden — möge derselbe aus Fels oder Schotter bestehen — ein sanfteres Gefäll besitzen könne, als ein durch directe Vertiefung desselben vermöge Erosion entstandener neuer Thalweg. Nichtsdestoweniger gibt es in der That zahlreiche Felsterrassen, welche eine geringere Neigung besitzen, als die darunter befindliche Thalsohle. Diesen Widerspruch zu lösen sind zwei Erklärungen geboten, von denen die eine möglich, die andere für viele Fälle gewiss ist. Es kann nämlich bei fortschreitender Gebirgsbildung eine Stauung der unteren Partien eines Thales erfolgt sein, welcher auf der Thalsohle von dem Fluss siegreich entgegengearbeitet wurde, während sie an den Thalgehängen sich durch eine Aufrichtung der alten Felsterrassen zu sanfterer Neigung äusserte. Löw¹⁾ will zwar den zuerst von Powell²⁾ und Tietze³⁾ aufgestellten Satz nicht gelten lassen, dass ein Fluss unter günstigen Umständen im Stande sei, die Wirkungen einer langsam aufstrebenden Faltung zu überwinden, ist jedoch damit entschieden im Unrecht. Er meint, der dem Oberlauf des Flusses zugekehrte Schenkel der Falte müsste diesen zu einem See anspannen oder doch wenigstens durch die allmälige Verminderung des Gefälls zur Ablagerung seiner Geschiebe und somit von vorneherein zur Einstellung seiner Erosionsthätigkeit zwingen. Auf den ersten Blick könnte dieser Einwand bestechen, denn Verminderung des Gefälls schwächt ja die Erosion, und letztere besitzt sonach durchaus nicht die Macht, jenen ansteigenden Schenkel der Falte zu bekämpfen: die Sache des Flusses scheint bereits verloren. Aber die Falte hat noch einen anderen Schenkel, welcher im Sinne des Flusses geneigt wird, so dass die Thalsohle in ganz genau derselben Weise, in welcher sie auf der Innenseite der Antiklinale unmerklich

¹⁾ Die Entstehung der Durchbruchsthäler. Geographische Mittheilungen. Gotha, XXVIII, 1882, pag. 408. — Ueber Thalbildung. Prag 1884, pag. 98.

²⁾ Exploration of the Colorado River and its tributaries. Washington 1875.

³⁾ Bemerkungen über die Bildung von Querthälern. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt, XXX, 1878, pag. 581—610.

an Gefäll verliert, an dem äusseren Abfall derselben an Gefäll gewinnt. Vermehrung des Gefälls erzeugt aber eine Steigerung der Erosion; ist Erosion zwar einer Gefällsverminderung gegenüber machtlos, so wirkt sie dafür einer Gefällsvermehrung desto lebhafter entgegen. Indem aber der Fluss in den Aussenschenkel der Falte einschneidet, verlegt sich der Angriffspunkt der gesteigerten Erosion, welcher stets am Beginn der Gefällsvermehrung, zuerst also am Scheitel der in Bildung begriffenen Falte zu suchen ist, durch Rückwirkung immer weiter an dem Innenschenkel der Falte zurück, so dass sich dieser zu beiden Seiten des durchsägenden Flusses ohne Beirung desselben erheben kann. Wenn also, wie schon Tietze hervorhebt, die

Gebirgsbildung unmerklicher erfolgt als das Einschneiden der Erosion, so kommt es gar nicht zu einer Lahmlegung der letzteren oberhalb der entstehenden Faltung; denn indem der Fluss dem Aussenschenkel der Falte erfolgreich entgegenarbeitet, paralytirt er damit Hand in Hand den Einfluss der Erhebung des inneren Schenkels. Wie man sieht, ist demnach von Löwl der „Beweis“ durchaus nicht erbracht worden, „dass die Erosion unter keinen Umständen mit der Faltung eines Gebirges gleichen Schritt halten kann, sondern durch sie geradezu aufgehoben wird“. Stellt sich Löwl auf den Scheitel der Falte und blickt thalein und sieht, wie das Gefäll vermindert und die Erosion geschwächt wird, so wende er sich um und blicke nach aussen und sehe wie das Gefäll vermehrt und die Erosion verstärkt wird. Auf der einen Seite Verlust, auf der anderen Zuwachs an Kraft, und zwar beides in gleicher Weise und ganz allmählig; das gleicht sich aus, der Fluss fliesst ruhig seinen Lauf, und die Falte erhebt sich.

In der Mehrzahl der Fälle, in denen ein sanfteres Gefälle eines alten Thalbodens gegenüber der Thalsole beobachtet wird, ist jedoch dieses Verhältniss in anderer Weise zu deuten. Ist $ABCD$ (Fig. 5) der Längsschnitt eines Thallaufes — auf welche Weise eine solche Stufe entstand, ist für unsere Betrachtung ganz gleichgiltig — und es sei das Gefälle von AB ein solches, dass auf dieser Strecke die ganze Arbeitskraft des Wassers in Geschiebetransport

aufgehe, dann wird auf AB nicht erodirt. Auf BC hingegen ist das Gefäll bedeutend stärker, es restirt ein Ueberschuss an Kraft, welchen der Fluss auf Erosion verwendet. Auf BC also wird erodirt, und zwar

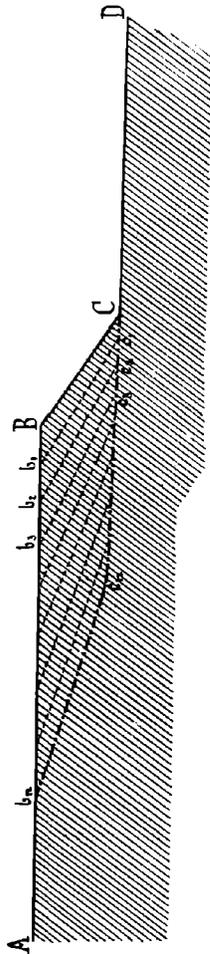
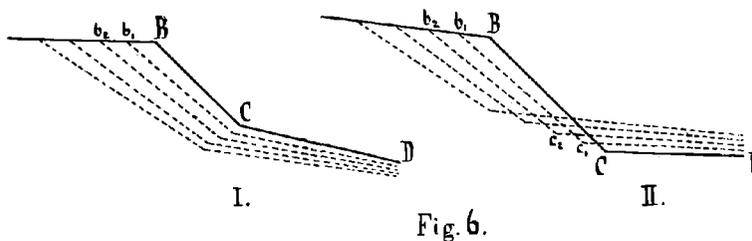


Fig. 5.

von oben nach abwärts und oben stärker als unten, da die Erosion das Bestreben hat, das zu starke Gefäll dieser Strecke zu vermindern. Dass der Fluss von oben nach abwärts unter sonst gleichen Umständen stets mit abnehmender Intensität erodirt, wird auch leicht verständlich, wenn man bedenkt, dass an jedem tieferen Punkte die Geschiebelast des Wassers um die höher oben gewonnenen Erosionsproducte vermehrt ist, wodurch der auf Erosion verwendbare Kraftüberschuss geschmälert wird. Wenn nun aber auf BC erodirt wird, und oben stärker als unten, so muss der Punkt B auf der Thallinie AB immer mehr und weiter zurückweichen, und in geringerer Masse auch der Punkt C , wobei vor dem zurückweichenden Punkte C jeweils jenes Gefäll entstehen muss, bei welchem Gleichgewicht zwischen der Arbeitskraft des Flusses und seiner Geschiebeführung obwaltet. Die Strecke BC des Flussbettes rückt also unter stetiger Gefällsverminderung immer weiter thalein und kommt so der Reihe nach in die Lagen $b_1 c_1, b_2 c_2, b_3 c_3, \dots b_n c_n$ u. s. w.¹⁾ Auf diese Weise befindet sich nun unter dem alten Thalboden $b_n B$ ein neuer Thalweg $b_n c_n C$, gegenüber welchem der erstere sich in der That durch sanftere Neigung auszeichnet. Man muss sich jedoch darüber klar sein, dass der sanft geneigte Thalboden $b_n B$ nicht die Veranlassung zur Entstehung der in ihn eingesenkten Erosionsfurche gegeben hat, sondern dass auf BC erodirt wurde und nicht auf $b_n B$. Wollte man mit Strenge daran festhalten, dass die jüngeren Thalstrecken jenen älteren Thalböden zugehören, auf denen wirklich direct erodirt wurde, und umgekehrt, dann müsste man folgerichtig nicht $b_n B$, sondern BC als die alte Terrasse von $b_n c_n C$ bezeichnen; $b_n B$ wäre dann ein herrenloses Stück eines alten Thalbodens, eine blosse Nebenerscheinung, veranlasst durch die Rückwirkung der Erosion. Der alte Thalboden $b_n B$ hat nicht verursacht, dass der Fluss auf ihm erodirte, und er hat deswegen mit dem neuen Flusslauf in genetischer Beziehung gar nichts gemein. Die Veranlassung zur Erosion ward vielmehr auf BC gegeben, und die junge Thalstrecke $b_n c_n C$ ist demnach durch allmälige Veränderung der Lage von BC hervorgegangen, während AB diesem Vorgange ganz passiv gegenüberstand, und immer

¹⁾ Je nach der Neigung der unterhalb folgenden Thalstrecke CD wird auf dieser ebenfalls Erosion oder aber Accumulation stattfinden. Im ersteren Falle wird das Gefäll beider Thalstrecken BC und CD durch Erosion beständig vermindert, im



zweiten hingegen nur jenes von BC , während das von CD durch Accumulation erhöht wird. Die beiden nebenstehenden Figuren (Fig. 6, I und II) veranschaulichen das Ineinanderwirken der beiden Vorgänge an dem Berührungspunkte C und sind wohl ohneweiters verständlich.

nur mit der unter fortwährender Gefällsverminderung vertieften Flussstrecke *BC*, natürlicherweise in stets weiter zurückliegenden Punkten, zur Verschneidung kam.

Das Gesetz, dass eine Terrasse, welche durch unmittelbares Einschneiden des Flusses in einen alten Thalboden entstanden, stets ein steileres Gefälle besitzen müsse, als die Thalbahn, welche durch diese Erosion erzeugt wurde, steht also mit dem Befunde, dass manche alten Thalböden ein sanfteres Gefäll als die heutige Thalsohle aufweisen, nur in einem scheinbaren Widerspruch. Derselbe schwindet, sobald man erkennt, dass in diesen letzteren Fällen die Bezeichnung „Terrasse“ gewissermassen verschoben wurde, und nun die letztere selbst mit einem Thalwege in Verbindung und Vergleich gezogen wird, welcher aus der Tieferlegung und Gefällsverminderung einer ganz anderen alten Thalstrecke resultirte.

Kehren wir nunmehr wieder zu den Schotterterrassen zurück und fragen wir uns, nachdem die Art und Weise ihrer Entstehung untersucht worden, welche Umstände die Ausbildung derselben ursächlich veranlassen konnten.

Wenn wir heute in den grossen Alpenthälern Umschau halten, so finden wir, dass fast allenthalben die Wasserkraft den Transport überwiegt, und sehen die Flüsse mit der Tieferlegung und Gefällsverminderung ihres Bettes beschäftigt; es wird erodirt. Nur wenige Längsthäler machen hievon eine Ausnahme; aber wenn auch manche Strecken derselben in dem Stadium der Accumulation sich befinden, so ist die letztere gering und local beschränkt, und vermag der Jetztzeit den Charakter einer Erosionsperiode nicht zu benehmen. Und so ist es nicht nur in den Alpen. Der Bestand der Thäler selbst als Furchen, welche ihre Existenz der Erosion verdanken, lässt erkennen, dass seit jeher in Gebirgsdistricten, ja man könnte fast sagen auf dem festen Lande überhaupt, die Erosion im Allgemeinen das ausschlaggebende Moment bei der Modellirung der Detailformen des Bodenreliefs gewesen. Diesem normalen Vorherrschen der Erosion gegenüber bekunden nun die alten Schotterterrassen offenbar einen Rückschritt in der Entwicklungsgeschichte der Thäler; wo heute wieder so wie sonst in regelrechter Weise erodirt wird, dort wurde die Thätigkeit der Erosion einstmals gänzlich unterbrochen, und nicht nur das, es fand sogar eine Anhäufung von Material statt, welche eine directe Gegenwirkung — eine Höherlegung und Gefällsvermehrung der Flussbetten — erzeugte. Es geht daraus zunächst unzweifelhaft hervor, dass einst das Verhältniss zwischen Geschiebeführung und Wasserkraft ein anderes war als heute, und es gilt nun, die Ursache dieser Verschiedenheit zu ergründen.

Die Geschiebeführung ist abhängig von der zum Transport bereiten Geschiebemenge und von der Stosskraft des Wassers. Steht dem Wasser jederzeit so viel Transportmaterial zur Verfügung, als seiner Stosskraft entspricht, dann herrscht zwischen Geschiebeführung und Stosskraft Gleichgewicht, und es wird weder erodirt noch accumulirt. Wird dieses Gleichgewicht irgendwo local gestört, dann arbeitet das fliessende Wasser sofort darauf los, dasselbe wieder herzustellen, indem es je nach der Art der Störung das Gefäll seines Bettes — und damit seine Stosskraft

— entweder durch Einschneiden vermindert, oder durch Ablagerung erhöht. Das Wasser wird also Störungen des besagten Gleichgewichtes wohl ausgleichen, keineswegs aber durch sich solche selbst bewirken. Wird z. B. die Wassermenge an irgend einem Orte vermehrt, und ist dort Gebirgsschutt in genügender Menge vorhanden, um die entsprechend gesteigerte Transportkraft des Wassers zu verzehren, dann wird die grössere Wassermenge mehr Geschiebe verfrachten als vorhin die kleinere, aber das frühere Gleichgewicht zwischen Kraft und Transportleistung bleibt erhalten, es wird auch jetzt im Allgemeinen weder abgelagert noch erodirt. Etwas Aehnliches findet statt, wenn sich die Wassermenge verringert; dann wird eben weniger transportirt, im Uebrigen jedoch nichts geändert. Dort freilich, wo früher das Gleichgewicht gestört war, wird es auch bei veränderter Wassermenge in demselben Sinne gestört bleiben, und die Wirkungen dieser Störungen werden hierbei ihrem absoluten Ausmasse nach unter der Veränderung leiden. Wo früher abgelagert wurde, wird eine Vermehrung der Wassermenge eine absolute Vermehrung der Ablagerung bedingen, und wo ansonsten erodirt wurde, ebenso eine Verstärkung der Erosion; mit einer Verminderung der Wassermasse hinwieder wird beziehungsweise eine Verminderung der Ablagerung und eine Schwächung der Erosion erfolgen.

Das Verhältniss zwischen Geschiebeführung und Transportkraft kann also durch eine Schwankung in der Wassermenge zwar eine parallele Schwankung seiner Glieder erleiden, aber es kann als solches seinem Werthe nach nicht verändert werden. Es kann mit anderen Worten an den Stellen, an welchen das Gleichgewicht zwischen Geschiebeführung und Transportkraft gestört ist, an denen also Ablagerung oder Erosion erfolgt, durch eine Schwankung der Wassermenge eine absolute Vermehrung oder Verminderung der stattfindenden Accumulation oder Erosion veranlasst werden, aber es können diese Stellen selbst sich nicht im grossen Massstabe verschieben; es kann in Folge einer blossen Veränderung der Wassermasse nicht dort, wo früher Erosion erfolgte, nunmehr abgelagert werden, oder umgekehrt, wo vorher accumulirt wurde, Erosion zur Geltung kommen.¹⁾

Anders ist dies jedoch, wenn die Geschiebeführung des Wassers geändert wird, was unabhängig von der Wassermenge geschehen kann. Ändert sich die Wassermenge, so wird dadurch von selbst auch die entsprechende Schwankung in der Geschiebeführung

¹⁾ Man könnte dem gegenüber den Einwand versuchen wollen, dass ja nach einem jeden Hochwasser zu sehen sei, wie sich der Fluss in die Schottermassen einnäge, welche auf dem Inundationsgebiete zurückblieben; es erfolge also hier zuerst Ablagerung und dann an derselben Stelle Erosion. Ebenso würden auch in einer Periode vermehrter Wassermenge auf Erosions- wie Accumulationsstrecken mehr Geschiebe verfrachtet werden als sonst, und es müsste bei einer Verminderung des Wassers allenthalben ein Geröllabsatz zurückbleiben. Dies ist alles richtig, aber ebenso gewiss ist es auch, dass es sich hierbei nur um die restirende einfache Differenz zwischen der Geschiebeführung der geringeren und der grösseren Wassermasse handelt, nicht aber um eine andauernde, fortgesetzte Ablagerung an Orten, wo sonst erodirt wurde. Es wird aber Niemand Lust verspüren, diese Differenz für so bedeutend zu erachten, dass durch sie allein die Geschiebeterrassen der Alpenthäler erklärlich werden, denn gegenüber den hierzu erforderlichen Strömen würden die veralteten „Diluvial-Fluthungen“ als sanftmurmelnnde Wiesenbächlein erscheinen.

bewirkt, mehr Wasser z. B. wird eben mehr Geschiebe aufnehmen als weniger. Wenn aber die Geschiebeführung vermehrt oder verringert wird, so hat dies gar keinen Einfluss auf die Wassermenge, und es wird daher das Verhältniss zwischen beiden sofort irritirt.

Wodurch aber, so wird man nun fragen, kann die Geschiebeführung des Wassers unabhängig von dessen Menge geändert werden, da das Wasser ja niemals mehr Geschiebe aufnimmt, als es zu transportiren im Stande ist, und ihm in den Hochthälern des Gebirges wohl jederzeit hinreichend Gelegenheit gegeben ist, sich entsprechend seiner Kraft mit Gebirgsschutt und eigenen Erosionsproducten zu beladen? Nun ja, in den Hochthälern ist dem Wasser allerdings diese Gelegenheit geboten, aber auch nur dort, und deswegen eben schon wir weiter thalab die Gewässer den festen Untergrund erodiren, weil sie auf verschiedenen vorhergegangenen Strecken mit schwächerem Gefälle einen Theil ihrer Geschiebelast verloren haben und diesen Verlust durch eigene Erosion nicht wieder vollständig ersetzen konnten. Denn die mechanische Erosionsleistung des fließenden Wassers besteht nur zum allergeringsten Theile in der selbstständigen Erzeugung von Geschieben durch directe Bearbeitung des festen Fels; die weitaus überwiegende Mehrzahl der heutigen Flussgeschiebe verdankt der Thätigkeit des Wassers nur die Form, nicht aber die Lostrennung vom Grundgebirge, welche zumeist durch die Verwitterung erfolgte, oder zumindest durch dieselbe eingeleitet wurde. Wenn nun aber die Hochregion des Gebirges weiter ausgedehnt wird und sich mit ihren Charakteren tiefer herab senkt bis in die Hauptthäler und in diesen vorwärts schreitet, dann ist das Wasser entlang seinem ganzen Laufe im Stande, sich mit den „Meisselspähen der Verwitterung“ bis zur Sättigung zu beladen, und es wird an keinem Orte Mangel, hingegen sehr häufig Ueberfluss an Transportmaterial obwalten. Wir werden also durch das Auftreten der grossen Schotterterrassen in den Alpenthälern nicht so sehr zu einem Rückschluss auf eine Veränderung der Wassermenge, als vielmehr zu der Annahme einer Verschiebung der klimatischen Verhältnisse, einer räumlichen Ausbreitung intensivster Gesteinsverwitterung gezwungen.

Solches war nun aber während der Eiszeit in ganz besonderem Masse der Fall. Das Anwachsen der Gletscher ging Hand in Hand mit einer Verschiebung der Höhenregionen des Gebirges; wo heute auf saftiggrüner Alpenmatte melodisches Kuhgeläute ertönt, dort donnerte der Bergsturz mit schmetternder Wucht zur Tiefe, und wo gegenwärtig der Fluss an der Felsenböschung reisst und nagt, oder auf sanfterer Thalstrecke seine Ufer unterwühlt, um den Ueberschuss an Kraft zu verwerthen, dort reichten von allen Seiten Schutthalden zu ihm herab und versorgten ihn überreichlich mit ihrem Getrümmer. Dazu kam noch, dass die Flüsse gleich bei ihrem Ursprung aus den Gletschern, welcher sich mit deren Enden immer weiter vorwärts verlegte, in bedeutender Stärke auftraten, und dass ihnen von den Gletschern das Material der Grundmoräne weit über Bedarf aufgenöthigt wurde. Nur in Folge eines solchen allgemeinen und activen Eingreifens einer Geschieb vermehrung konnte es geschehen, dass die Flüsse in den Gebirgsthälern, in denen sie heute erodiren, einst so gewaltige Schottermassen zur Ablagerung brachten.

Kam also Penck¹⁾ durch directe Beobachtung der Lagerungsverhältnisse und der petrographischen Zusammensetzung der verschiedenen Schottermassen in den Thälern Oberbayerns und Tirols zu dem Resultate, dass die Anhäufung derselben der Ablagerung der Moränen unmittelbar voranging, und dass somit diese Schottermassen der Glacialformation zugehören und deshalb als Glacialschotter bezeichnet werden dürfen, so sind wir hier zu derselben Erkenntniss auf einem ganz anderen, rein speculativen Wege geleitet worden, indem wir, ausgehend von den allzeit unabänderlichen Gesetzen, welche die Arbeitsleistungen des fließenden Wassers regeln, uns befragten, durch welche Umstände denn wohl an einer und derselben Stelle eine so vollständige Umwandlung des Charakters dieser Arbeitsäusserung bewirkt werden konnte, wie sie sich bei Betrachtung der mächtigen Schotterterrassen in den Bergthälern zu erkennen gibt. Wenn man aber auf verschiedene Weise sich der Lösung einer Aufgabe zu nähern vermag, so erwächst hieraus ein Prüfstein für die Richtigkeit der Lösung, und wenn hernach am Schlusse in beiden Fällen die schönste Uebereinstimmung erzielt wird, so darf man wohl mit Beruhigung annehmen, dass man bisher stets auf dem rechten Wege sich befunden habe und deshalb auch weiter noch auf demselben vorwärts schreiten könne.

V. Capitel.

Glacialschotter in den Thälern der Enns und Steyr.

Ablagerung der Glacialschotter während des Herannahens der Vereisung. — Schlamm-
lager, Bänderthone und „Kreide“. — Ueberwiegen der krystallinischen Gesteinsarten in
den Schottern des Ennstales. — Vergleiche mit dem Innthal. — Zweierlei Erosions-
formen. — Gletschererosion im Innthal, Wassererosion im Unterennsthal. — Gletscher-
erosion im Oberennsthal. — Combinirte Erosion im Gesäuse. — Glacialschotterreste im
Oberennsthal. — Glacialschotter in den Seitenthälern. — Fehlen derselben in nicht
vergletschert gewesenen Thälern. — Glacialschotter im Gebiete der Steyr. — Mangel
an erraticem Material in denselben. — Zwei charakteristische Züge in der allgemeinen
Verbreitung der Glacialschotter.

Während des Herannahens der Vergletscherung ist es, wie wir gesehen haben, in den Thälern zu einer Anhäufung gewaltiger Schottermassen gekommen. Dieselben klimatischen Veränderungen, welche das Anwachsen der Gletscher verursachten, bewirkten auch eine dementsprechende Herabsetzung der Zonen lebhaftester Gebirgsverwitterung von den zerscharteten Graten und den öden Trümmerkaren der Hochregion bis in die tiefsten Gründe der Hauptthäler und hinaus bis an den Fuss des Gebirgs, und gaben somit Anlass zu einer allgemeinen Ueberladung der Flüsse mit Schutt und losem Haufwerk, welche die Transportkraft derselben weitaus überschritt. Die Flüsse konnten den an sie gestellten Anforderungen nicht mehr genügen und lagerten ab; und diese Thätigkeit setzten sie so lange fort, bis der Gletscher kam und ihre Fluthen durch seine Eismassen verdrängte. Ein Gletscher

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

transportirt viel besser als ein Fluss, er beschränkt sich nicht auf einen schmalen Fadenstreif wie dieser, sondern er erfüllt das Thal in seiner ganzen Breite und nimmt allen Schutt mit sich, der dem Wasser unerreichtbar geblieben. Dieses ganze Material sammelt sich am Ende des Gletschers und wird dort dessen Schmelzwässern förmlich aufgezungen. Schon in nächster Nähe beginnt deshalb die Ablagerung und zieht auf weite Entfernung hin vor dem Gletscher einher, gewissermassen als ein Vorbote, welcher dessen drohenden Anzug verkündet.

Wenn wir gegenwärtig vor unseren alpinen Gletschern keine ähnlichen Bildungen von Alluvionen, sondern eher ein Einschnitten der Flüsse in den festen Fels beobachten, so ist dies eine Folge der gänzlichen Verschiedenheit aller einschlägigen Verhältnisse von damals und von heute. Die eiszeitlichen Gletscher waren Riesen, aber die Flüsse, die ihnen entsprangen, waren vermuthlich gar nicht, gewiss aber nicht in dem gleichen Masse wie jene grösser, als heute an denselben Orten; die Transportfähigkeit war also zum Nachtheile der Flüsse geändert. Ferner wird bei einem Anwachsen der Vergletscherung unter dem Eise stets viel mehr Material transportirt, als beim Schwinden oder gar am Ende derselben, denn der vorstossende Gletscher findet allenthalben losen Schutt in Menge vor, während der im Rückzuge begriffene auf eine Bereicherung seiner Grundmoräne aus dieser Quelle natürlicherweise verzichten muss. Zum übrigen enden die meisten recenten Gletscher tief im Inneren des Gebirges auf Thalstrecken oder Hängen mit starkem Gefäll, woselbst das Wasser eine bedeutende Kraft entfaltet, während die diluvialen Gletscher bei ihrem Vordringen auf immer sanfter geneigtes Terrain zu liegen kamen, so dass die ihnen entströmenden Flüsse doppelt weniger im Stande waren, auf dem geringeren Gefäll die ungleich grössere Geschiebelast zu verflössen.

Wenn wir nun nach diesen theoretischen Betrachtungen über die Entstehungsursache der Schotterterrassen uns nach den Ergebnissen umsehen, welche durch directe Beobachtung gewonnen werden können — der Forscher lässt stets die Beobachtung der Speculation vorangehen, aber den Darsteller führt auch der umgekehrte Weg zum Ziel — wenn wir also die Terrasse im unteren Ennsthal in der Natur selbst studiren, so finden wir, dass dieselbe von Moränen überlagert wird, und gelangen somit abermals zu demselben Resultate, wie Penck bezüglich der Schotter im Bereiche des alten Inngletschers. Die Schotter sind älter als die Moränen, ihre Ablagerung war vollendet, als der Gletscher kam, und ihre Oberfläche bildete den Thalboden, auf welchem sich der Gletscher bewegte. Aus diesem Umstande an sich geht allerdings noch nicht hervor, dass die Schotter gerade während des Herannahens jener Vergletscherung zur Ablagerung kamen, von deren Moränen sie überdeckt werden, und nicht etwa während des Rückzuges einer älteren, früheren Vereisung; in neuerer Zeit ist denn auch wirklich von J. Blaas¹⁾ diese letztere Ansicht aufgestellt und vertreten worden. Abgesehen aber von den Einwendungen, welche jener Meinungsäusserung gegenüber mit Bezug auf die speciellen Verhältnisse desjenigen Gebietes gemacht werden können, bei dessen Unter-

¹⁾ Ueber die Glacialformation im Innthale. I. Sep.-Abdr. aus der Zeitschr. d. Ferdinandeums, IV. Folge, 29. Heft, Innsbruck 1885, pag. 115.

suchung sie veranlasst worden¹⁾, so gibt es gewissermassen innere Gründe, welche auf das Bestimmteste der Möglichkeit entgegenreten, dass die Sache sich also verhalte.

Feststehend ist das Eine, und dem schliesst sich auch Blaas rückhaltslos an, dass jene Schotter Glacialschotter sind, weil sie von Gletscherwässern während der Glacialzeit abgelagert wurden. Diese letztere besitzt sonach hinsichtlich der Thätigkeit der fliessenden Gewässer den Charakter einer Accumulations-Periode im Gegensatze zu der Gegenwart, welche als Erosions-Periode erscheint, und ebenso im Gegensatze zu einer etwaigen Interglacialzeit, welche zwischen zwei Vergletscherungen ein Vorbild der heutigen Verhältnisse gewesen. Die Frage ist nun zunächst die, ob die Intensität der Flussablagerung während der Entwicklung und des Schwindens einer Vereisung eine verschiedene war, und wenn ja, in welcher Weise. Was dies betrifft, so hat schon Penck²⁾ darauf hingewiesen, „dass bei dem Rückzuge der Vergletscherung bedeutendere Wassermengen erzeugt wurden, als dem herannahenden Eise entströmten“, und dass die grössere Wassermasse die geringere Schuttmenge erfasste, „indem während des Rückzuges das Material der Endmoränen den Wassern vorenthalten blieb“. Das Verhältniss zwischen Geschiebelast und Transportkraft, welches das absolute Ausmass von Accumulation und Erosion zum Ausdruck bringt, war demnach während des Zurückweichens der Gletscher für die Ablagerung ungünstiger, als zur Zeit ihres Kommens. „Beim Herannahen der Vergletscherung müssen die Gletscherwasser vor dem Eise Geröll anhäufen, beim Abschmelzen hingegen werden sie das erfasste Material weit mit sich fortführen und werden vielleicht in der Nähe des Eises erodiren.“

Dem gegenüber wendet nun Blaas ein, dass die Endmoränen sich im Innthale nirgends erhalten haben, und dass somit ihr Material, dergleichen wie die geschlemmte Grundmoräne, in den Glacialschottern vorliege. Da nun Penck an einer andern Stelle³⁾ diesen Mangel an Endmoränen in den Thälern der Nordtiroler Alpen selbst hervorhebt, und auch in unserem Gebiete das Gleiche gilt, so könnte es scheinen, als ob in der That die eine Ursache, welche von Penck zu Gunsten einer stärkeren Intensität der Accumulation beim Eintritt gegenüber derjenigen am Ende einer Vergletscherung vorgebracht wurde, nicht ganz stichhältig wäre. Indessen lässt sich in Folge jenes Fehlens der Endmoränen noch keineswegs mit Sicherheit verneinen, dass dieselben den Schmelzwässern der Vereisung vorenthalten blieben, denn es ist ja doch von vorneherein gar nicht ausgemacht, ob sie nicht etwa erst einer postglacialen Erosion zum Opfer fielen. Ausserdem aber lassen sich noch andere Momente geltend machen, welche eine geringere Geschiebeführung während der rückschreitenden gegenüber der vordringenden Vergletscherung bewirken mussten. Eines davon ist schon früher betont worden, indem gesagt wurde, dass während des Anwachsens einer Vergletscherung unter dem Eise stets mehr Material transportirt werde, als zur Zeit ihres Schwindens; nicht nur findet der

¹⁾ Vergl. das Referat in den Verhandlungen d. k. k. geologischen Reichsanstalt 1885, pag. 93 u. 94.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 181.

³⁾ l. c., pag. 92.

rückgehende Gletscher keinen Verwitterungsschutt mehr vor, da dieser schon von dem vordringenden Gletscher entfernt wurde, sondern auch die Erosion im festen Fels ist dem ersteren erschwert, weil mit dem zunehmenden Ausschleifen des Bettes der Erfolg des Angriffs sich vermindert. Ist also eine Vereisung bereits im Rückzuge begriffen, so ist deren Grundmoräne geringer, als wenn sich dieselbe erst entwickelt; es erhalten somit die Schmelzwasser des Eises in jenem Falle auch eine geringere Zufuhr von Geschieben durch den Gletscher, als in diesem. Da übrigens die glacialen Flüsse nicht nur mit Moränenmaterial, sondern auch mit dem durch die Verwitterung erzeugten Schutt beladen wurden, so ist auch das Verhalten dieser letzteren gegenüber dem Kommen und Gehen der Gletscher zu erwägen. Offenbar folgt die Verwitterung genau der Schwankung des Klimas, und die Zone ihrer stärksten Gewalt senkt und hebt sich zugleich mit der Verschiebung der allgemeinen Höhenregionen des Gebirges. Der Gletscher hingegen folgt der Schwankung des Klimas nicht unmittelbar, sondern verzögert; sein Vordringen beginnt erst längere Zeit nach der Einwirkung der Ursachen, welche ein solches bedingen, und ebenso verhält es sich mit seinem Rückzug; er bleibt jederzeit hinter der klimatischen Aenderung und zugleich auch hinter der Verschiebung der Verwitterungszonen zurück. Die Verwitterung eilt also der herannahenden Vereisung voraus, sie zieht sich aber ebenso auch rascher als die schwindende Vergletscherung zurück, und daraus allein schon resultirt eine nicht unansehnliche Differenz zu Gunsten einer geringeren Geschiebeführung der Flüsse während des Rückzuges der Vereisung. Hierzu kommt noch, dass in ähnlicher Weise, wie der Gletscher selbst, auch die Verwitterung auf einem Terrain, welches längere Zeit hindurch unter der Einwirkung des Eises gelitten und zum Theil mehr oder mindert gescheuert und geglättet worden, nicht ganz dieselbe Kraft der Zerstörung zu entfalten vermag, wie dort, wo dieses nicht der Fall; hierdurch wird aber das eben gewonnene Resultat im gleichen Sinne noch gesteigert. Es mussten also die Flüsse unter allen Umständen während des Herannahens der Vereisung stärker mit Transportmaterial beladen worden sein, als zur Zeit ihres Schwindens, und da zudem die grössere Transportlast von einer geringeren Wassermenge bewältigt werden sollte als die kleinere, so musste es in dem ersteren Falle ganz bestimmt zu einer viel bedeutenderen Ablagerung gekommen sein, als in dem zweiten. Es bleibt hierbei sogar noch fraglich, ob der Rückzug einer Vergletscherung überhaupt mit einer allgemeinen Anhäufung von Schottern in den Gebirgsthälern verbunden war; dass auch die stärkeren Flüsse ihre leichtere Last „denn doch irgendwo absetzen“ mussten, ist gewiss nicht zu bestreiten, aber ob dieser Absatz eben noch im Gebirge selbst erfolgte, oder nicht etwa erst draussen im flachen Lande bei entsprechend vermindertem Gefälle, dies lässt sich ohne Weiteres nicht entscheiden.

Nehmen wir aber nun doch an, es komme auch während des Rückzuges einer Vereisung eine Ablagerung von Schottermassen in den Thälern des Gebirges zu Stande. Auf die Gletscherzeit folge eine Interglacialzeit; diese ist eine Erosionsperiode gleich der Gegenwart, und während derselben arbeiten die fliessenden Gewässer unentwegt an der Abtragung der Accumulationsproducte der vorhergegangenen Vereisung.

Zunächst also werden die Schotter erodirt, deren Ablagerung den Rückzug des Eises begleitet; dann erst kommen die Moränen, und am Schlusse die mächtigen Schottermassen, welche ihr Dasein der Wachstumsperiode der Vergletscherung verdanken. In dem Masse jedoch, in welchem sich das Thal vertieft, wird die Wirksamkeit der Erosion sowohl in räumlicher Beziehung, als auch ihrer Stärke nach beschränkt, und ist das Wasser im Stande, die unbedeutenden oberen Anschwemmungen der Eisperiode vollständig zu entfernen, so wird ihm solches bei den unteren Schottern minder gut gelingen. Die letzteren werden also die Interglacialperiode vollständiger überdauern, als die ersteren, und folgt nun etwa abermals eine Vereisung und hierauf die Gegenwart, so werden sich dieselben Verhältnisse wiederholen. Wir werden im Gebirge kaum hin und wieder eine Spur entdecken können von glacialen Schottern, welche jünger wären als die Moränen, hingegen werden wir desto häufiger unter den Moränen den älteren Schottern aus der Zeit des Gletscherwachstums in der Gestalt der grossen Flussterrassen begegnen. Dass nun aber diese letzteren keine oberen Glacialschotter einer früheren Epoche, keine „Ablagerung der Schmelzwasser einer zurückgehenden Vergletscherung“ repräsentiren, dürfte nach all' dem Vorherigen als ziemlich sicher zu betrachten sein.

Noch ein anderer Umstand verdient hier ein wenig Beachtung. Wenn während des Herannahens einer Vergletscherung von den Flüssen Schottermassen abgelagert werden, so gedieht diese Ablagerung in der Richtung des Flusslaufes, und es sind die Schotter in den oberen Strecken älter als jene in den unteren Partien der Thäler. Es entsteht eben jeweils vor dem Gletscher bis auf bedeutende Entfernung hin eine Anhäufung von Schwemmgebilden in Gestalt einer Aufschüttung des Thals, und sowie der Gletscher sich auf deren Oberfläche vorschiebt, schreitet die Ablagerung — und vielleicht rascher als der letztere — weiter vorwärts. Anders verhält es sich mit einer Aufschüttung des Thales, zu deren Einleitung der Rückzug einer Vereisung den Anstoss gäbe. In diesem Falle würde das Anwachsen der Ablagerung nach rückwärts erfolgen, da dieselbe den Rückgang des Eises begleitet; es wären mithin die Schotter im Herzen des Gebirges jünger als jene an den Enden der Thäler, weil sie einer späteren Phase des Gletscherschwundes entsprechen. Dass nun auf dem ersteren Wege, durch Anwachsen einer Thalaufschüttung in der Richtung nach aussen, eine allgemeine Erhöhung des Thalbodens entstehen konnte, welche bei einem Wiedereinschneiden der Flüsse als eine weithin fortlaufende, zusammenhängende Terrasse, wie z. B. jene im Innthal, an der unteren Enns oder der Steyr, zurückblieb, dies ist durchaus leicht begreiflich. Bedeutend schwieriger hingegen ist es, sich eine Vorstellung davon zu machen, auf welche Weise durch eine rückschreitende Anschwemmung, bei welcher der Ausgangspunkt immer weiter thalein verschoben wird, das gleiche Ziel erreicht werden könnte. Es müssten die äussersten Enden der Ablagerung, welche den einzelnen Gletscherphasen entsprechen, an der Oberfläche der Aufschüttung ausstreichen und in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge thalaufwärts zurückschreiten. Der jeweilige Beginn der Ablagerung in jedem bestimmten Zeitpunkte deren Entwicklung würde hingegen im Verlauf des Gletscherrückzuges

alsbald von späteren, von weiter rückwärts ausgehenden Schotterlagen überdeckt werden; die oberen, rückwärtigen Enden der Schichtung würden mithin stets an der Thalsohle ausgehen und in ihrer Altersfolge ebenfalls die Richtung nach dem Thalinneren einschlagen. Dieses Verhalten hätte etwas Widernatürliches an sich, während bei der vorschreitenden Anschwemmung der herannahenden Vereisung die Schichten ganz normaler Weise in der Fallrichtung des Thales sich auf und an einander reihen, und somit die oberen Schichtenden an der Oberfläche der Aufschüttung, und die unteren, äusseren Enden an der Thalsohle zum Ausgang kommen.

Eine treffliche Illustration zu jenen Verhältnissen, welche geradezu beweisend wirkt, liefert der Umstand, dass an der Basis der Schottermassen zunächst der Thalsohle fast regelmässig Schlamm- und Bänderthone — im Kalkgebirge „Kreide“ — auftreten und erst darüber die eigentlichen Kies- und Schotterlagen folgen. Diese Beobachtung wurde von Penck¹⁾ an verschiedenen Stellen in den Thälern der Nordtiroler und Oberbayerischen Alpen gemacht, sie wurde von Blaas²⁾ speciell in der Umgebung von Innsbruck wiederholt und als charakteristisch für den Aufbau der Innthalterrasse bezeichnet, und ich selbst gelangte im Gebiete der Enns und Steyr ebenfalls zu der gleichen Erkenntniss. „Die schlammige Trübung der Gletscherströme wurde am weitesten verfrachtet, sie leitet die Ablagerung der Schotter daher überall ein.“³⁾ Das heisst, sie leitet die Ablagerung der Schotter dann ein, wenn diese letztere thalabwärts vorschreitet, wenn also ihr Ausgangspunkt in Folge des Anwachsens der Vereisung immer weiter thalauswärts verschoben wurde. Dann kommen über den jeweiligen Endpunkt der Ablagerung — also über Schlamm und Bänderthone — stets jüngere Schichten zu liegen, deren Ursprungsort sich mit dem Gletscher beständig nähert, während die Endpunkte dementsprechend immer weiter vorwärts dringen. Je näher aber der Ursprungsort der Ablagerung heranrückt, aus desto größerem Material wird dieselbe an dem hiebei in's Auge gefassten Punkt bestehen. Es wird das Korn der Ablagerung nach oben wachsen: zu unterst werden allenthalben die feinsten Schlemmproducte liegen, welche am weitesten fortgespült wurden und somit den an der Thalsohle austreichenden Enden der vorrückenden Ablagerung entsprechen, zu oberst werden die grössten Schotter auftreten, welche unfern von dem Gletscher schon nach kurzem Transport zur Ruhe kamen. So wird also eine derartige Aufeinanderfolge von Bänderthon, Sand, Kies und Schotter, wie sie in der That beobachtet wird, für eine vor der wachsenden Vereisung einherschreitende Ablagerung von der Theorie geradezu gefordert. Wäre hingegen die Ablagerung dem Schwinden der Vergletscherung gefolgt, dann müsste gerade das umgekehrte Verhältniss stattfinden; es müssten die Ausgangspunkte der Ablagerung an der Thalsohle zu suchen sein, und die

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 143, 154, 165, 166, 167.

²⁾ Ueber die Glacialformation im Innthale, pag. 14, 15, 16, 37, 51, 54, 116. — Blaas schliesst hieraus, dass der Inn zur Zeit des Beginns der Ablagerung ein sanfteres Gefäll besessen habe, als am Ende derselben, was mit den Ausführungen unseres vorigen Capitels über die Gefällsverhältnisse der Accumulationen im besten Einklange steht.

³⁾ Penck, l. c. pag. 167.

Endpunkte würden an der Oberfläche der Aufschüttung ausgehen; es wäre dann zu unterst grobes Geröll und zu oberst feiner Sand und Schlamm zu finden. Dem ist nun aber nicht so, und wir wissen diesen Fingerzeig zu deuten. Der Aufbau der glacialen Anschwemmungen wird uns somit zu einer schönen Bestätigung der Ansicht, dass dieselben während des Anzuges, nicht aber zur Zeit des Schwindens einer Vereisung entstanden.

In den Schotterterrassen des unteren Ennsthals, sowie in den Alpenthälern überhaupt, erkennen wir nunmehr mit Penck die Anschwemmungen, welche von den Gletscherwässern am Beginn und während der Entwicklung einer Eiszeit zur Ablagerung gebracht wurden. Beachtenswerth hierbei ist auch die petrographische Beschaffenheit des Materials, aus welchem sie bestehen. In den unteren Lagen herrschen, besonders an weiter thalabwärts gelegenen Punkten, Kalkgeschiebe vor, oder sind doch noch in ziemlicher Menge vorhanden; nach oben hin werden jedoch dieselben immer seltener, und die höchsten Partien der Ablagerung bestehen fast durchaus nur aus krystallinischen Geschieben, welche übrigens in der Regel auch schon in den tieferen Niveaux eine nicht unansehnliche Rolle spielen. Im Ganzen überwiegen in den Schottermassen bei weitem die Gesteinsvarietäten des Urgebirges, und ihnen gegenüber treten die Kalke so sehr zurück, dass sie beim allgemeinen Anblick fast verschwinden. Dieser Umstand muss Anfangs überraschen, denn da das Ennsthal fast in seiner ganzen Ausdehnung, nämlich vom Passe Mandling an, zu seiner linken Seite beständig von hohen Kalkbergen begleitet wird und bei Admont vollständig in die Kalkzone eintritt, so sollte man erwarten, dass die Kalkarten mindestens in gleicher Weise an der Zusammensetzung der Schotter Antheil nähmen, wie die centralalpinen Gesteine. Indessen stammen ja die Geschiebe ihrer Herkunft nach nicht aus dem Ennsthale selbst, sondern aus den Zufussthälern desselben und von der Oberfläche des Gebirges, und es wird die Geschiebezufuhr eines jeden Seitenthales im Allgemeinen proportional gewesen sein der Grösse seines Gebietes. Wenn wir nun aber die Einzugsgebiete der Zuflüsse, welche das Ennsthal einerseits aus dem Urgebirge, andererseits von der Kette der Kalkalpen empfängt, mit einander ihrer Grösse nach vergleichen, so ergibt sich eine ganz enorme Differenz zu Gunsten der ersteren, welche die auffallende Minderheit von mesozoischen Geschieben in den Schotterterrassen unseres Thales im richtigen Lichte erscheinen lässt. Ausserdem aber sind die Kalkgeschiebe denjenigen aus krystallinischem Gesteine gegenüber schon deswegen im Nachtheile, weil sie in Folge ihrer geringeren Härte und leichteren Zerstörbarkeit unter dem Transport viel stärker leiden, und insbesondere dann, wenn sie hierbei Urgebirgs- geschieben untermengt sind, zum Theil wohl fast vollständig vernichtet werden.

Die Schotterterrasse an der unteren Enns befindet sich offenbar in einem ganz anderen, und zwar in einem weit jüngeren Stadium ihrer Entwicklung, als jene entlang den Ufern des Inn. Während in dem letzteren Thale die Arbeit der Erosion vollbracht, die heutige Thalsohle flach und breit, und die Terrasse mehr oder minder auf das Gebänge beschränkt ist, dominirt hier an der Enns die Terrasse in

solcher Weise, dass ihre Oberfläche an manchen Orten heute noch den allgemeinen Thalboden bildet, in welchen sich der Fluss nur zu eigenem Gebrauche einen engen und tiefen Erosionsschlund gegraben. Es hat demnach die Erosion im Innthale rascher und erfolgreicher gearbeitet als im Ennsthale, und wir haben sofort nach dem Grunde dieser Ungleichheit zu forschen.

Der Inn ist wasserreicher als die Enns, folglich kann er stärker erodiren; dies ist das nächstliegende Moment, nach welchem wir greifen. Es ist aber auch das einzige, welches sich in jener Hinsicht geltend machen lässt, und zudem ist es noch sehr fraglich, ob dasselbe überhaupt diesfalls für uns einen praktischen Werth besitze. Von zwei Flüssen ist nicht demjenigen von vorneherein die stärkere Erosionskraft eigen, welcher die grössere Wassermenge führt, sondern es ist hierbei die Geschwindigkeit des Fliessens von noch weit massgebenderer Bedeutung. Es ist die Kraft des fliessenden Wassers proportional der Grösse des Querschnitts, hingegen proportional dem *Q u a d r a t e* der Geschwindigkeit; die Wasserführung dagegen ist zwar ebenfalls dem Querschnitt proportional, jedoch nicht auch dem Quadrate der Geschwindigkeit, sondern nur dieser letzteren *a n s i c h*. Ein wasserärmerer, aber rascher fliessender Fluss kann somit unter Umständen eine stärkere Erosivkraft entfalten, als ein anderer von grösserer Wasserführung, aber trägerem Lauf.¹⁾ Da nun die untere Enns in Folge ihres stärkeren Gefälls rascher fliesst als der Inn, und wir wohl annehmen dürfen, dass dies zur Glacialzeit im Allgemeinen ebenso gewesen, so ist es gar nicht ausgemacht, dass der Inn blos deswegen, weil seine Wasserführung grösser ist, auch sein Erosionsgeschäft lebhafter betreiben und eher zu einem gedeihlichen Abschluss bringen konnte, als die Enns.

Wir müssen uns deshalb nach anderen Argumenten umsehen, um die Verschiedenheit in der Entwicklung der beiden Thäler zu erklären; aber, wie gesagt, das eben Vorgebrachte war das Einzige, welches wenigstens scheinbar mit Aussicht auf Erfolg herangezogen werden konnte, und je mehr und weiter wir nun noch hierüber nachsinnen, desto unverständlicher wird uns die ganze Sache. Zunächst fällt uns auf, dass die Innthalterrasse fünfmal so mächtig ist, wie jene an der Enns; die Höhe der ersteren über dem Fluss beträgt 300 Metèr, die der letzteren nur 60 Meter. Dabei hat das Innthal im Niveau der Terrasse oft eine Breite von 7 Kilometer und darüber, und die Thalsole selbst besitzt fast allenthalben eine solche von $1\frac{1}{2}$ —2 Kilometer; dem gegenüber erscheint das untere Ennsthal als eine enge Schlucht, denn es erreicht selbst an seiner weitesten Stelle, bei Altenmarkt, auf der Oberfläche der Terrasse nicht einmal 2 Kilometer Breite. Es ist also die Erosionsleistung im unteren Innthale *weitaus* bedeutender gewesen, als jene der Enns; sie wäre schon beträchtlicher, wenn der Inn in seine Aufschüttung nur einen eben solch' schmalen Canal sich

¹⁾ Beträgt z. B. das Querprofil eines Flusses 150 Quadratmeter und die mittlere Geschwindigkeit 2 Meter per Secunde, so ist die Wasserführung des Flusses in derselben Zeit 300 Kubikmeter, und der Ausdruck seiner Erosivkraft ist gegeben durch $150 \cdot 2^2 = 600$. Ist bei einem anderen Flusse das Profil 60 Quadratmeter, die Geschwindigkeit aber 4 Meter, somit die Wasserführung 240 Kubikmeter, also kleiner als bei dem vorigen, so erscheint seine Erosivkraft ausgedrückt durch $60 \cdot 4^2 = 960$. Der letztere Fluss erodirt also trotz seiner geringeren Wasserführung mit stärkerer Kraft.

eingenagt hätte, wie die Gewässer der Enns, mit Rücksicht auf dessen grössere Tiefe; wenn man aber auch die Breitendimension in Betracht zieht, und den weiten und tiefen Hohlraum, welcher sich in die Innterrasse herabsenkt, mit dem Inhalte der eigentlichen Ennsschlucht vergleicht, dann wächst die Differenz der Leistung, welche an beiden Orten nach der Auffüllung des Thales erfolgte, zu so enormer Grösse, dass man fast das Bestreben aufgeben möchte, ein richtiges Einsehen in die Ursache derselben zu gewinnen. Nur sehr gewaltige Unterschiede in der Stärke der Kraft oder in der Dauer ihrer Wirkung konnten ein so ungleiches Ausfallen ihrer Aeusserung bedingen. Mit dem ersteren Factor haben wir ein Auslangen nicht gefunden; es ist fraglich geblieben, ob die Kraft der Flüsse überhaupt in beiden Thälern verschieden war, und in welcher Weise; keinesfalls jedoch, das lässt sich sagen, war die Differenz eine grosse. Nun versuchen wir es mit der Zeit; vielleicht ergibt sich, dass der Inn viel früher mit der Erosion begann, als die Enns, und deswegen auch eher zum Ziele gelangte als diese; allerdings dürfte sein Vorsprung kein kleiner gewesen sein, sollte er der ihm zugeschriebenen Wirkung genügen. Hier zeigt sich aber, dass gerade das Gegentheil stattfand, und wir verlieren somit immer mehr und mehr den Ausweg. Die Erosion konnte selbstverständlich nicht vor Beendigung der Schotteraufschüttung beginnen; sowie jedoch die Ablagerung in den einzelnen Thalstrecken beendet wurde, kam der Gletscher und schob sich über dieselbe hinweg. Die oberen Partien der Schotter gehen häufig in Moränen über, sie wechsellagern stellenweise mit einander, und es geht hieraus hervor, dass die Ablagerung an jedem Orte erst mit der Vergletscherung desselben abschloss. Die Erosion des fliessenden Wassers konnte also erst nach dem Rückzuge des Gletschers beginnen, dieser aber erfolgte im Ennsthale früher als im Innthale. Der Ennsgletscher endete noch im Gebirge selbst, er erfüllte nicht einmal das ganze Thal, sondern fand die Grenze seines Vordringens schon in der Gegend von Klein-Reifling; unterhalb dieses Ortes wurde also das Fliessen des Wassers überhaupt nicht unterbrochen, und oberhalb desselben begann es wieder gleich in der ersten Periode des Rückzugs. Bevor jedoch im Innthale wieder Wasser zu rinne vermochte, musste erst das Meer von Eis geschwunden sein, zu welchem der Inngletscher mit seinen Nachbarn auf der bayerischen Hochebene verschmolz. Dies bedurfte jedenfalls einer langen Zeit, und inzwischen konnte im Ennsthal bereits der Fluss trocknen. Es ist somit die Enns viel länger schon mit der Ausbildung ihres Thallaufes beschäftigt als der Inn, sie begann in einem weit entlegeneren Zeitpunkte an den glacialen Schottern zu nagen, welche hier minder mächtig sind als dort, ihre Aufgabe war mithin in jeder Beziehung kleiner, und trotzdem hat sie dieselbe nicht beendet, ja sie ist kaum über die ersten Anfänge ihrer Lösung hinaus.

Kraft und Zeit regeln die Arbeitsleistung des fliessenden Wassers, sie bestimmen aber ebensolcher Weise die Wirkungsgrösse auch bei jeder anderen Erscheinung. Nun sehen wir zwei Flüsse, die an Kraft nicht sehr verschieden, und bemerken, dass der eine, welcher kürzere Zeit besteht, eine grossartige Leistung hinterlassen, während der andere, dessen Lauf viel länger währte, ein ganz unbedeutendes Ergebniss seiner Thätigkeit bekundet. Solch ein Widerspruch kann in

der Natur nicht bestehen, ein Agens, welches an zwei Orten mit gleicher Stärke verschieden lange wirkt, muss dort die grössere Arbeit leisten, wo es der längeren Dauer seines Daseins begegnet. Wenn nun aber das Ergebniss unseres Vergleiches dieser logischen Forderung dennoch widerspricht, dann kann es gar nicht anders sein, als dass die Grundlage desselben von Anfang an eine irrigte gewesen; es muss die Erosion in den Glacialschottern des Innthales das Werk eines kräftigeren und länger wirksam gewesenen Vorganges sein, als jene im Ennsthal, und da das fliessende Wasser diese Bedingung nicht erfüllte, so haben wir die Ursache der ungleichen Erosion eben anderswo zu suchen. Welcher Art mag nun aber diese letztere gewesen sein, welche ein anderes Mittel als das Wasser konnte überhaupt seit der Ablagerung der Schotter in den Thälern eine erodirende Wirkung entfaltet haben, und zwar in jenem des Inn stärker und länger als in dem der Enns? Indem wir uns diese Frage vorlegen, liegt schon die Antwort auf der Hand: das Eis; entweder ist Wasser in den Thälern geflossen, oder es lagen dieselben unter Gletschereis begraben; wird das erstere ausgeschlossen, dann bleibt allein das letztere über, eine weitere Wahl ist uns nicht geboten. Sind wir nun geneigt, dem Eise erodirende Fähigkeiten zuzusprechen — und dass dieses solche besitze, wird selbst von den schärfsten Gegnern der Gletschererosion nicht geleugnet, nur um das Ausmass jener Wirkung dreht sich ja der Streit — wird also das Eis als bodengestaltender Factor bewerthet, dann ist der bisherige Widerspruch gelöst.

Im Unterinnthal erreichte das Eis eine Mächtigkeit von 1000 Meter ¹⁾, im unteren Ennsthal hingegen besass es nur eine solche von 240 Meter; dies bedingte schon einen sehr bedeutenden Unterschied in der erosiven Kraft. War auch die Bewegung des Eises an dem ersteren Orte während des Maximums der Vereisung möglicherweise äusserst langsam, so dass mitunter fast eine förmliche Stagnation desselben eintreten mochte, so war dies nicht so während der Ausbreitung des Gletschers und zur Periode seines Schwindens; im unteren Ennsthal hingegen war die Bewegung des Eises stets eine geringe, da wir uns hier schon in der unmittelbaren Nähe seines Endes befinden. Aber nicht nur erfolgte im Innthal die grössere Kraftentfaltung des Gletschers, sondern sie war dortselbst, wie schon mehrfach erwähnt, auch von weitaus längerer Dauer. Lange vor und lange nach dem Eintritte des Höhenpunktes der Eiszeit war das ganze Innthal vergletschert, während der Bestand der Eiszunge im unteren Ennsthale auf die Phase der stärksten Gletscherentwicklung, auf den „todten Punkt“ jener grossartigen Glacialoscillation beschränkt war. Grössere Kraft und längere Dauer vereinen sich also nun zu stärkerer Wirkung; so muss es sein, und wir sehen uns deshalb genöthigt, in der Innthalterrasse ein Erosionsproduct nicht des fliessenden Wassers, sondern des Gletschereises zu erkennen.

Dass die Terrasse im unteren Innthal ihre Erosion der Gletscherthätigkeit verdanke, diese Ansicht wurde zuerst von Penck ²⁾ vertreten, welcher nicht nur auf der Höhe der Terrasse, sondern auch an ihren Abböschungen, sowie desgleichen auf der Thalsohle selbst, Grundmoränen

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 54.

²⁾ l. c., pag. 336.

und Gletscherschliffe entdeckte. „Auf der einen Seite lernen wir, dass die Terrasse unmittelbar vor der Vergletscherung aufgeschüttet wurde, auf der anderen sehen wir, dass sie während derselben bereits erodirt war. Dies lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass die Gletscher selbst die Terrasse erodirten.“

Beobachtung und Speculation reichen sich hier zum Freundschaftsbunde die Hände. Von einem ganz anderen, rein theoretischen Gesichtspunkte ausgehend, gelangten wir doch zu demselben Resultate wie Penck, und dies kann gewiss unser Vertrauen in die Richtigkeit desselben nur erhöhen.

Im unteren Ennsthale sind die Moränen auf die Oberfläche der Terrasse beschränkt, in der engen Schlucht des Flusses ist keine Spur von Gletscherwirkung zu erkennen, sie erweist sich vielmehr in allen ihren Zügen als das ureigenste Erzeugniss der thalbildenden Kraft des fließenden Wassers. Dieses arbeitet auch heute noch an der Vertiefung seiner Rinne und unterwühlt die Conglomeratbänke an seinen Ufern; von Zeit zu Zeit brechen Theile derselben in die Tiefe und ragen dann als felsige Klippen aus dem schäumenden Gewässer hervor, welches sich nach Kräften beeilt, seine Beute zu zerkleinern, um dieselbe stückweise mit sich zu reißen. So wächst die Furchung nach Breite und Tiefe. Dass wir jedoch hier keine Anzeichen von Gletschererosion bemerken, während dieselbe im Innthal so erfolgreich gewesen, kann nach dem, was oben gesagt wurde, nicht mehr überraschen. In der Nähe seines Endes wird ein Gletscher selten erodiren, er wird dort eher anhäufend wirken, nicht nur weil die Mächtigkeit des Eises abnimmt, sondern weil sich auch seine Bewegung verlangsamt. Wollen wir deshalb im Ennsthale Merkmale der Glacialerosion erkunden, dann müssen wir uns eine Strecke weiter thalauf begeben, wo die Mächtigkeit des Eises grösser, seine Bewegung rascher und sein Verbleib von längerer Dauer gewesen.

Wir treten durch die engen Pforten des Gesäuses und stehen in der Erosionswerkstätte des alten Gletschers. Wo blieb nun hier die Terrasse der glacialen Schotter, wo der enge Schlund, in welchem der Fluss wildhastend dahinschoss? Schon an einer früheren Stelle haben wir diese Fragen gestellt, aber nun erst sind wir im Stande, zu ihrer Beantwortung zu schreiten.

Der Mangel einer Schotterterrasse im Obereennthal könnte, wie gesagt, an sich durch dreierlei verschiedene Annahmen erklärt werden. Entweder es wurden hier überhaupt gar keine Schotter abgelagert, oder sie sind noch unversehrt erhalten und die heutige Thalsohle fällt mit der Oberfläche der Aufschüttung zusammen, oder aber die Erosion hat hier ihre Aufgabe schon vollendet und dieselben bereits gänzlich wieder entfernt. Es ist nun unsere Sache, zu sehen, welcher von diesen a priori denkbaren Fällen auf die vorliegenden Verhältnisse Anwendung findet.

Dass es im Obereennthal von vorneherein zu keiner Ablagerung von Schottern gekommen sein sollte, diese Voraussetzung ist sofort von der Hand zu weisen, wenn man bedenkt, dass eine solche Ablagerung ja doch in der engen Felsenkchle des Gesäuses¹⁾ und unterhalb des-

¹⁾ Im Gesäuse sind allenthalben an den Felswänden Reste von Conglomeratbänken erhalten; stellenweise finden sich auch noch ganze Theile der Terrasse, wie z. B. oberhalb Gstatterboden.

selben erfolgte, wo der Fluss vermöge seines stärkeren Gefälls eine weitaus grössere Transportkraft besass, als auf der kaum merklich geneigten weiten und flachen Sohle seines oberen Thallaufes. Dass der Fluss auf dem stärkeren Gefäll abgelagert hätte, hingegen auf der sanfter geneigten Strecke nicht, dies wäre nur in dem einen Falle denkbar, dass erst mit und unterhalb der Gefällsvermehrung eine Ueberladung mit Transportmaterial erfolgte. Abgesehen aber von jeder theoretischen Betrachtung, nach welcher die Geschiebeüberlastung der Flüsse als durch die herannahende Vergletscherung bedingt, mit dieser von den höchsten Theilen des Gebirges ausgehen und in den Thälern von oben nach abwärts sich geltend machen musste, so geht durch die directe Beobachtung hervor, dass fast die gesammten Schotter an der unteren Enns aus dem sanft geneigten Oberlauf des Thales herabkamen, und nicht erst dort, wo sich das Gefäll des Flusses vermehrte, durch Neubinzukommen eine Ueberladung des letzteren bewirkten. Die Hauptmasse jener Schotter und Conglomerate besteht nämlich, wie wir vorhin sahen, aus krystallinischen Geschieben, und da solche Gesteine im unteren Ennsthale nirgends anstehen, so mussten dieselben sammt und sonders auf ihrem Wege aus dem Urgebirge her die breite Thalung der oberen Enns passiren. War also im Querthale Anlass zur Schotterablagerung gegeben, so war ein solcher in umso höherer Masse in dem sanfter geneigten Längenthal vorhanden, und die Existenz der Schotterterrasse an der unteren Enns wird uns somit zum zwingenden Beweis, dass auch der Oberlauf des Thales während der gleichen Periode eine noch beträchtlichere Aufschüttung erlitten.

Wie verhält es sich nun mit der Annahme, dass die Schotter heute noch unversehrt unter der Thalsohle versteckt lägen? Auch diese Supposition wird durch die thatsächlichen Verhältnisse vereitelt. Einerseits wäre es nicht gut begreiflich, wieso sich auf der Oberfläche einer Schotterbildung so ausgedehnte Versumpfungen und Torfmoore befinden könnten, wie sie im oberen Ennsthale bestehen, andererseits ist das Gefäll der Sohle ein so geringes¹⁾, dass dieser Umstand allein schon gegen deren Auffassung als Oberfläche einer Thalaufschotterung spricht²⁾, und endlich liegt schon die Oberfläche der rudimentären Schotterterrasse oberhalb Gstatterboden in einem höheren Niveau als der Thalboden am Eingang des Gesäuses, und an der letzteren Stelle selbst streichen Conglomeratbänke an den Felswänden hoch über der Thalsohle aus. Da nun also die Schotterablagerung selbst an weiter thalabwärts gelegenen Punkten zu einer grösseren Höhe gedieh, als jener, in welcher sich der Boden des oberen Ennthales befindet, so kann dieser letztere unmöglich die Oberfläche der alten Aufschüttung repräsentiren. Wurden aber im oberen Ennsthale Schotter abgelagert und sind dieselben nicht unter der Thalsohle verborgen, dann sind sie eben seither erodirt worden, und die Antwort, welche wir verlangten, ist somit gefunden.

¹⁾ Von Steinach bis zum Eingang des Gesäuses kleiner als 1:1000.

²⁾ Im vorigen Capitel wurde gezeigt, dass die Schotterterrassen stets ein stärkeres Gefäll besitzen als die Thalsohle, da durch Aufschüttung das Gefäll der letzteren erhöht wird. Wäre also der heutige Boden des oberen Ennthales die Oberfläche der alten Aufschüttung, so müsste die darunter begraben liegende frühere Thalsohle ein noch geringeres Gefäll besessen haben, was wohl kaum mehr möglich.

Hiemit zugleich aber erwächst die neue Frage, wodurch wurde diese Erosion bewirkt? Wir haben diesbezüglich jetzt schon leichtes Spiel. War die Enns nicht im Stande, die Schotterterrasse an ihrem Unterlauf zu entfernen, woselbst ihre Gewalt viel stärker und die Masse der Ablagerung viel geringer ist, so konnte sie dieses Werk noch viel weniger im Oberlauf vollbringen, in welchem sie obendrein in Folge des später erfolgten Gletscherrückzuges auf eine weitaus kürzere Arbeitszeit beschränkt war. Ein einziger Blick auf den Fluss, wie er vor seinem Eintritt in das Gesäuse, in dessen enger Felsenkehle die Erinnerung an die wilden Tage seiner in den fernen Hochthälern des Gebirges verlebten Jugendzeit wieder frisch erwacht, ruhigen Laufes in vielen Windungen und Krümmungen müssig einerschleicht, wird übrigens auch an und für sich genügen, um jeden Gedanken an eine so bedeutende Erosionsleistung dieses trägen Gewässers vollends zu verscheuchen. Hat aber die Enns jene Schotter nicht erodirt, dann konnte dies nur der Gletscher selbst bewerkstelligt haben, und wir sehen uns somit gezwungen, hier im Oberennsthal, ebenso wie vorhin mit Penck im Unterinnthal, in der Entfernung der Glacialschottermassen eine Erosionswirkung des Gletschers zu erkennen.

Die Mächtigkeit des Ennsgletschers betrug oberhalb des Gesäuses 500 Meter und nahm thalaufwärts beständig zu; das Dasein des Gletschers war hier auch von langer Dauer, da es längst nicht mehr, wie im Unterennsthal, auf die Zeit des Maximums der Vereisung beschränkt war. Der Gletscher besass hier also stärkere Kraft während längerer Zeit und deshalb hat er die Glacialschotter im Oberennsthal erodirt, im Unterennsthal aber nicht. Dass er an letzterem Orte, in der Nähe seines Endes gar nicht erodirte, ist begreiflich, und dass die Schotter oberhalb des Gesäuses fast vollständig entfernt wurden, gegen diese Thatsache lässt sich ebenfalls keine Einwendung erheben. Man könnte jedoch mit gutem Recht darüber erstaunt sein, wenn die Gebiete vollständiger und gänzlich ermangelnder Gletschererosion sich ohne Uebergang berühren würden, anstatt vielmehr durch eine Strecke mit mehr oder minder unvollständiger Erosion mit einander verbunden zu sein. Solch ein ausgleichender Uebergang findet nun aber statt, und zwar begegnen wir demselben innerhalb des Gesäuses.

In dieser engen Felsschlucht ward die Bewegung des Gletschers sehr gehemmt, und zwar mit umso grösserem Erfolg, als sich dem Eise aus dem Oberennsthal noch ein anderer Ausweg darbot, nämlich jener über den Buchauer Sattel und durch das Thal von St. Gallen, der auch in der That von einem Theile desselben benutzt wurde. Aus diesem Grunde war aber auch die Erosionskraft des Gletschers im Gesäuse sehr geschwächt, und derselbe brachte es hier nicht mehr fertig, die Schotter allenthalben bis auf die alte Thalsohle hinab zu entfernen. Heute setzt die Enns die halbvollendete Arbeit fort, und wir bemerken deshalb im Gesäuse eine zweifache Erosionsform, jene des Eises und die des rinnenden Wassers. Diese Verschiedenheit findet ihren Ausdruck in zwei Terrassen, von denen die obere, vom Gletscher erzeugte, nur an wenigen Stellen erhalten ist; der Gletscher erodirt ja auf der ganzen Breite des Thales, und es ist somit ein reiner Zufall, wenn sich an irgend welchen geschützteren Stellen an den Felsgehängen

Reste der höheren Conglomerat- und Schotterbänke seinem Angriff entzogen haben. Die untere, vom Fluss erodirte Terrasse ist selbstverständlich auch wieder nur an breiteren Thalstrecken entwickelt, an denen der Fluss nicht die ganze Sohle der Felsenge einnimmt. Wo sich aber die letztere erweitert, wie z. B. oberhalb der Einmündung des Thales von Johnsbach, dort ist die untere Terrasse sehr wohl ausgeprägt und besitzt ganz den Charakter der Terrasse im unteren Ennsthal; in der schmalen Erosionsfurche fließt nur die Enns, Strasse und Bahn ziehen auf der Oberfläche der Terrasse dahin, welche fast die ganze Thalbreite einnimmt; in höherem Niveau erscheinen dann hin und wieder am Berggehänge die Geschiebereste der älteren, da noch vom Gletscher erodirten Terrasse. Unterhalb Gstatterboden befinden sich auf der Flussterrasse die Ueberbleibsel einer Grundmoräne, woraus hervorgeht, dass die Erosion der höheren Schotterlagen wirklich durch den Gletscher erfolgte.

Da im Oberennsthal die ganze Schottermasse durch den Gletscher erodirt wurde, so dürfen wir erwarten, auch auf der Thalsohle hin und wieder Moränen zu finden. Dieser nicht unbilligen Forderung wird denn auch entsprochen, es sind an mehreren Punkten der Thalsohle im oberen Ennsthal Grundmoränen vorhanden; ich fand solche am Fuss der Thalgehänge bei Weng, beim Röttelbauer gegenüber Liezen, bei Irdning und unterhalb Schladming.

Hin und wieder sind übrigens selbst im oberen Ennsthal noch spärliche Reste der alten Schotterauffüllung erhalten. Zwischen Selzthal und Liezen finden sich solche am Fusse des Mitterberges, und im übrigen wird der Uebergang von der breiten und flachen Thalsohle zu den Thalgehängen an vielen Stellen durch sanfte terrassenartige Wiesenanschwellungen gebildet, deren Inneres sich meistens durch den Mangel an geeigneten Aufschlüssen der Beobachtung entzieht. Die alten Aufnahmen aus den Fünfziger-Jahren¹⁾ verzeichnen diese Gebilde als „tertiäre Schotter“, in der Literatur sind jedoch keine sicheren Anhaltspunkte bekannt, auf Grund deren jene Ausscheidung erfolgte; Fossilreste wurden bislang darin nicht gefunden. Ihrer Höhenlage nach bilden diese Schotterreste die directe Fortsetzung der Unterennsthalterrasse und der Rudimente derselben im Gesäuse, und wir werden deshalb kaum irre gehen, wenn wir dieselben ebenfalls als Ueberbleibsel der Glacialschotter auffassen, welche der Erosion des Gletschers entgingen. Auch in die Seitenthäler ziehen sich die gleichen Ablagerungen hinein und hier sind sie mitunter durch gute Aufschlüsse entblößt, so am Pyhrnbach beim Stadlerbauer, und im Hallthal am Esslingbach bei Mühlau; an beiden Orten bestehen die Geschiebe lediglich aus den mesozoischen Gesteinen der Umgebung, an dem letzteren sind die Schotter von einer typischen Grundmoräne überlagert.

Die Schotterreste, welche im oberen Ennsthal die hügelig zerrundeten Vorgehänge der eigentlichen Bergböschung bilden, sind demnach ihrer Ablagerung nach als ein Aequivalent der Terrasse an der unteren Enns zu betrachten, und die Verschiedenheit in der äusseren Form ihres heutigen Auftretens ist eine Folge der verschiedenartigen

¹⁾ Umgebungen von Schladming und Rottenmann; Nr. 1 und 2 der geologisch colorirten Spezialkarte von Steiermark und Illyrien, 1:144.000.

Erosionswirkung des Eises und des fließenden Wassers. Man dürfte wohl schon in früherer Zeit ganz richtig erkannt haben, dass das fließende Wasser, welches in dem stark geneigten Unterrennthal in die diluvialen Schottermassen nur eine enge, tiefe Rinne einzusägen im Stande war, eine gleichalterige Aufschüttung aus dem sanftgeneigten, flachen Oberrennthal unmöglicherweise fast gänzlich entfernt haben konnte; ebenso war man sich wohl auch darüber im Klaren, dass die Annahme unzulässig sei, es wären jene diluvialen Schotter etwa unter der heutigen Thalsole verborgen; da man nun aber damals an die Möglichkeit einer Erosion durch Gletscher noch nicht im Entferntesten dachte, so sah man sich zu der Ansicht verleitet, dass das „Terrassen-Diluvium“ im oberen Ennthal überhaupt gar nicht zur Entwicklung gekommen sei und von vorneherein darinnen fehlte.¹⁾ Um nun dies letztere wieder zu erklären, entstand denn jene Vorstellung von einem grossen obersteierischen tertiären Meer, zu dessen Zeiten die Felskehle des Gesäuses noch nicht bestand, und aus welchem sämtliche Schottermassen im ganzen Flussgebiet der oberen Enns zur Ablagerung kamen. So hoch also irgendwo in den inneren Stammthälern des Gebirges Schotterlagen gefunden wurden, so hoch musste der Spiegel dieses Meeres gestanden haben; dasselbe überfluthete mithin die Sattel- und Passhöhen von Wagrein, Klachau, Pyhrn, Buchau, Wald und Hohentauern, und stand auf diese Weise mit den benachbarten Thal- und Beckenmeeren in Verbindung. Als dann am Ende dieser Periode eine allgemeine Hebung des Gebirges erfolgte, und hierbei die Spalte des Gesäuses auseinander klappte, da wühlten die abziehenden Meeressgewässer den Boden auf und rissen das Material der tertiären Ablagerungen mit sich fort, um es in anderen Gegenden als Diluvialschotter und Lehm abzusetzen. So entstand das „Terrassen-Diluvium“ im unteren Ennthal, und so kam es, dass dasselbe oberhalb des Gesäuses fehlte.

Heute, nach dreissig Jahren, ist diese Hypothese wohl längst verlassen, damals aber war sie dem Stande der Wissenschaft vollauf entsprechend; sie besitzt einen sehr bedeutenden historischen Werth, und deshalb geschah ihrer hier Erwähnung. Es resultirt nämlich hieraus ein sehr beredtes und rühmliches Zeugniß für die Schärfe der Beobachtung jener älteren Forscher; man würde ja doch — wie schon oben angedeutet wurde — kaum zu einer solchen Speculation Veranlassung gefunden haben, hätte man nicht erkannt, dass die Form des „Terrassen-Diluviums“ im Oberrennthal fehle, dass dasselbe auch nicht etwa unter der Thalsohle zu suchen sei, und dass es aber schon ganz und gar nicht ein Erosionsopfer der Enns geworden sein könne; da nun aber die Gletschererosion in der Wissenschaft noch nicht existirte, und man wohl weiters noch ganz richtig erkannte, dass unter den heutigen hydrographischen Verhältnissen im unteren Ennthal kein Terrassen-Diluvium entstehen könnte, ohne dass an der oberen Enns dieselbe Bildung in noch weit höherem Grade erfolgte, so musste man zunächst die beiden Thalstrecken durch eine Schranke von einander sperren. Alsdann hatte man aber in dem oberen, abgeschlossenen Theile keinen Fluss, und

¹⁾ Stur, Ueber die Ablagerungen des Neogen, Diluvium und Alluvium im Gebiete der Nordöstlichen Alpen und ihrer Umgebung. Sitzgs.-Ber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, XVI, 1855, pag. 511.

deswegen sah man sich eines stürmischen, strömenden Meeres benöthigt, um die Ablagerung der Schotter zu erklären.

Da bislang noch nirgends das tertiäre Alter der Schotter im Oberennsthale ausdrücklich bestritten wurde, so musste es an dieser Stelle geschehen. Allerdings sind im Oberennsthale auch einige Denudationsreste wirklich tertiärer Bildungen erhalten, doch nicht auf der heutigen Thalsohle, sondern in einem etwas höheren Niveau und in gestörter Lagerung, woraus man einen Fortschritt der Thalbildung seit der Tertiärperiode erkennt.

Im Bereiche des unteren Ennsthales sind die Glacialschotter auch in den Seitenthälern in der Form von Terrassen entwickelt. Als solche treten sie auf am Erzbach, in der Radmer, am Weissbach bei St. Gallen, am Laussabach und insbesondere im Thale der Salza. Die Terrasse des Erzbaches besitzt bei Schloss Leopoldstein eine Höhe von 27 Meter, jene von St. Gallen eine solche von 30 Meter, und jene der Salza bei Palfau erreicht 65 Meter Höhe; thalwärts nimmt die Mächtigkeit der letzteren ab, da das Gefäll des Flusses zunimmt; sie beträgt an der Einmündung des Lassingbaches 43 und bei Wildalpen 30 Meter. Schon unterhalb des letztgenannten Ortes ist die Terrasse nicht mehr vollständig erhalten, und oberhalb desselben verschwindet sie fast ganz; da hierbei die Moränen bis auf die Thalsohle herabreichen, so müssen wir hieraus schliessen, dass die Terrasse im Oberlauf des Thales durch den Salzagletscher erodirt wurde; weiter thalwärts war der Gletscher zu wenig mächtig und von zu kurzem Bestand, um eine Erosion zu bewirken, dort fliesst die Salza zwischen den beiderseitigen Terrassen in einer engen Schlucht, genau so wie die Enns im Unterlaufe ihres Thales. Auch bei Gams bilden die Glacialschotter eine etwa 20 Meter hohe Terrasse.

Die Thäler, welche unterhalb Altenmarkt in das Ennsthale münden, entbehren der Entwicklung von Schotterterrassen gänzlich; diese Thäler waren aber auch nicht mehr vergletschert. Einen ursächlichen Zusammenhang dieser beiden negativen Erscheinungen zuerst vermuthet zu haben, dies ist v. Mojsisovics' Verdienst, welcher in seinen „Grundlinien der Geologie von West-Bosnien und Türkisch-Croatien“¹⁾ es als auffallend hervorhebt, dass in Bosnien zugleich mit den Resten alter Gletscher auch die Diluvialterrassen in den Thälern fehlen. Dieselbe Abhängigkeit des Auftretens von Schotterterrassen von der eiszeitlichen Vergletscherung eines Gebirges hat sich auch, und zwar in jeder Beziehung, in den Pyrenäen ergeben. Alle Pyrenäenthäler, welche Spuren einstiger Gletscher beherbergen, besitzen ausgezeichnete Schotterterrassen, jenen Thälern hingegen, welche ausserhalb des Bereiches der alten Gletscherentfaltung liegen, fehlen dieselben, und an ihre Stelle treten Erosionsterrassen im festen Fels.²⁾ Kann man hieraus auch nicht folgern, dass allein die Gletscher das Material zu jenen Aufschüttungen herbeigeschafft hätten, so lässt sich doch das Eine mit Bestimmtheit sagen, dass dieselben

¹⁾ Sep.-Abdr. aus dem Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. XXX, 1880, pag. 46.

²⁾ Penck, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Sep.-Abdr. aus d. Mitthlg. d. Vereines für Erdkunde zu Leipzig. 1883, pag. 11.

klimatischen Ursachen, welche die Entwicklung des Glacialphänomens bewirkten, auch zu der Ablagerung jener Schottermassen Veranlassung gaben. Es ist dies abermals eine Rechtfertigung der Bezeichnung: Glacialschotter.

In den Alpen war diese Vergesellschaftung des Mangels an Schotterterrassen mit dem Fehler alter Gletscher bisher nicht beobachtet worden, weil in jenen Theilen derselben, welche bereits glacialgeologisch bearbeitet wurden, die Vergletscherung eine so gewaltige Ausdehnung besass, dass selbst das alpine Vorland von ihr betroffen wurde, und somit kein Thal innerhalb des Gebirges zu finden war, welches während der ganzen Dauer der Eiszeit gletscherfrei gewesen wäre. Dasselbe gilt von den Gebirgen Skandinaviens und der schottischen Hochlande. In den Oestlichen Alpen lässt sich indessen jenes constante Verhältniss auch noch weiterhin verfolgen.

Auch im Gebiete der Steyr sind vortreffliche Schotterterrassen entwickelt. Die Terrasse an der Steyr selbst tritt als solche in zusammenhängender Form zuerst unterhalb der „Stromboding“ bei Hinter-Tamborgau auf und besitzt an der Einmündung des Teichl-Flusses eine Höhe von 46 Meter; von hier an nimmt dieselbe thalabwärts im Allgemeinen an Mächtigkeit ab, wenn auch nicht ganz in derselben regelmässigen Weise, wie wir dies an der Ennsterrasse beobachtet haben. Dieser letztere Umstand erklärt sich aus den von Strecke zu Strecke wechselnden Gefällsverhältnissen des Flusses.¹⁾ Die einzelnen von mir gemessenen Terrassenhöhen (über dem Flussniveau) sind die folgenden:

	Mächtigkeit der Terrasse
Einmündung des Teichl-Flusses	46 Meter
Einmündung der Steyrling	42 „
Frauenstein	42 „
Einmündung des Paltenbaches	41 „
Agonitz	35 „
Brücke bei Molln	38 „
Einmündung der krummen Steyrling	35 „
Grünburg	32 „
Stadt Steyr	30 „

Schotterterrassen sind ferner vorhanden am Teichl-Fluss (Mächtigkeit bei St. Pankraz 49 Meter), am Dambach, an der Steyrling, am

¹⁾ Da bei jeder Gefällsverminderung unter sonst gleichen Umständen mehr, und bei jeder Gefällsverstärkung weniger abgelagert wird als vorher, so werden die Terrassenhöhen auf längeren Flussstrecken, deren Gefäll sich nicht immer gleich bleibt, nicht in derselben Regelmässigkeit thalabwärts an Mächtigkeit verlieren, wie es bei einem gleichmässig geneigten Thallauf der Fall wäre. Die Abnahme wird deshalb nicht eine durchaus stetige, sondern eine sprungweise sein und öfters in das entgegengesetzte Verhalten umschlagen. Dazu kommt noch, dass auch die Wassermenge und die Geschiefbeführung der Flüsse durch neue Zufuhr aus den Seitenthälern localen Veränderungen unterworfen sind, wodurch die Sache noch mehr complicirt wird. Auf längeren Thalstrecken wird demnach die Mächtigkeitsabnahme der Schotterterrassen wohl als allgemeines Gesetz, nicht aber auch jeweils im Detail zu beobachten sein. Dass wir im Ennsthal keine derartigen localen Abweichungen bemerkten, ist ein reiner Zufall, der seinerseits durch die zufällig getroffene Wahl jener Punkte bedingt ward, an denen eben die Terrassenhöhe gemessen wurde. Wäre die Wahl anders ausgefallen, oder wären mehr Punkte einbezogen worden, so hätten sich höchst wahrscheinlich auch hier kleine Schwankungen der besagten Art ergeben.

Paltenbach und an der krummen Steyr (Mächtigkeit oberhalb Molln 21 Meter), also in allen grösseren Thälern des vergletschert gewesenen Gebiets.¹⁾

Was die petrographische Zusammensetzung der Schottermassen betrifft, so bestehen dieselben lediglich aus mesozoischen Gesteinen, vorwiegend aus Kalken; es entspricht dies dem Umstande, dass das Flussgebiet sich ganz innerhalb des Bereiches der Kalkzone befindet. Nichtsdestoweniger war es nöthig, das Fehlen von Urgebirgsgesteinen unter den Schottern erst ausdrücklich zu constatiren. In den Glacialschottern der oberbayerischen Alpenthäler, welche bekanntlich ebenfalls ausschliesslich der Kalkzone angehören, spielen die krystallinischen Geschiebe eine grosse Rolle.²⁾ Es erklärt sich dies aus dem Umstande, dass der alte Inn-gletscher zur Zeit, als die Ablagerung jener Schotter erfolgte, über die niederen Pässe der Nördlichen Kalkalpen hinweg bereits in die Quellbezirke der betreffenden Thäler eingedrungen war, und auf diesem Wege erratiche Material in Menge aus dem Urgebirge mit herüberbrachte. Da nun auch der Ennsgletscher über den Pass am Pyhrn einen Zweig in das Steyrgebiet hinübersandte, so könnte man erwarten, hier in ähnlicher Weise in den Glacialschottern fremden Gesteinen zu begegnen. Diese Hoffnung wird aber hier getäuscht, und bei einiger Erwägung fällt es nicht schwer, die Ursache hiervon zu erkennen. Die Pässe, welche aus dem Innthal in die Thäler Oberbayerns hinüber geleiten, blieben tief unter der oberen Geschiebegrenze zurück und wurden deshalb von dem Tiroler Eisstrom schon während einer verhältnissmässig frühen Phase seiner Entwicklung überschritten. Die eigene locale Vergletscherung der jenseitigen Thäler war damals noch nicht weit gediehen, und da der Gletscher aus dem Innthal in der Grundmoräne sehr beträchtliche Mengen centralalpiner Geschiebe über die Passhöhe mit herüberschleppte, so konnte es nicht fehlen, dass dieselben von den Gletscherwässern ergriffen und dem localen Kalkschotter untermengt wurden. Der Ennsgletscher hingegen ging über den Pass am Pyhrn selbst zur Zeit seiner grössten Stärke nur in einer Mächtigkeit von 200 Meter hinweg, und es fand hierbei kein Ueberschub der ganzen Eismasse, sondern vorzugsweise nur ein ruhigeres Abfliessen der über dem Passniveau gelegenen Partien statt. Unter dem Eise war hierbei ein Geschiebetransport nur in ganz geringem Masse möglich, und auf dem Eise waren an dieser Stelle, an welcher ein Ueberfliessen überhaupt nur während des Maximums der Vergletscherung erfolgte, wohl nur schwache Spuren von Oberflächenmoränen vorhanden.³⁾ Daher denn auch das so äusserst spärliche Auftreten von erraticem Gestein in den Moränen des Steyrgebietes. Da es nun überdies

¹⁾ Das Innthal besitzt ebenfalls eine gut entwickelte Glacialschotterterrasse, welche eine Mächtigkeit von 20—30 Meter erreicht.

²⁾ Ponck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 143, 165 ff.

³⁾ Auf pag. 449 wurde gezeigt, dass selbst während des Maximums der Vereisung die Zungen jener Gletscher, welche noch im Gebirge endeten, mit Oberflächenmoränen bedeckt gewesen waren. Der Ennsgletscher endete nun wohl allerdings im Gebirge, aber jener Satz bezieht sich nur auf die Gletscherzunge, zu deren Seiten die Berghänge firnfrei sind, was in der Gegend oberhalb des Passes am Pyhrn beim Ennsgletscher während seiner mächtigsten Entwicklung gewiss nicht mehr der Fall war.

zu jener Zeit, als es dem Ennsgletscher möglich war, einen Seitenzweig über den Pass am Pyhrn zu entsenden, drüben im Steyrthal schon längst zu der Entwicklung eigener, mächtiger Gletscher gekommen war, so ist desgleichen auch die Ablagerung der Glacialschotter dortselbst zum grossen Theile schon beendet gewesen, und was nun etwa doch noch an erraticem Material herüber verfrachtet wurde, das konnte an der Schotterbildung nicht mehr partecipiren.

Die Terrasse an der unteren Steyr tritt in derselben Weise auf, wie jene an der unteren Enns, sie bildet den eigentlichen Boden des Thales, und der Fluss fliesst tief unter demselben in einer selbstgeschaffenen, meist sehr engen Schlucht. Eben dasselbe gilt auch von den übrigen Thälern. In den oberen Thalgebieten hingegen, wie in den Becken von Stoder und Windischgarsten, in der Hopfing, am Almsee u. s. w., da sind die Schotter erst in ähnlicher Weise entwickelt wie im Gesäuse, und schliesslich fehlen sie ganz, und nur unbedeutende Reste hin und wieder an geschützteren Stellen, oder an den Thalhängen, geben von ihrer einstigen Gegenwart Zeugniß. Wir treffen hier eben ganz genau dieselben Verhältnisse wie im Ennsthal; im Oberlauf hat der Gletscher die Schotter erodirt, weiter thalabwärts, wo er bereits seinem Ende nahe und der nöthigen Kraft hierzu ermangelte¹⁾, hat er dies nicht mehr gethan, und dort, sowie unterhalb seines einstigen Endes hat das fließende Wasser seither eine ganz andere Erosionsform, die Flussterrasse, geschaffen. Derselben Erosionsform begegnet man auch wieder in den innersten Verzweigungen der Thäler²⁾, trotzdem dieselben am längsten mit Eis bedeckt waren; es erodirt nämlich der Gletscher ebensowenig wie das fließende Wasser gleich bei seinem Ursprung am stärksten, sondern erst dort, wo sich mehrere Zuflüsse zu einem starken Eisstrom vereinen.

Werfen wir nun einen Blick auf die analogen Verhältnisse der benachbarten Gebiete weiter im Westen, so sehen wir die Schotterterrassen in den unteren Abschnitten der Thäler verschwinden, gleichzeitig aber bemerken wir, dass dort die Vergletscherung aus dem Gebirge heraus auf das alpine Vorland sich erstreckte.³⁾ Je bedeutender der Eisstrom war, der sich aus einem Gebirgsthale ergoss, desto vollständiger ist ihm die Erosion der Schotter gelungen; im Unterinntal, durch welches der mächtigste Gletscher östlich vom Rhein seinen Austritt nahm, sind die Glacialschotter fast gänzlich entfernt, in den Thälern der Isar und des Lech, deren Gletscher geringer waren, sind stellenweise noch Reste der Schotterterrassen erhalten. Diese Erosion erstreckt sich auch aus dem Gebirge heraus auf die Hochebene, bis an die peripherischen Partien des Gletscherbezirks, wo die Mächtigkeit des Gletschers abnahm, seine Bewegung sich verlangsamt, und in Folge dessen eine anhäufende Thätigkeit desselben begann. Erst jenseits derselben sind die Glacialschotter erhalten, und hier begegnen wir wieder, wie z. B. im Isarthale oberhalb München, der typischen Erosionsform des fließenden

¹⁾ Im Steyrthal schon von seinem Austritt aus dem Gebirgskessel von Windischgarsten an.

²⁾ Z. B. im oberen Steyringthal und am Dambach im Steyrgebiet; in den Tauerthälern, im oberen Salzthal bei Mitterndorf und am Grimmbach im Ennsgebiet; im oberen Inntal u. s. w.

³⁾ Vergl. Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

Wassers, welches die deckenförmig über die Hochebene verbreiteten Schotter in einer tief eingeschnittenen Stromrinne durchsägt.

Ist also einerseits die Entwicklung ausgedehnter Schottermassen in den Thälern und Flussläufen an die eiszeitliche Vergletscherung des Gebirges gebunden, so ist die Erhaltung derselben im Grossen und Ganzen auf die Randpartien der Vereisung und die Gebiete ausserhalb derselben beschränkt. Dieselben Ursachen, welche die Entfaltung einer Vereisung bedingen, geben Anlass zu einer Ueberladung der Flüsse mit Schutt, welche noch durch directe Geschiebezufuhr durch den Gletscher selbst verstärkt wird; Accumulation tritt an die Stelle sonstiger Erosion. Der vordringende Gletscher schiebt sich alsbald über die so entstandene Ablagerung hinweg und erodirt auf ihrer ganzen Breite; nach dem Rückzug des Eises findet das Wasser die erhoffte Arbeit schon gethan, und besser, als es selbst im Stande gewesen wäre, sie zu leisten. Das fliessende Wasser erodirt nicht auf einer breiten Fläche, sondern nur auf einem schmalen Streif und erzeugt einen ganz anderen Querschnitt als ein Gletscher: es erzeugt eine Terrasse mit steil abfallenden Rändern, welche Erosionsform von uns deshalb in der Nähe der alten Gletscherenden und ausserhalb derselben bemerkt wird, und deren Auftreten auch wieder seinerseits den entsprechenden Rückschluss auf das Erosionsmittel gestattet.

Eine doppelte Abhängigkeit der alten Schottermassen von einer einstmaligen grossen Gletscherentfaltung gibt sich somit zu erkennen, die eine in constructiver, die andere in destructiver Hinsicht; die eine nimmt Bezug auf den allgemeinen Vorgang ihrer Bildung, die andere auf die Veränderungen, welche sie seither erlitten. Die Schotterablagerungen als solche sind ein Werk des fliessenden Wassers, entstanden unter mittelbarer Einwirkung des Gletschers; ihre Zerstörung hingegen erfolgt innerhalb des vereisten Gebietes unmittelbar durch den Gletscher, und ausserhalb desselben durch das Wasser. Der erstere förderte seine Arbeit rascher, er hat die Schotter fast vollständig entfernt, das Wasser jedoch vermochte dies nicht, sondern schuf aus den Aufschüttungen die Terrassen.

VI. Capitel.

Diluviale Nagelfluh und alte Breccien.

Allgemeinheit der Wiederholung der Vergletscherungen. — Interglaciales Profil bei Bischofshofen im Gebiete der Salzach. — Mangel an solchen in den Thälern der Enns und Steyr. — Jeder Vergletscherung entspricht ein Schottersystem. — Kohlenführendes älteres Conglomerat von der Ramsau. — Diluviales und nicht tertiäres Alter desselben. — Aehnliche Vorkommnisse, jedoch ohne Kohlen, bei Gröbming, Hiefiau und St. Gallen. — Gliederung der Schotter im Enusthal. — Zwei diluviale Schottersysteme. — Die diluviale Nagelfluh die Anschwemmung einer älteren Vereisung. — Gekritzte Geschiebe in derselben. — Die Ramsauer Breccie. — Alte Schutthalde. — Ueberlagerung durch Moränen, Führung gekritzter Geschiebe. — Vergleich mit der Höttinger Breccie. — Andere alte Breccien. — Diluviale Nagelfluh im Gebiete der Steyr.

Immer mehr und mehr bricht sich in unseren Tagen die Anschauung Bahn, dass die Grosse Eiszeit sich nicht auf eine einmalige Entfaltung gewaltiger Eismassen beschränkte. Allenthalben, wo das quartäre

Glacialphänomen bisher eingehender untersucht wurde, haben sich theils Andeutungen, theils aber auch Beweise einer Wiederholung der Vergletscherung ergeben.¹⁾ Zuerst wurden solche aus den Alpen bekannt, alsbald aber fand man ähnliche Erscheinungen auch im Bereiche der nordischen Vereisung beider Hemisphären, sowie ferner in den Pyrenäen. Am eifrigsten und erfolgreichsten ist wohl die Lehre von einer wiederholten Gletscherausbreitung für die Alpen neuerdings von Penck²⁾ verfochten worden, welcher durch gründliche Nachforschungen im Gebiete des alten Inngletschers eine zweimalige Entwicklung desselben mit Sicherheit nachwies, und eine dritte, dazwischenliegende, sehr wahrscheinlich machte. Seine Beobachtungen wurden seither von verschiedenen Seiten bestätigt und vermehrt³⁾ und auch im Gebiete des Salzachgletschers ist man bereits zu einem hiermit übereinstimmenden Resultate gekommen.⁴⁾ Dies letztere nimmt nun nicht mehr Wunder, denn da es doch ganz ausser Zweifel steht, dass die eiszeitliche Gletscherentfaltung den Ausdruck einer allgemeinen klimatischen Schwankung bedeute, so kann sich auch eine Wiederholung derselben nicht auf ein einzelnes Gebiet beschränken, sondern muss in allen alten Gletscherbezirken wiederkehren. Sind also einmal irgendwo sichere Spuren mehrerer diluvialen Vergletscherungen gefunden worden, so liegt es nahe, auch in anderen Gebieten nach solchen zu fahnden, und ist dies Suchen mit Erfolg gekrönt, so bringt dies dem Wesen nach nichts Neues, sondern nur die gewünschte Bestätigung einer berechtigten Erwartung.

Da also, wie gesagt, für das Innthal zwei Vergletscherungen mit Bestimmtheit, und eine dritte mit grosser Wahrscheinlichkeit, nachgewiesen wurden, so ist es von vornherein eine ausgemachte Sache, dass auch im Ennsthal vor jener Vergletscherung, deren Ueberreste wir bisher studirten, eine Ausbreitung von Eismassen erfolgte. Sind aber schon die Werke der jüngsten Vereisung hier viel spärlicher und schlechter erhalten als im Innthal, so wird dies in noch weit höherem Grade bezüglich der Spuren einer älteren Vergletscherung der Fall sein, und es wird uns deshalb durchaus nicht überraschen, wenn wir in unserem Gebiete keinen glänzenden Profilen begegnen, welche durch directe Ueberlagerungen eine augenscheinliche Beweiskraft besitzen.

In der That habe ich in den Thälern der Enns und Steyr keine Stelle gefunden, an welcher unter den Glacialschottern der jüngsten Vereisung ältere Moränen vorhanden wären. Von Herrn Professor

¹⁾ Siehe insbesondere: James Geikie, *The Great Ice Age*. London 1874; IInd ed. 1877. — Prehistoric Europe. London 1881.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. 1882.

³⁾ A. Böhm, Die Höttinger Breccie und ihre Beziehungen zu den Glacial-Ab lagerungen. *Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt*. XXXIV, 1884, pag. 147—162.
J. Blass, Ueber eine neue Belegstelle für eine wiederholte Vergletscherung der Alpen. *Verhandlg. d. k. k. geologischen Reichsanstalt*. 1884, pag. 278—279. — Ueber die Glacialformation im Innthale. 1885.

C. Freih. v. Ettingshausen, Ueber die fossile Flora der Höttinger Breccie. *Sitz.-Ber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien*, XC, 1884, pag. 260—273.

⁴⁾ E. Fugger und C. Kastner, Glaciale Erscheinungen in der Nähe der Stadt Salzburg. *Verhandlg. der k. k. geologischen Reichsanstalt*. 1883, pag. 136—139.

E. Brückner, Die Vergletscherung des Salzachgebietes. *Mitthlg. d. Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins*. 1885, pag. 21—22. (Vorläufige Notiz.)

E. Fugger in Salzburg erhielt ich jedoch die freundliche Mittheilung eines benachbarten Vorkommens dieser Art im Salzachthal bei Bischofshofen, woselbst eine typische Grundmoräne mächtige Schotter- und Conglomeratmassen unterteuft, welche wieder ihrerseits von jüngeren Moränen überlagert werden. Ich habe den Aufschluss hierauf auch selbst besichtigt und mich von der Richtigkeit dieser Beobachtung überzeugt. Die Oertlichkeit befindet sich gegenüber Bischofshofen am rechten Ufer der Salzach oberhalb der Eisenbahnbrücke. Schon von Ferne macht sich dicht am Fluss unter den gelblichweiss gefärbten horizontal geschichteten Conglomeratbänken eine bläuliche ungeschichtete Ablagerung bemerkbar, welche sich bei näherem Hinzukommen als eine unzweifelhafte Grundmoräne zu erkennen gibt. Dieselbe schneidet scharf gegen das darüber liegende Conglomerat ab, und an der Grenze zwischen beiden entspringen Quellen. Die Grundmasse der Moräne wird von einem zähen, thonig-glümmerigen Schlich gebildet, in welchem Geschiebe der verschiedensten krystallinischen Schiefergesteine, ferner solche von Grauwacke und krystallinischem Kalk regellos eingebettet sind; die letzteren sind so schön polirt und gekritzelt, als man es bei diesem Material erwarten kann, und selbst an manchen Quarzgeschieben ist eine schwache Kritzung zu bemerken.¹⁾ Aus der tiefen Lage der Moräne geht hervor, dass die Erosion im Salzachthale seit ihrer Ablagerung im Allgemeinen keinen eigentlichen Fortschritt mehr gemacht hat, sondern sich darauf beschränkte, die später erfolgte Erhöhung des Thalbodens durch die während des Eintrittes der jüngsten Vereisung vor sich gegangene Schotterauffüllung wieder wett zu machen. In dem Conglomerat, welches weiterhin besonders in dem Seitenthale des Fritzbaches bei Hüttau prächtig entblösst und an mehreren Stellen von den Moränen der jüngsten Vereisung überlagert ist, erkennen wir aber dasselbe Schotterssystem, aus welchem die Terrasse des Unterennsthal's und die Böschungen an den Sohlenrändern des Oberennsthal's bestehen. Die Schotter der letzteren Thalstrecke wurden bekanntlich früher für tertiär gehalten, und gerade deswegen ist das Profil bei Bischofshofen für uns von besonderem Werth. Auch jene Conglomerate, welche hier durch ihr Lagerungsverhältniss sich unbedingt als Glacialschotter erweisen, erscheinen auf den alten Aufnahmeblättern²⁾ als „Tertiäre Schotter“. Da jedoch anderseits an der richtigen Parallelisirung der beiden Ablagerungen nicht zu zweifeln ist, so finden wir in dem besagten Profil eine neue directe Bestätigung unserer Ansicht, dass der sogenannte Tertiärschotter des oberen Ennthals nichts anderes als der Glacialschotter der letzten Vereisung und somit ziemlich jungdiluvialen Alters sei.

„Einer jeden Kälteperiode entspricht eine Zeit der Thalzuschüttung, was umgekehrt auch aus jeder Zeit der Thalaufschüttung auf eine Gletscherzeit zu folgern gestattet.“³⁾ Zu diesem Resultate gelangte

¹⁾ Schön polirte und gekritzte Urgebirgsgeschiebe aus eiszeitlichen Moränen gehören zu den grössten Seltenheiten. Ich besitze ein einziges Stück dieser Art aus der jüngeren Moräne von Innsbruck, welche die Höttinger Breccie überlagert. Die ungleiche Verwitterung der einzelnen Gesteinsbestandtheile ist der Erhaltung der Politur im höchsten Grade abträglich.

²⁾ Umgebung von Radstadt. Nr. 9 der geologisch colorirten Specialkarte von Salzburg, 1:144.000.

³⁾ Penck, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Sep.-Abdr. aus den Mitthlg. d. Vereins für Erdkunde zu Leipzig, 1883, pag. 48.

Penck durch directe Beobachtung, indem er fand, dass allenthalben mächtige Schottermassen als ein wesentliches Glied der Glacialformation erscheinen. Dieselben liegen stets unter den Moränen, sie wechsel-lagern stellenweise mit denselben und erweisen sich einerseits durch diesen innigen Connex, andererseits aber durch ihre Führung von erratischen Material in der Weise als Producte der Vereisung, dass ihre Ablagerung während des Herannahens dieser letzteren begann, und an jedem Orte erst mit der Vergletscherung desselben abschloss. Ausgehend von Reflexionen, welche sich an die Thätigkeit des fließenden Wassers knüpfen liessen, gelangten wir¹⁾ hinwieder unmittelbar zu jenem Satze, welcher sich durch die logische Umkehrung des von Penck festgestellten thatsächlichen Verhältnisses ergibt; und indem wir nun umserseits von der so gewonnenen ursächlichen Erkenntniss zurückschliessen und sagen: eine jede Thalaufschüttung ist durch eine Kälteperiode veranlasst, folglich muss jeder Vergletscherung ein ihr zugehöriges Schotter-system entsprechen, werden wir auf inductivem Wege zu demselben Ergebnisse geleitet, welches Penck aus der Beobachtung der Natur selbst deducirte.

Da also eine jede Vergletscherung durch eine Ablagerung gewaltiger Schottermassen eingeleitet wurde, und wir den Moränen der älteren Vereisungen in unserem Gebiete nicht mehr begegnen, so entsteht die Frage, ob das Gleiche auch bezüglich der entsprechenden Schotter der Fall ist, oder ob vielleicht noch irgendwo sich Reste derselben bis auf heute erhalten haben.

Das formenreiche, prallgliederige Kalkmassiv des Dachsteingebirges besitzt an seiner Südflanke bei Schladming eine breitflächige, weit ausgedehnte Vorlage, deren Gerüste aus den Gesteinen der Uebergangsformation besteht, und die sich im Mittel 350 Meter über die heutige Sohle des Ennsthales erhebt. Es ist dies die schöne Hochfläche der Ramsau, hinter deren bewaldetem Abhang sich dem Wanderer unten in der Tiefe des Ennsthales die höchsten Zinnen der Gruppe mit ihrer schauerlichen, unersteigbaren Südwand verbergen. Diese Unterbrechung des Thalgehänges wiederholt sich in genau derselben Höhe, aber in geringerer Breite, an der rechten Seite der Enns in der Terrasse von Rohrmoos, welche von den vereinigten Gewässern des Unter- und Oberthales in einer engen, pittoresken Klamm durchschnitten wird. Die beiden correspondirenden Terrassen der Ramsau und von Rohrmoos sind demnach die Reste eines alten Thalbodens, in welchen sich der Fluss erst in späteren Zeiten sein heutiges Bett vertieft. Von einem hohen Aussichtspunkte, wie z. B. von der Spitze des Dachsteins aus betrachtet, verschwindet die Niveaudifferenz zwischen der Thalsole und den beiderseitigen Terrassen vollständig gegenüber der Höhe, aus welcher man herabblickt, man hält deshalb Terrasse und Thalsole für einen einzigen breiten, flachen Thalboden, und ist beim Abstieg sehr überrascht, in welcher Tiefe unter der Hochfläche der Ramsau sich der wirkliche Thalgrund erst befindet. Während die Terrasse von Rohrmoos zu oberst nur aus anstehendem Gestein besteht, ist jene der

¹⁾ Siehe das IV. Capitel: Accumulation und Erosion.

Ramsau durch eine alte, conglomerirte Schotterablagerung ausgeebnet, welche an dem Abfall derselben bis etwa auf dessen halbe Höhe herabreicht. Es musste also zunächst ein Einschneiden in den alten Thalboden erfolgt sein, und dann eine Wiederauffüllung desselben durch Accumulation. Diese Accumulation war aber nicht jene, welche während des Herannahens der letzten Vereisung erfolgte, deren Ueberresten wir ja tiefer unten in der Andeutung einer zweiten, niederen Terrasse begegnen, welche auf den Winkel zwischen der Thalsohle und dem Gehänge beschränkt und vielfach zerrundet und durch postglaciale Schotterkegel überdeckt ist. Diese ersterwähnte Accumulation steht vielmehr mit jener jüngsten Vereisung, deren Spuren wir bisher verfolgten, in gar keinem Zusammenhang, und die Anschwemmung einer älteren Vereisung ist somit gefunden.

Am schönsten ist das Conglomerat bei Pichl aufgeschlossen, an der Einmündung des Griesbaches (Wachlgraben). Dasselbe ist horizontal geschichtet¹⁾ und besteht aus Quarzen, Quarziten, Grauwacken, Glimmerschiefern, Gneissen, überhaupt aus stark quarzhaltigen und sehr resistenzfähigen Gesteinen; Kalkgeschiebe kommen nur vereinzelt in den unteren Partien des Aufschlusses vor.²⁾ Die Geschiebe besitzen im Mittel Faustgrösse und sind sehr fest miteinander verbunden, besonders in den tieferen Lagen; zwischen den festen kommen aber auch mehr lose Schichten vor, welche zum Theil aus feinerem Material bestehen, und durch deren Ausbröckeln an der Conglomeratwand stellenweise lange, schmale Hohlstreifen entstehen, welche derselben ein gewisses Relief verleihen und die Schichtung dadurch umso deutlicher zum Ausdruck bringen. Weiter östlich, unterhalb des Bauernhofes Firster, sind die Schotterlagen minder fest verkittet, und es wechseln Bänke und Lagen von feinerem, und größerem Grus und Schotter; auch ganz lose Sandlagen kommen zwischen denselben vor. Die Ablagerung ist vom Passe Mandling bis gegen Haus zu verfolgen und besitzt im Durchschnitt eine Mächtigkeit von 140 Meter. An ihrer Basis liegt ein röthlicher quarzreicher Sand, und darüber weisslichgrauer, leetiger Lehm; der letztere umschliesst ein $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Meter mächtiges Flötz einer Torfkohle, welches von Pichl bis gegen Weissenbach bergmännisch verfolgt ist und gegenwärtig nach längerer Unterbrechung wieder abgebaut wird. Dasselbe befindet sich („Merkurstollen“, unterhalb Firster zwischen Pichl und Schladming) 190 Meter über der Thalsohle, 940 Meter über Meer. In den Jahren 1857—1864 wurde versuchsweise ein Stollen („Friedaustollen“) hineingetrieben, um die Mächtigkeit und Ausdehnung des Flötzes zu erforschen.³⁾

¹⁾ Wenn man von „horizontaler“ Schichtung fluviatiler Ablagerungen spricht, so besagt dies nur, dass auf kürzere Strecken hin das Auge keine Abweichung derselben von der Horizontalen wahrnimmt. In Wirklichkeit fallen die Schichten stets thalanswärts, und zwar mit stärkerem Gefäll als die heutige Thalsohle, wie letzteres an der Ramsauer Terrasse bei einem allgemeinen Ueberblick derselben vom jenseitigen Berggehänge sehr schön zu beobachten ist.

²⁾ Weiter im Inneren des Griesgrabens, an der sogenannten „Sandbank“, bestehen die obersten Lagen des Conglomerates hingegen vorzugsweise aus Kalkgeschieben; hier macht sich eben die locale Geschiebezufuhr vom Kalkgebirge her geltend.

³⁾ Freundliche Mittheilung von Herrn J. Nappay in Schladming; der in unmittelbarer Nähe befindliche Merkestollen besitzt gegenwärtig (1884) eine Länge von 60 Metern.

Der Stollen, welcher horizontal direct gegen Norden gerichtet war, hatte eine Länge von 290 Meter ohne den Ausbiss des Flötzes am Grundgebirge zu erreichen; die Mächtigkeit des Flötzes war hier etwas grösser geworden und dieses selbst reiner; weiter gegen Tage zu ist das letztere nämlich häufig von Wechsellagen desselben weisslichgrauen Schlammes durchzogen, welcher in seinem Liegenden und Hangenden auftritt und oft auch als silberglänzender Beschlag die einzelnen Kohlenfragmente umzieht.

Die Kohle ist entschieden diluvialen Alters; schon Vacek¹⁾ hebt deren „auffallend jugendliches Aussehen“ hervor. „Die nach Art von Schwemmholz wirt durcheinander liegenden plattgedrückten Baumstrünke zeigen kaum die ersten Stadien der Verkohlung.“ Es finden sich in der Kohle ganz wohl erhaltene verzweigte Aststücke, förmliche Bretter von Holz und Rinde, ferner Zapfen von Coniferen, vermuthlich von Föhre und Lärche; manche Holztheile sind so wenig verändert, dass man Schnitzarbeiten daraus machen könnte; an einzelnen Stämmen ist ganz deutlich Birkenrinde zu erkennen, welche sich im frischen Zustande sogar noch abblättern lässt. Es kommen auch Reste einer Moosdecke vor, welche ebenfalls nur wenig vertorft sind, sowie endlich zusammengepresste Schilfrohre, welche als papierdünne, halbverkohlte Blätter erscheinen.²⁾

Auffallend ist es, dass die Oberfläche der Conglomeratablagerung (1100 Meter) bedeutend höher liegt, als die Uebergänge, welche die Verbindung nach dem Salzachthale vermitteln.³⁾ Möglich, dass dieses Verhältniss durch Löw's „grossen Tauernfluss von Krimml über Mittersill, Wagrein, Radstadt und Rottenmann bis zur Vereinigung mit der Mur“⁴⁾ seine Erklärung findet, was indessen nicht sehr wahrscheinlich ist, da in dem Conglomerat die charakteristischen Gesteine der Salzburger und Tiroler Centralalpen fehlen. Schon Vacek⁵⁾ hat betont, dass die Geschiebe „ausschliesslich aus dem krystallinischen Gebirge südlich vom Ennsthal stammen“. Da dieses ältere Conglomerat nicht bis auf die Thalsole herabreicht, sondern erst in einer Höhe von beinahe 190 Meter über derselben das anstehende Gestein überlagert⁶⁾, so musste die Thalsole zu Beginn der Ablagerung 190 Meter über der heutigen Thalsole, also in einer Meereshöhe von 940 Meter, verlaufen. Dies ist nun auch schon wieder höher als der Uebergang nach dem Salzachthal, und wir müssen wohl annehmen, dass, sowie die Thalsole überhaupt, auch letzterer zu jenen Zeiten um ein Entsprechendes höher gelegen sei als heute. Im Allgemeinen dürften deshalb scither die hydrographischen Verhältnisse keine beträchtliche Aenderung erfahren haben.

¹⁾ Beitrag zur Geologie der Radstädter Tauern. Jahrb. der k. k. geologischen Reichsanstalt. XXXIV, 1884, pag. 634.

²⁾ Eine ganze Kiste ausgesuchter Stücke dieser Torfkohle gelangte an Herrn Director Stur; wie mir derselbe freundlichst mittheilte, lassen jedoch die Holzstämmen und Zapfen, sowie auch die übrigen Pflanzenreste leider keine genaue Bestimmung zu, da sie durch den Druck des in grosser Mächtigkeit darüber liegenden Conglomerates allzusehr comprimirt wurden.

³⁾ Uebergang von Eben 856 Meter Sp.-K.; Sattel von Wagrein 952 Meter Sp.-K.

⁴⁾ Die Entstehung der Durchbruchthäler. Peterm. Geogr. Mitthlg. XXVIII, 1882, pag. 410. — Ueber Thalbildung. Prag 1884, pag. 101 u. 103.

⁵⁾ l. c. pag. 634.

⁶⁾ In dem durch den Einschnitt des Griesbaches erzeugten Queraufschluss ist dies deutlich zu beobachten.

Die Art des Vorkommens der Ramsauer Kohle lässt eine gewisse Aehnlichkeit mit jener der interglacialen Kohlen von Sonthofen im Algäu, welche Penck ¹⁾ beschrieben hat, nicht verkennen. Diese stecken in einem zu Nagelfluh verkitteten Illergeröll und senken sich nicht tiefer als 200 Meter über die Iller herab. Das Illergeröll selbst bleibt auch allenthalben mehr als 130 Meter über der Thalsohle, so dass hier wie dort seit der Schotterablagerung eine sehr bedeutende Erosion stattgefunden hat. Auch die Schweizer Schieferkohlen von Utznach, Dürnten, Wetzikon und Mörschweil liegen hoch über den heutigen Thalböden, sie werden ebenso wie die Algäuer Kohlen von Moränen über- und unterlagert, und erweisen sich dadurch als interglacial; beider Entstehung fällt nach Penck ²⁾ in den Beginn der ersten Interglacialzeit. Einem zweiten, jüngeren Horizont diluvialer Kohlen entsprechen die Vorkommnisse von Grossweil am Kochelsee, von Wasserburg am Inn und von Innsbruck; dieselben stecken in den Glacialschottern der letzten Vereisung und liegen nahe den heutigen Thalböden; ihrer Bildungsperiode nach gehören sie dem Schlusse der zweiten Interglacialzeit an. Die Ramsauer Kohle könnte also nur dem älteren Horizonte einzureihen sein; ob indessen unter derselben Moränen auftreten, konnte ich wegen Verschüttung der diesbezüglichen Stellen nicht entscheiden; es wäre wohl auch möglich, dass die Bildung dieser Kohlen zu Beginn der „Grossen Eiszeit“ überhaupt erfolgte, und dass die darüber liegenden Conglomerate die Schotter der ersten Vereisung repräsentiren, während Penck in den Schottern der Schweizer und der Algäuer Kohlen die Schotter der zweiten, und in jenen der Kohlen von Grossweil, Wasserburg und Innsbruck die der dritten und letzten Vereisung erkannte. Dann hätten wir also einen dritten Horizont diluvialer Kohlen, aber, wie gesagt, ein positives Urtheil ist in diesem Falle bisher noch nicht zu fällen. Das Eine nur ist sicher, dass das Conglomerat im Hangenden der Ramsauer Kohle nicht die Anschwemmung der letzten Vereisung ist, da deren Glacialschotter in der zerstückelten und zerrundeten Terrasse tiefer unten an der Thalsohle vorliegen; jenes ältere Conglomerat gehört demnach jedenfalls einer früheren, älteren Vereisung an, und tritt uns als eine diluviale Nagelfluh entgegen. Ob jedoch das kohlenführende Ramsauer Conglomerat genau jenem geologischen Körper entspricht, welchen Penck als „Stufe der diluvialen Nagelfluh“ bezeichnet und als die Schotter der ersten, ältesten Vergletscherung definirt, oder ob dasselbe nicht etwa in die Kategorie der „mittleren liegenden Schotter“ — der Anschwemmung der zweiten, mittleren, Vereisung, — einzureihen sei, diese Frage bleibt vorläufig noch offen.

Aehnliche Vorkommnisse diluvialer Nagelfluh, jedoch ohne Kohlenführung, treten im Ennsgebiete noch an drei anderen Orten auf, nämlich am Mitterberg bei Gröbming, bei Hieflau und Lainbach, sowie ferner bei St. Gallen.

Der Mitterberg bei Gröbming bildet eine ähnliche, zum grössten Theil aus Grauwackenschiefer bestehende Terrasse, wie die Ramsau bei Schladming; dieselbe ist ebenfalls mit Conglomeraten und Schottern

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Capitel XIX. Interglaciale Kohlen des Algäu.

²⁾ l. c. pag. 318 u. 319.

bedeckt und verkleidet, welche hier eine Meereshöhe von 879 Meter Sp.-K. erreichen, sich also bis 220 Meter über die Thalsohle erheben. Die Schotter bestehen auch hier fast ausschliesslich aus krystallinischem Gestein und sind in ihren oberen Partien ziemlich lose. Ihre untere Grenze ist nicht bestimmbar; an der Kulmleiten, südöstlich von Gröbming, reichen zwar Schotter bis auf die Thalsohle herab, doch gehören diese höchst wahrscheinlich schon wieder den Glacialschottern der jüngsten Vereisung an, deren Reste ja im Oberennsthal allenthalben im Winkel zwischen Thalsohle und Thalgehänge auftreten. Wie bei Schladming, so ist auch hier noch eine Spur des alten Thalbodens auch auf der rechten Seite der Enns zu erkennen; das vereinigte Thal der Kleinen und der Grossen Sölk bildet an seinem Ausgang eine Thalstufe, ähnlich wie das Ober- und Unterthal bei Schladming, welche genau dem Niveau der Terrasse des Mitterbergs entspricht. Zwischen diesem letzteren und dem Grimming verläuft die Thalung des Gröbmingbaches, welche bei Gröbming selbst noch eine relative Höhe von 100 Meter über der Enns besitzt und sich in ihrem weiteren Verlauf nach Osten derart senkt, dass sie bei der Einmündung des Baches in die „durch den Stein“ hervorbrechende Mitterndorfer Salza das Niveau des Ennsthales fast schon erreicht hat. Am nördlichen Gehänge dieser Thalung zieht sich ein schmaler Streifen tertiärer Ablagerungen von Gröbming über Tipschern und St. Martin bis nach Steinach; dieselben bestehen aus Letten, weichen Mergelschiefen, aus mürben, sehr glimmerreichen Sandsteinen und Arkosen, welche hin und wieder mit Conglomeratbänken wechsellagern. Diese tertiären Schichten, welche gestört sind und sehr steil gegen Süd und Südwest einfallen, unterscheiden sich schon durch ihren petrographischen Habitus auf den ersten Blick von den horizontalen Schotter- und Conglomeratlagen des Mitterberges; in ihren tieferen Lagen treten bei Tipschern und St. Martin Schmitzen einer sehr schönen Glanzkohle auf, welche in früherer Zeit abgebaut wurde; nördlich von Steinach führen die Sandsteine und Mergelschiefer Pflanzenreste, welche durch v. E t t i n g s h a u s e n als miocän bestimmt wurden.

Im unteren Ennsthal sind die Glacialschotter der jüngsten Vereisung, wie bereits bekannt, ausgezeichnet entwickelt und bilden eine schöne, fortlaufende, ebene Terrasse, welche mitunter mehrere Abstufungen aufweist. Bei Hieflau besitzt dieselbe eine Mächtigkeit von 76 Meter und ist demnach in einer Meereshöhe von 556 Meter gelegen.¹⁾ Hoch über dieser Terrasse treten jedoch zu beiden Seiten des Gesäuses und an der linken Seite des Erzbaches ältere Conglomerate auf, welche bis zu 290 Meter über den Ennsspiegel, also bis 770 Meter Meereshöhe hinaufreichen. Am linken Gehänge des Gesäuses tritt das Conglomerat oberhalb des Scheibenbauers auf, und besteht aus horizontal geschichteten festen Bänken, welche sich fast ausschliesslich aus Urgebirgsgeschieben zusammensetzen; dazwischen liegen auch mehr lose Schichten, feiner Grus und Sand. Die Ablagerung lässt sich abwärts bis zum Scheibenbauer verfolgen; hier aber beginnen Wiesen, und es fehlen in Folge dessen nunmehr Aufschlüsse fast bis hinab zur Enns, wo

¹⁾ Ennsspiegel bei Hieflau, 480 Meter, O.-A.

an den Felswänden hin und wieder spärliche Reste der Glacialschotter der jüngsten Vereisung erhalten sind, welche letztere von Hieflau ab die prächtige Terrasse des Ennsthals bilden. Die beiden Ablagerungen, welche ihrem Niveau und ihrem Alter nach doch ziemlich verschieden sind, lassen sich petrographisch fast gar nicht unterscheiden; beide sind eben Flussbildungen eines und desselben Gebietes, und unter ähnlichen äusseren Umständen -- während des Herannahens einer Vergletscherung -- entstanden; beide sind zu einem festen Conglomerat verkittet, doch haben sich beiderseits einzelne Partien auch in ganz losem, lockerem Zustande erhalten; im Allgemeinen ist übrigens die ältere Bildung stärker erhärtet.

Ein zweiter Rest dieses älteren und höheren Conglomerates hat sich südlich von Hieflau am linken Thalgehänge des Erzbaches, oder, besser gesagt, am Ausgang des Waggrabens erhalten. An der linken Seite dieses letzteren traf ich das Conglomerat zuerst in einer Höhe von 180 Meter über der Enns und verfolgte es bis auf den „Sattel“ (768 Meter Sp.-K.), welcher östlich vom Goldeck eine Querverbindung nach dem Gesäuse vermittelt und diesem einen steilen Felsabsturz zukehrt. Die Sattelfläche selbst besteht aus diesem Conglomerat und ist durch dasselbe zu einem verhältnissmässig breiten Thalboden ausgebnet, welcher von hier in den Waggraben hinauszieht und an dessen linkem Gehänge thalaufwärts noch eine Strecke weit in der schwachen Andeutung einer Terrasse Spuren seines einstigen Bestandes hinterlassen hat. Der Sattel liegt fast genau in demselben Niveau, bis zu welchem auf der anderen Seite des Gesäuses das Conglomerat beim Scheibenbauer hinaufreicht, so dass die Enns zur Zeit der vollendeten Thalaufschüttung den niederen Kegel östlich vom Sattel umfloss. Dies geht auch aus der Zusammensetzung des Conglomerates hervor. Die tieferen Lagen desselben unten im Waggraben bestehen zum grössten Theil aus Kalken, Werfener Schiefen und Grauwacken, während Urgebirgs- geschiebe darin nicht allzu häufig vorkommen; da im Gebiete des Erzbaches keine krystallinischen Gesteine anstehen, so mussten dieselben aus dem Ennsthal von Hieflau aus die kurze Strecke hereingeschwemmt worden sein. In den höheren Partien in der Nähe des Sattels treten hingegen centralalpine Geschiebe in grosser Menge auf.

Auch an der rechten Seite des Waggrabens ist diese Conglomeratbildung entwickelt; in ihren tieferen Niveaux sind Mühlsteinbrüche angelegt, welche ganz vortreffliche Aufschlüsse gewähren. Auch hier ist das Conglomerat vollkommen ungestört; es ist horizontal gebankt und zeigt die taschenförmige Schichtung und complicirte discordante Parallelstructur, wie sie so häufig den Flussablagerungen eigen ist und dieselben charakterisirt.¹⁾ Zunächst dem Bergabhang geht das Conglomerat in eine Verwitterungskruste über, welche sich stellenweise schichtenförmig etwas weiter in das Innere der Ablagerung hineinzieht. In der Verwitterungskruste ist der Schotter mehr oder minder lose, das Bindemittel ist lehmig-erdig und von gelblicher Farbe, während das Innere des Conglomerates von weisslicher Färbung ist und sich durch eine

¹⁾ Besonders schön ist diese Structur an dem Eisenbahnschnitt hinter dem Bahnhofe von Hieflau zu sehen, welcher sich in den Glacialschottern der Ennsterrasse befindet.

ausserordentliche Festigkeit auszeichnet, welche es zu Mühlsteinen ganz vortrefflich geeignet erscheinen lässt. Das Material besteht fast ausschliesslich aus Kalken, Werfener Schiefen und schon zum geringeren Theile aus Grauwacke; Urgebirgsgesteine sind hier, sowie in den tieferen Lagen auf der anderen Seite, nur äusserst spärlich vertreten. Die Grösse der Geschiebe wechselt, im Allgemeinen bleibt sie unter Faustgrösse, nimmt jedoch in den höheren Lagen zu. An vielen Stellen finden sich Kalkspathausscheidungen, daher denn die bedeutende Verfestigung. Der tiefere der beiden Steinbrüche, welcher gegenwärtig allein in Betrieb ist, liegt in einer Sechöhe von 662 Meter, 182 Meter über der Enns. Das Conglomerat lässt sich abwärts bis zu 100 Meter über die Enns verfolgen, so dass dasselbe mindestens eine Mächtigkeit von 190 Meter besitzt; vermuthlich reicht es jedoch bis auf die Hauptterrasse der jüngeren Glacialschotter, oder sogar noch unter dieselbe hinab.

Ennsabwärts, zwischen Laimbach und Landl, tritt dasselbe Conglomerat, hier wieder mehr aus Urgebirgs geschieben bestehend, auf der schönen Glacialschotterterrasse auf, und erhebt sich bei den Bauernhöfen Gorzer und Steiner, woselbst ebenfalls an zwei Stellen Mühlsteine gebrochen werden, bis zu 740 Meter. Das Conglomerat reicht hier bis auf die Ennsterrasse, oder vielleicht noch unter dieselbe hinab, und besitzt folglich eine nachgewiesene Mächtigkeit von 220 Meter, während die relative Höhe seiner Oberfläche über der Enns fast genau wie bei Hieflau 290 Meter beträgt.

Endlich begegnen wir diesem älteren Conglomerat im Ennsgebiete noch in dem Seitenthale von St. Gallen, und zwar unterhalb und oberhalb des Ortes zu beiden Seiten des Spitzenbachs. Das Conglomerat erhebt sich aus der 30 Meter mächtigen Terrasse der Glacialschotter der jüngsten Vereisung, auf welcher der Ort selbst steht, bis zu einer Meereshöhe von 670 Meter, also 190 Meter über den Fluss. Es ist vollkommen ungestört und horizontal geschichtet, und ist stellenweise sehr fest verkittet, mitunter aber auch ziemlich lose; seine tieferen Lagen bestehen fast ausschliesslich aus Kalkgesteinen; es gesellen sich aber, und zwar besonders in den höheren Lagen, auch krystallinische Geschiebe, jedoch in nicht allzu beträchtlicher Menge hinzu. Schon in der unteren Schotterterrasse sind zu oberst hin und wieder solche fremde Gäste aus dem Ennsthale zu bemerken, und es erklärt sich deren Auftreten in ähnlicher Weise, wie das Vorkommen von centralalpinen Gesteinen in den Glacialschottern der oberbayerischen Alpenthäler, nämlich dadurch, dass der Ennsgletscher, welcher den Sattel von Buchau überschritt, erratisches Gestein mit sich in das jenseitige Thal hinüberschleppte, welches dann drüben an der Schotterbildung participirte. Eben dasselbe Verhältniss dürfte auch bezüglich der Bildung jener älteren Schotter bestanden haben. Dass die ältere Schotterauffüllung im Oberennsthal in der Gegend von Admont so hoch gediehen war, dass die Enns selbst einen Theil ihrer Fluthen über die damalige Passhöhe hinübersenden konnte, ist möglich¹⁾, doch nicht sehr wahrscheinlich; es müssten sich in diesem Falle die centralalpinen Geschiebe

¹⁾ Heute liegt der Sattel von Buchau 240 Meter über der Sohle des Ennsthales.

in viel grösserer Menge einstellen, als dies thatsächlich geschieht, denn wir sehen ja die eigentlichen Ennsschotter vorzugsweise aus Urgebirgsmaterial bestehen. Noch weniger ist es aber gerechtfertigt, wenn aus dem besagten spärlichen Auftreten von krystallinischen Gesehieben in den Schottern und Conglomeraten von St. Gallen neuerdings von Löwl¹⁾ wieder der Schluss gezogen wird, dass die Enns, bevor sie den Umweg durch das Gesäuse wählte, von Admont aus den Buchauer Sattel und das Thal von St. Gallen benützte, um bei Altenmarkt ihr gegenwärtiges Querthal zu erreichen.²⁾

Die besprochenen Conglomeratablagerungen der Ramsau bei Schladming und des Mitterberges bei Gröbming, sowie jene von Hieflau und Lainbach-Landl, bilden die zusammengehörigen Ueberreste einer und derselben älteren Thalaufschüttung, wie aus den Niveauverhältnissen sofort hervorgeht:

	Thalsole	Terrasse der diluvialen Nagelfluh
	Seehöhe in Metern	
Ramsau	750	1100
Mitterberg b. Gröbming	660	880? ³⁾
Hieflau	480	770
Lainbach-Landl .	450	740

Der aufgeschüttete ältere Thalboden hatte also im Allgemeinen ein stärkeres Gefälle als die heutige Thalsole, denn er senkte sich innerhalb der angegebenen Strecke um 360 Meter, während der Fluss heute auf derselben Strecke nur ein Gefälle von 300 Metern besitzt. Weiter unterhalb erreicht das Conglomerat bei St. Gallen in dem Seitenthale eine Meereshöhe von 670 Metern, so dass die Oberfläche der alten Aufschüttung am Ausgang des Thales bei Altenmarkt im Ennsthale selbst in einer Höhe von etwa 620 Metern gelegen sein mochte, während der Flusspiegel dortselbst gegenwärtig 390 Meter über dem Meere sich befindet.

Die sämtlichen in Rede stehenden Ablagerungen wurden auf den alten Aufnahmsblättern⁴⁾ als „Leithaconglomerat“ verzeichnet, ebenso wie die kohlen- und pflanzenführenden Sandsteine und Conglomerate vom Steinbachgraben bei Flachau und von Tipschern-Steinach. Die beiden letzteren Vorkommnisse sind nun allerdings von tertiärem Alter, sie unterscheiden sich aber auch, wie bereits erwähnt, durch ihre stark

¹⁾ Die Entstehung der Durchbruchsthäler. *Peterm. Geogr. Mitthlg.* XXVIII, 1882, pag. 410.

²⁾ In einer späteren Ausgabe seiner gesammelten Schriften: *Ueber Thalbildung*, Prag 1884, hat übrigens Löwl diese Behauptung an der betreffenden Stelle (pag. 102) bereits weggelassen, dieselbe also stillschweigend vermuthlich zurückgezogen.

³⁾ Da der Höhenrücken des Mitterberges selbst noch aus dem Conglomerat besteht, so lässt sich nicht mehr sagen, wie hoch hier die ursprüngliche Oberfläche der Ablagerung gelegen war; die heutige ist erst durch nachherige Erosion entstanden.

⁴⁾ Umgebung von Radstadt; Nr. 9 der geologisch-colorirten Specialkarte von Salzburg, 1:144.000. — Umgebungen von Rottenmann, von Bruck und Eisenerz; Nr. 2 und 3 derselben Karte von Steiermark und Illyrien.

gestörte Lagerung und schon durch ihr äusseres Aussehen sofort von den ungestört horizontal liegenden Schichten der diluvialen Nagelfluh, während diese letztere ihrerseits von den Glacialschottern der jüngsten Vereisung einzig und allein durch ihr höheres Niveau und allenfalls durch ihre im Allgemeinen etwas stärkere Verfestigung getrennt werden kann. Bei Flachau¹⁾ und bei Steinach²⁾ wurden tertiäre Pflanzenreste gefunden, welche v. Etti³⁾ bestimmte. In den Ablagerungen im Steinbachgraben und bei Tipschern treten sehr schöne, aber nur dünne Schmitzen bildende Glanzkohlen auf, während die diluviale Nagelfluh von Ramsau ein 1½ Meter mächtiges Flötz einer ganz jugendlichen schlechten Torfkohle beherbergt. Dieser Altersunterschied findet auch in dem Brennwerth der Kohlen seinen Ausdruck:

Kohle von Tipschern ³⁾ .	Wasser	11·3 Procent
„ „ „	„ „ „	„
„ „ „	Asche	4·2 „
„ „ „	Wärmeeinheiten	4763
hingegen:		
Kohle von der Ramsau ³⁾	Wasser	26·25 Procent
„ „ „ „	„ „ „	„
„ „ „ „	Asche	9·65 „
„ „ „ „	Wärmeeinheiten	2799

Die Ramsauer Kohle einer- und jene vom Steinbachgraben und von Tipschern andererseits liegen kaum je 20 Kilometer auseinander, und doch sind sie in allem und jedem so sehr verschieden, während die beiden letzteren untereinander trotz ihrer weiteren Entfernung vollkommen übereinstimmen. Es ist sehr zu bedauern, dass sich die Holz- und Pflanzenreste der Ramsauer Kohle nicht bestimmen liessen, es hätte sich gewiss hierdurch ebenfalls deren diluviales Alter ergeben, welches wir aus den Lagerungsverhältnissen und dem sonstigen Charakter der ganzen Bildung erschliessen.

Dass die höheren Conglomerate in der Umgebung von Hieflau und von St. Gallen die directe Fortsetzung derer von der Ramsau und vom Mitterberg bei Gröbming bilden, steht ausser allem Zweifel, und wir müssen daher auch diese Bildungen als diluviale Nagelfluh betrachten. v. Morlot⁴⁾ beschreibt das erstere Vorkommen als miocän und erwähnt einen alten Schurf auf Braunkohle, welcher sich in einem mürben, grauen Molassensandstein am rechten Thalgehänge von Hieflau in der Nähe des „Schnabelguts“ befindet, 260 Meter über dem Thalweg.⁵⁾ Ich konnte den Schurf, bei welchem übrigens nur „kleine Partien von Braunkohle“ gefunden wurden, „welche von einzelnen mitten in

¹⁾ Prinzing, Ueber die Schiefergebirge im südlichen Theile des Kronlandes Salzburg. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. I, 1850, pag. 604.

²⁾ Stur, Die geologische Beschaffenheit des Ennsthalcs. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. IV, 1853, pag. 478.

³⁾ Nach freundlicher Mittheilung von Herrn C. v. John. Ausgesuchte holzige Bestandtheile der Ramsauer Kohle ergaben bis zu 3618 Wärmeeinheiten.

⁴⁾ Einiges über die geologischen Verhältnisse in der nördlichen Steiermark. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. I, 1850, pag. 108.

⁵⁾ Das wäre also in einer Seehöhe von 740 Metern und somit schon sehr nahe dem Oberflächenniveau der diluvialen Nagelfluh (hier 770 Meter); übrigens ist nicht sicher, ob sich die Angabe „Thalweg“ auf den Ennsspiegel bei Hieflau (480 Meter O.-A.) bezieht, oder auf die Terrassenabstufung, auf welcher sich die Ortschaft Hieflau (517 Meter Sp.-K.) selbst befindet; im letzteren Falle wäre die Seehöhe des Schnrfes 777 Meter.

der Masse eingeschlossenen Baumstämmen herzurühren schienen“, nicht mehr erfragen, habe aber auch den Molassensandstein nicht bemerkt. Das ganze Gehänge ist verwachsen und mit einer lehmigen, schmierigen, fettigen Masse ausgekleidet, welche auch auf der linken Seite des Erzbaches über der Glacialschotterterrasse auftritt, woselbst der theils gelbliche, theils graue Lehm, in welchem häufig gut abgerollte, glänzende Quarzkörner stecken, in einer Ziegelgrube gestochen wird. Möglich ist es jedoch immerhin, dass sich hier noch irgendwo Reste einer tertiären Ablagerung erhalten haben, wie z. B. auch am oberen Eingang des Gesäuses, wo sich am Laferwald oberhalb Weng auf dem flachen Boden des obersten Ritschengrabens, circa 1000 Meter über Meer, ein etwas über einen Meter mächtiges Flötz einer tertiären Kohle befindet.¹⁾

Zu Beginn der Fünfziger-Jahre war man noch in der Zweitheilung des Diluviums befangen. Man unterschied ein „erratisches Diluvium“, aus Moränen und erratischen Blöcken bestehend, von dem „älteren Diluvium“, welches die darunter liegenden geschichteten Ablagerungen der Flussterrassen umfasste und deshalb oft auch schlechtweg als „Terrassendiluvium“ bezeichnet wurde. Dass beide Bildungen, Moränen und Schotter, in so innigem Connex mit einander stehen und sich zwei- oder gar dreimal wiederholen können, davon hatte man damals noch keine Ahnung. Man erkannte die Schotterterrasse an der unteren Enns dieser Gliederung gemäss ganz richtig als „älteres Diluvium“, und als man in höherem Niveau eine noch ältere Conglomeratbildung vorfand, da musste dieselbe ohne weiteres „tertiär“ sein, ohne dass die Möglichkeit ihrer Zugehörigkeit zum Diluvium auch nur im Geringsten erwogen wurde; das „ältere Diluvium“ war eben schon vergeben, und weiter zurück folgte in der Reihe der Formationen sofort das Tertiär. Die richtige Parallelisirung mit den Conglomeraten des entsprechenden höheren Thalniveaus im Oberennsthal ergab nun auch für die Nagelfluhbildungen des Mitterbergs und der Ramsau dasselbe tertiäre Alter. Da man nun aber weiters im oberen Ennsthal die Terrasse des „älteren Diluviums“ vermisste, diese Ausbildungsform aber mit der Ablagerung als solcher identificirte, so hielt man dortselbst auch die directe, aber nicht mehr terrassenförmige Fortsetzung des „älteren Diluviums“ aus dem unteren Ennsthal für eine andere, ältere Bildung, und erhielt solcherart für das obere Ennsthal zweierlei tertiäre Schichtgruppen, welche man als „Tertiärschotter“²⁾ und „Leithaconglomerat“ auseinander hielt. Dass die wirklich tertiären Schichten des Oberennsthal, welche sich durch ihre gestörte Lagerung und ihre Pflanzenreste als solche erwiesen, so ganz und gar von jenen horizontal liegenden Conglomeraten und Schottern verschieden seien, daran nahm man keinen Anstoss. Man war eben allzu sehr von der Anschauung eingenommen, dass erstens das „ältere Diluvium“ stets in der Form von Terrassen, als „Terrassen-

¹⁾ Nach freundlicher Mittheilung von Herrn J. Nappey in Schladming. Das ganze Gebiet ist stark vermoort und war bei meinem zweimaligen Besuch durch vorhergegangenes Regenwetter so hochgradig versumpft, dass ich froh sein musste, nicht am Wege zu versinken, und nicht daran denken konnte, seitwärts heranzustreifen. Das Flötz selbst habe ich deshalb auch nicht gesehen, sondern nur einen reinen bläulichen Tegel als Ausfüllung einer Mulde, und einzelne Stücke Kohle, die am Wege herumlagen.

²⁾ Vergleiche das vorherige Capitel.

diluvium“ auftreten müsse, und dass zweitens alle Bildungen, welche in einem höheren Niveau als dieses letztere gelegen sind, nur durch ein tertiäres Meer erklärt werden könnten. So erkannte man denn die diluviale Nagelfluh im ganzen Ennsthal — conform ihrem sich gleich bleibenden äusseren Auftreten — ganz richtig als eine und dieselbe Ablagerung, welche jedoch für tertiäres „Leithaconglomerat“ gehalten ward, während die Glacialschotter der jüngsten Vereisung im Unterensthal, woselbst sie eine schöne Terrasse bilden, als „älteres Diluvium“, im Oberensthal hingegen zufolge ihres veränderten äusserlichen Auftretens als „Tertiärschotter“ bezeichnet wurden. Das tertiäre Alter aller jener Schottermassen im Inneren der Alpenthäler, welche nicht in deutlichen, fortlaufenden Terrassen auftreten, scheint übrigens schon v. Hauer¹⁾ einigermassen bezweifelt zu haben, indem er betont, dass es bezüglich derselben „durchaus noch nicht allorts festgestellt erscheint, ob sie wirklich der Neogenformation oder aber der Diluvialformation angehören“.

Ein Streiflicht auf die Entstehungsweise unserer diluvialen Nagelfluh wird auch durch den Umstand geworfen, dass es mir — sowie Penck auf der oberbayerischen Hochebene²⁾ — nach langem Suchen glückte, in derselben bei Ramsau in den obersten Lagen gekritzte und sogar theilweise noch polirte Geschiebe zu finden, und zwar an drei verschiedenen Orten. Dass solche Vorkommnisse äusserst selten sind, liegt auf der Hand, denn es ist bekannt, dass Kritzung und insbesondere Politur der Moränengeschiebe schon nach kurzem Transport durch fließendes Wasser verschwinden. Auch in den Glacialschottern von Hütttau im Fritztal und von Mühlau im Admonter Hallthal habe ich gekritzte Geschiebe gefunden.

Das Auftreten der diluvialen Nagelfluh, in welcher wir mit Penck die Anschwemmung einer älteren Vergletscherung erkennen, ist übrigens nicht das einzige Anzeichen, welches im Ennsthale auf eine solche zu schliessen gestattet. Wie im Innthale, so sind auch in unserem Gebiete an mehreren Orten alte Breccien vorhanden, welche sich als verfestigte Schutthalde von zumeist interglacialem Alter erweisen.

Die ausgedehnteste und mächtigste Ablagerung dieser Art tritt uns am Südgehänge des Dachsteingebirges entgegen, wo sich von St. Rupert am Kulm im Osten bis in die Hachau im Westen einstmals eine mächtige Schutthalde über das Schieferterrain der Ramsauer Alpen hinzog, welche sich im Laufe der Zeit zu einer Breccie verfestigte, aber heute in Folge mannigfacher Erosionsvorgänge nur mehr in einzelnen mehr oder minder zusammenhängenden Partien erhalten ist. Die bedeutendsten Reste dieser Breccie — wir wollen dieselbe als Ramsauer Breccie bezeichnen — finden sich am Fusse des „Stein“ oberhalb der Hochfläche der Ramsau; die meisten der bewaldeten Riegel, welche sich als Vorlagen von dem steilen Kalkgemäuer lösen, bestehen zu oberst aus der Breccie, welche im Gebiete der dazwischen liegenden grossen Schuttbalden erodirt ist und gegen die letzteren in ihrer ganzen Mächtigkeit jählings abbricht. Die Breccie

¹⁾ Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntniss der Bodenbeschaffenheit der Oesterr.-Ungar. Monarchie. Wien 1875, pag. 601. — II. Anfl., 1878, pag. 662.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 302.

baut sich fast durchgehends aus eckigem Getrümmer auf, von Grus und Schutt angefangen bis zu grössen Blöcken von einem Meter Durchmesser und darüber; letztere kommen jedoch verhältnissmässig selten vor, während Bruchstücke mittlerer Grösse, wie sie an recenten Schutthalden auftreten, am häufigsten sind. Mitunter finden sich in der Breccie auch Stücke, welche eine mehr oder minder vorgeschrittene Kantenabrundung erkennen lassen; der Grad dieser Abrundung ist jedoch nie ein höherer, als er auch an einzelnen Trümmern unserer heutigen Schutthalden auftritt, in welch' letzteren man auch oft Stücke findet, die in Folge grosser Sturz- oder Gleithöhe, oder aber in Folge von Rutschbewegungen in der Schutthalde selbst, Spuren einer Abrundung erkennen lassen.¹⁾ Das Material besteht hauptsächlich aus den Kalkarten des hoch emporragenden Felsgewändes, zumeist also aus dunklem Muschelkalkdolomit und grauem Riffkalk, doch nehmen auch helle, rothgädrte Kalkvarietäten an dessen Zusammensetzung Theil; in den weiter abwärts gelegenen Districten, welche sich schon im Bereiche der Werfener- und Grauwackenschiefer befinden, sind auch diese letzteren Gesteine in grosser Menge in der Breccie vertreten. Das Bindemittel der Ablagerung ist eine grauliche bis hellgelbliche lehmige Masse, welche derselben dort, wo sie in hinreichender Menge, alle Zwischenräume erfüllend, vorhanden ist, eine ausserordentliche Festigkeit verleiht. In manchen anderen Partien, ja stellenweise in ganzen Lagen, ist jedoch nur wenig von diesem Bindemittel zu bemerken; dort liegen die Gesteinstrümmer lose aufeinander, die Zwischenräume sind zum grössten Theil leer oder mit lockerem Grus erfüllt, und man kann mit Leichtigkeit einzelne Stücke aus diesem Haufwerk herausnehmen. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich natürlich alle möglichen Zwischenstadien vertreten.

Die Breccie zeigt in kleineren Partien keine Schichtung, nur im Grossen, aus der Ferne gesehen, macht sich eine Art bankförmiger Absonderung bemerkbar. Die Mächtigkeit der einzelnen Bänke ist sehr verschieden, in den meisten Fällen schwankt sie zwischen einem halben und einem Meter. Mitunter treten zwischen den gröberer Bänken auch deutlicher geschichtete, sandig-schlammige bis grusige Lagen auf, welche unter localer Mitwirkung von Rieselwässern entstanden sein mochten. Die Bankung der Breccie folgt im Allgemeinen dem Gebänge; zunächst den Felswänden ist ihr Fallen am steilsten und beträgt dort 28—32°, weiter unten, wo sich das Gebänge verflacht, wird auch die Neigung der Breccienbänke geringer; ausserdem aber nimmt das Gefälle der letzteren auch an einem und demselben Orte von den tieferen zu den höheren Lagen hin beständig ab, wie dies in manchen Schluchteinrissen schön zu sehen ist. In der Nähe der Felswände ist auch die Fall-

¹⁾ Solche Stücke haben dann fast schon einige Aehnlichkeit mit dem Schotter eines Wildbaches, unterscheiden sich aber insgemein mit diesem von eigentlichen Flussgeschieben hauptsächlich durch die Beschaffenheit der Flächen; während nämlich ihre Kanten oft eine sehr vollkommene Abrundung erleiden können, verbleibt ihren Flächen immer eine gewisse Rauigkeit, dieselben sind stets mit zahlreichen, unregelmässigen Vertiefungen, Grübchen, Furchen u. dergl. versehen, und können es nie bis zu jener schönen, gleichmässigen, matten Glätte bringen, wie sie allein den Flussgeschieben eigen ist. In einer Schutthalde können einzelne Stücke wohl eine Kantenrundung, nie aber eine Flächenglättung erfahren.

richtung der Breccie local variabel und beschreibt in ihrem aufeinanderfolgenden Verlauf Theile der Mantelflächen von äusserst stumpfen Kegeln. Die Breccie erweist sich eben ganz und gar als eine alte, verfestigte Schutthalde und stimmt in allen ihren Zügen mit den analogen und heute noch vor sich gehenden Ablagerungen am Fusse steiler Felswände überein.¹⁾ Die Stärke dieser alten Schuttanhäufung beträgt 20—30, stellenweise aber auch 50 Meter. Dort, wo die allgemeine Brecciendecke schon entfernt ist, haben sich hin und wieder noch einzelne Ueberreste derselben in Gestalt von bastionen- und ruinenartigen Gebilden erhalten; dieselben brechen, wie die Breccie überhaupt, allseits in fast senkrechten Steilwänden ab und besitzen oft höchst sonderbare und groteske Formen; mitunter treten ganz abenteuerlich gestaltete, zackengekrönte Thürme und dünne, isolirte Pfeiler auf, deren Zusammenbrechen man in jedem Augenblick erwarten möchte. Viele dieser nadelförmigen Spitzgestalten tragen zu oberst eine Decke festen verkitteten Materials, welche über die sonstige Begrenzungsfläche vorsteht und die weicheren darunter liegenden Schichten vor der Erosion beschützt; sie erinnern alsdann fast an die bekannten Erdpfeiler und Erdpyramiden bei Bozen. Dieser Schutz der weicheren, mehr losen Partien durch darüberlagernde feste Bänke ist auch die wesentlichste Ursache sowohl der Entstehung jener bizarren Formen, als auch des allgemeinen Steilabbruchs der Breccie an den Erosionsrändern.

Unsere Breccie erinnert in Allem und Jedem so sehr an die Höttinger Breccie bei Innsbruck²⁾, dass sie ohneweiters als eine derselben parallele Bildung bewerthet werden darf. Wie diese, so erweist sich auch die Ramsauer Breccie als älter denn die letzte Vereisung; sie wird an manchen Orten von Grundmoränen überlagert, ihre Oberfläche ist unter denselben angeschliffen und gekritzelt, und Fragmente der Breccie treten als Geschiebe in den Moränen auf. In der Breccie selbst finden sich aber ebenfalls — allerdings nur in sehr vereinzelteten Stücken — gekritzte und polirte Geschiebe, welche sich unbestreitbar als Gletschergeschiebe erweisen; dieselben müssen aus Moränen stammen, welche ihrerseits wieder älter sind als die Breccie, so dass diese letztere sich in gleicher Weise, wie die Höttinger Breccie, als ein interglaciales Gebilde zu erkennen gibt. Eine directe Unterlagerung derselben durch Moränen, wie dies bei Innsbruck der Fall ist, habe ich zwar hier bislang nicht beobachtet, doch wird Niemand, welcher die beiden Breccienvorkommnisse kennt, an der Gleichalterigkeit derselben zweifeln, noch weniger aber die Ramsauer Breccie für älter halten als jene in der Nähe der Tiroler Hauptstadt. Ich fand die Breccie heute noch am

¹⁾ Am Fusse einer ausgedehnten Felswand findet niemals der ganzen Breite nach eine gleichmässige Anhäufung von Schuttmassen statt, sondern es sind jene Stellen besonders bevorzugt, welche sich unter dem Ausgang von Schluchten, Gräben und Furchen des Gemäuers — den sogenannten Steinschlagrinnen — befinden. Hier entstehen getrennte Schuttkegel, welche bei ihrem Wachsen weiter unten zu einer Schutthalde verschmelzen; diese trägt anfangs noch durch wellige Krümmungen ihrer Oberfläche der Kegelgestalt ihrer Componenten Rechnung, weiter unten aber vermindern sich auch diese, und es entsteht eine gleichmässige Schuttfläche von constanter Fallrichtung, welche mit derjenigen des Gehänges vollkommen übereinstimmt. In typischer Ausbildung und weitester Erstreckung ist ein solches Schuttfeld am Fusse der grossartigen Südwand der Dachsteinspitzen zu sehen.

²⁾ Penck, l. c. Capitel XVIII, Alte Breccien der Nördlichen Kalkalpen.

zusammenhängendsten entwickelt am Südgehänge des „Stein“, östlich vom Brandriedel; westlich vom Brandriedel treten nur isolirte Partien derselben auf, so in der Gegend der Brand- und Neustattalpe, ferner bei der Scharlape, im Tiefenbach und in der Hachau. Die Breccienbildung begann am Fuss der Felswände in einer Höhe von 1800 bis 2000 Meter und erstreckte sich abwärts bis gegen die Hochfläche von Ramsau, also bis zu einer Tiefe von ungefähr 1100 Meter; die Breite, auf welcher die Ablagerung erfolgte, beträgt 7 Kilometer.

Die Bildung der Höttinger Breccie fällt, wie Penck gezeigt hat, in die Zeit zwischen der ersten und zweiten Vereisung¹⁾; ob nun die Ramsauer Breccie derselben Interglacialzeit, oder aber jener zwischen der zweiten und dritten Vergletscherung angehört, dies lässt sich deshalb nicht mit Sicherheit entscheiden, weil wir eben in unserem Gebiete jeweils nur die Spuren zweier verschiedenen Vereisungen gefunden haben, von denen stets nur die eine, nämlich die jüngste, als solche identificirt werden konnte. Gewiss ist jedoch, dass die Breccie älter ist als die jüngste Vereisung und dass vor ihrer Bildung bereits eine andere, frühere Vergletscherung erfolgte.

Aehnliche Breccien sind in unserem Gebiete ziemlich verbreitet, insbesondere an den Abhängen wilder und schroffer Gebirge; ich begegnete derartigen Breccienbildungen, welche ich mit der Höttinger und Ramsauer Breccie in eine Linie stellen möchte, an der Südseite des Reichenstein oberhalb der Treffenalm, an der Nordseite desselben Berges oberhalb der Langgriesschlucht, unter den Nordwänden des Hochthors im Haindlkar, an dem Südgehänge des Grossen Buchsteins in der Umgebung des Brucksattels, im oberen Gstatterboden und an der südöstlichen Abdachung des Tamischbachthurms oberhalb des Scheibenbauers. Auch im Urgebirge kommen derlei alte Breccien vor, ich sah eine solche in der Walchern, woselbst ebenfalls eine Ueberlagerung derselben durch die Moränen zu beobachten ist. Diese Breccie ist schon von Erzherzog Johann, dem begeisterten Alpenfreunde, auf seiner Alpenreise im Jahre 1810 bemerkt und erwähnt worden.²⁾ Dieselbe besteht zumeist aus eckigen Trümmern und Stücken von krystallinischem Kalk, während Glimmerschiefer und Gneisse nur in sehr geringer Menge darin vorhanden sind. Das Hirscheck, an dessen Gehänge die Bildung der Breccie erfolgte, besteht nämlich selbst ganz aus krystallinischem Kalk, da es einem jener Kalkzüge angehört, welche an verschiedenen Orten das steierische Urgebirge durchstreichen. Der Kalk geht übrigens häufig in einen Kalkglimmerschiefer über, welcher sehr leicht verwittert. In den Moränen treten auch hin und wieder Geschiebe dieser Breccie auf.

¹⁾ Um Verwechslungen vorzubeugen, sei hier darauf aufmerksam gemacht, dass Penck in seiner „Vergletscherung der Deutschen Alpen“ die Eiszeiten nicht immer ihrer Altersfolge nach als erste, zweite und dritte Vereisung bezeichnet, sondern diese Bestimmungen zumeist mit Bezug auf die Reihenfolge gebraucht, in welcher die einzelnen Vergletscherungen historisch nachgewiesen wurden; die älteste Vereisung wird nach diesem Darstellungsprincip als die „zweite“, die mittlere, zuletzt erkannte, als die „dritte“ Eiszeit angeführt. Für die Folge dürfte es sich jedoch empfehlen, diesbezüglich an der natürlichen Aufeinanderfolge der Vergletscherungen festzuhalten.

²⁾ Aus Erzherzog Johann's Tagebuch. Eine Reise in Obersteiermark im Jahre 1810. Herausgegeben von F. Ilwof. Graz, 1882, pag. 94.

Im Gebiete der Steyr habe ich keine alten Breccien angetroffen, und Vorkommnisse diluvialer Nagelfluh nur an drei Orten. Im Thal der Krumpfen Steyrling erhebt sich die letztere in der Thalweite „In Santen“ 184 Meter über den Fluss, zu einer Meereshöhe von 698 Meter, und kurz vor der Einmündung dieses Thaies in das der Steyr bildet sic jene begrünte, hügelartige Erhebung („Jugendfeindkogel“), welche das Becken von Molln gegen Osten abschliesst, und dessen flacher Rücken bei einer Meereshöhe von 482 Meter (O.-A.) noch 70 Meter über dem Flussspiegel gelegen ist. Die Terrasse der Glacialschotter der jüngsten Vereisung, aus welcher sich dieser Ueberrest einer einstmaligen älteren Terrasse der diluvialen Nagelfluh erhebt, liegt hier nur 20 Meter über dem Fluss. An der Steyr selbst sind Schichten diluvialer Nagelfluh bei dem Wallfahrtsorte Frauenstein (502 Meter O.-A.) erhalten, und zwar bis zu einer Höhe von 90 Meter über dem Fluss. Die Glacialschotterterrasse besitzt hier nur eine Mächtigkeit von 41 Meter. Auch im Steyrthal finden sich somit, wie nicht anders zu erwarten, Rudimente der Anschwemmung einer früheren Vereisung.

VII. Capitel.

Kare und Seen.

Das Kar. — Beschränkung dieser Hohlform auf das alte Gletschergebiet. — Das Kar eine Erosionsform nicht des fließenden Wassers, sondern des Gletschereises. — Wurzelstätten der alten Gletscher. — Die Verbreitung der Kare ein Mittel zur Bestimmung der glacialen Firmlinie. — Höhe derselben im Ennsgebiete 1400—1500 Meter. — Andere Methoden deren Bestimmung. — Die kleinen Bergseen der Niederen Tauern. — Seerellen und Seenzonen. — Hierauf beruhende Ausscheidungen postglacialer Stadien der Vergletscherung. — Incongruenz derselben in verschiedenen Gebirgen. — Wohlerhaltene Glacialscheinungen in den obersten Abschnitten der Tauernthäler. — Felsbecken derselben und deren glacielle Entstehung, — Mangel an grossen, tiefegelegenen Thalseen und Ursache desselben. — Erlöschene Seen des Ennsthaies. — Torfmoore und Sümpfe. — Der Almsee. — Historischer Streifblick auf die Seethäler der nordischen Gebirge.

Mit der allgemeinen Höhenabnahme der Alpen gegen Ost geht eine entsprechende Verminderung in der Gletscherbedeckung derselben Hand in Hand. Während in der Oetzthalergruppe 16·9 Procent der gesammten Grundfläche des Gebirges unter Eis begraben sind, verringert sich dieser Betrag in der Stubayergruppe auf 9·8, in den Zillerthaler Alpen auf 7·3 und in der Osthälfte der Hohen Tauern auf 7·0 Procent.¹⁾

Betreten wir in den Tiroler Centralalpen einen hohen Aussichtspunkt und halten Umschau, so sehen wir die Thäler nach oben zu in eigenthümlich gestaltete, weite und sanftgeneigte Mulden übergehen, welche die grossen Firnmeere beherbergen, aus denen die Gletscherströme ihren Ausgang nehmen. Aber nicht nur an den Enden der Thäler macht sich diese wannenartige Hohlform des Gebirges bemerkbar,

¹⁾ C. v. Sonklar, Die Oetzthaler Gebirgsgruppe. Gotha, 1861, pag. 273. — Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern. Wien, 1866, pag. 286. — Die Zillerthaler Alpen. Gotha, 1872, pag. 55.

sie tritt auch an den Berghängen auf, woselbst sich allenthalben unter den Gebirgskämmen kesselförmige Nischen befinden, welche nach rückwärts und nach den Seiten hin bogenförmig durch steile Wandungen geschlossen sind, während der flache Boden der Mulde nur nach vorne geöffnet ist und dort in der Regel ziemlich unvermittelt in einen Steilabsatz übergeht. Nirgends sind diese Gehängnischen, welche in den Ostalpen ebenso wie die hochgelegenen Ausgangsmulden der Thäler „Kare“¹⁾ genannt werden, schöner und regelmässiger ausgebildet, als in den Gründen des Zillerthales. vornämlich in der Floite, Stilluppe und Hundskehle: hier liegen die Kare an den Berggehängen dicht gedrängt, ihre oberen, meist noch firnerfüllten Theile sind durch kurze Kammwiderlagen von einander getrennt, ihre unteren, schuttbedeckten Partien verschmelzen hingegen zu einer Art von Terrasse, welche sich dem ganzen Kamm entlang in einer gewissen Tiefe unter demselben hinzieht, und welche mit einem plötzlichen Steilabsturz auf den Grund des Thales abfällt. Ueber diese Karterrasse²⁾ stürzen die Abflüsse der einzelnen Kare theils ihrer ganzen Höhe nach als Wasserfälle herab, theils haben sie sich bereits mehr oder minder tiefe Schluchten von oben her in dieselbe eingemagt.³⁾ Die Thätigkeit des rinnenden Wassers ist überhaupt darauf bedacht, die Karform zu vernichten, und steht derselben feindlich gegenüber; das Wasser beginnt seine Sägearbeit am Ausgang des Kars an dem Steilrand gegen die Tiefe des Thalgrundes, und indem der Anfangspunkt dieser Wirkungsäusserung mit dem relativen Rückwärtsschreiten der Erosion bei fortgesetzter Schluchtvertiefung der Wasserrinne immer weiter in das Innere des Kars hinein verlegt wird, tritt an die Stelle der charakteristischen Muldengestalt des Karbodens jener Querschnitt, welcher allenthalben der Thalbildung durch fließendes Wasser entspricht. So gehen die Kare allmähig ihrer Zerstörung entgegen, und man hat in den Alpenthälern hinreichend Gelegenheit, alle Stadien, welche sie hierbei durchlaufen, zu verfolgen. Das Ausgangsglied dieser Reihe, wenn es uns in unverletzter, typischer Ausbildung entgegentritt, bildet das Kesselkar, welches nicht nur durch steile Felswände nach rückwärts und nach den Seiten hin begrenzt wird, sondern welches auch nach vorne zu durch eine mehr oder minder bedeutende Bodenschwelle aus anstehendem Gestein geschlossen ist, und deshalb auf seinem Grunde meist einen kleinen See beherbergt.⁴⁾ In den meisten Fällen jedoch besitzt der Boden des Kars keine solche vollkommen schalenförmige Gestalt, sondern hat eine constante, wenn

¹⁾ Die Schreibweise Kar ist richtiger als Kaar oder Kahr. Vergl. H. Wallmann, Das Kar. Zeitschr. des Deutschen Alpenvereins, I, 1870, pag. 305—309.

²⁾ Ich gebrauche hier den Ausdruck „Karterrasse“ mit guter Absicht, indem durch denselben angedeutet werden soll, dass solche Terrassen nicht unter allen Umständen einen alten Thalboden repräsentiren müssen.

³⁾ In ausgezeichneter Weise treten jene Karbildungen auf der in Bezug auf plastische Wirkung unübertroffenen „Special-Karte der Centralen Zillertaler Gebirgsgruppe“ in zwei Blättern (1:50,000) hervor, welche vom Deutschen und Oesterreichischen Alpenverein als Beilage zum XIII. Bd. seiner „Zeitschrift“ (1882) herausgegeben wurde.

⁴⁾ Eines der schönsten Kesselkare in den Ostalpen ist jenes, welches sich südöstlich von Reisseck (2959 Meter, Sp.-K.) in der Hochalpenspitzgruppe befindet. Seine Grösse ist zwar nicht bedeutend, der Durchmesser beträgt nicht ganz 2 Kilometer, aber es ist vollkommen regelmässig gestaltet, fast kreisförmig geschlossen, und besitzt drei stufenförmig über einander gelegene Seen.

auch äusserst geringe Neigung gegen den vorderen Ausgang. Entspringt dem Kar ein halbwegs wasserreicher Abfluss, dann entsteht am Absturze desselben eine Schlucht, welche immer tiefer und weiter in das Kar zurückgreift und in dem sanften Gebirgsschooss eine steilwandige Thalfurche auswäscht.

Die treffende Bezeichnung „Kar“¹⁾, welche der deutsche Aelpler für die hochgelegenen muldenförmigen Thalenden und die trogförmigen Nischen an den Kammingehängen seiner Berge gebraucht, deckt sich vollständig mit den schottischen „Coombs“, den skandinavischen „Botner“, den pyrenäischen „Oules“ und mit den „Cirques“ der französischen Schweiz, welche letztere Benennung vorzugsweise in die deutsche wissenschaftliche Terminologie Eingang gefunden hat. Aber es ist nicht einzusehen, warum man nach einem fremden Ausdruck greifen soll, wenn man einen guten im eigenen Lande hat, und noch dazu in einer so schmiegsamen und sprachlichen Form. Ich bin überzeugt, dass Niemand, welcher in unseren Alpenländern selbst gearbeitet hat, es über sich bringen würde, in den Ostalpen von einer „Cirke“ zu reden, denn wenn man Tag für Tag mit dem viel bezeichnenderen Ausdruck Kar in seinen mannigfachen Zusammensetzungen und Beschreibungen als Firn-, Eis- oder Schneekar, als Fels-, Stein-, Trümmer- oder Schuttkar, als Seekar und als Kesselkar in Berührung kommt, dann associirt sich das Verständniss für diese Hohlform des Gebirges auf das Innigste mit dem so oft gehörten Namen. Deshalb wollen wir denn unseren Alpen ihre Kare belassen und zwar umsomehr, als dieser Ausdruck so consequent für diese einzige Charakterform gebraucht wird, und durchaus keine Verallgemeinerung seiner Bedeutung verträgt, wie eine solche bei der Benennung „Cirke“ oder „Cirkus“ mitunter platzgreift. Steht man z. B. auf der Berliner Hütte im Zillerthaler Hochgebirge angesichts der grossartigen weiten Gletscherrunde des Zemmgrundes, welche sich aus drei primären und mehreren secundären Gletschern zusammensetzt, so wird man niemals von einem einzigen grossen Eiskar reden dürfen, sondern stets unter diesem Ausdrucke nur eine jede Gletschermulde für sich allein verstehen können; das Gegentheil würde wider jeden Sprachgebrauch verstossen; hingegen kann man sehr wohl auf die Gesamtheit aller dieser Gletschercare die Bezeichnung „Cirke“ übertragen und ganz allgemein von einem Gletschercirkus des Zemmgrundes sprechen.²⁾

¹⁾ Der Name kommt nicht, wie die Gebrüder Schlagintweit meinen, „von kehren, verkehren, wechseln der Gamsen an ähnlichen Stellen“ (Untersuchungen etc. pag. 41), sondern ist uralten Ursprungs. In der Grundbedeutung bezeichnet Kar einen hohlen, vertieften Raum, und man hört auch heute noch öfters „Milchkar“ für Milchschüssel, „Salzkar“ für Salzgefäss, „Brunnkar“ für Brunnentrog, ferner „Tennkar“, worunter man ein kastenartiges Fach in der Tenne versteht, welches auf drei Seiten geschlossen und auf der vierten Seite zum Einschleiben der Feldfrüchte offen ist, n. s. w. (Wallmann, l. c. pag. 307).

²⁾ Das Kar entspricht durchaus dem norwegischen Botn, was beim Cirkus oder der Cirke nicht so ganz der Fall ist. Bei der letzteren muss man nämlich Gehängecirken und Thalcirken unterscheiden; nur jene decken sich mit dem Begriff des Kars und des Botn, diese hingegen sind dem norwegischen „Saekkedal“ analog und können in entsprechender Weise als „Thalkessel“ oder „Thalwannen“ bezeichnet werden. Kare, Botner und Gehängecirken sind kesselförmige Mulden oder Nischen im Gehänge, Saekkedale und Thalcirken oder Thalkessel sind kesselförmige Erweiterungen der

Oestlich von den Hohen Tauern hört die Gletscherbedeckung fast mit einem Schlage auf; nur in der Umgebung des Hafnerecks und am Dachsteingebirge finden sich noch einige kleine Gletscher, und im Uebrigen ist nur hin und wieder noch ein perennirendes Schneefeld in der Gruppe des Hochgolling und auf dem Todten Gebirge bemerkbar. Dem Kar jedoch begegnen wir auch hier in ganz derselben Weise wie früher, und zwar können wir dasselbe genau so weit verfolgen, als die alten Gletschergebiete reichen. Würde einfach erkannt werden, dass in allen alten Gletscherbezirken Kare vorhanden sind, dann könnte man meinen, dass dieselben, da sie durch ihre muldenförmige Gestalt die Ansammlung grosser Firn- und Eismassen zweifelsohne begünstigen, in einer gewissen ursächlichen Beziehung zu der Gletscherentwicklung stünden; aber wir erkennen mehr als dieses, denn es stellt sich heraus, dass die Kare den nicht vergletschert gewesenen Gebieten fehlen, dass sie auf die alten Gletscherdistricte beschränkt und somit ihrerseits durch die Gletscher bedingt sind. Es wäre auch nicht leicht zu begreifen, wieso die Gletscher auf eine bestimmte Hohlform des Bodens angewiesen sein könnten; ein Gletscher ist ein klimatisches Phänomen und kann als solches durch die Bodenform in seiner Entwicklung wohl befördert oder behindert, niemals aber durch dieselbe an und für sich veranlasst werden. Wir sehen ja auch, dass heute nicht alle Kare von Gletschern erfüllt sind, aber wir können kein Kar bemerken, welches ausserhalb des Bereichs der eiszeitlichen Vergletscherung gelegen wäre. Andererseits hingegen erscheint es ganz natürlich und selbstverständlich, dass sich ein Gletscher unter den erforderlichen klimatischen Bedingungen auch dann bilden könne, wenn er an seinem Ursprungsorte nicht gerade ein Kar, sondern einen rinnenförmig gestalteten Thalschluss vorfindet.

Dass das Kar ebenso wie die Cirques, die Oules, Coombs und Botner eine reine Erosionsform ist, darüber kann wohl heutzutage kein Zweifel mehr obwalten; in dem Gebirgshau ist diese Muldengestalt der Thalenden nicht vorgezeichnet, und wollte man sie anders als durch Erosion erklären, dann müsste man zu Einstürzen seine Zuflucht nehmen, mit denen man sich indessen in dieser Ausdehnung und Allgemeinheit schwerlich befreunden dürfte. Das Kar ist aber keine Erosionsform des fliessenden Wassers, dessen Thätigkeit, wie wir gesehen haben, vielmehr darauf abzielt, die Kare zu vernichten, sie ihrer eigenthümlichen Bodengestaltung zu berauben; das fliessende Wasser erzeugt Rinnen, aber keine Mulden. Es erübrigt also nur die Erosion durch die Gletscher selbst, welche die Kare einst erfüllten, und zum Theil auch heute noch in ihnen lagern. Diese Erosion ist übrigens nicht so zu verstehen, als ob der ganze Hohlraum, welcher uns heute als Kar entgegentritt, derselben seine Entstehung verdanke, es ist lediglich die charakteristische Erweiterung und Ausbildung desselben zur Kargestalt, welche als ein Werk der Glacial-Erosion betrachtet werden muss. Der Umstand, dass

Thalsole am Ursprung des Thals. Die ersteren können auch den Ursprung der Thäler bilden, gehören aber, wie gesagt, immer dem Gehänge — in diesem Falle dem Hintergehänge des Thales — an und liegen über der Thalsole, durch eine Steilstufe von derselben getrennt; ein Kar, welches zugleich die Thalsole bildet, gibt es nicht, dies würde dem ganzen Wesen desselben widersprechen. Hingegen gibt es Kare, welche mehrere Abstufungen, mehrere „Karböden“ über einander besitzen.

dies letztere nicht oft genug mit dem nöthigen Nachdruck betont wird, mag eine Hauptursache davon sein, dass die Anhänger der Glacialerosion so vielfach der „Uebertreibung“ beschuldigt, und dass ihre Aeusserungen deshalb nicht immer mit ruhigem Ernst beachtet und gewürdigt werden. Wenn man schlechtweg sagt, die Botner und Cirken sind Producte der Glacialerosion, dann kann ein Anderer, der nicht weiss, dass man hierbei stets nur die Form, nicht aber den ganzen vertieften Raum als solchen im Auge habe, die Sache anders verstehen und sich ebenso schlechtweg über diese Behauptung als eine offenbare Uebertreibung hinwegsetzen. Die Ansicht jedoch, dass bereits vorher bestandene Rinnen, Furchen, Gräben, Tobel, Trichter u. s. w. durch das Eis zu Karen, Cirken und Botner erweitert und ausgeschleift wurden, dürfte umso weniger kurzweg von der Hand zu weisen sein, als sie allein die geographische Verbreitung dieser Erosionsform, ihre Beschränkung auf die alten Gletschergebiete, vollständig erklärt.

Da bisher die Identität der Kare mit den Coombs und Botner noch niemals, und überhaupt das Vorkommen von diesen letzteren analogen Bildungen in den Ostalpen noch nicht genugsam hervorgehoben wurde, so sei hier nochmals bemerkt, dass solche Bildungen eben in unseren Karen vorliegen, und sei weiters zum Vergleich auf die trefflichen Schilderungen der Coombs und Botner von Ramsay¹⁾ und von Helland²⁾ verwiesen. Liest man dann auch die Beschreibung nach, welche Gumbel³⁾ von den Karen des Bayerischen Alpengebirges, oder jene, welche die Gebrüder Schlagintweit⁴⁾ von den Muldenformen der Tiroler Hochalpen gegeben haben, dann wird man inne, dass hier allenthalben ein und dasselbe orographische Gebilde gemeint ist, welches in den verschiedenen Gebirgsländern unter verschiedenen Namen wiederkehrt. Ueberall sind es mehr oder minder kesselförmige Erweiterungen der obersten Thalenden⁵⁾ und der Furchen in den Kammgehängen, deren relativ flacher und ebener Boden rings von schroffen Steilwänden umschlossen und nur nach einer Seite hin geöffnet ist; mitunter ist diese Oeffnung weit und erstreckt sich über die ganze Breite des Kars, mitunter aber ist sie enge und es entsteht ein fast vollständig begrenzter Kessel, das Kesselkar, an dessen Ausgang sich oft noch eine unbedeutende Bodenschwelle befindet, welche dann in der Regel einen See in seinem Inneren veranlasst. Ausserdem treten in den Karen häufig

¹⁾ The Physical Geology and Geography of Great Britain. London, IVth ed. 1874, pag. 285, ff.

²⁾ Om Botner og Saekkedale samt deres Betydning for Theoric om Dalenes Dannelse. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. II, 1875, Nr. 9, pag. 286. — On the Ice-Fjords of North-Greenland, and on the formation of Fjords, Lakes and Cirques in Norway and Greenland. Quart. Journ. of the Geological Society of London, XXXIII, 1877, pag. 161, ff.

³⁾ Geognostische Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha, 1861, pag. 31.

⁴⁾ Untersuchungen über die Physikalische Geographie der Alpen. Leipzig, 1850, pag. 199, ff. — Hier werden übrigens bereits die Kare mit den „Cirques“ identificirt (pag. 41 und 200).

⁵⁾ Nochmals aber muss darauf hingewiesen werden, dass die muldenförmigen Erweiterungen der eigentlichen Thalenden nur dann als Kare zu bezeichnen sind, wenn sie über der Thalsohle, im Hintergehänge des Thales gelegen sind. Das Kar ist stets durch eine mehr oder minder steile und hohe Stufe von dem Thalboden getrennt.

auch Seen auf, welche durch Schuttansammlungen aller Art, durch Bergstürze, Steinlawinen, Schutthalden, alte Stirnmoränen u. dgl. abgedämmt wurden. In den Hochalpen sind die meisten Kare heute noch von Firm und Eis erfüllt und erscheinen als die Wurzelstätten der grossen Gletscher; in anderen Gebirgstheilen sind sie entweder gänzlich mit Trümmerwerk und Schutt bedeckt und gehören diesfalls zu den ödesten und unwirthlichsten Regionen des Gebirges, oder aber die Schuttanhäufung ist auf die höher gelegenen, randlichen Partien des Kars beschränkt, und dann ist der eigentliche Boden der Mulde in Folge grösserer Ansammlung von Feuchtigkeit oft mit frischem, saftigen Grün überzogen und bietet die allerbesten Alpenweiden.¹⁾

Als die drei grössten und schönsten Kare, welche mir im Gebiete der Ostalpen bekannt wurden, möchte ich bezeichnen:

in der nördlichen Kalkzone: das Rossloch (circa 1800 Meter) im obersten Isarthal, westlich von der Grubenkar Spitze (2664 Meter Sp.-K.) mit einem Durchmesser von 3·7 Kilometer;

in der Centralkette, abgesehen von noch weit grösseren firm- und eiserfüllten Karen: das Bodenkars (circa 2100 Meter) im Zillerthal, nördlich vom Grundschartner (3061 Meter Sp.-K.) mit einem Durchmesser von 3·8 Kilometer;

in der südlichen Kalkzone: den weiten Alpenkessel von Klein-Fanis (circa 2300 Meter) in den Ampezzaner Dolomiten, östlich vom III.-Kreuzkofel (2905 Meter Sp.-K.) mit einem Durchmesser von vollen 5 Kilometern.

Das Ennsgebiet, heute so arm an Gletschern, ist nichtsdestoweniger noch überreich an Karen; ihrer besonders typischen und regelmässigen Ausbildung wegen seien erwähnt: im Flachauerthal das Raucheneck- und das Ennskar, im Zauchthal das Vordere Vogelkar, im Oberthal das Wetter- und das Duisilzkar, im Untertal das Rauhenberg- und das Sonntagskar, in der Kleinen Sölk das Stellkar und das Fürstenkar und in der Grossen Sölk das Ahornkar; ferner das Sulzkar im Gesäuse, und das Buckelkar, sowie der „Seeboden“ an der Nordseite der Haller Mauern bei Admont.

Die meisten Kare tragen heute noch unverkennbare Spuren von Gletscherwirkungen, sie stellen, wie Penck bezüglich der Pyrenäen-cirken sich treffend ausdrückt²⁾, „die charakteristisch erwei-

¹⁾ Wie ein sonst doch so bewandeter Alpenkenner wie Löwl (Ueber Thalbildung, Prag 1884, pag. 126) behaupten konnte, ein Kar gleiche einem „Trichter“, besitze „nie eine flache Sohle“, berge „nie und nirgends einen See“, ist mir absolut unverständlich, und kann nur auf einem Missverständnisse bezüglich der eng umgrenzten Anwendung dieser Bezeichnung beruhen. Löwl hat doch auf seinen Bergfahrten (Aus dem Zillerthaler Hochgebirge, Gera, 1878) hinreichend Gelegenheit gehabt, mit Karen bekannt zu werden, und sich von dem Gegentheil dieser seiner Behauptung zu überzeugen. Ein „Trichter“, welcher aus dem oberen Ende einer „Klamm“ emporsteigt, wird von dem Aelpler nie und nirgends als „Kar“ bezeichnet. Auf Grund eigener Anschauung muss ich wiederholt betonen, dass „Botner“ und „Kare“ vollkommen identische Begriffe sind; beide Hohlformen sind auf ursprüngliche „Trichter“ zurückzuführen, in der Art, dass sie durch muldenförmige glaciäre Ausschleifung derselben entstanden. Es gibt deshalb typische und auch weniger typische Botner und Kare, aber beide sind stets muldenförmige Gehängnischen mit flacher Sohle, und keine Trichter.

²⁾ Die Eiszeit in den Pyrenäen, pag. 54.

terten *Wurzelpunkte von Eisströmen*“ dar. Dieser Ausspruch wird dadurch gerechtfertigt, dass die Gehängecirken der Pyrenäen niemals in einer tieferen Höhenlage des Gebirges auftreten, als jene in welcher sich die eiszeitliche Schneelinie befand; letztere wurde dortselbst zu 1700 Meter ermittelt, unter dieses Niveau reicht keine einzige Cirke herab. Eine ähnliche Beschränkung, nicht nur in horizontaler Richtung auf das alte Gletscherbereich, sondern auch in vertikaler Beziehung auf eine bestimmte Höhenlage, macht sich auch hinsichtlich der Kare im Gebiete der Enns und Steyr bemerkbar. Im Unterensthal ebenso wie im unteren Steyrthal und in den gesammten niederösterreichischen Vorgebirgen gibt es keine Kare, und den tiefsten Bildungen dieser Art begegnen wir in einer Höhe von 1400—1500 Metern. Thäler, welche unterhalb dieser Höhenstufe ihren Anfang nehmen, besitzen ein ganz anders gestaltetes Sammelgebiet ihrer Gewässer; entweder laufen sie in einfache Gräben oder Wasserrisse aus, oder es entsteht durch die Vereinigung mehrerer derselben ein Trichter. Ein Trichter ist aber nicht dasselbe wie ein Kessel oder eine Mulde, er hat mit diesen beiden nur das eine gemein, dass die Abdachung seiner Umwandlung von allen Seiten her radienförmig gegen einen Mittelpunkt oder auch nur gegen eine Mittellinie zu erfolgt, aber es fehlt die trogartige Unterbrechung des Gefälls, welche die Kare charakterisirt. Dieselbe Höhe von 1400—1500 Meter erweist sich in unserem Gebiete aber auch als die tiefste Ausgangshöhe alter Gletscher; die Kare der Haller Mauern (Pyrgassgruppe), von denen Gletscher nachweislich ausgingen, liegen in einer Höhe von 1500—1600 Meter, ebenso zwischen 1400—1600 Meter jene des isolirten Sengsengebirges, welches auch eigene Gletscher erzeugte; locale Gletscher entsprangen ferner dem Sulzkar in der Gruppe des Hochthors, dessen Boden 1400 Meter hoch gelegen ist, dem Schwabelthal in der Hochschwabgruppe, dessen Sammelgebiet in der gleichen Höhe sich befindet u. s. w.; an Bergzügen hingegen, deren Kämme unter 1600 Meter, und deren Thaltrichter unter 1400—1500 Meter gelegen sind, gibt sich nicht die geringste Spur einer einstmaligen Vergletscherung zu erkennen. Wenn nun die tiefstgelegenen Kare in einer Höhe von 1400—1500 Meter auftreten und sich gleichzeitig als die tiefstgelegenen Hohlformen des Gebirges zu erkennen geben, aus denen überhaupt Gletscher ihren Ursprung nahmen, so geht hieraus auf das deutlichste hervor, dass die Kare nicht nur auf das alte Gletschergebiet im Allgemeinen, sondern innerhalb desselben ausserdem auf das Nährgebiet der Gletscher, auf die Firnregion beschränkt sind und sich somit thatsächlich als die Wurzelpunkte der Eisströme erweisen; und weiters, dass die Nährstätten der eiszeitlichen Gletscher nicht über jene Höhengrenze herabreichten, und dass folglich diese letztere unter Einem auch die ungefähre Lage der Firnlinie vergegenwärtigt. Im Gebiete der Enns und Steyr betrug demnach die Höhe der glacialen Firnlinie 1400—1500 Meter.

Kare, Cirken, Botner, und wie man sie sonst noch nennen mag, sind also das „*orographische Leitfossil*“ der alten Gletscher¹⁾, und ihre Verfolgung gibt uns ein Mittel an die Hand, die Höhe der

¹⁾ Penck, Geographische Wirkungen der Eiszeit. Verhandlg. d. IV. Deutschen Geographentages zu München, 1884, pag. 79.

glacialen Firnlinie mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Früher hatte man die Lösung dieser Aufgabe meist durch Rechnung angestrebt und trotz der vielfach unsicheren Grundlagen, auf denen dieselbe basirte, zufällig doch verhältnissmässig annehmbare Resultate erhalten. Der erste derartige Versuch für die Ostalpen wurde, so viel mir bekannt, von v. Sonklar¹⁾ gemacht, welcher die glaciale Schneelinie zu 3600 Fuss²⁾ berechnete; später wiederholte derselbe verdiente Alpenforscher die Berechnung in modificirter und ausführlicherer Weise³⁾ und erhielt für die Höhe jener Linie 4000 Pariser Fuss = 1300 Meter. Durch Speculationen, welche an die Ausdehnung des alten Etschgletschers geknüpft wurden, fand H. Höfer⁴⁾ die glaciale Schneelinie Tirols in 4026 Pariser Fuss = 1310 Meter Höhe, und auf Grund seiner Untersuchungen im Gebiete des alten Inngletschers schätzte Penck⁵⁾ die Höhe der Firnlinie in den Nordtiroler Alpen auf 1350 Meter. Einen genauen Weg zur Bestimmung der alten Schneelinie gezeigt zu haben, ist Simony's schönes Verdienst⁶⁾; das ebenso einfache wie sinnreiche Mittel besteht darin, jene niedersten Berghöhen ausfindig zu machen, von denen während der Eiszeit noch kleine Gletscher ausstrahlten, und durch möglichst viele Beobachtungen dieser Art die Schneelinie zwischen zwei Grenzwerthe einzuengen, deren einer eben durch die Höhe jener Berghöhen und deren anderer durch die Höhenlage der betreffenden Gletscherenden gegeben ist. Zwischen diesen beiden Grenzen musste sich die Firnlinie nothwendigerweise befinden haben, wobei noch zu beachten ist, dass bei kleinen Gletschern das Ende derselben nur wenig weit unter die Firnlinie hinabdringt. Aus Beobachtungen dieser Art zog nun Simony die Folgerung, dass im Salzkammergute die Schneegrenze während der Eiszeit nicht über 1000 Meter hoch gelegen sei, ein Betrag, welcher entschieden viel zu nieder gegriffen erscheint. Es ist jedoch zu bedenken, dass diese Angabe aus einer Zeit herrührt, zu welcher man noch keine genaue Kenntniss von der Existenz eines alten Traungletschers hatte, sondern nur von weit ausgedehnten Einzelgletschern sprach, welche alle höheren Kalkstöcke des Salzkammergutes bis an ihren Fuss überzogen; die Annahme aber, dass auch die Thäler ganz mit Eis erfüllt waren, und dass ein einheitlicher Hauptgletscher das ganze Gebiet durchzog, erschien damals noch etwas gewagt; und so dürften vermuthlich Ablagerungen, welche von dem grossen Traun- und dem noch weit mächtigeren Salzachgletscher hinterlassen wurden, für die Ueberreste von localen Gletschern gehalten worden sein, welche in so tiefer Region gar nicht bestanden. Der Vorgang, welcher hier eingeschlagen wurde, ist jedoch im Principe ein ganz vortrefflicher, und

¹⁾ Von den Gletschern der Diluvialzeit. Mitthlg. d. k. k. geographischen Gesellschaft in Wien. VI, 1862, pag. 5.

²⁾ Es ist nicht recht ersichtlich, ob hier Pariser oder Wiener Fuss gemeint sind, da beide Masse vielfach abwechselnd gebraucht und nur hin und wieder näher bezeichnet werden.

³⁾ Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern. Wien, 1866, pag. 403.

⁴⁾ Gletscher- und Eiszeit-Studien. Sitzgs.-Ber. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. LXXIX, 1879, I. Abthlg., pag. 357.

⁵⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 186.

⁶⁾ Gletscher- und Flussschutt etc., I. c., pag. 273.

er wurde seither auch von Partsch¹⁾ bei der Bestimmung der eiszeitlichen Schneegrenze in der Tatra und den Deutschen Mittelgebirgen mit Erfolg zur Anwendung gebracht.

Für grosse Gebirge scheint mir indessen in der Praxis die Bestimmung der alten Schneelinie durch die Höhenlage der Kare noch vortheilhafter zu sein, wenngleich von ihr theoretisch für eine jede einzelne Stelle kein so genaues Resultat zu erwarten ist, wie von der vorigen Methode. Hier aber macht sich eben, wie man aus dem oben angeführten Beispiel sieht, der Zwiespalt zwischen Theorie und Praxis sehr zum Nachtheil der ersteren bemerkbar. Schon in einem der früheren Capitel wurde darauf hingewiesen, wie schwer — ja fast unmöglich — in manchen Fällen die Unterscheidung zwischen Moränen des Hauptgletschers und solchen der localen Nebengletscher ist, aber gerade diese Unterscheidung, oder besser, die richtige Agnosicirung der Moränen von localen Gletschern, ist die Grundlage jener einen Art, die Höhe der alten Firnlinie zu ermitteln. Dieser Weg wird also nur dann sicher zum Ziele führen, wenn eine solche Verwechslung von vorneherein ausgeschlossen erscheint, wie dies bei kleinen, niederen Gebirgen, welche überhaupt nicht weit über die einstige Schneelinie emporragten, der Fall ist; solche Gebirge, wie z. B. auch die Deutschen Mittelgebirge, besaßen nämlich keine ähnlichen „Hauptgletscher“ wie etwa die Alpen, sondern beherbergten lauter einzelne, wohl individualisirte Eisströme, bezüglich deren zugehöriger Ausgangs- und Endpunkte nicht leicht eine Verwechslung erfolgen konnte. Eine andere Schwierigkeit ist jedoch in grossen wie in kleinen Gebirgen dieselbe. Will man nämlich die Firnlinie zwischen möglichst enge Grenzen einschliessen, dann muss man Beobachtungen an den kleinsten und kürzesten Gletschern der Eiszeit hiezu verwenden; diese kleinsten Gletscher waren aber auch von dem kürzesten Bestand, da sie auf den Höhenpunkt der Eiszeit beschränkt waren; sie werden deshalb verhältnissmässig weit geringere Spuren ihrer Anwesenheit zurück gelassen haben, als die grösseren Gletscher, deren Dauer eine längere war, und es werden sich somit oft bedeutende Lücken in der Beobachtung ergeben.

Diese beiden Schwierigkeiten werden bei der Bestimmung der alten Schneegrenze durch die Verbreitung der Kare, Botner u. s. w. umgangen. Die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebengletschern ist hier gegenstandslos, denn ein Kar ist eo ipso immer der Ausgangspunkt, die Wurzelstätte eines Gletschers. Ferner ist man hiebei nicht gerade auf die kleinsten Gletscher angewiesen, sondern auch von der Grösse der Gletscher unabhängig. Endlich hat sich die Karform viel besser und allgemeiner erhalten, als die übrigen Anzeichen des Bestandes der alten Gletscher, so dass hier über eine grosse Fülle von Daten behufs Gewinnung eines mittleren Werthes verfügt werden kann. Die einzelnen Daten an und für sich werden zwar, wie gesagt, local keine ganz genauen Werthe repräsentiren, weil der Grund der Firnmulden der Gletscher nicht genau in der Höhe der Firnlinie sich befindet, sondern zumeist etwas tiefer gelegen ist als diese. Die so gewonnenen Einzelangaben werden also local nicht jene Genauigkeit

¹⁾ Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau, 1882.

besitzen, welche den auf dem anderen Wege gewonnenen Bestimmungen von der Theorie zwar gewährt, welche aber in der Praxis, zumindest in grösseren Gebirgen, schwerlich erreicht wird; dafür aber wird der allgemeine mittlere Werth für ein ganzes grosses Gebirge ein um so verlässlicherer sein, als er sich nicht auf zwei oder drei Beobachtungen stützt, welche an der äussersten Randregion der Vereisung gewonnen wurden, sondern auf Erscheinungen gegründet ist, welche sich in constanter und unzweideutiger Weise auf das ganze Gebirge vertheilen.

Der Nachweis des Zusammenhanges einer bestimmten Hohlform des Gebirges mit der Höhenlage der Schneegrenze ist zuerst für die nordischen Botner von Helland erbracht worden; Partsch hat hernach auch für die Kesselbildungen der Karpathen und der Deutschen Mittelgebirge dieses Abhängigkeitsverhältniss bestätigt, und desgleichen Penck bezüglich der Cirken in den Pyrenäen. Nun sehen wir auch die alpinen Kare in diese Gruppe von Charakterformen sich einreihen.

Die Enden der Thäler gehen mitunter auch ohne Stufenbildung ganz unmerklich in flache Mulden über, in welchem Falle man es nicht mit Karen, sondern mit Thalkesseln oder Thalwannen zu thun hat, welche Formen demjenigen entsprechen, was Penck¹⁾ zum Unterschiede von den Gehängecirken als Thalcirken bezeichnet. Diese Thalkessel sind an die Thalsohle gebunden, während die Kare mit dieser letzteren nichts gemein haben. Es sind dies überhaupt keine so gut charakterisirten Formen wie die Kare, und man hat deshalb für dieselben auch keine ganz bestimmte, unzweideutige Bezeichnung. Als Thalcirken oder Thalkessel können ja, worauf bereits hingewiesen wurde, auch zusammengesetzte Thalschlüsse angesprochen werden, welche aus einer ganzen Runde von Karen gebildet werden; so z. B. die Thalcirken von Schwarzenstein und Schlegeisen im Zillerthal, oder der schöne Felsencirkus des Rothgildenthals am Hafnereck im Lungau mit zwei stufenförmig übereinander gelegenen Seen.

Schon Wallmann²⁾ hat den ausserordentlichen Reichthum an kleinen Hochseen in den Thälern der Niederen Tauern hervorgehoben. In der That findet sich hier kaum ein Thal, welches nicht irgend welche Seen beherbergte, und allein in jenen, welche dem Ennsgebiete angehören, zählte ich deren einige 130. Es ist dies übrigens keine besondere Bevorzugung gerade der Steirischen Alpen, sondern dieselbe Seenschaarung kehrt in allen Gebirgen wieder, welche sich als einstmals vergletschert erweisen. Erst in neuerer Zeit hat man jedoch diesen kleinen Bergseen die ihnen gebührende Aufmerksamkeit zu schenken begonnen, während man sich früher vorzugsweise dem Studium der grossen Seen zuwandte. Jene kleinen Hochseen sind nun aber durchaus nicht gleichmässig über das ganze Gebirge verbreitet, sondern sie beginnen erst von einer bestimmten Höhenstufe an aufzutreten, welche ich im Ennsgebiete zu 1500 Meter ermittelte. Von dieser Höhe an treten bis zu 2400 Meter sehr häufig derlei Seen auf, von denen die weitaus überwiegende Mehrzahl, nämlich 103 von jenen 130 Seen, zwischen 1700 und 2200 Meter gelegen ist; von diesen letzteren wiederum

¹⁾ Die Eiszeit in den Pyrenäen, pag. 51.

²⁾ Die Seen in den Alpen. Jahrb. d. Oesterreichischen Alpenvereins. IV, 1868, pag. 26.

entfallen 80 auf die Höhenstufe 1700—2000 Meter, welche demnach bei einem allgemeinen Ueberblick als der scenreichste Gürtel des Gebirges erscheint.

Diese Seen, welche sich zumeist als echte Felsbecken erweisen, steigen daher ebenso, wie dies Penck¹⁾ aus den Pyrenäen vermeldet, nur selten bis auf den Boden der Stammthäler herab, sondern sind in der Regel auf die Gehänge der Berge beschränkt, woselbst sie oft in einer Reihe stufenförmig über einander liegen. Fast jede solche Seenreihe findet in einem Kare ihren Abschluss. Beispiele derartiger Seenreihen aus den Taurinthälern des Ennsgebietes sind:

Taurachthal.

Grünwald-See 1935 Meter (Sp.-K.)
Einige kleine Seen bis zu 2030 Meter
Seekar.

Oberthal.

Landauer-See 1680 Meter	Duisilz-See 1630 Meter
Unterer Gigler-See 1913 Meter	Einige kleine Seen circa 1800 Meter
Oberer Gigler-See	Einige kleine Seen circa 2100 Meter
Giglerkar	Kar u. d. Rothen Mandl.

Unterthal.

Klaffer-See circa 2000 Meter	Unt. Sonntagskar-See 1928 Meter
Unterer Rauhenberg-See 2275 Meter (Sp.-K.)	Oberer Sonntagskar-See 2036 Meter (Sp.-K.)
Oberer Rauhenberg-See circa 2300 Meter	Sonntagskar
Kar u. d. Greifenberg.	

Seewigthal.

Hütten-See 1502 Meter (Sp.-K.)

Pfann-See circa 1900 Meter	Ober-See circa 1680 Meter
Filz-See circa 2100 Meter	Kar u. d. Hohen Wildstelle.
Gruber-See circa 2200 Meter	
Kar u. d. Hochstein.	

Grosse Sölk.

Unterer Klaffer-See ca. 1700 Meter	Hohen-See circa 1500 Meter	Unterer Kaltenbach-See 1761 Meter (Sp.-K.)
Oberer Klaffer-See ca. 1800 Meter	Schwarzen-See ca. 2000 Meter	Oberer Kaltenbach-See circa 1900 Meter
Ahorn-See 2050 Meter (Sp.-K.)	Grün-See ca. 2050 Meter Schönkar	Kaltenbachkar.
Weissen See 2250 Meter		
Kar u. d. Hoehknall		

¹⁾ l. c., pag. 56.

Sunk.

Kleiner Bösenstein-See circa 1680 Meter
 Grosser Bösenstein-See 1748 Meter (Sp.-K.)
 Grüne Lacke
 Kar u. d. Grossen Bösenstein.

Wenn auch manche dieser Seen ihre Existenz einer Abdämmung durch Schuttkegel, Bergstürze u. dgl. verdanken, so geben sich doch die meisten derselben als Felsbecken zu erkennen; da nun aber bei diesen kleinen Seen, welche zahllos über die Erosions-Oberfläche des Gebirges zerstreut sind, eine Abdämmung durch Schichtenfaltungen und ähnliche gebirgsbildende Vorgänge ausgeschlossen ist, und man im Urgebirge nicht so rasch mit Einstürzen bei der Hand ist, wie im Kalk, so können diese Seen nur in die Kategorie der Erosionsseen gestellt werden. Erosion durch fliessendes Wasser kann aber keine Seebecken schaffen und ist deshalb ebenfalls zu streichen. Ausserdem ist noch zu beachten, dass diese Seebecken zonenförmig in dem Gebirge angeordnet, also auf eine bestimmte Höhenlage beschränkt sind. Es muss demnach auch das Erosionsmittel in seiner Entfaltung in einem gewissen Abhängigkeitsverhältniss zu den Höhenregionen gestanden haben, welche Bedingung einzig und allein von den Gletschern erfüllt wird.

Die Vergletscherung eines Gebirges ist ihrer Ausdehnung nach begrenzt und innerhalb derselben unterschiedlichen Schwankungen unterworfen. Sind die Erosionsseen Producte der Glacial-Erosion, dann wäre zu erwarten, dass dieselben über das ganze Gebiet der einstigen Vergletscherung verbreitet seien. Aber die Seen sind Gebilde ephemerer Natur, fortwährend wird an ihrer Ausfüllung gearbeitet, und im Laufe der Zeit gehen sie ihrer völligen Zuschüttung entgegen und erlöschen. Die seenreichen Regionen der Niederen Tauern vergegenwärtigen uns also Bezirke, in denen jener Process der Ausbehnung, welcher sofort mit dem Gletscherrückzuge begann, unter sonst gleichen Umständen von kürzerer Dauer war, als in den weiter abwärts gelegenen Districten, mit anderen Worten Gebiete, aus denen sich die Gletscher erst in späterer Zeit zurückzogen, und welche uns somit ein letztes, postglaciales Stadium der Vergletscherung bezeichnen. Ein solches Stadium ist bereits in Schottland von Geikie¹⁾ und in den Pyrenäen von Penck²⁾ nachgewiesen worden; in den letzteren reichten die Gletscher während desselben im Mittel bis auf 1550—1700 Meter Höhe herab. Mit diesem Ergebnisse stimmt das von uns für die Niederen Tauern gewonnene vollständig überein, denn auch hier treten die tiefsten Bergseen in der Höhe von 1500 Meter auf und werden erst von 1700 Meter an zahlreich; jene Höhenstufe von 1500—1700 Meter gibt sich demnach als die Endzone der Vergletscherung während eines letzten postglacialen Stadiums derselben zu erkennen.

Die Bezeichnung „letztes postglaciales Stadium der Vergletscherung“ ist jedoch mit einer gewissen Vorsicht zu verstehen. Es scheint

¹⁾ Changes of Climate in Post-Glacial Times. Scottish Naturalist. Jan. 1880. (Citat von Penck.) — Prehistoric Europe. London 1881, pag. 386 u. 407.

²⁾ Die Eiszeit in den Pyrenäen, pag. 59.

mir nämlich keineswegs wahrscheinlich, dass der Rückzug der grossen Vereisung stetig erfolgte, und nur einmal kurz vor seinem Abschluss einen längeren Halt machte; dass derselbe etappenförmig begann, lässt sich allenthalben aus dem Auftreten hintereinander gelegener Endmoränenwälle auf dem alpinen Vorlande erschliessen¹⁾, und es ist deshalb zu erwarten, dass der Rückzug auch in seinem weiteren Verlauf hin und wieder durch kürzere und längere Pausen unterbrochen wurde. Im Gebirge hält es allerdings schwer, für derartige Unterbrechungen Belege beizubringen, denn die Endmoränen haben sich in den grossen Alpentälern nicht erhalten. Die Auffindung mehrerer über einander befindlichen Zonen von Hochseen innerhalb eines enger begrenzten Gebietes ist jedoch auch nicht zu gewärtigen, da die länger vom Eise verlassenen und tiefer gelegenen Seen, in Folge der längeren Dauer der Accumulation und der stärkeren Intensität derselben in tieferer Region, jedenfalls schon längst erloschen sind. In Gebirgen von verschiedener Höhe hingegen, oder innerhalb eines grösseren Gebirgssystems von wechselnder Erhebung, dürften jedoch voraussichtlich die Bergseen auch in verschiedenen Höhenzonen auftreten und somit ungleichzeitige und nur in localer Beziehung „letzte“ Stadien postglacialer Vergletscherung markieren.

Von diesem Gedanken ausgehend, lenkte ich meine Aufmerksamkeit auf die Seen der mir wohlbekannten Zillertaler Alpen und Hohen Tauern und fand, dass die kleinen Seen hier erst in einer Höhe von 2000 Metern sich einzustellen beginnen, bei 2200 Meter sehr häufig werden, zwischen 2200—2500 Meter ihr Maximum erreichen und sich bis zu einer Höhe von 2800 Metern über das Gebirge verbreiten. Durch das Höhenintervall von dem ersten Auftreten der Bergseen bis zu ihrer allgemeinen Entwicklung wird nun auch hier die Randregion einer früheren, weiter ausgedehnten Vergletscherung, ein „letztes“ Stadium der Vereisung markiert, aber diese Endzone liegt hier zwischen 2000—2200 Meter²⁾, während wir jene in den Niederen Tauern zwischen 1500 bis 1700 Meter gefunden haben. Das postglaciale Stadium der Vergletscherung, welches durch die Verbreitung der Seen in den Zillertaler Alpen

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 128.

²⁾ Manche der grösseren Gletscher des Zillertals und der Hohen Tauern reichen heute noch mit ihren Enden tiefer, nämlich bis 1800—2000 Meter herab; aber die Bergseen gehören dem allgemeinen Gebirgsabfall und nicht den tief eingeschnittenen Thälern an und bezeichnen daher die Endzone der allgemeinen Vereisung des Gebirges, nicht aber die tiefste Lage einzelner Thalglatscherenden. Als die ganze Seenregion der Zillertaler Alpen und der Hohen Tauern unter Eis lag, — also während jenes hiedurch charakterisirten „letzten“ Stadiums der Vereisung, — da hatten die einzelnen Hauptglatscher ihre Enden noch viel weiter vorgeschoben, und wir hätten deshalb zeitliche Aequivalente jener Bergseen als Thalseen in viel tieferem Niveau als 1800—2000 Meter zu suchen. Aber in den Thälern ist die Accumulation viel wirksamer gewesen, als im höheren Gebirge, und deshalb haben sich nur wenige dieser tiefer gelegenen und in der Regel grösseren Thalseen zwischen 1700—2000 Meter Höhe erhalten. Ebendasselbe gilt auch bezüglich des postglacialen Stadiums der Vergletscherung in den Niederen Tauern, auch hier ist ja dessen Bereich durch die Verbreitung der Bergseen gegeben, und dieses bezieht sich sonach auf die allgemeine Eisbedeckung des Gebirges und nicht auf die Eisbefüllung der Thäler. In den letzteren finden sich auch hier vereinzelt grössere und deshalb der Ausfüllung minder rasch unterworfenene Seen, welche räumlich zwar unter den Höhenrahmen der Bergseen hinausgreifen, aber zeitlich doch derselben Bildungsperiode, demselben Stadium der Vergletscherung angehören; so z. B. der Rissachsee 1333 Meter (Sp.-K.) im Unterthal, der Bodensee 1180 Meter im Seewigthal, der Schwarzensee 1153 Meter in der Kleinen Sölk u. s. w.

und in den Hohen Tauern zur Aeusserung gelangt, deckt sich somit nicht mit jenem, welches wir für das Ennsgebiet in den Niederen Tauern nachgewiesen haben; es entspricht vielmehr einer weit späteren Periode des allgemeinen Gletscherschwundes als dieses. Als nämlich in den Zillerthaler Alpen und den Hohen Tauern das Gebirge allgemein bis auf 2000—2200 Meter herab vereist war, und die Schneelinie, welche dortselbst gegenwärtig circa 2800 Meter hoch gelegen ist, vielleicht in 2400 Meter sich befand, da mochten in den Niederen Tauern, deren höchste Gipfel nicht viel über 2800 Meter Höhe erreichen, eben noch hin und wieder die letzten geringfügigen Reste alter Gletscher bestanden haben, welche in Folge ihrer kleinen Nährgebiete nur unbedeutend über die damalige Firnlinie herabreichten. Die Spuren jenes älteren Stadiums der Vergletscherung, welches der Höhenlage der Seen in den Niederen Tauern entspricht, sind in den höheren Tiroler Gebirgen schon erloschen. Erkennen wir also auch in dem höheren Gebirge ebensowohl wie in dem minder hohen je ein „letztes“ postglaciales Stadium der Vereisung, so sind doch dieselben hier und dort einander nicht gleichwerthig, sondern zeitlich weit verschieden, und zwar liegt dasjenige, dessen Spuren in dem höheren Gebirge erkannt werden, der Gegenwart weit näher, als jenes, dessen Ueberlieferung in dem minder hohen Gebirge auf uns gekommen.

Ein Umstand könnte hierbei anfangs noch befremden. Dass jene tiefer gelegenen Seen im Zillerthal und den Hohen Tauern, welche dort einem sozusagen vorletzten Stadium der Vereisung entsprechen würden, das seinerseits dem „letzten“ Stadium der Vergletscherung in den Niederen Tauern parallel wäre, bereits erloschen sind, und dass sich eben nur die Becken des jüngeren und höher gelegenen Seegürtels erhalten haben, dies erscheint, wie früher bereits betont wurde, ganz natürlich und erklärt sich aus der längeren Dauer und intensiveren Wirksamkeit der Accumulation in jener tieferen Höhenlage des Gebirges. Aber dass die Seen jener selben absoluten Höhenlage in den Niederen Tauern noch bestehen, während sie doch in den Hohen Tauern schon verschwunden sind, dieser äussere Gegensatz könnte möglicherweise als ein innerer Widerspruch erfasst werden. Jener scheinbare Widerspruch löst sich jedoch, sowie man bedenkt, dass die längere oder kürzere Dauer der Seen nicht von ihrer absoluten, sondern von ihrer relativen Höhenlage gegenüber dem darüber emporragenden Gebirge beeinflusst wird. Innerhalb eines und desselben Gebirges wächst die Accumulation, welcher die Seen zum Opfer fallen, zwar nach der Tiefe; mit Rücksicht aber auf verschiedene Gebirge von verschiedener Höhe ist die Intensität der Accumulation von der absoluten Höhenlage ihrer Arbeitsstätte mehr oder weniger unabhängig, und wird in einer minder weit unter der allgemeinen Gebirgshöhe gelegenen Region des einen Gebirges eine geringere sein, als in einer relativ tieferen Zone des anderen, ohne Rücksicht darauf, dass etwa jene erstere in Folge überhaupt geringerer Erhebung des Gebirges in einem seiner absoluten Höhe nach tieferen Niveau sich befindet, als diese andere in dem höheren Gebirge. Nun reichen im Ennsgebiete die Seen, welche dem in den Niederen Tauern dem vollständigen Schwunde der Gletscher vorangegangenen Stadium der abnehmenden Vereisung angehören, bis in eine Tiefe von 1500 bis

1700 Meter herab; die entsprechende Randzone desselben Stadiums der Vergletscherung in den Zillerthaler Alpen und Hohen Tauern lag aber wegen der bedeutend grösseren Einzugsgebiete der Gletscher gewiss in einem noch tieferen Niveau; einerseits aus diesem Grunde und andererseits wegen der weit gewaltigeren Höhe des Gebirges gehörte also hier jener Seengürtel, welcher dem der Niederen Tauern zeitlich parallel ist, einer in relativer Beziehung doppelt tieferen Gebirgszone an, und es kann deshalb nun gar nicht Wunder nehmen, dass jene Seen der Hohen Tauern und der Zillerthaler Alpen bereits erloschen sind, während ihre Aequivalente in den Niederen Tauern noch bestehen.

In Gebirgen von verschiedener Höhe haben sich also die Spuren verschiedener „letzter“ Stadien der Vergletscherung erhalten: dieselben sind nur mit Rücksicht auf die localen Verhältnisse des betreffenden Gebietes als solche zu bezeichnen, dürfen aber keineswegs mit einander ohneweiters parallelisirt werden. Es liegt dies in der Natur der Sache; in höheren Gebirgen tritt die Vergletscherung eher ein, als in minder hohen, und wird sich beim Rückzug derselben auch länger erhalten; es wird in einem Hochgebirge heute noch ein Stadium der Vergletscherung bestehen, welches im Mittelgebirge in derselben Ausdehnung nicht mehr angetroffen wird, und dessen räumliches Aequivalent dortselbst schon der Vergangenheit anheim steht. Die räumlich parallel gestellten Stufenleitern sind also zeitlich verschieden, und wollen wir gleichzeitige Abstufungen verfolgen, dann haben wir dieselben in verschiedenen absoluten Höhenlagen zu suchen.

In Bezug auf das Auftreten von kleinen Hochgebirgsseen besitzen, wie man sieht, die Niederen Tauern die grösste Aehnlichkeit mit den Pyrenäen¹⁾, welche sich auch durch einen ausserordentlichen Reichthum derartiger Felsbecken auszeichnen. Sie bieten dem Beobachter jenen Anblick dar, welchen die Hochalpen voraussichtlich gewähren dürften, wenn sie einmal sammt und sonders des Schmuckes ihrer heutigen Firn- und Eisbedeckung entbehren sollten. In den höheren Thalstufen haben sich die Anzeichen der einstigen Vergletscherung mitunter noch sehr frisch erhalten; Gletscherschliffe mit deutlicher Krüzung finden sich hier in grosser Menge, ebenso auch Rundhöckerformen, welche die ganze Thalsole und die Thalgehänge bis auf ansehnliche Höhe bedecken. Als ein typisches Beispiel kann in dieser Hinsicht das Giggerthal bei Schladming bezeichnet werden, in welchem sich die genannten Glacialerscheinungen, denen sich noch Moränenschutt und Blockanhäufungen zugesellen, ein so jugendliches und ursprüngliches Aussehen bewahrt haben, dass man in ein Gletscherthal der Tiroler Hochalpen einzutreten verneinen möchte. Hier finden sich ferner eigenthümliche Erosionsrinnen und Furchen, von fließendem Wasser erzeugt, welche fast an Karrenbildungen im Kalkgebirge erinnern, und welche, da sie auch auf sanftgeneigten Gehängabstufungen über der Thalsole auftreten, mit dem Thalbache in keiner Verbindung stehen können. Mitunter kommen diese Rinnen, welche zumeist in der Thalrichtung verlaufen, auch auf Gletscherschliffen vor und erweisen sich dadurch als jüngere oder höchstens

¹⁾ Vergl. Penck, Die Eiszeit in den Pyrenäen Mitthlg. des Vereines für Erdkunde zu Leipzig, 1883. — Alte und neue Gletscher der Pyrenäen. Zeitschr. d. Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, 1884.

gleichzeitig mit diesen durch Wechselwirkung von Eis und Wasser entstandene Gebilde. Derjenige, welcher die von *Simon y*¹⁾ beschriebenen karrenähnlichen Bildungen am unteren Ende des Gosauer Gletschers im Salzkammergute zu beobachten Gelegenheit hatte, wird hier sofort die gleichen Bildungen erkennen, welche auf die erodirende Thätigkeit der kiesbeladenen Schmelzwässer des Gletschereises zurückgeführt werden müssen. Es ist dieser Typus der Karrenbildung, welcher von *Dien er*²⁾ auch in den Julischen Alpen beobachtet wurde, nicht zu verwechseln mit jenem andren, welcher sich in viel allgemeinerer Verbreitung an die Hochflächen der grossen Kalkstöcke, des Steinernen Meeres, des Todten Gebirges, der Dachstein Gruppe, des Canin u. s. w. knüpft, und welcher durch die chemische Erosion von Schneewässern und Hydrometeoriten erzeugt wird. Ich kann bezüglich der Unterscheidung dieser beiden wohlcharakterisirten Typen auf die eben citirten trefflichen Schilderungen und Darstellungen *Simon y's* verweisen.

Dass die meisten Seen dieser Tauerthäler Felsbecken sind, ist in der Regel sehr deutlich zu sehen. Der Rissach-See (1333 Meter Sp.-K.) im Unterthal erweist sich insbesondere als ein Erosionssee par excellence; thalwärts zu ist er durch eine Schwelle aus anstehendem Gestein abgesperrt, welche von dem inneren Bau des Gebirges vollständig unabhängig ist; dieselbe erhebt sich in Gestalt eines Walles 10—15 Meter über den Seespiegel und ist nur in ihrer Mitte von dem Abfluss des Sees in geringer Breite durchnagt worden. Diese Schwelle ist mit Rundhöckerformen bedeckt, desgleichen auch die Berghänge in der Umgebung. Einst war der See bedeutend grösser, wie aus dem ebenen und versumpften Thalboden an seinem oberen Ende zu erschliessen ist; dass er heute noch besteht, dies hat er einzig und allein seiner Grösse zu verdanken. Andere, kleinere Becken treten uns heute bereits als trockengelegt entgegen; Ausfüllung des Hohlraumes und Durchsägung der Sperrschwelle, Accumulation und Erosion haben einander in die Hände gearbeitet, um dieses Resultat zu erzielen. Verfolgen wir vom Rissach-See den Weg thalwärts zu den beiden Hochseen im Sonntagskar, so werden wir dessen in schönster Weise belehrt. Eine Strecke ist das Thal noch flach, dann aber folgt ein steiler Anstieg, und wir gelangen oberhalb desselben zu den Hütten der Waldhoralpe, die auf einem ebenen Schwemmboden am Grunde eines kleinen runden Kessels gelegen ist. Dass wir es hier mit einem erloschenen Seebecken zu thun haben, steht ausser allem Zweifel. Auch hier befindet sich am unteren Ende noch eine feste Felsenschwelle, welche an der niedersten Stelle eine Höhe von 5 Metern besitzt, in der Mitte aber bis auf den dahinter liegenden aufgeschütteten alten Seeboden herab durchsägt ist. Die Stelle wirkt geradezu sprechend, und dieselbe Erscheinung wiederholt sich höher oben noch ein zweites Mal in ähnlicher Vollkommenheit. In anderen Fällen ist die Erosion minder wirksam gewesen, und hat

¹⁾ Beiträge zur Physiognomik der Alpen. Separ.-Abd. a. d. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie. Wien, V, 1884. Mit drei Phototypien. — Ueber die Schwankungen in der räumlichen Ausdehnung der Gletscher des Dachsteingebirges. Mitthlg. d. k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien, XXVIII, 1895, pag. 133, Tafel III.

²⁾ Ein Beitrag zur Geologie des Centralstockes der Julischen Alpen. Jahrb. d. k. k. geologischen Reichsanstalt. XXXIV, 1884, pag. 685.

Accumulation die Hauptleistung bei der Trockenlegung der Seen übernommen; dann ist eine Felsschwelle nur mehr selten zu erkennen und der flache Boden allein kann noch den einstigen Bestand eines Sees verrathen. Auch derlei Vorkommnisse sind in unserem Gebiete sehr häufig.

Die beiden Sonntagskarseen sind ebenfalls Erosionsbecken im anstehenden Gestein, und hier, aber in noch ausgesprochenerer Weise bei den Gigler-Seen, gelangt man vollständig zu der Ueberzeugung, dass diese Seen der Glacialerosion ihre Existenz verdanken. Die Rundhöckerformen nehmen hier in einer Weise überhand, dass das Thal sich jedem Laien geradezu als ein altes Gletscherbett erweist, und jene Seen sind nichts anderes, als Wasseransammlungen zwischen den Rundhöckerformen der Thalsole. Der thalauswärts gelegene Theil des unteren Gigler-Sees hat eine ganz unregelmässige Gestalt, er krümmt und windet sich zwischen den Rundbuckelformen dahin; diese erstrecken sich auch von den Seiten her halbinselartig in den See hinein, und einer der Höcker taucht sogar in der Mitte des Wasserspiegels als Insel aus demselben empor. Derartige Seen gibt es aber in den Niederen Tauern in grosser Menge.

Sind also die Berge des Ennsgebietes durch einen enormen Reichtum an kleinen Hochseen ausgezeichnet, so fehlen ihnen hingegen, und zwar wiederum in gleicher Weise wie den Pyrenäen, die grossen Seen in den Thälern und am Fusse des Gebirges, welche die weiter westlich gelegenen Alpentheile charakterisiren. Die Ansicht von der glacialen Entstehung der grossen Vorlandseen auf der bayerischen Hochebene ist von Penck ¹⁾ beinahe zum Beweis erhoben worden. Es wurde nämlich gezeigt, dass jene Seen eingesenkt sind in die Glacialschotter, deren Ablagerung der letzten Vereisung unmittelbar voranging, und dass die Ufer und die Abböschungen der Seen mit Moränen verkleidet sind; die Seen bestanden also nicht, als die Ablagerung jener Schotter vollendet war, und die herannahenden Gletscher sich darüber hinweggehoben, ihre Bildung war aber vollendet, bevor sich das Eis wiederum von der Stelle zurückzog. Will man diese Beobachtungen nicht geradezu ableugnen, dann bleibt denn doch wohl in der That nichts anderes über, als zu erkennen, dass diese Seen während der Vergletscherung unter dem Eise entstanden, und somit weiters anzunehmen, dass ihre Erosion auch wirklich durch die Gletscher selbst erfolgte. Jene Randseen, welche sich an die Ausgänge der grossen Alpenthäler halten, sind aber nur die heute noch mit Wasser erfüllten tiefsten Theile viel grösserer und weiterer muldenförmiger Becken — der sogenannten „centralen Depressionen“ — welche sich am Ausgange aller Alpenthäler finden, aus denen sich dereinst Gletscher auf das Vorland hinaus erstreckten, während die Seen in vielen derselben bereits verkümmert oder auch gänzlich erloschen sind. Wenn nun das Eis derartige muldenförmige Depressionen erzeugte, so dürfen wir in unserem Gebiete, da die alten Gletscher der Enns und Steyr das Gebirge nicht verliessen, solche Vertiefungen zwar nicht auf dem Vorlande vermuthen, wohl aber könnte man denselben in den Thälern im Gebirge selbst zu begegnen

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

hoffen. Da jedoch selbst manche der grossen „centralen Depressionen“; wie z. B. jene des Innsgletschers bei Rosenheim, im Laufe der Zeit fast völlig trocken gelegt wurden, die analogen Erzeugnisse des relativ kleinen Ennsgletschers jedoch einerseits jedenfalls minder bedeutend und andererseits in Folge des rascheren örtlichen Rückzuges des Gletschers längere Zeit der postglacialen Vernichtung preisgegeben waren, so werden wir wohl kaum mehr erwarten, dieselben heute noch in Gestalt von Seen anzutreffen. Im günstigsten Falle könnten wir allenfalls noch darauf rechnen, Spuren derselben in einer Reihe von Tümpeln, Sümpfen, Mooren u. dgl. zu bemerken, und dieser nicht unbilligen Erwartung wird denn auch in der That zu Genüge entsprochen.

Das ganze obere Ennsthal, ebenso wie der benachbarte Pinzgau und Lungau, ist berüchtigt ob seiner Versumpfung, welcher man bereits seit Längerem durch eine kostspielige Flussregulirung theilweise zu steuern sucht. Die ganze breite und flache Thalsohle leidet an einer hochgradigen Ueberwässerung, durch welche sie fast ganz und gar dem Ackerbau entzogen wird; nur saure Gräser, Schilf und Röhricht können auf derselben ein gedeihliches Fortkommen finden. Dieser Verlust an urbarem Land wird nicht im Entferntesten ersetzt durch den geringen Ertrag, welchen die ausgedehnten Torfmoore zu liefern im Stande sind, obwohl derselbe an sich betrachtet immerhin als ein ziemlich bedeutender zu vermerken ist. Die Torfstechereien von Gröbming und Liezen allein lieferten im Jahre 1881 eine Ausbeute von 13,577.000 Stück Ziegeln, welche dem Brennwerth von 17.713 Festmetern Fichtenholz entsprechen.¹⁾ Die bemerkenswerthesten jener Torfmoore sind das Krumauer Moor unterhalb Admont, das Gampner- oder Liezener Moor, das Wörschacher und das Taschenberger Moor, welche zusammen mit den dazwischenliegenden, meist unbenützten Mooren eine Fläche von über 750 Joch bedecken.²⁾ Diese Torfmoore sind aber die unbestreitbaren Ueberreste einstmaliger Seen, und es hat deshalb schon im Jahre 1847 Kudernatsch³⁾ mit Recht das Ennsthal von Krumau bis weit thalaufwärts als einen „langen urweltlichen See“ bezeichnet. „Ein zweiter See befand sich in dem Seitenthale des Paltenbachs von Rottenmann an bis Gaishorn, wo wir den „Gaishorn See“ als letztes Merkmal der alten Wassermasse antreffen.“ Auch das „versumpfte Becken des Ennsthales bei Liezen“ ist bereits als Rest eines alten Sees angesprochen worden.⁴⁾ Diese Ansicht gewinnt ein bedeutendes Relief bei Betrachtung der Tiefe, welche diese Torfmoore besitzen. Bei Bohrversuchen, welche auf dem Wörschacher und Liezener Moor angestellt wurden, hat man in 40 Meter Tiefe den festen Grund noch nicht erreicht⁵⁾, und eine ähnliche Mächtigkeit hat sich auch für das Krumauer Moor ergeben.⁶⁾ Nun beträgt aber das Niveau der Thalsohle des Ennsthales am Wörschacher Moor 631 Meter (Sp.-K.)

¹⁾ Statistischer Bericht des k. k. Ackerbau-Ministeriums für 1881. Wien 1884, II. Heft, pag. 28.

²⁾ Kindinger, Der Ennsthaler Torf in seiner Anwendung auf das Eisenhüttenwesen. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen. VII, Wien 1859, pag. 321.

³⁾ Urweltliche Seen in Steiermark. Haidinger's Berichte. Wien, I, 1847, pag. 85—89.

⁴⁾ Wallmann, Die Seen in den Alpen. I. c., pag. 11.

⁵⁾ Tunner, Torfstechereien bei Liezen. Vordernberger Jahrbuch, I. Jahrg., 1841, Graz, 1842, pag. 96.

⁶⁾ Thenius, Die Torfmoore Oesterreichs. Wien, 1874, pag. 12.

und sinkt auf der ganzen 30 Kilometer langen Strecke bis zum Eintritt in die Felsenkehle des Gesäuses unterhalb des Krumauer Moors nur um 22 Meter, indem die Eingangsschwelle des Gesäuses noch in einer Höhe von 609 Metern (Sp.-K.) gelegen ist. Der Boden selbst des höchstgelegenen dieser drei Moore liegt also jedenfalls noch mehr als 18 Meter tiefer als die felsige Thalsohle an der Pforte des Gesäuses; hierdurch aber werden dieselben einwandslos als gegenwärtig ausgebnete beckenförmige Unterbrechungen des Thalgefälles erwiesen.

Auch diese alten Seebecken sind aber in die Glacialschotter eingesenkt, deren Reste sich an den Thalböschungen in höherem Niveau erhalten haben; wollte man diese Einsenkung bestreiten, dann müsste man die Ausfüllung dieser Seen, also den Torf, für präglacial erklären, was denn doch nicht angeht, abgesehen davon, dass selbst die heftigsten Gegner der Glacialerosion kaum glauben dürften, dass ein diluvialer Gletscher sich über ein Torflager hinwegschieben könne, ohne es zu zerstören. Die Erosion der Glacialschotter im oberen Ennsthal wurde aber, wie wir gesehen haben, durch den Gletscher bewirkt, weil Grundmoränen an den Erosionsböschungen derselben bis auf die Thalsohle herab auftreten. Es liegt deshalb nahe, auch die Erosion der Becken dem Eise zuzuschreiben, und dies unsomewhat, als wir ja sonst, da alle anderen Entstehungsweisen von Seen hier ausgeschlossen sind, jener Erosion vollkommen rathlos gegenüber stünden, was sich für Geologen der Jetztzeit wohl übel schicken würde. Denn es wäre ja doch traurig um die Geologie bestellt, wenn eine neue erodirende Kraft erst entdeckt werden müsste, welche in allerjüngster Zeit Seebecken in festem Gestein zu schaffen vermochte. Es ist leicht gesagt, das Eis könne keine Becken erodiren; aber wenn wir uns dann mit Bezug auf unseren Fall nach einem anderen Bildungsvorgange umsehen und finden, dass jene Becken ausser Zusammenhang mit der Gebirgsbildung stehen, dass die Schwelle des Gesäuses aus anstehendem Gestein besteht und der Grund jener Becken unter das Niveau derselben hinabreicht, dass aber an Einstürze hier nicht zu denken ist, und sich jene Becken somit als Erosionsbecken erweisen; wenn wir dann weiters zu der absoluten Ueberzeugung gelangen, dass das fließende Wasser, oder etwa der Wind jene Becken nicht geschaffen haben konnte, dann bleibt einzig und allein die Erosion durch Gletscher über, bezüglich deren die Ansichten zwar noch getheilt sind, wobei es aber immerhin möglich ist, dass Diejenigen im Unrecht sind, die sie bekämpfen.

Wir kennen also keine Kraft, welche die alten, erloschenen, heute nur mehr durch Torfmoore und einzelne grössere Tümpel repräsentirten Seen im oberen Ennsthal nach dem Rückzuge der Gletscher erzeugt haben könnte; bei Eintritt der Vergletscherung bestanden dieselben aber nicht, weil das Thal bis zu ansehnlicher Höhe über das Niveau seiner heutigen Sohle von den Glacialschottern erfüllt war; die Erosion jener Seen muss demnach während der Vergletscherung, folglich durch dieselbe bewirkt worden sein.

Auch das flache Becken von Mitterndorf ist zum Theil von einem Torfmoor erfüllt, welches eine Area von 290 Joch, jedoch nur eine

durchschnittliche Mächtigkeit von 4 Metern besitzt.¹⁾ Zu unterst scheint sich hier eine Grundmoräne zu befinden; dieselbe tritt wenigstens in den Sumpfen und Filzen seiner Randpartien zu Tage. Insbesondere bei Rödschitz, gegenüber Mitterndorf, wurden beim Aufwerfen des Eisenbahndammes schöne Grundmoränen entblöst, deren Geschiebe theils aus krystallinischen Gesteinsarten, theils aus Kalken bestehen, welche letztere eine sehr deutliche Politur und Krüzung erkennen lassen. Ueberhaupt geben die Grundmoränen in Folge ihrer zähen, schlammigen, wasserundurchlässigen Grundmasse oft zu localen Versumpfungen Anlass, und der erfahrene Glacialgeologe gewinnt hierdurch einen Fingerzeig, welcher ihm bei Durchstreifung einer Gegend die Auffindung derartiger Ueberreste der alten Gletscher oft erleichtert.

Im Gebiete der Steyr fehlt es gleichfalls nicht an Torfmooren; solche befinden sich bei Edlbach und Rading, ober- und unterhalb von Windischgarsten; der Abbau des ersteren wird schwunghaft betrieben und liefert eine jährliche Ausbeute von 105.000 Stück Torfziegeln.²⁾ Das Becken von Windischgarsten ist heute noch stark versumpft und besitzt eine Menge kleiner Lachen und Weiher. Der Schlammabsatz des ehemaligen Sees wird an verschiedenen Orten, z. B. beim Rumplmayr, N. v. Windischgarsten, zur Ziegelfabrikation verwendet. Am Fusse des Calvarienberges sind auch die Spuren eines alten Deltas erhalten, dessen Schotterlagen unter 20—25° nach NNW fallen. Als ein altes Seebecken gibt sich auch die oberste Hopfing, an der Nordseite des Sengsengebirges, zu erkennen, deren flacher Boden thalwärts zu durch eine Felsschwelle versperrt war, welche nur von dem Bach durchnagt wurde, während der Thalweg ihren sanften Scheitel überschreitet.

Als ein grösserer Thalsee hat sich heute noch der Almsee im Almthal erhalten, und bezüglich desselben gilt das gleiche, was Penck von den Seen Oberbayerns berichtet. Zu beiden Seiten dieses Sees, welcher, wie die Sümpfe an seinen Enden beweisen, einst eine weit grössere Ausdehnung besass, treten in höherem Niveau die Glacialshotter auf, in welche derselbe somit eingesenkt ist, und woraus hervorgeht, dass seine Erosion jüngeren Datums ist, als die Ablagerung dieser letzteren. An den Ufern des Sees befinden sich aber Grundmoränen, und an seinem unteren Ende breitet sich sogar eine prächtige Moränenlandschaft aus, so dass der See wiederum älter sein muss, als der Rückzug der Vereisung. Er wurde also während derselben und durch das Eis gebildet.

Der Leopoldsteinersee nächst Eisenerz dürfte vielleicht ebenfalls hierher zu rechnen sein; Thatsache wenigstens ist es, dass dieser See, welcher am Ausgange eines von der Hochfläche der Schwabengruppe kommenden Seitenthales des Erzbaches gelegen und von dem letzteren durch den niederen Rücken des „Seeriegels“ getrennt ist, unter dem Niveau der Glacialshotter sich befindet, und dass Moränen an seinen Ufern auftreten. Die Tiefe des Sees, welcher ehemals nach aufwärts zu viel ausgedehnter war, worauf noch die Namen „Seeboden“ und „Seeau“

¹⁾ Thenius, l. c., pag. 12.

²⁾ Pokorný, Fünfter Bericht der Commission zur Erforschung der Torfmoore Oesterreichs. Verhandlg. d. k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. 1860, pag. 748.

hinweisen, wurde früher, wie ja fast bei allen Alpenseen, weitaus überschätzt; in den Reischandbüchern wurde von 500 Fuss (158 Meter) Tiefe gesprochen. Nach genauen Messungen, welche die Herren Ingenieure Ungerer und Brabletz im Frühjahr 1875 ausführten, befindet sich die grösste Tiefe etwa in der Mitte des Sees und beträgt 32 Meter.¹⁾

Die grossen Thäler unserer Alpen — und unter ihnen, wie wir sehen, vorzugsweise auch das Ennsthal — mochten somit in früherer Zeit einen ähnlichen Anblick gewährt haben, wie er manchen Thälern der Norwegischen Gebirge und der Schottischen Hochlande heute noch zu eigen ist. In denselben bilden die Flüsse eine Folge langgestreckter Seen, die häufig durch Stromschnellen und Kaskaden in einander übergehen. Eines der schönsten Beispiele dieser Art beobachtete ich an der Bägna im Valders, auf der Route von Kristiania nach Lacrdalsören am Sognefjord. Hier erhält man immer von neuem den Eindruck, dass der See ein Theil des Erosionsthalcs ist, und oft kommt man sogar in Verlegenheit, Fluss und See zu unterscheiden, eine bestimmte Thalstrecke als Fluss oder als See zu bezeichnen. Bei solchen Verhältnissen erscheinen die Seen lediglich als flache Wannen im Thalgrund, als störende Momente in der Bildungsgeschichte der Thäler, welche durch eine anders wirkende Erosion, als jene des fliessenden Wassers, geschaffen wurden, und mit deren Beseitigung das letztere hier sich gegenwärtig noch beschäftigt, während es in anderen Gegenden diese Arbeit bereits vollendet.

VIII. Capitel.

Ueber Glacialerosion.

Beobachtung und Speculation. — Physikalische Möglichkeit der Glacialerosion. — Die Frage nach der Glacialerosion ist lediglich quantitativen Charakters und ist als solche vom Geologen zu entscheiden. — Heim, Gegner der Glacialerosion; Einwürfe desselben in dem „Handbuch der Gletscherkunde“. — Woher stammt das Material der Grundmoräne? — Oberflächenmoränen, alter Schutt, Glacialerosion. — „Die Hauptwirkung des Gletschers liegt nicht an seinem Ende.“ — Druck des Gletschers auf seine Unterlage. — Aufarbeitung des Untergrundes durch den Gletscher. — Rundhöcker. — „Rauhigkeiten neben Gletscherschliffen beweisen nichts gegen die Möglichkeit der Glacialerosion.“ — Endmoränen. — Von der Glacialerosion „verschonte“ Felsköpfe. — Widersprüche Heim's. — Sich kreuzende Schrammen. — Einschneiden von Gletscherbächen in den Felsgrund. — Schlammführung der Gletscherbäche. — Wildbäche, Bergstürze. — Geschiebeführung der Flüsse. — Der Theil ist mit dem Ganzen weder zu vergleichen, noch zu vertauschen. — Verhältniss der Flüsse und Gletscher zu den Thälern bezüglich ihrer äusseren Erscheinung. — Zusammenfassung. — Verwahrung gegen die Unterschreibung von Uebertreibungen. — Präcisirung des heutigen Standpunktes der Verfechter der Glacialerosion. — Richtiger Massstab bei der Betrachtung von Werken der erodirenden Thätigkeit der Gletscher.

In einer Arbeit, welche sich die Verfolgung vorzeitlicher Gletscher Spuren zum Ziele gesetzt hat, kann der vielumstrittenen Frage nach der Erosionsfähigkeit der Gletscher nicht gut aus dem Wege gegangen werden. Allerdings ist dieser Gegenstand schon in den vorhergehenden

¹⁾ Oesterreichische Touristenzeitung. III, 1883, pag. 239.

Capiteln berührt worden, und zwar keineswegs in einer ausweichenden oder zurückhaltenden Weise; wir haben ja gesehen, oder vielmehr, es wurde versucht, zu zeigen, dass die Erosion der Glacialschotter im oberen Ennsthale nur durch den Gletscher selbst bewirkt werden konnte, und dass der erodirenden Thätigkeit des Eises auch die meisten der kleinen Hochgebirgsseen, sowie die alten, grösstentheils erloschenen Thalseen, deren Ueberreste wir erkannten, zugeschrieben werden müssen; auch bezüglich der eigenartigen Hohlformen der Kare gelangten wir zu dem gleichen Resultate. Aber es gibt eben zwei verschiedene Wege, auf welchen beiden man der Lösung jener Frage bisher sich zu nähern versuchte, und wir haben in Vorigem erst den einen davon betreten. Dieser eine ist mehr empirischer, der andere hingegen mehr theoretischer Natur, wenn auch strenge genommen diese beiden Bezeichnungen hier so wenig wie sonst wo ausschliesslich je für sich allein zur Anwendung gelangen können; denn jede Theorie bedarf als Grundlage gewisser Erfahrungen, und in umgekehrter Weise geht eine höhere Ausbildung von Beobachtungsmethoden oft Hand in Hand mit jener der Theorie; es soll hiermit also nur das bezügliche Ueberwiegen des einen oder des anderen Momentes gemeint sein.

Wir haben, wie gesagt, bisher einen empirischen Weg betreten, denn wir haben das Gebirge offenen Auges kreuz und quer durchstreift, die Glacialerscheinungen desselben verfolgt und sind nicht unaufmerksam gewesen auf die unverkennbaren Beziehungen der letzteren zu gewissen Relicfverhältnissen der Landschaft. Unwillkürlich knüpften sich hieran Gedankenreihen über das Auftreten des einen, das Fehlen des anderen Zuges in der oroplastischen Configuration des Bodens, und ein genaues Studium dieser Besonderheiten führte uns theils direct zu der Erkenntniss einer Erosionsleistung der alten Gletscher, theils sahen wir uns auf indirectem Wege durch eine Discussion der Beobachtungen zu der Annahme einer solchen Glacialerosion gezwungen. Diese Discussion war nun zwar niemals frei von Speculation und konnte es überhaupt nicht sein: zudem wurde aus Darstellungsgründen bei ihrer Wiedergabe oft sogar von dem speculativen Moment der Ausgang genommen, um nämlich, wie betont wurde, zu zeigen, dass die logische Consequenz desselben nichts anderes als die in Wirklichkeit ja vorher gemachte Beobachtung bedeute. Aber die Grundlage dieses Vorganges ist doch eine durchaus empirische gewesen, dieselbe wurde durch Beobachtung in der Natur gewonnen und dann auf geologischem Wege weiter verarbeitet und verwertlet; wir haben nicht von vorneherein gefragt, ob die Gletscher die Fähigkeit der Erosion besitzen, sondern wir haben als Geologen diese Erosionsfähigkeit aus unseren Beobachtungen in der Natur selbst inductiv erschlossen.

Die Erzielung dieses Resultates legt uns aber in gewissem Sinne die Verpflichtung auf, den Gegenstand auch von einer anderen, mehr physikalischen Seite zu würdigen, beziehungsweise uns mit bereits vorliegenden Behandlungen dieser Art zu befassen. Es ist zwar klar, dass eine exacte geologische Beweisführung das Recht der Selbstständigkeit für sich in Anspruch nehmen könne, eben so gut, wie jede andere, und dass der Geologe, welchem auf geologischem Wege der zwingende Nachweis der Gletscherosion gelänge, des

Physikers speciell zum Zwecke dieses Nachweises als solchen nicht mehr bedürfte; denn sobald einmal irgendwo eine stattgefundene Erosion durch Gletscher erwiesen ist, muss in diesem Ergebnisse nothwendig das Vorhandensein auch der physikalischen Möglichkeit der Glacialerosion mit eingeschlossen sein. Solch' eine exacte Beweisführung ist jedoch in den seltensten Fällen möglich, und deswegen dürfen wir den Folgerungen, welche innerhalb des Bereiches der einen Disciplin gewonnen wurden, nicht ohne Weiteres eine unbedingte rückwirkende Tragweite auf etwa gegentheilige Anschauungen in der anderen Disciplin vindiciren. Sicher ist, dass Diejenigen, welche die Lösung der Streitfrage nach der Gletschererosion auf physikalischem Wege anstreben, sich ganz auf das Feld der Theorie und der theoretischen Experimentation begeben, indem sie von Vorgängen, die sie im Kleinen und unter einfachen, willkürlich gewählten und deshalb genau bekannten Bedingungen studiren, eine Nutzenanwendung auf die in der Natur unter den verwickeltesten Umständen und in der grossartigsten Entfaltung vor sich gehenden Erscheinungen machen. Wären die gesammten Grundbedingungen des Phänomens genau bekannt und liessen sich in ihren Wechselwirkungen bis in das kleinste Detail verfolgen, wären uns die einzelnen Daten ihrem absoluten Werthe nach gegeben, so dass auf fester Grundlage an eine strenge mathematisch-physikalische Behandlung der Frage geschritten werden könnte, dann wären solche Schlüsse, welche, da ja auch die Physik keine eigentliche ursächliche Erklärung von Naturvorgängen, sondern nur eine möglichst präcise Beschreibung derselben liefert, in letzter Linie doch stets nur Verallgemeinerungen der Experimente gleichzuachten sind, in der That beweisend. Aber diese sicheren Grundlagen sind uns eben in diesem Falle, wie in manchem anderen, leider vorenthalten, und so richtig deswegen auch bei der methodischen Ableitung jener Folgerungen vorgegangen wird, so wenig kann man dieselben apodictisch als unumstössliche Wahrheiten hinstellen, denn die Basis, auf welcher gebaut wurde, war für die Dimensionen des Gebäudes zu schwach fundirt; theoretisch zwar lassen sich die physikalischen Fundamentalaufgaben, deren Lösung für die Gletschererosionsfrage von Bedeutung ist, mit mathematischer Schärfe formuliren, aber für die praktische Durchführung der Rechnung fehlen die ziffermässigen Daten. Nicht in der physikalischen Behandlungsweise als solchen liegt also die Schwäche, sondern in dem weiten Spielraum, der bei den Voraussetzungen der mathematischen Operation gewährt ist. Deshalb aber muss von geologischer Seite Widerspruch dagegen erhoben werden, wenn die Fähigkeit zur Beantwortung der in Rede stehenden Frage lediglich Physikern zugesprochen wird, indem gesagt wird, dieselbe müsse „von Physikern entschieden und ihre Lösung vom Geologen als eine der Grundthatsachen hingenommen werden, auf denen er seine Wissenschaft weiter bauen kann.“¹⁾ Für solch' eine stolze Sprache dürfte denn doch der geeignete Moment derzeit noch nicht gekommen sein!

¹⁾ Zöppritz, Die Fortschritte der Geophysik. Geographisches Jahrbuch. X, 1884. Gotha 1885, pag. 29.

Wie sehr die Resultate, welche durch auf unzureichender physikalischer Grundlage beruhende Rechnung gewonnen werden, mit den wirklichen Verhältnissen in der Natur im Widerspruch stehen können, hiefür bieten, worauf schon Penck¹⁾ hingewiesen hat, die Untersuchungen und Ausführungen Oldham's²⁾ über den Cohäsionsmodul des Eises ein schlagendes Beispiel. Oldham gelangte nämlich hiebei zu der Aufstellung folgender Sätze:

1. Gletscher können im Maximum Becken von 700 engl. Fuss Tiefe und 5 Miles Länge erodiren, weil nämlich eine solche Vertiefung das Maximum einer Depression darstelle, welche von Gletschern durchmessen werden kann;

2. Gletscher können sich nicht weiter als 5 Miles über völlig ebenes Land ausbreiten;

3. Dementsprechend kann sich keine Gletschereismasse über grosse Flächen unabhängig von der Bodenconfiguration ausbreiten.

Penck zeigte nun, dass Punkt 2 und 3 der Erfahrung vollständig widersprechen, was ein gewisses Misstrauen auch gegen Punkt 1 gerechtfertigt erscheinen lasse, und wies darauf hin, dass Oldham den Cohäsionsmodul für festes, starres Eis, nicht aber für Gletschereis bestimmte und seinen Rechnungen die Anschauung zu Grunde legte, dass die Bewegung der Gletscher ein blosses Gleiten sei. Diese Aeusserung brachte die Gegner der Glacialerosion auf den Gedanken, die Sache durch einen geschickten, sophistischen Kunstgriff so zu drehen, als ob Oldham durch diese so gewählten Voraussetzungen nur eine „Concession“ an seine Widersacher beabsichtigt habe. Denn, meint Zöppritz³⁾, „wenn er das Eis poröser und den Gletscher plastisch-flüssig annimmt, wobei dann dessen Unterfläche sich viel langsamer bewegt, als wenn der ganze Eiskörper die mittlere Geschwindigkeit besässe, so fällt das Resultat noch weit mehr zu Ungunsten der Erosion aus, während andererseits die Möglichkeit der Ausbreitung des Eises über ebenes Land beträchtlich wächst“; und auch Günther⁴⁾ lässt sich dahin vernehmen, dass Oldham's Voraussetzungen „allerdings nicht völlig dem entsprechen, was die Glacialgeologie fordern muss“, dass jedoch „eine solche harte Masse“, wie sie in jenen Voraussetzungen eine Rolle spielt, „kleine Felsbuckel noch immer weit eher wird zerreiben können, als ein Gletscher, der Hindernissen durch plastisches Ausweichen entgehen kann. Gerade der Mangel in Oldham's Berechnungen ist für die Lehre von der Gletschererosion gefährlich.“ Aber von einem Resultate, welches direct zu Ungunsten der Erosion ausgefallen wäre, von einem Zerreiben des Untergrundes u. s. w., ist ja doch bei Oldham's Berechnungen gar nicht die Rede! Die Resultate Oldham's, insoweit sie sich aus seinen mathematischen Deductionen ergeben, haben vielmehr mit der directen Erosionsfähigkeit des Eises nicht das Geringste zu thun, sondern beziehen sich lediglich auf die Grenzen der Bewegungsmöglichkeit der

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 379.

²⁾ On the Modulus of Cohesion of Ice, and its bearing on the Theory of Glacial Erosion of Lake-Basins. Philosophical Magazine, V. S., vol. VII, London 1879, pag. 240–247.

³⁾ l. c., pag. 28.

⁴⁾ Lehrbuch der Geophysik und Physikalischen Geographie. II. Bd., Stuttgart 1865, pag. 557.

in Betracht gezogenen Eiskörper. Oldham beweist, dass seine Gletscher nicht im Stande seien, Becken von grösserer Ausdehnung zu durchmessen, und hieraus erst zieht er den an sich ganz richtigen Schluss, dass sie alsdann auch nicht die Fähigkeit besässen, solche Becken zu erodiren, indem das Eis keine Erosion bewirken könne, wo es sich nicht bewege. Hätte sich Oldham bei seinen Untersuchungen an die natürlichen Verhältnisse der wirklichen Gletscher gehalten, welche heute allerdings einer mathematischen Behandlungsweise noch nicht zugänglich sind, dann wäre er, wie Zöppritz zugibt, zu einem Resultate gekommen, welches einer unabhängig von der Bodenconfiguration erfolgenden Gletscherbewegung weit günstiger gewesen wäre. Zugleich damit wäre aber auch der Grund gefallen, aus welchem sich Oldham gegen die glaciäre Entstehung von Seebecken ausspricht; denn sowie sich aus den Resultaten jener Berechnungen ergeben hätte, dass die Gletscher die Seebecken, deren Erosion ihnen zugeschrieben wird, zu durchmessen vermochten, würde aus seinen diesbezüglichen Untersuchungen kein der Glacialerosion nur irgendwie ungünstiger Schluss mehr gezogen werden können. Dass eine „harte Masse“ an und für sich der Erosion günstiger sei, als eine solche, die „plastisch-flüssig“, dies unterliegt ja keinem Zweifel; aber auf die Argumente, welche Oldham gegen die Gletschererosion in's Feld führte, und welche sich auf die Resultate von Berechnungen stützen, in welchen nicht direct von Erosion, sondern nur von Bewegung die Rede ist, hat diese von vorneherein stärkere oder geringere Erosionsfähigkeit der Eismasse keinen Einfluss. Oldham's Argument beruht auf der Bewegungsunfähigkeit starrer, lediglich gleitender Eismassen in der Tiefe weiter Becken und nicht auf directen Untersuchungen über die Erosionsfähigkeit des Eises. Es wird nun eingestanden, dass diese Bewegungsunfähigkeit — also auch das derselben entnommene Argument wider die Glacialerosion — bezüglich plastisch-flüssiger Eismassen nicht bestehe, jedoch unter Einem gesagt, Oldham habe seinen Untersuchungen deswegen starres, gleitendes Eis zu Grunde gelegt, weil dieses an sich der Erosion günstiger sei, als ein plastisch-flüssiger Gletscher. Nun ist aber jene Annahme Oldham's in erster Linie der Bewegung der Eismasse ungünstiger, folglich ungünstiger in seinem Sinne auch der Erosion. Darin, dass in dem vorhergehenden Satze anstatt „der Bewegung ungünstiger“, wie es mit Rücksicht auf den Gang der Oldham'schen Argumentik heissen müsste, die Wendung: „der Erosion günstiger“ gesetzt wird, darin liegt eben das Sophisma, indem man einfach darüber hinwegsieht, dass Oldham ja einzig und allein von dem Mangel an Bewegungsfähigkeit auf den damit verbundenen Mangel an Erosionsfähigkeit zurückschliesst, und verschweigt, dass mit dem Argumente auch die daran geknüpfte Folgerung falle, wonach statt einer Ueberzeugung eine Ueberredung angestrebt wird, sobald man mit Bezug auf das von Oldham erzielte Ergebniss ausruft: das müsse doch ein Jeder einsehen, dass ja eine plastisch-flüssige Eismasse noch weniger erodiren könne, als eine starre! Mit Sophismen kommt man aber in der Wissenschaft nicht auf.

Man lasse deshalb die rein akademischen Oldham'schen Berechnungen in Frieden ruhen und gebe sich nicht vergebliche Mühe, durch unlogische Nachrufe über das eigentliche Wesen derselben hinwegzutäuschen und glauben zu machen, dass ihre Resultate unmittelbar die Unmöglichkeit der Gletschererosion an und für sich zum Ausdruck brächten, und dass dieselben bei Zugrundelegung der natürlichen Voraussetzungen noch ungünstiger ausgefallen wären. „The results are of no value, because the assumed conditions are not natural conditions, and in this the work unfortunately resembles many of the attempts to apply mathematics to geology.“ So äussert sich Davis¹⁾, welcher doch auch ein Gegner der Glacialerosion ist, über den Oldham'schen Versuch, und man kann ihm hierin nur vollständig beipflichten.

Das die alten Gletscher in ihrer Bewegung bis zu einem gewissen Grad von der Configuration des Untergrundes unabhängig waren, dass sie weite Depressionen von nicht unbeträchtlicher Tiefe durchmassen, und dass auch an den Gehängen der Thäler unter dem Drucke höher gelegener Eismassen stellenweise eine aufwärtsgerichtete Bewegung in dem Eiskörper erfolgte, dies sind Thatsachen, welche durch Beobachtung in der Natur erkannt wurden, und an denen durch physikalische Deductionen irgendwelcher Art weder gemäkelt, noch gerüttelt werden kann. Wenn deshalb diesbezüglich angestellte Berechnungen auch noch öfters das Resultat ergeben sollten, dass eine Bewegung der grossen diluvialen Eismassen unter günstigen Umständen (!) wohl stattgefunden haben konnte, jedoch „nur in der Art, dass diese Bewegung auf die oberen Eisschichten sich beschränkte, wohingegen die unteren Partien von derselben ausgeschlossen waren und in Ruhe verharrten“²⁾, so genügt der Hinweis auf die mächtigen Grundmoränen der alten Gletscher und insbesondere auch des nordischen Inlandeises, um zu zeigen, dass auch in den untersten Partien am Grunde selbst weit ausgedehnter Gletscher und Eismassen thatsächlich eine Bewegung erfolgte, und es genügt ein weiterer Hinweis auf die erratischen centralalpinen Grundmoränengeschleife, welche sich in manchen Thälern der Nördlichen Kalkalpen finden, und welche unter dem Eise über die niederen Passhöhen hinweggeschleift wurden, um uns darüber zu belehren, dass die Bewegung der Gletscher in einzelnen Fällen auch entgegen der Neigung des Terrains gerichtet war. Stehen nun die Ergebnisse von Berechnungen und Speculationen mit diesen unzweideutigen Beobachtungen im Widerspruch, dann muss wohl der Fehler irgendwo in den Voraussetzungen jener ersteren zu suchen sein, keineswegs aber werden dadurch diese letzteren betroffen. Denn die Beobachtung ist nun einmal die Mutter der Speculation und geht deshalb dieser nicht nur zeitlich, sondern auch dem Range nach voran; und mag auch die Tochter der Mode zuliebe öfters den Versuch machen, ihr reichgeputztes Phantasiecostume nach der knappen, schmucklosen Façon physikalisch-mathematischer Betrachtungsweise zuzustutzen — sie wird hierdurch höchstens ihre Blößen besser ersichtlich machen, ohne mehr zu scheinen, als sie ist.

¹⁾ Glacial Erosion. Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XXII, Part. I. Boston 1883, pag. 28.

²⁾ Oldham, l. c., pag. 246.

Thatsache also ist es, dass die alten, mächtigen Gletscher auch an ihrer Sohle sich bewegten, und die physikalische Frage, deren Beantwortung bei beiderseits richtigem Vorgange mit den geologischen Befunden im Einklang stehen muss, ist die, ob eine solche Eismasse im Stande sei, eine erodirende Wirkung auf ihren Untergrund auszuüben.

Diese so formulirte Frage ist wohl ohne Weiteres zu bejahen, und zwar selbst ohne Rücksichtnahme auf die lose Gesteinsschichte, welche sich zwischen dem Gletschereise und seiner festen Unterlage befindet. Denn sobald ein Körper über einen anderen hinbewegt wird, ist neben der Wirkung des ersteren auf den letzteren auch in umgekehrter Weise eine solche des letzteren auf den ersteren gesetzt, da bei allen Formveränderungen der einander berührenden Theile in letzter Linie Molecularkräfte in Frage kommen, welche dem Principe von Wirkung und Gegenwirkung genügen. Insoferne erscheint die weitverbreitete Vorstellung unrichtig, dass von zwei Körpern im festen Aggregatzustande, welche unter einem gewissen Druck über einander hinweggeschoben werden, stets nur der weichere durch den Angriff des härteren eine partielle Störung seiner Cohärenz erleiden könne, während dieser härtere völlig unverletzt aus dem Versuche hervorgehe. Dass auch weichere Gesteine härtere zu ritzen vermögen, dies hat Daubré¹⁾ längst experimentell erwiesen, indem er eine Granitplatte mit einem Stücke lithographischen Schiefers schrammte. Aber wir haben es durchaus nicht nöthig, erst zu Experimenten unsere Zuflucht zu nehmen, sondern können dieses Verhalten den gewöhnlichen Vorkommnissen des alltäglichen Lebens entnehmen, wobei nur die eine Bedingung erfüllt sein muss, dass die gegenseitige Einwirkung der Körper lange genug andauere oder sich hinreichend oft wiederhole, um die Folgen derselben durch Summirung auch an demjenigen Körper sichtbar zu machen, welcher sonst scheinbar gar nicht unter ihnen leidet. Aber es ist eine Erfahrung allgemeinsten Art, dass Schneidwerkzeuge bei längerem Gebrauch ihre Schärfe verlieren, wenn auch, wie es bei Rasirmessern, Tuschseeren u. dergl. der Fall ist, nur sehr weiche Gegenstände mittels derselben bearbeitet werden, und einem jeden Schlittschuhläufer ist die Thatsache bekannt, dass die stählernen Kanten seiner Schlittschuhe, welche nur mit Eis in Berührung kommen, sich abstumpfen und längstens jeden zweiten Winter wieder von Neuem zugeschliffen werden müssen. Derlei Beobachtungen können auch an allerhand Stieh- und Bohrwerkzeugen, an Nähadeln, Ahlen, Zirkelspitzen, Reissfedern u. s. w. gemacht werden, kurz die härtesten Gegenstände unterliegen mit der Zeit einer allmäligen Abnützung seitens viel weicherer Körper. Freilich werden diese letzteren hierbei unvergleichlich stärker in Mitleidenschaft gezogen,

¹⁾ Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique, et sur les décompositions chimiques produites dans les actions mécaniques. Comptes Rendus de l'Acad. d. Sc. Paris, XLIV. 1857, pag. 999. — Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique, sur la formation des galets, des sables et du limon et sur les décompositions chimiques produites par les agents mécaniques. Annales des Mines. Paris. V. Sér. XII. 1857, pag. 542. — Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique, sur la formation des galets, des sables et du limon, et sur les décompositions chimiques par les agents mécaniques. Bull. d. l. Soc. géol. de Franco. II. S., t. XV, 1857—58, pag. 255.

als jene anderen, härteren Körper, und wenn man deshalb auch dem reinen Gletschereis an sich eine abschleifende Wirkung auf den Felsgrund zuerkennen muss, so erscheint es doch, worauf Zöppritz¹⁾ und Davis²⁾ hingewiesen haben, von vornherein ausser Zweifel, dass das Eis selbst weit mehr als der feste Fels unter dieser Erosion leide.

Hier sind jedoch zwei Punkte von wesentlicher Bedeutung. Jene stärkere Abnutzung des Eises könnte nur dann auf die Erosionsfähigkeit desselben einen schmälernden Einfluss ausüben, wenn durch dieselbe die erodirende Eismasse dauernd vermindert, also auch ihre Erosionswirkung in entsprechender Weise reducirt würde. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, da stets neue Eismassen an die Stelle der alten treten, und somit der Gletscher das, was er allenfalls verliert, immer wieder ersetzt, während der Fels über keine ähnlichen Ersatztruppen gebietet, und es somit lediglich eine Frage der Zeit ist, dass sich seine jeweils zwar nur kleinen Verluste endlich denn doch zu einer deutlich wahrnehmbaren Grösse summiren. Des Weiteren aber darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Masse eines Gletschers in manchen Beziehungen, und zwar vornehmlich was ihre Bewegung und den Zusammenhang der einzelnen Theile anbelangt, die Eigenschaften eines plastisch-flüssigen Mediums besitzt, und dass deshalb von einer Lostrennung einzelner Theile, von einer Erosionserleidung des Eises an seinem Grunde, wo es unter hohem Druck steht, eigentlich unsoweniger gesprochen werden kann, als ja das Eis überdies in der Regelation einen Factor besitzt, welcher jene Lostrennung oder Abschabung kleiner Partikel — wenn es nämlich überhaupt zu einer solchen kommen könnte — sofort wieder wettmachen müsste. Insoferne also das Gletschereis als eine plastisch-flüssige Masse betrachtet wird, insoferne kann es selbst wohl erodiren, seinerseits aber keine eigentliche Erosion erleiden, ebensowenig wie das fließende Wasser, welches ja auch den festen Fels angreift und doch selbst gewiss nicht den Folgen einer Gegenerosion unterworfen ist. Sagt man nun aber, dass das Gletschereis an sich als plastisch-flüssige Masse viel weniger erodiren könne, als wenn es starr wäre, so ist dies allerdings ganz richtig, aber dass es deswegen gar nicht erodiren könne, das folgt daraus noch lange nicht, und dass diese Erosion auch merkbar werde, das ist, wie bereits betont, einzig und allein eine Frage der Zeit. Aus demselben Grunde müsste man sonst auch vor Allem dem Wasser, welches ja doch eine vollkommene Flüssigkeit ist, alle und jede Erosion absprechen, die es indessen, auch abgesehen von chemischen Einwirkungen und von einer etwaigen Beladung mit Geschieben, durch seinen eigenen directen mechanischen Angriff ausübt. Ebenso wie aber die erodirende Thätigkeit des fließenden Wassers eine enorme Steigerung erfährt, sobald dasselbe Geschiebe mit sich führt und mittels derselben an dem Felsgrunde feilt und scheuert, in gleicher Weise muss auch die Erosion des Gletschereises überaus kräftig durch die zahlreichen Gesteinstrümmer unterstützt werden, welche es an seiner Sohle mit sich fortschleift. Indem das Eis diese lose Gesteinschichte unter sich bewegt und sie gegen den Felsgrund reibt, „erhält

¹⁾ Der gegenwärtige Stand der Geophysik. Geographisches Jahrbuch. VIII. 1880. Gotha 1881, pag. 74.

²⁾ l. c., pag. 28.

es die Wirkung einer Feile“, es wird zum „Kitt, in welchen die Schleifsteine gefasst sind.“¹⁾ Gegen diesen öfters gebrauchten Vergleich wurde nun aber von geophysikalischer Seite Einsprache erhoben, indem gefragt wurde, ob denn Derjenige, welcher einen solchen Vergleich im Munde führe, schon einmal versucht habe, „Stahlkörner durch einen Kitt in einen feilenähnlichen Körper zu verwandeln und mit diesem Instrument zu feilen? Der erste Versuch würde genügen, um ihm dieses unglückliche Bild aus der Hand zu winden.“²⁾

Hierauf die Antwort: Gewiss wurde dies versucht, und zwar mit gutem Erfolg! Wiederum kann hier auf ein Experiment Daubrée's verwiesen werden, welches jenem „unglücklichen Bild“ direct mit Bezug auf den eigentlichen Gegenstand seiner Darstellung entgegen kommt. Daubrée machte Schrammversuche auf Granitplatten, indem er andere Steine in Holzbl ocke fasste und dieselben unter Druck über die Platte hinweg bewegte. Anstatt in Holz fasste er die Steine nun einmal auch in einen Eisblock und zwang die Geschiebe, auch auf diese Weise die Granitplatte anzugreifen und Streifen auf derselben zu ziehen.³⁾ Hiermit ist jener „physikalische“ Einwand, welcher wohl nur akademisch erhoben wurde, beseitigt. Uebrigens gibt es auch hier näherliegende Beispiele, welche dasselbe beweisen. Sind denn nicht die bekannten Schmirgel-Messerschleifer in ähnlicher Weise entstandene „feilen hnliche Körper“, bei denen die feinen Korundk rnchen durch einen erhärteten Kitt zusammengebacken werden, und bietet nicht das Schmirgelpapier eine noch schlagendere Illustration dafür, dass man selbst mittels einer verkitteten K rnchenschicht, welche sich nur auf die Oberfläche des führenden Körpers erstreckt, sehr wohl auf anderen, harten Gegenständen scheitern und feilen kann? Freilich brechen viele dieser Körnchen aus, aber insoweit nicht nur mit einer Kante, sondern mit der ganzen Fläche des „feilen hnlichen Körpers“ gefeilt wird, hat dieses Ausbrechen an sich auf die angreifende Wirkung keinen aufhebenden Einfluss; man kann ja doch auch lose liegende Körner mittels irgend eines Körpers an einen anderen Körper anpressen und über denselben hinwegschieben und auf diese Art eine Kratzung und Abscheuerung desselben erzeugen.⁴⁾

Gerade deswegen aber ist jener von Z ppritz angedeutete Hinweis auf das Ausbrechen der durch einen Kitt in einen feilen hnlichen Körper verwandelten Stahlk rner mit Bezug auf den Vergleich des Gletschers mit einer Feile ganz besonders unglücklich gewesen, und zwar in doppelter Beziehung. Können denn die Geschiebe einer plastisch-flüssigen Masse, wie es das Gletschereis ist, überhaupt ausbrechen? Und gesetzt den Fall, sie könnten es, wohin sollten sie denn durch dieses Ausbrechen gelangen, was sollte nunmehr mit ihnen geschehen?

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 380.

²⁾ Z ppritz, Die Fortschritte der Geophysik. Geographisches Jahrbuch. X. 1884. Gotha 1885, pag. 28.

³⁾ l. c., pag. 998, beziehungsweise 542 und 256. — Synthetische Studien zur Experimental-Geologie. Deutsche Ausgabe von Gurlt, Braunschweig 1880, pag. 219.

⁴⁾ Auch die mechanische Erosion des Wassers wird ja hauptsächlich durch dessen Geschiebeführung vermittelt, und das Wasser ist gewiss noch nachgiebiger, als ein Gletscher, und hält die Geschiebe, mittels deren es feilt und sägt, — die Zähne der Säge — noch loser!

Können sie sich etwa durch ihr Ausbrechen der Bewegung und dem Drucke, dem sie unterliegen, entziehen, wie die ausfallenden Körner an den Kanten jener Vergleichsfeile? Die Beantwortung dieser Fragen ergibt sich wohl von selbst. Die Geschiebe, welche zwischen dem Gletscher und seinem festen Untergrunde sich befinden und in ihrer Gesamtheit als die Grundmoräne des Gletschers bezeichnet werden, die können nach keiner Seite hin entweichen, sondern sind gezwungen, an der Bewegung der Eismasse Antheil zu nehmen. Dass diese Bewegung der Grundmoräne in den meisten Fällen eine langsamere sein wird, als jene des Eises, dies ist an und für sich natürlich und wurde zudem auch von Niles¹⁾ durch directe Beobachtung an zugänglichen Stellen des Gletscherbettes erwiesen. An solchen Stellen, wo die Unterfläche des Eises den Felsgrund oder die Seitenwand local nicht berührt, entstehen nämlich in dem Eise unter dem Widerstande von eingeklemmten Geschieben oder vorspringenden Ecken des Felsbodens mehr oder weniger deutliche Furchen, welche sich im Sinne der Bewegungsrichtung nach vorwärts erstrecken, und somit, wenn sie von einem Geschiebe ausgehen, auf eine raschere Bewegung des Eises gegenüber diesem letzteren zu schliessen gestatten. Auf dem Grunde grosser, mächtiger Gletscher, wie es z. B. insbesondere die diluvialen Eisströme waren, werden jedoch solche Furchen selbstverständlich nicht bestehen können, denn in Folge des starken Druckes der überlastenden Eismasse und seiner Plasticität muss das Eis alle Unebenheiten seiner Sohle vollständig erfüllen und ausgleichen, ähnlich wie ein Gypsbrei, welcher unter starkem Druck über eine rauhe und etwa mit losen Fragmenten bedeckte Fläche hinweggepresst wird, sicherlich keinen Hohlraum unter sich duldet, sondern einen jeden solchen, welcher durch Furchenbildung oder dergleichen entstehen wollte, in demselben Masse, in welchem er sich bildet, sofort wieder ausfüllt. Das liegt ja eben in dem Wesen plastisch-flüssiger Massen.

Fassen wir das bisher Gesagte zusammen, so haben wir mit folgenden unbestreitbaren Thatsachen zu rechnen:

1. Die alten Eisströme haben sich nicht nur oberflächlich, sondern auch in ihren untersten Partien bewegt und waren hierbei insofern von der Configuration des Untergrundes unabhängig, als sie auch erwiesenermassen im Stande waren, unter nicht allzugrossen Neigungswinkeln und auf nicht allzugrosse Höhe der Neigung des Terrains entgegen sich zu bewegen.

2. Das Eis an und für sich ist im Stande, eine geringe abschleifende Wirkung auf den festen Felsgrund auszuüben, welche sich bei genügend langer Dauer zu jeder beliebigen Grösse summiren kann.

3. Zwischen dem Eise und seiner festen Unterlage befindet sich die Grundmoräne, welche an der Bewegung des ersteren unter hohem Drucke Antheil nimmt und in Folge dessen eine beträchtliche Abnützung ihrer eigenen Bestandtheile erleidet, wobei nicht minder aber auch eine solche der festen Unterlage bewirkt wird.

Aus diesen Sätzen, welche, ich wiederhole es mit Nachdruck, vollständig erwiesene und keineswegs erst neu entdeckte Thatsachen

¹⁾ Upon the Relative Agency of Glaciers and Sub-Glacial Streams in the Erosion of Valleys. Proceedings of the Boston Soc. of Nat. Hist. XIX. 1878, pag. 332.

sind, Thatsachen, an denen nichts geändert werden kann, geht aber unbedingt hervor, dass im Allgemeinen die physikalische Möglichkeit vorhanden ist, dass Gletscher sowohl auf stetig geneigter Unterlage, als auch auf dem Grunde von beckenartigen Vertiefungen erodiren können, und dass somit der Annahme, dass die Gletscher solche Becken auch selbst zu schaffen im Stande seien, sobald sie nur über die hinreichende Grösse und die nöthige Zeitdauer ihres Bestandes verfügen, ein principielles physikalisches Hinderniss nicht im Wege steht.

Die Frage nach der Möglichkeit der glacialen Entstehung von Seebecken im Allgemeinen hat mit dieser Erkenntniss ihren physikalischen Charakter bereits verloren, sie ist als solche überhaupt erledigt.¹⁾ Der Gletscher erodirt, er bewegt sich aufwärts, folglich kann er ein Becken erodiren. Das ist so klar, wie irgend etwas. Möglich also ist es, dass die Gletscher Seebecken erzeugen, aber ob dieser Vorgang unter gegebenen Verhältnissen auch in Wirklichkeit erfolgte, das ist nunmehr die neu erwachsende Frage.

Diese Frage ist nun aber rein geologischen Charakters und kann nur in der Natur durch Beobachtung und hieran geknüpfte logische Schlüsse, nicht aber in der Studirstube durch auf unsicherer Grundlage beruhende Speculationen ihre Entscheidung finden. Der Physiker vermag vorweg nur im Allgemeinen zu sagen, dass Gletscher erodiren können, und dass es eine Frage der Zeit sei, in welchem Masse dies geschehe; aber indem er dieses sagt, überantwortet er die Behandlung des Gegenstandes bis auf Weiteres dem Geologen, welcher nunmehr nachzusehen hat, ob er in der Natur thatsächlich Erosionsgebilden der Gletscher begegne, und ob somit jener Vorgang der Glacialerosion, welcher keineswegs als physikalisch unmöglich bezeichnet werden kann, sondern welcher vielmehr bei hinreichend langem Bestande mächtiger Gletscher nothwendigerweise zum sichtbaren Ausdruck gelangen muss, denn auch in Wirklichkeit stattgefunden habe. Ergibt sich, dass dies in der That der Fall war, finden sich in der Natur Erosionsformen, welche sich unzweideutig als durch Gletscher hervorgerufen erweisen, dann mögen die Physiker dieses Forschungsergebniss zur Kenntniss nehmen und es mit Zugrundelegung specieller Fälle in ihrer Weise verarbeiten, den allgemeinen Erosionsvorgang als einen Complex physikalisch discutirbarer Bewegungsprocesse darstellen und denselben unter Benützung ihrer Hilfsbegriffe beschreiben. Auf diese Art also kann sich der Physiker des Gegenstandes wieder bemächtigen, aber nicht, um seinerseits nachträglich nochmals eine principielle Entscheidung zu fällen, die ja schon in dem Zugeständnisse einer wenn auch noch so geringen Erosionswirkung des Gletschers enthalten ist, sondern um vielmehr seine Anschauungen über die Widerstandsfähigkeit von Fels und Eis und ihre gegenseitige Einwirkung im Grossen mit den in der Natur verborgenen und von dem Geologen erschlossenen diesbezüglichen Aufklärungen in Einklang zu bringen, und das Verhältniss des geologischen

¹⁾ Ich bitte mich hier nicht misszuverstehen, es ist nur von der principiellen Möglichkeit, von der physikalisch-theoretischen Denkbarkkeit des Vorganges der Ausschleifung von Becken durch Gletscher die Rede, keineswegs aber davon, dass dieser Vorgang auch wirklich stattgefunden habe und deshalb mit Rücksicht auf Obiges bereits auch als Factum bewiesen sei.

Factors: Zeit zu den physikalischen Vorgängen der Gegenwart zu ergründen.

Vom geologischen Standpunkte haben wir nun aber die Sache bereits an früherer Stelle behandelt und sind hierbei zu der Erkenntniss gekommen, dass die Gletscher in nicht unbedeutender Weise an der Erosion ihren Antheil nahmen, dass ihre Erosionsleistung diejenige des fließenden Wassers unter sonst gleichen Umständen übertraf, und dass die Gletscher eigenartige Hohlformen auszubilden im Stande waren, welche das Wasser nie und nimmer zu erzeugen vermochte. Auch dieses Ergebniss ist nicht neu, es wurde zuerst von de Mortillet und Ramsay gewonnen, von Geikie, Helland, Croll und vielen Anderen weiter ausgebildet und verfolgt, in neuester Zeit aber am Glänzendsten von Penck verfochten, in dessen Hauptwerke über „Die Vergletscherung der Deutschen Alpen“ auch eine vortreffliche Charakteristik der hieran geknüpften Discussionen gegeben wird. Von anderer Seite nämlich wurde jenen Ansichten und geologischen Befunden in der entschiedensten Weise entgegen getreten, und es erwächst deshalb nunmehr die Pflicht, die dagegen geltend gemachten Einwürfe zu untersuchen. Hierbei ist es mir indessen wohl gestattet, im Allgemeinen an das genannte Werk von Penck anzuknüpfen und mich auf das Wichtigste von dem zu beschränken, was dem Kernpunkt der Sache am nächsten kommt und bisher noch keine oder keine genügende Erwiderung gefunden. Eine vollständige Zusammenstellung aller jener Einwände, eine erschöpfende Darstellung und Behandlung des Themas der Glacialerosion zu geben, ist nicht der Zweck dieser Zeilen, er liesse sich in dem Rahmen eines Capitels der vorliegenden Schrift nicht erreichen. Die geologischen Befunde, auf Grund deren die Theorie von der Glacialerosion und insbesondere von der glacialen Entstehung von Seebecken entstand, beruhen auf thatsächlichen Beobachtungen, und diese lassen sich nur an Ort und Stelle in der Natur selbst controlliren. Nur von einer wissenschaftlich strengen Zergliederung dieser Thatsachen aber lässt sich die Entscheidung der „brennenden“ Frage nach der Glacialerosion erwarten. Die Erörterungen, welche einer derartigen Behandlung der Frage nach synthetischer Methode bezüglich der Möglichkeit des Vorganges a priori vorangeschickt werden, besitzen einen rein akademischen Charakter, und dies gilt insbesondere von gewissen Analogieschlüssen, welche von Beobachtungen am Zungenende der heutigen Alpengletscher auf Vorgänge gezogen werden, die unter den gewaltigen Eismassen der diluvialen Gletscherströme stattgefunden haben.

Das Bedeutendste, was seit den gründlichen Darlegungen Penck's gegen die Glacialerosion geschrieben wurde, ist unstrittig in Heim's „Handbuch der Gletscherkunde“¹⁾ enthalten, jenem „modernen Codex der Glacialtheorien“, wie Günther²⁾ das vortreffliche Werk bezeichnet. Heim verwahrt sich zwar dagegen³⁾, dass es seine Absicht gewesen sei, hier „einen ausführlichen Feldzug gegen die

¹⁾ Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart 1885. 8°, 560 S., mit zwei Tafeln und einer Karte.

²⁾ Lehrbuch der Geophysik. II. Bd. Stuttgart 1885, pag. 558.

³⁾ l. c., pag. 399.

Uebertreibungen der Gletscherwirkungen zu Thal-, Cirkus-, Fjord- und Seebildung zu unternehmen“; dass er aber diesen Feldzug, wenn auch schon nicht unternommen, so doch zum Mindesten in aller Form gepredigt habe, dies wird er gewiss nicht in Abrede stellen wollen. Es wurde hier in der That so ziemlich Alles vorgebracht, was nur irgendwie und von irgendwem jemals der Glacialerosionstheorie entgegengehalten wurde, wobei es selbstverständlich auch nicht an eigenen Einwendungen von Heim selbst fehlt, welcher ja gegenwärtig wohl der eifrigste Streiter wider die Glacialerosion ist und in dem gegnerischen Feldlager den Oberbefehl führt. Dem unbefangenen Beobachter kann es jedoch nicht entgehen, dass seit einiger Zeit, und zwar seit dem Erscheinen der „Vergletscherung der Deutschen Alpen“, in die Reihen der Gegner eine Erbitterung sich eingeschlichen habe, welche unter Anderem auch in dem „Handbuch der Gletscherkunde“ zum unwillkommenen Ausdruck gelangt; die Bemerkung kann nicht unterdrückt werden, dass in dem betreffenden Abschnitte dieses Werkes mit Bedauern jene vornehme Ruhe und Objectivität vermisst wird, welche zu allermeist ein Handbuch charakterisiren soll und kann, und zwar auch dann, wenn der Autor noch so sehr in der einen oder anderen Angelegenheit persönlich engagirt ist. Es berührt zum Mindesten überraschend, wenn in einem solchen Werke die Vertreter der gegentheiligen Ansicht gelegentlich in nicht misszuverstehender Weise als „Gletschertheoretiker“ oder als „extreme Enthusiasten“ bezeichnet werden, und ihnen ohne Weiteres ungenügendes Studium und Unkenntnis der heutigen Gletscher imputirt wird, wenn von „verzweifelten Versuchen“, von einem „sich versteigen“ zu Behauptungen, von „Uebertreibungen“, von „auf Umwegen erbrachten Beweisen“ und „complexen Fehlerquellen“ die Rede ist, oder wenn der verdienstvolle Schweizer Geologe seinen Gegnern kurzweg mit dem Vorwurfe von „blossen Phantasiegebilden“ und „kühnen Phantasiesprüngen“ zu Leibe rückt.¹⁾ Hätte Heim vor zwanzig Jahren also gesprochen, dann wäre die Sache etwas anders gewesen; damals lag die Theorie der Glacialerosion noch in ihrer Kindheit, damals war die Tyndall'sche Ansicht von der erfolgten Abspflügung der Thäler durch die Gletscher eben erst erstanden und noch nicht allgemein begraben, und mit Bezug auf jene letztere wäre Manches von Obigem berechtigt gewesen. Auch stösst ja in der Regel jede neue Theorie anfänglich auf conservativen Unglauben und schroffen Widerstand, und es ist dies besser, als wenn sie allzeit sofort mit offenen Armen empfangen würde; sie wird hierdurch genöthigt, sich geistig zu concentriren und entweder ihr Gerüste zu befestigen und zu stützen, um allen Anfeindungen zum Trotz sich siegreich zu behaupten, oder aber im Gegenfalle je eher, je besser zusammenzubrechen und vom Schauplatze ihres Wirkungskreises mit grösserem oder geringerem Geräusche zu verschwinden. Heute aber ist diese innere Befestigung hinsichtlich der in Rede stehenden Theorie bereits in vollem Gang, sie vollzieht sich auf Grund von Thatsachen, welche von geübten Beobachtern erkannt wurden, und „Diejenigen, welche in ihrem geologischen Forschungsgebiete bisher“ eine solche

¹⁾ l. c., pag. 341, 350, 363, 388, 392 und 400.

Thatsache „nicht selbst gefunden haben, haben kein Recht, zu behaupten, sie existire nicht.“¹⁾ Heute sind die Ansichten über die Glacialerosion ihres abenteuerlichen Charakters bereits entkleidet, und wissenschaftliche Forschung ist an die Stelle wissenschaftlichen Fabulirens getreten; ernsthafte Männer geben sich redlich Mühe, nach bestem Können und Wissen die Entstehungsweise gewisser Erosionsformen der Erdoberfläche zu untersuchen, und die Theorie der Glacialerosion findet ihren Beifall. Heute hat mithin die wissenschaftliche Erörterung mit dieser Theorie zu rechnen, und deswegen heute noch so wegwerfend von derselben zu sprechen und den ernsthaften Arbeitern, welche jenes Feld bestellen, derartige Ausdrücke, wie die mitgetheilten, entgegenzuschleudern, und dies nicht etwa in einer polemischen Schrift, sondern in einem Handbuche, welches den allgemeinen Stand der Wissenschaft bezeichnen soll, das ist eine Provocation, und diese muss ruhevoll, aber entschieden zurückgewiesen werden.

Der Kernpunkt der Frage nach der Glacialerosion ist in den Verhältnissen und Erscheinungen der Grundmoräne zu suchen, und zwar sowohl nach ihrer Bildung, als auch mit Bezug auf ihre Bewegung.

Für die Art der Entstehung der Grundmoräne sind von vorneherein drei Möglichkeiten gegeben; es können Theile der Oberflächenmoränen durch die Klüfte unter den Gletscher gerathen; es kann bereits vor der Vergletscherung angehäufter alter Gebirgsschutt oder Flussschotter Material für die Grundmoräne liefern; es kann endlich der Gletscher den Felsboden aufschürfen und sich so seine Grundmoräne unabhängig von anderen Factoren durch eigene Arbeit erzeugen. Sollte sich ergeben, dass letzteres hierbei von wesentlicher Bedeutung war, dann könnte man mit Rücksicht auf die ausserordentliche Mächtigkeit und weite Verbreitung der alten Grundmoränen eine sehr beträchtliche Erosionsleistung der alten Gletscher nicht in Abrede stellen.

Heim²⁾ behauptet nun: „Die Grundmoränen stammen bei sehr vielen Gletschern (Alpen, Himalaya, Neuseeland) zum grössten Theil von den Obermoränen“ und verweist behufs Rechtfertigung dieses Ausspruches auf pag. 373 seines Werkes, allwo zu lesen steht, wie im Jahre 1873 auf dem Unteraargletscher in seiner Gegenwart „an heissem Sommertage der Block von einem Gletschertisch kippte und dröhnend in den nebenstehenden Eisschacht stürzte“. Dass solche denkwürdige Ereignisse auch auf anderen Gletschern und auch zu anderen Zeiten stattfanden, ist nun meines Wissens allerdings noch von Niemandem bezweifelt worden; aber eine andere Frage ist es, ob dieser „nebenstehende Eisschacht“ bis auf den Grund des Gletschers hinabreichte, was von Heim in jenem speciellen Falle nicht untersucht wurde. Im Allgemeinen aber ist bekannt, dass die Klüfte und Gletscherschächte („Mühlen“) nur in äusserst vereinzelt Fällen, und auch da nur bei Gletschern von geringer Mächtigkeit, den ganzen Eiskörper durchsetzen, und auch Heim sieht sich zum Zugeständnisse dieser Thatsache gezwungen; er sagt (l. c., pag. 348 und 349): „Bildet ein Gletscher mit Mittelmoränen einen Gletschersturz, so fallen die meisten Moränen-Trümmer in die Spalten, nur wenig Schutt bleibt auf den Eisrippen

¹⁾ Vergl. Heim, l. c., pag. 313.

²⁾ l. c., pag. 400.

zwischen denselben liegen: die Moräne ist dem Auge fast verschwunden. Da aber die Klüfte meist nicht bis an den Grund gehen, nimmt die Ablation bald die verhüllenden Eispartien wieder weg, und die verborgene Mittelmoräne erscheint abermals auf der Oberfläche.“¹⁾ Was aber diesbezüglich von den Klüften der Gletscherstürze gilt, in denen die Zerschürfung des Eises am stärksten und gewaltigsten ist, dies gilt in noch höherem Grade von allen übrigen Spalten, welche sich ansonst auf Gletschern finden: „nur selten gehen sie mit Ausnahme des Gletscherandes durch die ganze Eismasse hindurch.“²⁾ An einer anderen Stelle³⁾ heisst es gar: „Die thatsächliche Plasticität des Gletschereises muss der Tiefe von Spalten eine Grenze setzen. Bei grossen Gletschern hat man in der That noch niemals durchgehende Spalten, auch kaum solche von blos 100 bis 150 Meter Tiefe gefunden, wo nicht beständig hinabströmendes Schmelzwasser die Oeffnung vertieft und erhält!“ Die Spalten des Gletscherandes reichen eben nur deswegen mitunter bis an den Fels hinab, weil die Eismasse an ihrem Rande in Folge der schrägen Abböschung des Berghanges, dem sie anliegt, eben nur eine verhältnissmässig unbedeutende Dicke besitzt, und der Felsgrund somit schon in geringer Tiefe erreicht wird. Die Stellen, an denen dies geschieht, liegen aber noch hoch über der eigentlichen Gletschersohle; in grösserer Tiefe und weiter vom Rande entfernt schmiegt sich der Gletscher dem Berghang jedenfalls fest an, da er als plastische Masse sich doch seitlich stützen muss, und die Gesteinstrümmer, welche etwa durch die Randspalten bis auf den nahen Felsgrund hinabstürzen, haben keine Gelegenheit tiefer hinab zu kommen; sie sind stets mehr oder weniger an die Nähe der Oberfläche des Gletschers gebunden und können zur Bildung der Hauptmasse der Grundmoräne, welche sich an der Sohle des Gletschers und nicht an den obersten Theilen der von dem Gletscher seitlich bedeckten Berghänge befindet, gar nichts beitragen.

Ebendasselbe gilt natürlich auch von den Steintrümmern, welche etwa in die Randklüft der Firnmulden hincinfallen, „die in vielen Fällen bis auf den Grund geht.“⁴⁾ Diese Randklüfte, auch Bergschründe genannt, entstehen durch Abreissung des als zusammenhängende Masse thalabwärts sinkenden Firnes der Sammelmulden von dem nur weniger dick aufgelagerten Firmantel der Gräte und Steilgehänge, welcher mehr oder minder auf seiner Felsunterlage fest sitzt. „So entsteht die Randklüft der Firnmulden als Abgrenzung zwischen dem auf dem Fels

¹⁾ Vergl. auch l. c. pag. 229.

²⁾ l. c. pag. 203; vergl. auch l. c. pag. 232 und 213, an welcher letzterer Stelle gesagt wird, dass das Eis am Grunde eines mächtigen Gletschers in Folge des Druckes der darüber lastenden Partien am ductilsten und beweglichsten ist, und dass deshalb „den an der Oberfläche sichtbaren Spalten eine Tiefengrenze gesetzt ist, unter welcher das Ausweichen auf Druck so lebhaft geschieht, dass die Wirkung des reinen Zuges nicht einzutreten vermag. Die Spalten werden schon im Keime wieder zugequetscht, ähnlich wie Spalten in Felsen nur bis in begrenzte, freilich viel bedeutendere Tiefe möglich sind, und sehr tiefe Bohrlöcher, Tunnel, Stollen etc., ohne Auskleidung sich selbst überlassen, bis zum Verschluss zusammengehen.“

³⁾ l. c. pag. 328.

⁴⁾ l. c. pag. 373. — Die von nun an ohne weitere Bemerkung mitunter im Texte angeführten Seitenzahlen beziehen sich ebenfalls auf das in Rede stehende Heim'sche Werk.

feststehenden und dem zusammenhängend bewegenden Firn“ (pag. 199). Wo nun die Steilgehänge tief in die Firnmulde hinabreichen, dort kann der Firnschlund „auch an die Felswand direct hinantreten, so dass die eine Kluftwand vom Firn, die andere vom Fels gebildet wird“ (pag. 199); in solchen Fällen, wenn nämlich die Kluft ohnehin schon am Fels beginnt, ist nun derselben das „bis auf den »Grund« (!) gehen“ allerdings sehr erleichtert, das heisst, die Kluft wird eben zwischen Firn und Fels an der Felswand eine Strecke weit hinabreichen, und ihr Grund wird somit thatsächlich vom Fels gebildet; aber dieser Grund ist eben nicht mit dem Grunde der Firnmulde identisch. Wenn nun aber die Randkluft weiter vom Berghang absteht und mehr in die Firnmulde hinausrückt, dann wird sie ebensowenig wie die Spalten des Gletscherrandes und noch weniger als vorhin den „Grund“, sondern wieder höchstens die Seitenböschung des Felsrandes erreichen, und auch diese nur dann, wenn dieselbe an der betreffenden Stelle in Folge sanfterer Abdachung nur in geringer Tiefe unter der Oberfläche gelegen ist: von einem Erreichen des eigentlichen Grundes der Firnmulde ist somit keine Rede. Die Randkluft der Firnmulden ist mit Bezug auf den Gletscher eine blosse Randerscheinung der Oberfläche und erstreckt sich im günstigsten Falle nur bis auf den Fels unter der Abböschung des Firnhanges, keineswegs aber bis auf den Grund der Firnmulde hinab; „sie bezeichnet,“ wie ja Heim (pag. 199) ganz richtig erkennt, „den oberen Rand des eigentlichen Gletscherkörpers“. Unter den eigentlichen Gletscherkörper können somit die Steintrümmer, welche in die Randkluft der Firnmulden hineinfallen, wohl nur in ganz besonderen Ausnahmefällen gelangen. „Wenn nun, wie oft, thalwärts von solchen Stellen keinerlei Oberflächenmoräne erscheint,“ so ist dies durchaus nicht, wie Heim (pag. 373) meint, ein Beweis dafür, dass „die Trümmer wirklich an die Unterfläche des Gletschers gelangt“ seien; denn man darf nicht vergessen, dass die Firnmulden Nährgebiete sind, in denen der Schneefall die Ablation überwiegt, so dass die Trümmer nicht nur nicht so bald, wie nach einem Gletschersturz, sondern überhaupt von vorneherein gar nicht mehr an die Oberfläche der Firnmulde gelangen können; sie werden dem Firneise einverleibt und bewegen sich in demselben abwärts, erst tief unten in der Nähe der Firnlinie erscheinen sie nach und nach, einzeln und zerstreut an der Oberfläche des Gletschers. Im Uebrigen tragen die Firnhänge, unter denen die Randklüfte der Firnmulden auftreten, bekanntlich keine Moränen, und wenn deshalb Heim (pag. 373) behauptet: „eine Masse von den Trümmern der Oberflächenmoränen gelangt unter den Gletscher“ und im Anschlusse hierzu erläuternd sagt: „theils geschieht dies schon in der Randkluft der Firnmulden“, so ist dies in zweifacher Hinsicht unrichtig: erstens, weil, wie wir gesehen haben, die Trümmer, welche in jene Randkluft fallen, nicht unter den Gletscher, sondern im günstigsten Falle am oberen Rand des Gletscherkörpers zwischen diesem und den Felshang und im weiteren Verlauf in den Gletscher und noch später in der Nähe der Firnlinie durch Ablation wieder auf den Gletscher gelangen, und zweitens, weil eben auf den Firnhängen überhaupt gar keine Oberflächenmoränen da sind, von denen „eine Masse“ in die Randkluft hineinfallen könnte. Es kann sich hier

stets nur um einzelne Trümmer handeln, die von isolirten Felsköpfen herabkommen, welche die gleichförmige Flucht des Firnhanges unterbrechen, und die zudem, wie ich aus eigener reicher Erfahrung in der Hochregion weiss, bei ihrem Herabgleiten über den Firnhang fast ausnahmslos über die Randkluft hinweggeschleudert werden; denn der obere Rand jener Kluft liegt immer höher als der untere, und zwar nicht nur um jenen Betrag, welcher sich aus der Neigung des Hanges auf die Breite der Kluft ergibt, sondern um mehr, da ja die Kluft durch Abreissen und Absitzen der unteren Firnpartien entsteht: „der obere Rand liegt meist um einige Meter höher als der untere abgesunkene“ (pag. 199). „Eine solche Randkluft zeigt so wenig Brücken, weil selbst die abgehenden Lawinen über sie hinausfliegen, ohne sie auszufüllen.“¹⁾ Nur dort, wo an die Stelle des Firnhanges grössere zusammenhängende Wandpartien treten, kann die Randkluft der Firnmulden local „ganz erfüllt mit Felstrümmern“ erscheinen, aber unter die Hauptmasse des Gletschers, zu der Grundmoräne, können dieselben nur in den allerseltensten Fällen gelangen.

Wir sehen also, dass die Ansicht Heim's, wonach bei sehr vielen Gletschern die Grundmoräne „zum grössten Theil“ von den Oberflächenmoränen stamme, von denen „eine Masse“ unter den Gletscher gelange, unrichtig ist, und dass höchstens hin und wieder in der unmittelbaren Nähe des Endes der Gletscherzunge, wo der Gletscher nicht mehr besonders mächtig ist, und wo deshalb einzelne Spalten wirklich bis auf den Grund hinabgehen können, allenfalls die Möglichkeit geboten ist, dass sich Theile der Oberflächenmoränen der Grundmoräne einverleiben. Aber auch dann, wenn diese Möglichkeit in der That zum Eintritt kommt, werden jene Theile der Oberflächenmoränen, welche zur Grundmoräne gelangen, nur eine höchst minimale Masse repräsentiren. Es wird ja nicht die Moräne über die Kluft hinweggeschoben und somit gänzlich und beständig von dem Gletscher verschlungen, sondern sie liegt ruhig auf dem Eise zu beiden Seiten der Kluft, und es konnte somit nur während der Bildung dieser letzteren ein Hineinstürzen der Moräne erfolgen. Es wurde aber hierbei nicht einmal jener Betrag der Moräne verschlungen, welcher bei einer Verlängerung derselben über die Kluft zu liegen käme, denn die Kluft entstand nicht durch einen Einsturz des Eises in ihrer heutigen Breite, sondern durch eine Spaltung desselben, welche sich allmählig zur Kluft erweiterte; es wurde also auch die über der betreffenden Stelle liegende Moräne nur gespalten, bei welchem Vorgange eben nur jene oberen Theile derselben abrutschten und in die Spalte hineinfielen, welche bei einer senkrechten Durchreissung der Moräne nicht genügend gestützt wären, und welche demnach nur jenem Betrage entsprechen, dessen Nachsinken zu beiden Seiten der ursprünglichen Spaltlinie die Maximalböschung der Moräne in ihrem Längsschnitt herbeiführt. Wenn sich nachher die Kluft auch noch so sehr erweitert, so wird hierdurch kein neuer Nachsturz der Moräne veranlasst.

Das Eis mit der darauf ruhenden Moräne bewegt sich, und mit demselben auch die Kluft; die letztere rückt langsam thalwärts und

¹⁾ G. Lammer, in den Mittheilungen des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, 1884, pag. 336.

wird in den meisten Fällen wieder geschlossen. An der verlassenen Stelle entsteht ein neuer Sprung, welcher sich nach und nach zur Kluft erweitert, und während des ersten Bildungsstadiums der Spalte, nicht mehr aber während der Erweiterung derselben zur breitklaffenden Kluft, stürzen wieder Trümmer der darüber liegenden Moräne in die Tiefe. Von Zeit zu Zeit können also in der Nähe des Gletscherendes sehr geringe Theile der Oberflächenmoränen, welche gegenüber der Gesammtheit der letzteren geradezu verschwinden, der Grundmoräne einverleibt werden, und ich überlasse es nun nach diesen prophylaktischen Bemerkungen ganz der Einbildungskraft des Lesers, sich eine Vorstellung von jener „Masse von Trümmern“ zu machen, welche nach Heim aus den Oberflächenmoränen unter den Gletscher gelangt, und auf Grund dieser Vorstellung weiters darüber zu entscheiden, mit welchem Rechte selbst bei unseren heutigen, kleinen und meist reichlich mit Oberflächenmoränen versehenen Gletschern die Grundmoräne „zum grössten Theil von den Obermoränen“ hergeleitet werden dürfe.¹⁾

Wenn nun aber — woran wohl nicht zu zweifeln — schon erkannt wird, dass selbst bei den heutigen Gletschern die Grundmoräne nur zum allergeringsten, kaum in Betracht kommenden Theil ihr Material aus den Oberflächenmoränen bezieht, um wie viel mehr muss dies nicht erst für die grossen eiszeitlichen Gletscher gelten! Je mächtiger ein Gletscher wird, je höher seine Oberfläche an den Thalgehängen hinansteigt, und je tiefer und fester die darüber emporragenden Bergkämme und Gipfel in den allgemeinen Firmmantel gehüllt sind, desto geringer wird einerseits die Möglichkeit, dass auf dem

¹⁾ Wenn hin und wieder in Grundmoränen Gesteinsarten vorkommen, welche aus dem Gebiete der eigentlichen Gletscherzunge nicht bekannt sind, sondern nur am Rand der Firnmulden anstehend gefunden werden, so lässt sich hieraus keineswegs „die Abstammung der Grundmoräne von Obermoränen“ „feststellen“. Als Beispiel solch' eines vermeintlichen Beweises führt Heim (pag. 374) das Vorkommen von eocänum Taveyanazsandstein in der Grundmoräne des Hüfigletschers im Maderanerthal (Schweiz) an, und beruft sich darauf, dass dieses charakteristische Gestein im Gletscherbette nirgends vorkomme, während es am oberen Rande der Firnmulde ansteht. Dort aber bestehen die ganzen Wände der nordwestlichen Umrahmung der Firnmulde vom Scheerhorn über den Kammlistock zum Glaridenstock, welche sich aus der Firnfläche erheben, aus solchem eocänen Gestein; dieses reicht mithin unter den Firn hinab, und die Configuration des Terrains macht es mehr als wahrscheinlich, dass auch der Boden der Firnmulde aus demselben bestehe; in diesem Falle konnte natürlich die Grundmoräne jenes Material auf directe Weise beziehen.

Falls nun aber auch in der That anderswo Trümmer von Gesteinen mitunter in der Grundmoräne auftreten sollten, welche nicht nur nicht im eigentlichen „Gletscherbette“ vorkommen, sondern auch nicht am Grunde der Firnmulde anstehen — welcher Beweis jedoch schwer zu führen sein dürfte — so ginge hieraus doch nur das Eine hervor, dass jene Trümmer wirklich von der Oberfläche des Gletschers unter denselben gelangt seien, was ja in einzelnen Fällen bei Gletschern von geringer Mächtigkeit und starker Zerklüftung in der Nähe ihres Endes, wie wir gesehen haben, immerhin möglich ist; keineswegs aber liesse sich aus solchen Vorkommnissen ein allgemeiner Schluss auf die genetische Abstammung der Grundmoräne von Oberflächenmoränen ziehen. Wenn deshalb Heim im Anschlusse an das mitgetheilte „Beispiel“ sagt: „Aus diesen und zahlreichen ähnlichen (!) directen Beobachtungen an jetzigen Gletschern geht hervor, dass die Obermoränen viel Material für die Grundmoränen liefern.“ so ist es klar, dass dieser Schluss auf einer ganz willkürlichen und unberechtigten Multiplication einer noch dazu mit Bezug auf die Herkunft des Gesteins höchst einseitig gedeuteten Beobachtung beruht und deshalb gegenstandslos ist.

Gletscher überhaupt Oberflächenmoränen zur Bildung kommen, desto geringer wird aber anderseits auch die weitere Möglichkeit, dass der etwa doch auf der Oberfläche befindliche Schutt durch Spalten durch die ganze mächtige Masse des Gletschers hindurch bis auf den Untergrund desselben gelange. Letzteres wiederum aus doppeltem Grunde; erstens, weil bei so mächtigen Gletschern überhaupt weniger Anlass zur Spaltenbildung gegeben ist, als bei einem kleineren, denn, wie Heim (pag. 203) ganz richtig sagt, „je mächtiger unter sonst gleichen Bedingungen der Gletscher ist, desto weniger — je weniger dick er ist, desto mehr zerklüftet er sich, ähnlich wie ein grosser Strom über Bodenunregelmässigkeiten ruhig gleitet, welche einen Bach zum lebhaften Aufschäumen bringen“; zweitens aber, weil in Folge der unter dem Druck der mächtigeren Masse gesteigerten Plasticität der tieferen Eispartien bei einem so gewaltigen Gletscher die Spalten schon ganz und gar nicht bis auf den Grund hinabreichen konnten; wie sagt doch Heim (pag. 204): es „nimmt mit der Mächtigkeit der innern, das Fließen erzwingende Schwere zu, damit nothwendig auch die Verschieblichkeit der einzelnen, besonders der tiefen Theilchen, die grosse Masse verhält sich flüssiger und weniger spröde als die kleine.“ Einerseits also waren keine oder nur geringe Oberflächenmoränen da, andererseits keine oder nur wenige Spalten, und diese letzteren reichten nicht bis auf den Grund des Gletschers; es ist ein sehr naheliegender Schluss, dass unter solchen Umständen die gewaltigen und weitverbreiteten Grundmoränen der eiszeitlichen Gletscher nicht aus Oberflächenschutt derselben herkommen. In Betrachtung skandinavischer und grönländischer Gletscher, „wo die Bildung von Obermoränen aus Mangel an überragenden, abwitternden Kämmen fast ganz fehlt“, gibt übrigens Heim zu, dass deren Grundmoräne nicht aus Oberflächenmoränen entstanden sein könne, indem er (pag. 380) sagt, dieselbe sei nur zu erklären „als allmähliges Ausfegen alten Schuttes von den jetzt vergletscherten Hochflächen oder Thälern“. Vermuthlich ist nun Heim auch geneigt, jenes Zugeständniss negativer Natur auch auf die gewaltigen eiszeitlichen Gletscher auszudehnen, obwohl er dies nicht ganz direct und offen ausspricht; auf pag. 539 ist aber wenigstens gesagt, dass während der grössten Ausdehnung der Gletscher die Gebirgskämme „zu hoch hinauf in den Eismantel gehüllt“ waren, „um starke Obermoränen zu liefern“, und dass dafür „die alten Schuttmassen der Thalgründe und Gehänge allmählig ausgefegt“ wurden. Zudem heisst es (pag. 539): „Das Verhältniss zur Zeit grösster Gletscherausdehnung lässt sich mit der jetzigen Vergletscherung von Grönland vergleichen“, und man darf deshalb wohl annehmen, dass Heim auch bezüglich der eiszeitlichen Gletscher der Schweiz, welche in Folge der grösseren Erhebung und Schroffheit der Gipfel nicht in so hohem Grade der Oberflächenmoränen entbehrten, wie dies für die Tiroler und Oberbayerischen Eisströme nachgewiesen wurde¹⁾, auf die Ableitung der Grundmoräne zum grössten oder auch nur grossen Theil von eben jenen Spuren von Oberflächenmoränen verzichte.

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

In der That lautet denn auch der zweite Punkt von Heim's Antwort auf die Frage nach der Abstammung der Grundmoräne (pag. 401): „Die zweite Quelle für die Grundmoränen bildet der schon vor der Vergletscherung abgewitterte und im nun vergletscherten Thale in loco oder auf Umladungsplätzen angehäuften Schutt (so vorwiegend in Norwegen und besonders in Grönland, ferner »vielfach« bei den Gletschern der Eiszeit).“ Haben wir zwar vorhin das Unzutreffende des ersten Punktes der betreffenden Antwort erkannt, so ist es hingegen von vorneherein ganz natürlich, dass Schuttmassen, welche vor der Vergletscherung in den Thälern angehäuften waren, bei dem Anwachsen der Gletscher der Grundmoräne einverleibt werden mussten. Es ist denn auch diese Ansicht über die Entstehung der Grundmoränen schon von verschiedenen Forschern geäußert worden. „In Bezug auf die Frage, woher der reichliche Schutt der Grundmoräne herrühre“, sagt Simony¹⁾ ganz allgemein, „ist darauf hinzuweisen, dass der Grund des Gletscherbettes selbst theils unmittelbar, theils mittelbar grössere oder geringere Mengen von Schutt liefert“ und weiters heisst es: „Dieser Zuwachs kann insbesondere dort sehr belangreich werden, wo ein Gletscher im Wachsen begriffen ist und dabei ein Terrain occupirt, in welchem Schutt abgelagert vorkommt (z. B. Felshänge mit Schutthalden). Im grossartigsten Massstabe geschah dies während der sogenannten Eiszeit, wo zahllose Gletscher aus embryonalen Anfängen allmählig zu den riesigsten Dimensionen sich entwickelten und nun, Berge und Thäler unter ihren Firn- und Eislasten begrabend, Schuttmassen jeder Art in das Bereich ihrer transportirenden und schleifenden Thätigkeit zogen.“ Auch Pencik²⁾ hat es schon wiederholt klar und deutlich ausgesprochen, dass die Alpenthäler vor der Eiszeit in ähnlicher Weise mit Grus und Schutt bedeckt waren, wie heute, „so dass die eintretende Vergletscherung allorts bereits einen gelockerten Boden vorfand und vielfach nur die Thäler gleichsam auszuputzen hatte“. „Es ist nicht zu bezweifeln, dass ein sehr namhafter Bruchtheil der Materialien, welche die Grundmoräne zusammensetzen, bereits vor Eintreten der Vergletscherung vom Muttergesteine gelöst war“; wenn sich z. B. heute eine alpine Vereisung entwickelte, so würden „alle die enormen Trümmersmassen, welche die Gehänge und den Boden eines Oetzthales oder Passaicrthales bedecken, der Grundmoräne einverleibt werden.“ Ebenso liess sich Wahnschaffe³⁾ vernehmen, indem er darauf hinwies, dass in der ersten Periode der Eiszeit „eine gewaltige Decke von Verwitterungsschutt das alte skandinavische Gebirgsmassiv bedeckte“, und dass „diese Massen durch die Gletscher fortgeschafft und zu Moränen verarbeitet“ wurden. Pumpelly⁴⁾,

¹⁾ Gletscher- und Flussschutt. Mittheilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien. XV, 1872, pag. 267; vergl. auch pag. 263.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. 1882, pag. 334. — Geographische Wirkungen der Eiszeit. Verhandlungen des IV. Deutschen Geographentages. Berlin, 1884, pag. 69.

³⁾ Ueber Glacialerscheinungen bei Gommern unweit Magdeburg. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. XXXV, 1883, pag. 843.

⁴⁾ The Relation of Secular Rock-disintegration to Loess, Glacial Drift and Rock Basins. American Journal of Sciences and Arts. III. sér. XVII, (CXVII.) 1879, pag. 138, 140, 141, 142.

Kinahan¹⁾, Stone²⁾, v. Richthofen³⁾, Davis⁴⁾ und viele Andere äusserten sich in ähnlicher Weise. Wie verträgt sich nun aber hiermit die Behauptung Heim's (pag. 380), dass man an die Her-stammung der Grundmoräne „vom schon vor dem Gletscher getrennten Schutte sonderbarer Weise bisher nicht ausdrücklich gedacht“ habe? Sonderbar ist hier wohl nur das Eine, dass Heim alle derlei Aeusserungen insgesamt entgangen sind.

Sicherlich also hat der Gebirgsschutt, welcher vor Eintritt einer Vergletscherung in den Thälern zur Ansammlung gelangt war, eine beachtenswerthe Quelle für die Speisung der Grundmoräne gebildet, wenn auch andererseits Beweise dafür vorliegen, dass nicht nur die heutigen, sondern auch die grossen eiszeitlichen Gletscher sich mitunter über losen Untergrund hinweggeschoben haben, ohne ihn zu zerstören. Beides sind Thatsachen, die je nach örtlichen Verhältnissen gleichzeitig neben einander bestehen können, und welche bei Flüssen in eben derselben Weise beobachtet werden. Geikie, Penck und Andere haben hierauf zu wiederholten Malen verwiesen. Sowie die Flüsse müssen auch die Gletscher nicht jederzeit und allerorten erodiren, denn die Wirkungen des starren und des flüssigen Wassers werden von den gleichen allgemeinen Gesetzen geregelt, aus denen Accumulation und Erosion erwachsen; auch ein Gletscher kann anhäuend wirken. In dem Heim'schen Werke finden sich für beiderlei Verhaltungsarten von Gletschern Beispiele, welche jedoch insoferne eine etwas ungleiche Behandlung gefunden haben, als bei Beobachtungen über von Gletschern unverändert belassenen Geschiebegrund mit sichtlichem Behagen noch ausdrücklich constatirt wird, dass an den betreffenden Stellen ja keine Aufschürfung des Untergrundes erfolgte. Offenbar soll aber hierdurch nicht etwa in dem Leser dieserhalb eine Voreingenommenheit gegen die Möglichkeit der Glacialerosion erweckt werden, denn Heim bemerkt ja später (pag. 379) selbst hierzu, „dass die Gletscher sich verschieden verhalten können, je nach localen Umständen“.

Indem wir aber nunmehr eine Quelle für das Material der Grundmoräne erkannt haben, drängt sich uns die Frage auf, ob denn dieselbe auch genügend sei, um die diesbezüglichen Erscheinungen, welche in alten Gletschergebieten beobachtet werden, zu erklären. Heim geht dieser Frage aus dem Wege, indem er sich (pag. 379) mit seiner „Schätzung“ beruhigt, dass ein Gletscher „für viele Jahrhunderte oder gar für Jahrtausende genug zu thun hat, um den Schutt, der vor ihm im Thale lag, allmählig anzufegen, nachdem er, anfänglich vorrückend, meist ruhig über denselben hinausgestiegen ist.“ Penck hingegen, welchem nicht leicht ein wichtiger Punkt entgeht, hat versucht, den Cubikinhalt der Moränenablagerungen des alten Isargletschers zu berechnen⁵⁾, und wenn man auch den colossalen Zahlen, welche er

¹⁾ Valleys and their relation to Fissures, Fractures and Faults. London 1875, pag. 120, 124.

²⁾ Glacial Erosion in Maine. Portland Nat. Hist. Soc. Proc. 1881, pag. 6, 11.

³⁾ In den Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. IX, 1882, pag. 573, 574.

⁴⁾ On the Classification of Lake Basins. Proc. of the Boston Soc. of Nat. Hist. XXI, 1882, pag. 337. — Glacial Erosion. Ibid. XXII, 1883, pag. 20, 24.

⁵⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 200, 201. — Aehnliche Berechnungen wurden schon früher von Kämtz und Helland für die Abtragung der skandinavischen Halbinsel unternommen.

erhielt, keine allzugrosse Genauigkeit beizumessen geneigt sein möchte, so gelangt man bei einem Besuche der oberbayerischen Hochebene mehr als durch jene numerischen Vorstellungen zu der Anschauung, dass solch' gewaltige Massen bei ihrer weiten Verbreitung nicht einzig und allein vom Verwitterungsschutt der Thäler herrühren können. Wer jene Verhältnisse mit eigenen Augen gesehen hat, wird gerne Penck zustimmen, wenn er sagt¹⁾: „so hoch wir den Betrag der vor Eintreten der Vergletscherung bereits gelockerten Gesteinsmassen auch veranschlagen wollen, so können sie doch keinesfalls genügen, um die Menge des glacialen Materiales am Fusse des Gebirges zu erklären.“

Hierzu ist noch Eines zu bemerken. Wenn man die Eiszeit nicht als eine gewaltsam hereinbrechende Katastrophe auffasst, sondern allgemein der Ansicht ist, dass sich dieselbe ganz allmählig aus den heutigen ähnlichen Zuständen entwickelte, dann darf man sich auch nicht etwa der Vorstellung hingeben, dass die Thalsoblen und Gehänge der ganzen Alpenthäler am Beginn der Eiszeit über und über mit gewaltigen Schuttmassen bedeckt waren, welche nachher, als die Gletscher kamen, unter denselben zu mächtigen Grundmoränen wurden; es schritt vielmehr die Verwitterung ebenso allmählig vorwärts, wie die Vergletscherung selbst, und es wurden somit die Verhältnisse, welche heute in der Nähe der Gletscher obwalten, langsam und stetig thalauswärts verschoben. Es werden also den vorrückenden Gletschern jederzeit und an jedem einzelnen Punkte keine grösseren Schuttmassen zur Verfügung gestanden haben, als sie in den heutigen Gletscherthälern lagern, da eben nur eine Gesamtverschiebung der Höhenregionen des Gebirges mit allen ihren charakteristischen Erscheinungen, nicht aber als allgemeine Einleitung eine Ausbreitung gewaltiger Verwitterung über das ganze Gebirge, und hernach erst in zweiter Linie ein Anwachsen der Gletscher erfolgte. Letzteres würde nur dann der Fall gewesen sein, wenn die klimatische Schwankung, als deren Ausdruck die Eiszeit erscheint, urplötzlich ihrem vollen Ausmasse nach hereingebrochen wäre; da dies aber vermuthlich nicht so war, sondern jene Schwankung vielmehr nach und nach sich geltend machte, so werden Verwitterung und Vergletscherung stets bis zu einem gewissen Grade einander coordinirt geblieben sein. Allerdings folgt ein Gletscher der Schwankung des Klimas nicht so unmittelbar, wie die Verwitterung, welche mit derselben vollständig Hand in Hand geht; sein Vordringen beginnt erst einige Zeit nach der Einwirkung der Ursachen, welche dasselbe bedingen, er lässt diese letzteren immer zu einer merklicheren Grösse sich summiren, dann erst macht er seinen Vorstoss; hierbei aber bringt er den Vorsprung, den er der klimatischen Schwankung und somit auch der Verschiebung der Verwitterungszonen gelassen, stets wieder ein. Das Vordringen der Vergletscherung erfolgt gegenüber demjenigen der Verwitterung ein für allemal verzögert, im Uebrigen aber mit derselben parallel.

Hieraus geht nun also hervor, dass die vorrückenden Gletscher der Eiszeit jeweils vor ihren Enden mit Bezug auf die Intensität der Verwitterung und deren Wirkung keine anderen Verhältnisse vorfanden,

¹⁾ l. c. pag. 334.

als sie heute in der Nähe von Gletschern bestehen; als z. B. der alte Inngletscher bis in die Gegend von Innsbruck vorgerückt war, reichte er mit seinem Ende gewiss in keine Zone lebhafterer Verwitterung hinein, als die heutigen Gletscher des Oetzthales mit den ihren. Es geht hieraus nun aber wieder des Weiteren hervor, dass die Grundmoränen der diluvialen Eisströme, wenn sie ausschliesslich — oder auch nur zum weit überwiegenden Theil — auf alten Verwitterungsschutt zurückzuführen wären, an jedem einzelnen Orte nicht in grösserer Mächtigkeit auftreten könnten, als unter den heutigen alpinen Gletschern. Nun ist bekannt, dass die alten Grundmoränen sich durch eine ganz erstaunliche Mächtigkeit vor jenen der gegenwärtigen Gletscherwelt auszeichnen, und es liegt die Erklärung auf der Hand, dass dies mit der grösseren Mächtigkeit der Eismassen im Zusammenhange stehe. Diese Erklärung ist aber nur dann zutreffend, wenn die Gletscher durch sich selbst die Grundmoränen erzeugen, nicht aber, wenn sie sich mit dem begnügen müssen, was ihnen von der Verwitterung geboten wird, denn dieses letztere ist am jeweiligen Gletscherende stets dasselbe. In diesem Falle könnten die alten Grundmoränen wohl ihrer *Gesammelmass*e nach grösser sein als die recenten, weil sie nämlich auf einer grösseren Fläche gesammelt wurden, sie könnten aber nicht, wie es thatsächlich der Fall ist, an jedem einzelnen Orte in solch' bedeutender Mächtigkeit auftreten, welche im Verein mit ihrer weiten horizontalen Verbreitung eine Menge ergibt, welche zu hundertmalen grösser ist als jene, die aus einer Proportionalität der Moränenmassen zu der Grösse der Gletschergebiete resultiren würde. Zudem ist noch zu bedenken, dass während der Entwicklung einer eiszeitlichen Vergletscherung nicht einmal aller Gebirgsschutt den Gletschern anheimfällt, sondern dass ein gut Theil von den fliessenden Gewässern ergriffen und zu jener Schotterablagerung verwendet wird, welche allenthalben der herannahenden Vereisung vorausgeht. Allerdings wird man sagen, es konnten die Gletscher auch aus den Schottermassen Material beziehen¹⁾, und sie haben dies auch ganz gewiss gethan; wenn man aber nun wieder die Mächtigkeit jener Schotterablagerungen betrachtet, dann wird man sich wohl kaum verhehlen können, dass durch eine blosser Verschiebung der Verwitterungszonen so mächtige und so gleichförmig durch ganze Thäläufe sich fortziehende Flussablagerungen nicht veranlasst worden sein konnten; ebensowenig wie die alten Grundmoränen lassen sich die alten Anschwemmungen ihrer ausserordentlichen Mächtigkeit halber auf blosser Umlagerung von Verwitterungsschutt zurückführen, wenn man nicht für

¹⁾ Man sieht sich aber dann, und zwar bereits zum dritten Male, zu der Erkenntniss einer wichtigen *Erosionsleistung* der alten Gletscher, nämlich der Erosion der Schotterterrassen gezwungen. (1. Auftreten von Moränen auf der Höhe und auf den erodirten Abböschungen der Terrassen, während doch die Schotterablagerung nachweislich erst mit dem jeweiligen Eintritt der Vergletscherung endete. — 2. Reflexionen über die Erosionsleistungen im Inn- und Ennsthal unter Berücksichtigung von Intensität und Dauer des Erosionsvorganges; vergl. pag. 493 ff. — 3. Die vorliegende Erwägung, dass die alten Grundmoränen, wenn sie ausschliesslich von dem von den Gletschern vorgefundenen Verwitterungsschutt stammen würden, an jedem einzelnen Punkte unter den alten Eisströmen in nicht grösserer Mächtigkeit auftreten könnten, als an jedem Punkte unter den heutigen Gletschern.)

die Bildung der letzteren¹⁾ eine Zeit in Anspruch nehmen will, welche ausser jedem Verhältniss steht zu der Dauer, welche der ganzen Eisperiode zugeschrieben werden darf.²⁾

¹⁾ Die grosse Mächtigkeit der alten Grundmoränen könnte hingegen selbst bei noch so langer Dauer ihres Bildungsvorganges nicht durch Herstammung von Verwitterungsschutt erklärt werden, da die Verwitterung unter dem Gletscher feiert, also aus dieser Quelle kein beständiger neuer Zuwachs stattfindet, der sich mit der Zeit summiren könnte.

²⁾ In den Hochthälern der Alpen, also in den Zonen stärkster Verwitterung, halten sich nach Heim (Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss. Jahrb. d. Schweizer Alpenclub. XIV, 1879, pag. 376) Verwitterung und Geschiebetransport so ziemlich das Gleichgewicht. Die durchschnittliche jährliche Abspülung auf jedem Quadratkilometer des Reussgebietes beträgt 242 Cubikmeter, und die Bedeutung dieser Zahl „geht über das Gebiet der Reuss hinaus“; sie gibt uns „überhaupt eine Vorstellung von der Intensität der Verwitterung im Hochgebirge“.

Während der Eiszeit wurden die Verwitterungszonen verschoben, und die Region stärkster Verwitterung senkte sich allmähig abwärts in die grossen Thäler und überzog nach und nach das ganze Gebirge. Hierbei trat die Verwitterung zwar an den in der Richtung nach abwärts und aussen aufeinanderfolgenden Punkten mit wachsender Intensität auf, aber die Intensität derselben in den einzelnen Verwitterungszonen wurde durch deren Verschiebung nicht geändert; das Maximum der Verwitterung, welches wir heute in der Hochregion beobachten, wurde seinem Ausmasse nach nicht verstärkt, sondern kam eben nur nach und nach an jedem einzelnen Orte des Gebirges zum Eintritt.

Die Schotterterrasse des Innthales besitzt eine Länge von über 200 Kilometer und eine durchschnittliche Höhe von 300 Meter. Die Breite des Thales im Niveau der Schotterauffüllung beträgt oft 6 Kilometer und darüber, die Breite der innerhalb dieser Schottermassen erodirten Thalsohle selbst beträgt im ganzen Unterinntal $1\frac{1}{2}$ —2 Kilometer. Nehmen wir nun für die Höhe der Schottermassen nur 250 Meter und für deren durchschnittliche Breite (vom Thalprofil auf rechtwinkligen Querschnitt reducirt) nur 2 Kilometer (also weit weniger als die durchschnittliche Breite des Thales in der halben Höhe der Schotterauffüllung), so berechnet sich der Inhalt der alten, heute zum Theil fast vollständig erodirten Schottermassen des Innthales zu 100 Cubikkilometer. Hierbei sind jene Theile der Innterrasse vollständig vernachlässigt, welche sich oft weit in die Seitenthäler hinauszogen, sowie jene Schotter, welche in den grösseren Seitenthälern (Oetzthal, Sillthal, Zillertal u. s. w.) selbst zur Ablagerung kamen. Die Schottermassen hingegen, welche draussen auf der Hochebene im Gebiete des Inngletschers und ausserhalb desselben abgelagert wurden, sind nicht zu übersehen, und wir werden sie mit der Hälfte der im Innthal aufgefüllten Massen gewiss viel zu nieder veranschlagen. Im Ganzen haben wir demnach 150 Cubikkilometer Schotter, welche während des Herannahens der letzten Vereisung zur Ablagerung kamen.

Die Grösse des gesammten Flussgebietes des Inn beträgt in runder Zahl 10.000 Quadratkilometer, von denen also jene 150 Cubikkilometer Material genommen wurden. Dies ergibt für jeden Quadratkilometer einen Abtrag von 0.015 Cubikkilometer = 15 Millionen Cubikmeter. Wir wissen nun nicht, auf welche Zeit sich diese Abtragung vertheilt, aber Dank den verdienstlichen und mühevollen, mit grosser Sorgfalt durchgeführten Untersuchungen Heim's haben wir „eine Vorstellung von der Intensität der Verwitterung im Hochgebirge“ und wissen, dass dieselbe auf jedem Quadratkilometer der Gebirgsarea jährlich 242 Cubikmeter Gebirgsschutt zu erzeugen im Stande ist. Da nun aber die Intensität der Verwitterung, welche ja heute im Hochgebirge so stark ist, als sie überhaupt sein kann, während der Eiszeit nicht gesteigert, sondern in ihrem Wirkungskreise nur tiefer herab über das ganze Gebirge verlegt, verschoben wurde, und sich somit lediglich die Charaktere der heutigen Hochregion damals in grössere Tiefen herabsenkten, so sind wir in der Lage, zu berechnen, wie lange Zeit die Verwitterung gebraucht hätte, um für sich allein jenes Material zu erzeugen, welchem wir in den Glacialschottern des Inngebietes begegnen. Hierbei wollen wir aber einerseits jenen Betrag von 242 Cubikmeter jährlicher Abtragung pro Quadratkilometer auf die runde Zahl 300 erhöhen und wollen anderseits noch weiters davon Umgang nehmen, dass ja jene Verschiebung der Zone stärkster Verwitterung nicht auf einmal das ganze Gebirge betraf, sondern stetig und langsam

An der Bildung der alten Schottermassen betheilte sich somit in umgekehrter Weise sicherlich auch das Material der Grundmoräne der alten Gletscher, und wenn deshalb später der Gletscher auf den Schottern schürfte und sie zu Grundmoränen verarbeitete, so war dies zum Theil nichts Anderes als Rückkehr an die frühere Lagerstätte des Materials. In der Ansicht, dass die Gletscher bei der Versorgung der Flüsse mit Geschiebmaterial für die Schotterauffüllungen der Thäler eine sehr hervorragende Rolle spielten, werden wir bestärkt, wenn wir sehen, dass in allen jenen Thälern und Gebirgen, welche während der Eiszeit nicht vergletschert waren, solche Schotterterrassen fehlen, und zwar auch dann, wenn die allgemeinen klimatischen Verhältnisse dieselben waren, wie in unmittelbar benachbarten Gletschergebieten, und es lediglich in Folge ungünstiger orographischer Verhältnisse dortselbst nicht zu einer Gletscherentwicklung gekommen ist.

Wenn die grossen eiszeitlichen Gletscher sich einzig und allein, oder auch nur vorzugsweise, darauf beschränkt hätten, den vorher im Gebirge angehäuften losen Verwitterungsschutt auszufegen, so müssten sie bei der langen Dauer der Eiszeit ja endlich doch einmal mit dieser Arbeit fertig geworden sein, und dasselbe gilt natürlich auch für unsere heutigen Gletscher. Heim „schätzt“ zwar, wie wir bereits sahen, dass ein Gletscher mit dieser Arbeit für viele Jahrhunderte „oder sogar“ für „Jahrtausende“ genug zu thun habe, aber dies ist eben nichts weiter, als eine subjective Ansicht; sie beruht auf einer schwer discutirbaren Vorstellung von der Bewegung der Grundmoräne. „Stein um Stein der Geschiebeunterlage drückt sich in den Gletscher ein und wird über die anderen, zum Theil noch ruhenden geschleift“ (pag. 379). „In dieser Weise“ ginge die Sache allerdings sehr, sehr langsam. Aber erstaunt wird man sich zunächst fragen, ob denn Heim wirklich hiermit gemeint

erfolgte, und dass in demselben Masse auch die Vergletscherung vorschritt, wodurch immer mehr und mehr Terrain der Verwitterung entzogen wurde.

Indem wir diese Rechnung ansühren, erhalten wir für die Zeit, deren die Verwitterung zur Herbeischaffung des Materiales für die Flusschotter im Gebiete des alten Inngletschers bedurft hätte, die Zahl von 50.000 Jahren. Sind nun auch die dieser Berechnung zu Grunde gelegten numerischen Daten nur roh, so geht doch das Eine hieraus mit Sicherheit hervor, dass die Verwitterung für sich allein in der Zeit während des Herannahens der Vereisung die Loslösung des als Schotter abgelagerten Materiales lange nicht vollbringen konnte, und wir sehen uns somit zu der Erkenntniss gezwungen, dass in den Glacialschottermassen neben den Meisselspähen der Verwitterung auch Producte einer Erosion durch Gletscher vorliegen.

Man könnte höchstens noch den Einwand versuchen, dass man es in diesen Schottermassen mit den umgelagerten Producten einer „säcularen Verwitterung“ zu thun habe, welche „vorgearbeitet“ habe, welchem Einwurf aber einfach mit dem Nachweis begegnet werden kann, dass jene Schotter erst während des unmittelbaren Herannahens der Vergletscherung, nicht aber während der vorausgegangenen Interglacialzeit zur Ablagerung gelangten (vergl. Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen). Im Uebrigen treten uns die Interglacialzeiten als Erosionsperioden gleich der Gegenwart entgegen, und auch aus den überlieferten Resten nach Fauna und Flora geht hervor, dass die klimatischen Verhältnisse in den Alpen damals ähnliche waren, wie heute; es konnte demnach hier während einer Interglacialzeit weder zu einer gewaltigen Aufspeicherung von Producten „säcularer Verwitterung“, noch zu einer Umlagerung derselben zu mächtigen Flusschottermassen kommen, sondern die Spähe, welche die Verwitterung erzeugte, wurden vom Wasser ergriffen und exportirt, was ja eben mit Bezug auf die Thätigkeit des fliessenden Wassers den Charakter der Interglacialzeiten als Erosionsperioden begründet.

habe, dass an jedem einzelnen Punkte die Grundmoräne, beziehungsweise der auszufegende Verwitterungsschutt, unter dem Gletscher im Allgemeinen nur „Stein um Stein“, also gewissermassen ratenweise fortbewegt werde. In der That scheint nun Heim der Ansicht zu sein, dass eine Eismasse von bedeutender Mächtigkeit, welche sich auf loser Unterlage, wenn auch langsam, bewegt, in der Regel stets nur die oberste Schichte dieser letzteren, welche in unmittelbarer Berührung mit dem Eise ist, durch seine Bewegung beeinflusse, während die darunter befindlichen Partien in ungestörter Ruhe verharrten; denn „dass die Grundmoräne als Ganzes fortbewegt werde“, heisst es auf Seite 351, „ist wohl nur richtig für diejenigen Stellen, wo sie sehr dünn ist, wo local ein zeitweises Zusammenfrieren¹⁾ mit dem Gletscher eintreten konnte, oder wo andere ausnahmsweise Umstände dies befördern.“ Heim beruft sich hier auf den Umstand, dass „unter actuellen Gletschern niemals zu beobachten“ sei, dass die Grundmoräne „als Ganzes“ fortbewegt werde „in der Weise, wie dies Penck annimmt“. Eine solche Beobachtung wäre nun allerdings etwas viel verlangt, erstens, weil wir unter dem Gletscher nicht dorthin gelangen können, wo er selbst sich in erheblicherer Weise bewegt, und zweitens, weil wir uns auch, wenn dies möglich wäre, doch nicht hinstellen könnten und zusehen, wie er die Grundmoräne hierbei mit sich fortnimmt. Hingegen dürfte wohl allgemein ohne weiters erkannt werden, dass die Bewegung eines grossen Gletschers, obwohl in seinen unteren Partien noch langsamer als an der Oberfläche, so doch unter dem Drucke der gewaltigen Eismassen mit unwiderstehlicher Kraft erfolgt, und dass, wenn sich zwischen dem Gletscher und dem festen Untergrund eine Zwischenschicht von losem Material befindet, die Bewegung des Gletschers in den obersten Schichten des letzteren nicht jenen Widerstand finden werde, welcher der Grösse der Reibung zwischen dem sich bewegenden Gletscher und einer hierbei in Ruhe verharrenden Unterlage entspricht. Es wird vielmehr der Einfluss der Bewegung des Gletschers in dem losen Material sich tiefer hinab geltend machen, und es wird dieses daher in einer gewissen Mächtigkeit an der Bewegung Antheil nehmen, es wird die Grundmoräne in zusammenhängender Weise, gleichsam als ein einheitlicher Körper unter fortwährendem Durcheinanderpressen und -Quetschen von dem Gletscher fortgeschliffen werden. Diese Ansicht ist, worauf Penck verweist, zuerst von Aggasiz²⁾ geäussert worden und muss sich nothwendiger Weise schon angesichts des Umstandes aufdrängen, dass die sämmtlichen Geschiebe, welche in dem zähen thonigen oder grusigen Bindemittel der alten Grundmoränen stecken, ringsum geschliffen und geschrammt sind, und dass die Gestalt jener Geschiebe meist eine ganz gleichförmige Abrundung erkennen lässt, welche nur durch eine

¹⁾ Wie verträgt sich dies mit dem scharfen Ausfall Heim's (pag. 388) gegen Diejenigen, welche von Frostwirkungen unter dem Gletscher reden? Kann das Wasser zwischen den Geschieben der Grundmoräne zum Gefrieren kommen, dann kann es dies, wenn der Gletscher dem festen Fels aufliegt, ebenso auch zwischen Fugen und Spalt-rissen dieses letzteren. Entweder nämlich kann das Wasser in beiden Fällen gefrieren oder es kann dies in beiden Fällen nicht. Aber in dem einen Falle so und in einem anderen nach Belieben wieder anders, kann es nicht sein.

²⁾ The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinburgh New Philosophical Journal. XXXIII, 1842, pag. 228.

gleichzeitige und gleichartige allseitige Abschleifung derselben in der geschleppten und durcheinandergekneteten Grundmoräne bewirkt werden konnte. „Nur indem der ganze Blocklehm als Körper vorwärts bewegt wurde, indem die Geschiebe in unregelmässigster Weise aneinander vorbei gepresst wurden, konnten sie ringsum geschrammt werden, wie es thatsächlich der Fall ist.“¹⁾ Wenn auch, was Heim (pag. 350, Anmkg.) betont, Gesteinsstücke, welche in dem Eise eingebacken oder von demselben gleichsam „gefasst“ sind, „dennoch sehr oft Gelegenheit zu Stellungsveränderungen haben“, und dies sogar „direct“ geschehen werden kann, so wurde doch hieran nicht einmal von Heim selbst die Folgerung geknüpft, dass auf diese Weise auch wirklich — und zwar nicht nur ausnahmsweise, sondern in der Regel — ein allseits gleichförmig polirtes, kreuz und quer gekritztes, rundliches, oder wenn im Allgemeinen rundkantig, so doch von stetig gewölbten Flächen begrenztes Geschiebe entstehen könnte. Wir werden also wohl bei der Agassizschen Ansicht verbleiben dürfen, dass die Grundmoräne als Ganzes bewegt wurde, und dass im Allgemeinen die gerundeten und gekritzten Geschiebe mit und in dieser Masse ihre Wanderung vollendeten. Wenn freilich die Grundmoränen eine sehr bedeutende Mächtigkeit erlangten, wenn sie abgelagert wurden, dann trat allerdings auch der Fall ein, dass ihre unteren Partien ruhten, während die oberen darüber hinweggeschoben wurden, und es gibt sich dieses auch in einer gewissen Schichtung mancher sehr mächtigen Grundmoränen zu erkennen.

Dass die Ausfegung des Verwitterungsschuttes und überhaupt die Fortschleppung der Grundmoräne nicht gar so langsam vor sich ging, als es der Fall gewesen sein müsste, wenn nur immer die alleroberste Schichte des losen Materials von dem Gletscher fortgeschleppt worden wäre, während alle darunter liegenden in Ruhe verharrten, dies geht zum Ueberfluss auch noch aus dem Umstande hervor, dass die ganz erstaunliche Mächtigkeit der alten Grundmoränen in Verbindung mit ihrer weiten Verbreitung unbedingt darauf hinweist, dass sehr bedeutende

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 37. — Wenn Heim (pag. 350) mit Bezug auf die dem eben citirten Satze unmittelbar nachfolgende Aeusserung Penck's: „Es ist eine häufige, jedoch durchaus irrige Vorstellung, die gekritzten Geschiebe seien dadurch entstanden, dass sie im Eise eingefroren über den Untergrund geschleift wurden“, ausdrücklich constatirt, dass er und Andere bei Klettereien in den Gletscherthoren öfters „im Eise eingebacken, von demselben gewissermassen „gefasst“, einzelne Gesteinsstücke“ gefunden habe, und hieran in einer Fussnote die Bemerkung knüpft: „Es handelt sich hier nicht um eine „durchaus irrige Vorstellung“, wie Penck meint“, so wird hier Penck eine Behauptung unterschoben, die demselben ganz ferne liegt. Dass „einzelne Gesteinsstücke“ von dem Gletscher „gefasst“ werden können, und dass dies an der Berührungsstelle zwischen Eis und Grundmoräne sogar in der Regel der Fall, ist Penck sicherlich ebensogut bekannt wie Heim, und wie überhaupt einem Jeden, der mit dem Gletscherphänomen eingehender vertraut ist; es wurde dies ja von Penck auch gar nirgends bestritten. Bestritten wurde nur, dass auf diese Weise allseitig gekritzte Geschiebe entstehen können, wie sie in den alten Grundmoränen auftreten; sagt ja doch Penck noch ausdrücklich: „Auf diesem Wege“ — nämlich bei Eingefrorensein im Eise — „werden Geschiebe nur auf einer Seite, nie ringsum geschrammt!“ Auf Seite 380 seines Werkes spricht Penck auch geradezu davon, dass Schleifsteine in dem Eise „gefasst“ sind, gebraucht also dieselbe Ausdrucksweise, wie nachher Heim! Es könnte daher nicht schaden, wenn man sich gegnerische Ausführungen, die man kritisiren will, erst etwas genauer ansieht, und hierbei den Sinn einzelner Worte, die man aus ihrem Zusammenhang herausreisst, nicht auf einen willkürlich unterschobenen Gegenstand hinlenkt.

Massen unter dem Eise thatsächlich bewegt wurden. Da nun der Verwitterungsschutt unter dem Gletscher keinen gleichartigen Zuwachs mehr erfahren konnte, und die subglaciale Transportfähigkeit der Gletscher, wie eben aus den mächtigen Grundmoränenmassen ersichtlich, eine sehr bedeutende war, so mussten die Gletscher, welche ja nicht von heute auf morgen bestanden, endlich mit der Ausfegung des schon vorher in den Thälern angehäuften gewesenen Gebirgsschuttcs zu Ende kommen, und es entsteht die Frage: was nun? Dieselbe drängt sich uns umso mehr auf, als wir schon früher auf anderem Wege gesehen haben, dass der Verwitterungsschutt nicht ausreichen würde, um die alten Grundmoränen zu erklären. Dass der Verwitterungsschutt für die Gletscher keine unerschöpfliche Quelle der Grundmoräne bildet, wurde übrigens gewissermassen schon von Agassiz erkannt, welcher sich doch sicherlich keinen allzu sanguinischen Vorstellungen über die Erosionsfähigkeit der Gletscher hingab. Man erinnert sich vielleicht noch jener Ansicht, welche Godffroy¹⁾ über die Bildung von Moränen äusserste, und nach welcher dieselben aus einem tertiären Trümmergestein entstünden, welches den Boden der Alpenthäler bedeckte; indem der Gletscher in dasselbe wie ein Pflug hineinwühle, dämme er dasselbe zu seinen Seiten und an seinem Ende auf und werfe es sich zuweilen selbst auf seinen Rücken. Agassiz²⁾ bemerkt nun hierzu: „Man begreift nach dieser Theorie nicht, warum die Gletscher noch jetzt Moränen haben, und wie es kommt, dass sie auf den polirten Felsflächen, worauf sie ruhen, noch immer Reste der Godffroy'schen Trümmerdecke aufstößern.“

Die Gegner der Glacialerosion sind in der Regel geneigt, die Flüsse als Erosionsmittel, die Gletscher hingegen nur als gewaltige Transportmittel zu betrachten, wobei aber nicht zu verkennen ist, dass, wenigstens bei den eiszeitlichen Gletschern, der Haupttransport unter dem Eise stattfand. Es muss nun dem gegenüber doch darauf hingewiesen werden, dass Transportation in der Weise, wie sie am Grunde eines Flusses oder an der Sohle eines Gletschers stattfindet, gleichbedeutend ist mit Erosion in losen Massen, und dass ein qualitativer Unterschied zwischen beiden nicht besteht. Indem ein Fluss oder ein Gletscher Geschiebe unter sich bewegt, erodirt er, da er in jedem Momente Material von der Stelle nimmt, an der es im vorhergehenden Zeitpunkte gelegen, und es an einen anderen Ort befördert. Begnügen sich nun beide, Fluss wie Gletscher, an jeder einzelnen Stelle nur so viel zu transportiren, als sie an der unmittelbar vorhergehenden Stelle bereits transportirten, dann verhält sich die Transportation, welche mit Erosion in losen Massen im Allgemeinen gleichbedeutend ist, mit Bezug auf jene Stelle insoferne indifferent, als durch dieselbe, so lange sie in dieser Art stattfindet, weder eine Erhöhung, noch eine Erniedrigung des Bodens bewirkt wird. Man könnte dies als indifferente oder latente Erosion bezeichnen. Transportiren die Beiden an jeder folgenden Stelle weniger, als an jeder vorhergehenden, dann entsteht Erhöhung des Bodens, es tritt Accumulation ein, welche jedoch, wenn sie in räumlicher, wie zeitlicher Erstreckung fortgesetzt erfolgen soll, stets unter

¹⁾ Notice sur les Glaciers, les Moraines et les Blocs erratiques des Alpes. Paris. 1840, pag. 78.

²⁾ Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841, pag. 138, Anmkg.

Einem mit indifferenter Transportation (latenter Erosion) verbunden ist. Transportirt jedoch Gletscher oder Fluss an jeder folgenden Stelle mehr als an jeder vorigen, dann erfolgt Erosion in der gewöhnlichen engeren Bedeutung des Wortes, und dieselbe wird — immer mit Bezug auf die Fortschaffung oder Erosion von losen Massen — im directen Verhältnisse zu der Transportfähigkeit stehen.

Wir haben nun bezüglich der Frage nach der Entstehung der Grundmoräne bisher gesehen, dass die Oberflächenmoränen für die Grundmoränen der heutigen Gletscher nur einen sehr geringen, für jene der grossen eiszeitlichen Gletscher hingegen so gut wie gar keinen Beitrag lieferten; ferner, dass ein sehr ansehnlicher Beitrag zwar von dem vor jeder Vergletscherung bereit liegenden Verwitterungsschutt beigelegt wurde, dass derselbe jedoch lange nicht ausreicht, um die grosse Mächtigkeit der alten Moränen zu erklären. Da bleibt denn doch nichts Anderes über, als anzunehmen, dass der Gletscher seine Grundmoräne zum grossen Theile sich selbst geschaffen, indem er den anstehenden Felsgrund erodirte.

Dieser Ansicht wird nun aber von den Gegnern der Glacialerosion auf das Bestimmteste entgegengetreten, und zwar zumeist auf Grund „physikalischer Bedenken“. Vor Allem sagt man (Heim, pag. 353), dass das Gletschereis selbst weder Gesteinsbrocken noch Felsgrund „merklich“ angreife, und wir können diesem Ausspruche beipflichten, wenn wir mit Rücksicht auf unsere früheren diesbezüglichen Betrachtungen erläuternd hinzusetzen: nicht merklich binnen kurzer Zeit. Allerdings handelt es sich hier um relative Begriffe. Desto energischer aber wird die Grundmoräne den Untergrund abnutzen, über welchen sie unter grossem Drucke gepresst wird, und es wird auf diese Weise binnen kürzerer Zeit eine merklichere Wirkung entstehen können. „Man bedenke nur, dass es eine bisweilen über 1000 Meter hohe Eissäule ist, welche sich bewegt und unter sich Gesteinsblöcke fortschiebt.“¹⁾ Dass die Grundmoräne bewegt wird, ist mit Rücksicht auf ihre Beschaffenheit nicht zu leugnen, und dass ein Gletscher deshalb einen „grossartigen Schleifapparat“ darstelle, wird auch von Heim (pag. 353) ganz richtig erkannt; schon die Gletscherschliffe sind hiefür ein unzweideutiger Beleg.

Nun aber handelt es sich um das Mass dieser Wirkung, denn „nicht die Qualität, sondern die relative Quantität der Gletscherwirkungen“ wird von der Frage nach der Glacialerosion betroffen.²⁾ Hier aber „steht bis jetzt nur die directe Beobachtung im Rechte“,²⁾ und „wenn wir die Wirkungen der Gletscher präcisiren sollen, so dürfen wir uns unmöglich blos auf die Beobachtungen stützen, welche gegenwärtig an jetzigen Gletschern gemacht werden können“. „Ausserhalb der jetzt noch bestehenden sehen wir die durch sehr lange Zeiträume summirten Wirkungen weit gewaltigerer Eisströme, welche unsere Beobachtungen an den jetzigen Gletschern ergänzen. Wir müssen beide zu Rathe ziehen, um ein Bild von den geologischen Wirkungen der Gletscher überhaupt zu gewinnen.“³⁾ Nichtsdestoweniger stützt man sich im Streite wider die Glacialerosion

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 380.

²⁾ Heim, l. c. pag. 372.

³⁾ Ibidem, pag. 371, 372.

stets mit besonderer Vorliebe auf Beobachtungen, welche man an den heutigen Gletschern macht, wogegen allerdings gar nichts einzuwenden wäre, würde man nicht jederzeit nur allzusehr geneigt sein, die dort gewonnenen Beobachtungen ohne Weiteres auf glaciale Verhältnisse zu übertragen. Man untersucht die Enden heutiger Alpengletscher und findet, dass dieselben auf unverletztem alten Geschiebegrund ruhen, man kriecht durch das Gletscherthor, durch welches die Schmelzwässer herausströmen, eine Strecke weit unter den Gletscher hinein und findet, „dass derselbe dem Geschiebeboden obenauf liegt, nicht aber auf den Fels hinunterreicht“; und nun fasst Heim (pag. 375) diese Beobachtungen zusammen: „Beim einstmaligen Vorrücken hat er somit den Geschiebegrund ungestört gelassen, oder demselben unter sich durch Alluvion subglacialer Bäche zu entstehen gestattet, jedenfalls aber an dessen Stelle kein Hohlbecken ausgepflügt.“ Man muss sich angesichts dieses letzteren, auch im Originale durch gesperrten Druck ganz besonders betonten Ausrufes in der That Zwang anthun, um sich den wissenschaftlichen Ernst zu bewahren. Denn selbst dann, wenn jener Ausspruch, wie wohl anzunehmen ist, nicht etwa in der Absicht geleistet wurde, um bei minder orientirten Lesern auf diplomatischem Wege ein gewisses Vorurtheil gegen die Möglichkeit einer glacialen Entstehung von Hohlbecken im Allgemeinen zu erwecken — obwohl hier letzteres zumeist in der That das unabsichtlich gewonnene Nebenproduct bilden dürfte — selbst dann also, wenn hier jener Ausspruch nur den Charakter eines barmlosen Aperçu's besitzen sollte, muss man sich doch mit Recht darüber verwundern, dass ein so versirter Gletscherkenner auch nur im Entferntesten vermuthen konnte, bei solcher Einkehr in das Zungenende eines alpinen Gletschers, auch wenn dasselbe „in den letzten Jahrzehnten oft über 500 Meter weit zurückgegangen war“, ein von dem Gletscher ausgeschürftes Hohlbecken zu entdecken! Oder haben etwa ernsthafte Glacialforscher jemals behauptet, dass die Gletscher an ihren Enden solche Hohlbecken auspflügen, so dass jener Ausspruch Heim's in der Weise zu deuten wäre, dass Letzterer eine auf gegnerischer Seite verbreitete und bisher zu Recht bestandene Anschauung nunmehr durch eine specielle directe Beobachtung widerlege? „Die Hauptwirkung des Gletschers liegt nicht an seinem Ende. Hier verlangsamt seine Bewegung, wie angestellte Messungen wiederholt gelehrt haben, und Hallen und Gewölbe trennen das Eis vom Boden, so dass es denselben hier kaum abnutzen kann.“¹⁾ „Oft wird die Frage erörtert, wie die Bodenbeschaffenheit unter den Gletschern ist. Man bestreitet deren Fähigkeit, Gesteinsbecken auszuschürfen, weil die heutigen Gletscher bei ihrem oscillatorischen Rückwärtsgehen keine Becken hinterlassen. Das heisst von einem Flusse verlangen, dass er nach jeder Ueberschwemmung ein Thal gebildet haben soll. Man gehe, um die Frage zu entscheiden, nicht in Regionen, welche nur zeitweilig von Gletschern verlassen und wieder eingenommen werden, sondern nach Gebieten, welche definitiv vom Eise aufgegeben sind. Nicht am Obersulzbach- oder Vernagtgletscher löst sich das Problem,

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 383.

sondern in eisfrei gewordenen Gebieten.“¹⁾ Und obwohl Heim (pag. 379) selbst hervorhebt, „dass alle bezüglichen Beobachtungen an jetzigen Gletschern sich nur auf die untersten Theile der Gletscherzungen, meist auf ihr Ende beziehen“ und es allgemein bekannt ist, dass gegen das Ende der Gletscherzunge hin sowohl Bewegung, als auch Mächtigkeit des Eises ab-, gleichzeitig aber die abtrennende Unterschmelzung zunehme, und somit die Wirkung des Gletschers auf den Untergrund in jeder Weise geschwächt werde, trotz alledem sieht sich Heim veranlasst, den Mangel von Hohlbecken unter den heutigen Gletscherenden erst eigens und noch dazu mit solchem Nachdruck zu constatiren, dass sein Ausspruch, obzwar unbeabsichtigt, einem unbefangenen Leser als ein Argument gegen die Möglichkeit einer glacialen Entstehung solcher Hohlbecken im Allgemeinen imponiren kann.

Dass ein Gletscher an seinem Ende kein Hohlbecken erzeuge, dies ist so selbstverständlich, dass darüber nicht erst viele Worte zu verlieren sind. Ganz im Gegentheile wird ein Gletscher an seinem Ende vielmehr eher anhäufend wirken, was schon längst, und zwar gerade von Anhängern der Gletschererosion, erkannt worden ist. Ein Gletscher verhält sich in dieser Beziehung, wie auch in mancher anderen, wie ein Fluss, und wird an seinem Ende ebensowenig erodiren, wie dieser an seiner Mündung. Dort ist beiderseits die Bewegung geringer, daher die Transportkraft schwächer; während aber beim Fluss die Wassermenge keine Verminderung erleidet, nimmt die Masse des Gletschers gegen das Ende hin gleichfalls ab, so dass seine Wirkung in doppelter Weise beeinträchtigt wird.

Darf man nun aber, was ja Heim eigentlich zugibt, das negative Ergebniss von Beobachtungen, welche an den Enden der heutigen Alpengletscher in Betreff deren Erosionswirkungen gemacht werden, nicht einmal auf jene Stellen übertragen, welche weiter aufwärts unter der Hauptmasse derselben Gletscher gelegen sind, um wie viel weniger darf man alsdann hievon nicht erst auf jene Vorgänge zurückschliessen, welche unter den so weitaus gewaltigeren eiszeitlichen Gletscherströmen stattfanden!

Dass nun jener Hinweis auf die grosse Mächtigkeit der alten Gletscher den Gegnern der Glacialerosion nachgerade etwas unbequem werden musste, ist begreiflich, und man hat deshalb versucht, zunächst die Wirkungen des Druckes einer grösseren Gletschermasse auf ihre Unterlage zu schmälern, indem man behauptete, dass jener Druck in eine Unzahl kleinerer Kräfte aufgelöst werde, welche alle direct oder indirect darauf hinauslaufen, Cohäsion zu überwinden; der Rest (!), welcher zu der angenommenen Aushöhlung oder Erosion verwendet werden könnte, müsse deshalb ein sehr kleiner sein. „Der wesentliche Punkt ist“ nach Irving²⁾ „der, dass der grössere Theil des Vorwärtsdruckes in einer Gletschermasse auf die Ueberwindung von Cohäsion verwendet wird und auf die Verursachung von Bewegungen unter den einzelnen Theilchen des Gletschers selbst“. Auch Heim macht (pag. 389)

¹⁾ Penck, Die Eiszeit in den Pyrenäen, pag. 61.

²⁾ On the Mechanics of Glaciers, with especial Reference to their supposed Power of Excavation. Journ. Geol. Soc. London. XXXIX, 1883, pag. 64.

denselben Einwand, indem er sagt: „Das Eis verbraucht einen bedeutenden Theil von Arbeit zur Ueberwindung seiner Cohäsion, zum Fliessen, das Wasser nur sehr wenig“, wobei aber vollständig übersehen wird, dass in Folge dessen eben nur das Fliessen des Eises ein langsameres ist, als jenes des Wassers, eine Thatsache, welche bei der vergleichenden Beurtheilung von Gletscher- und Wassererosion ja längst schon in Rechnung gezogen wird. Aber nicht genug damit, auch die grössere Mächtigkeit der eiszeitlichen gegenüber den heutigen Gletschern sollte mit Bezug auf ihre Bodenwirkungen als ohne wesentlichen Einfluss hingestellt werden. „Der Druck des Gletschers auf die einzelnen Trümmer seiner Unterlage“, sagt nämlich Heim (pag. 385), „wächst nicht proportional der Dicke des Gletschers, sondern er nähert sich einem gewissen Maximum, über welches hinaus vermehrter Druck vorwiegend in rascher plastischer Umformung des Eises aufgezehrt wird.“ Ueber diesen kühnen Handstreich herrscht nun im gletschererosionsfeindlichen Feldlager grosser Jubel, und offenbar, da sich Heim, „wie schon seine Untersuchungen über Gebirgsbildung zeigen, von allen Fachmännern das Wesen der Plasticität wohl am klarsten gemacht hat“, spricht es Günther¹⁾ ohne weiteres Bedenken in seinem Lehrbuche bereits offen und entschieden aus, dass den „Befürwortern“ der Gletschererosion eine „kräftige Stütze“ durch jenen Hinweis „entzogen worden“ sei.

Aber so schnell und einfach geht die Sache nicht. Es ist ja hier doch zu erwägen, dass der Druck des Gletschers auf seine Unterlage als Wirkung einer äusseren constanten Kraft, nämlich der Schwere, durch jene Wirkungen der molecularen, also inneren Kräfte der Gletscherelemente, welche eine partielle Aenderung des Aggregatzustandes der Masse zur Folge haben, nicht im Geringsten alterirt wird. Oder glaubt vielleicht Heim, dass, wenn eine allseitig umschlossene Eismasse etwa auf der Platte einer hinlänglich widerstandsfähigen Brückenwage einer zur plastischen Umformung genügenden Belastung ausgesetzt würde, die Platte, sobald sich der Druck auf das Eis in dieser Weise „aufzehrt“, weniger stark niedergedrückt wird?

Im Anschlusse hieran behauptet nun Heim weiters, dass der Gletscherdruck bei wachsender Gletscherdicke „so wenig auf die Steine der Grundmoräne an den Grund drückend wirkt, als tieferes Wasser das Gerölle an den Boden stärker anpresst“.

Aber ein Vergleich der Druckwirkungen einer nicht homogenen, theilweise festen, theilweise flüssigen Masse mit den Druckwirkungen einer homogenen, fast incompressibeln Flüssigkeit ist der Natur der Sache nach unzulässig, abgesehen davon, dass der hydrostatische Druck einer solchen Flüssigkeit proportional mit ihrer Tiefe zunimmt, und ihr hydraulischer Druck bei geringer Strömungsgeschwindigkeit nur wenig von ihrem hydrostatischen abweicht.

Es entbehrt daher auch der Schlussatz: „Schon aus diesem Grunde darf man den Gletschern der Eiszeit nicht allzu grossartige Wirkungen zuschreiben, von denen man an Gletschern der Jetztzeit nichts beobachtet, blos wegen ihrer grösseren Dicke“, jener physikalischen

¹⁾ Lehrbuch der Geophysik. II. Bd. Stuttgart 1885, pag. 558.

Begründung, welche eine weitergehende Berücksichtigung desselben wissenschaftlich gerechtfertigt erscheinen liesse.

Im Uebrigen hat Heim selbst in dem Nachsatze: „Die Wirkung grösserer Dicke auf den Untergrund hat ihre Grenze, über welche hinaus sie sich vorwiegend in rascherer Bewegung der oberen Theile des Eisstromes äussert“, die Plasticität dieser seiner subjectiven Ansicht durch Gebrauch des Wörtleins: „vorwiegend“ wenigstens symptomatisch hervortreten lassen.

Die „kräftige Stütze“ ist somit wieder zurückgewonnen, oder vielmehr, sie ward der Glacialerosion überhaupt gar nicht entzogen.¹⁾

Die Thätigkeit der Gletscher beschränkt sich nicht auf eine blosser stetige Abnützung und Scheuerung des Untergrundes; ein Gletscher thut mehr als schleifen. „Die Felsen sind nicht homogen; sie sind von Fugen und schwachen Stellen durchsetzt, die sie thatsächlich in einzelne Massen theilen. Ein Gletscher ist sicherlich fähig, solche Massen vollkommen abzulösen.“²⁾ Auch diese Ansicht findet nicht die Billigung Heim's, und zwar spielt hier wiederum die Plasticität eine Rolle. Denn „je mächtiger die Eismasse,“ heisst es auf Seite 384, „desto ductiler und plastischer verhält sich das Eis am Grunde. Es wird dann viel zu plastisch, als dass es mit genügend harter fester Hand Felsecken ergreifen und vom Anstehenden losreissen könnte“. Nun ist durchaus nicht in Abrede zu stellen, dass ein Gletscher, wenn er ein durchaus starrer Körper wäre, weit stärker erodiren könnte denn als plastisch-flüssige Masse; aber warum er als solche nicht die Fähigkeit besitzen sollte, die Unebenheiten des Untergrundes loszubrechen, dies ist nicht recht zu begreifen. Ruhte der Gletscher bewegungslos auf seiner Unterlage, dann würden vorstehende Felsecken desselben allseits einen gleichen Druck erfahren; sowie er sich jedoch bewegt, drückt er auf jene Ecken in der Bewegungsrichtung stärker, als in jeder anderen. Dies geht schon daraus hervor, dass die Vorsprünge und Ecken des Felsbettes vorzugsweise auf der „Stossseite“ abgerundet und abgeschliffen werden.³⁾ Ist nun das Eis auch noch so plastisch und nachgiebig⁴⁾

¹⁾ Heim selbst scheint seinen diesbezüglichen Ausführungen keine besonders weitgehende praktische Bedeutung beizulegen, da er dieselben bei Berechnung des Druckes, welchen Gletscher auf ihre Unterlage ausüben, gänzlich ausser Acht lässt. Auf Seite 352 seines Werkes berechnet er die Last des Eises auf den Quadratdecimeter der Grundfläche beim Unteraargletscher und ähnlichen im Mittel auf 2—4 Tonnen, bei den grönländischen Ausläufern des Binneneises auf 7 und 8 Tonnen. Auf Seite 79 wird die Mächtigkeit des Aargletschers zu 460 Meter und auf Seite 53 jene des grönländischen Binneneises von 300 bis über 1000 Meter angegeben. Innerhalb dieser Grenzen scheint also der Druck des Gletschers auf die Unterlage noch proportional der Dicke desselben zu erfolgen! Viel mächtiger als 1000 Meter sind aber die eiszeitlichen Alpengletscher auch nicht mehr gewesen.

²⁾ Tyndall, In den Alpen. Braunschweig 1872, pag. 211.

³⁾ Vergl. Heim, pag. 355, 383, 389.

⁴⁾ Auf Seite 384 heisst es diesbezüglich bei Heim: „Die Plasticität des Gletschereises ist so gross, dass, wenn ein Block oder eine erfasste Ecke dem Fortschieben viel Widerstand bietet, der Block stehen bleibt und eine Furche an der Unterfläche des Eises eindrückt.“ Offenbar kann aber jene Furche nur bestehen, so lange das Eis in Folge zu geringen Druckes eben nicht plastisch ist, und in diesem Falle kann sie natürlich auch nicht durch plastisches Ausweichen des Eises entstanden sein, sondern nur durch Schrämmung desselben als eines starren Körpers. Da aber ein Eisblock, welcher mittelst einer Presse auf eine Geröllunterlage gedrückt wird, sich „bei 0° ziemlich leicht und rasch wie angegossen dem Untergrunde durch seine Plasticität

und bestrebt sich seinerseits jenen Ecken auszuweichen, so wirkt doch der Druck auf dieselben constant und muss sie bei nicht genügender Festigkeit zum Brechen bringen. Da nun aber jener Druck (pag. 353) ein „furchtharer“ ist, wie man dies „den Furchen, die z. B. in Kalkstein oder Dolomit gegraben worden sind“, „ansieht“, so müssten solche vorstehende Ecken eine ganz ausserordentliche Festigkeit besitzen, sollten sie demselben auf die Dauer widerstehen können. Die Plasticität des Eises kann übrigens umsoweniger ein Hinderniss sein, dass dasselbe „mit genügend harter, fester Hand Felscken ergreifen und vom Anstehenden losreissen könnte“, als ja doch selbst das Wasser letzteres im Stande ist und unter Anderem mit gewiss noch weicherer und nachgiebigerer Hand schwere Mühlenräder ergreift und in Gang setzt.

Im directen Widerspruche zu der in Rede stehenden stricte absprechenden Erklärung hält es jedoch Heim noch auf derselben Seite (pag. 384) „für wahrscheinlich, dass, wenn der Gletscher über früher nicht vergletscherten Felsgrund vorschreitet, er auf manchen anstehenden Angriffspunkt stossen wird, der bricht oder sonst weicht, bevor er sich abschleifen lässt. »Ausnahmsweise« kann dies auch später noch von Zeit zu Zeit eintreten. Je mehr aber sein Bett nun ausgeschliffen wird, desto spärlicher werden diese ohnehin seltenen Gelegenheiten, desto stabiler wird die Unterlage.“ Letzteres ist an sich richtig, hängt aber auf das Innigste mit der unmittelbar vorher (pag. 383) ganz positiv aufgestellten Behauptung zusammen: „Alles (?), was der Gletscher erreicht, schleift er aussen glatt an.“ Dies aber steht nun wieder mit der directen Beobachtung im Widerspruch. Ich kann mich hier auf den lehrreichen Ausspruch eines der ersten und trefflichsten Gletscherkennner berufen. Vom Karlseisfelde am Dachstein berichtet Simony¹⁾: „So beschränkt nun auch die bisherige Blosslegung der Peripherie des Gletscherbettes ist, so ergibt sich hier doch schon soviel, dass die erodirende Thätigkeit eines Ferners sich nicht unter allen Umständen durch Hinterlassung von Schlißflächen in den Wandungen seines Bettes manifestirt, sondern dass bei einiger Brüchigkeit der Uferwände, deren Grad unter Anderem wesentlich von der Richtung der Schichten des Gesteines gegen die Bewegungsrichtung des Gletschers bedingt ist, die Erosion häufiger den Charakter fortgesetzter Zertrümmerung beibehält, und dass schliesslich raue, zerklüftete, jeder Spur von

ganz“ anschmiegt, so ist in diesem Falle auch eine wirkliche Furchenbildung an dem gepressten Eise unmöglich, und so heisst es denn auch weiters in der That: „allein diese Furchen, obschon tiefer als diejenigen der Steintrümmer, überdauern eben nicht.“ Auf Seite 390 hingegen, wo bestritten wird, dass die an zahlreichen Vorsprüngen des von Gletschern verlassenen Untergrundes auftretenden rauhen Bruchflächen durch Losreissen von Felsstücken durch den Gletscher bewirkt worden seien, heisst es: „Das Vorkommen der rauhen ungeschliffenen Bruchflächen nur in Winkeln, in welche die relativ steife Eismasse offenbar nicht hinab oder hinein zu greifen vermochte, beweist, dass die abgerundeten Felsköpfe Reste der ursprünglichen Unebenheiten sind.“ Hier also würde wiederum die Plasticität des Eises selbst am Grunde eines Gletschers nicht so gross sein, dass sich dasselbe dem Untergrunde völlig anschmiegen und kleine Hohlwinkel desselben ausfüllen könnte. Es wäre mit Bezug auf derlei Verhältnisse wünschenswerth, wenn man sich einmal einer minder dehnbaren Vorstellung von dem Grade der Plasticität des Gletschereises hingeben würde.

¹⁾ Die Gletscher des Dachsteingebirges. Sitz.-Ber. d. k. Akademie d. Wissensch. in Wien, LXIII, 1871, pag. 524.

Schliff entbehrende Fels­hänge auch dort zurückbleiben können, wo lange Zeit ein mächtiger Eisstrom vorbeigeflossen ist.“ Und ferners: „An den die Nordseite des unteren Ferners begrenzenden Fels­hängen, welche hie und da schon 13—19 Meter hoch vom Eise entblösst sind, ist nur an wenigen Stellen ein deutlicher Schliff wahrzunehmen, dagegen zeigt sich an allen brüchigen Theilen die Wirkung des Druckes als eine oberflächliche Zertrümmerung, wobei die gelockerten und losgerissenen Massen meist völlig ihr kantiges, rauhes Ansehen behielten.“

Diese Aussprüche scheinen Heim nicht bekannt geworden zu sein, denn abgesehen davon, dass auf pag. 378 der Anführung einer von v. Escher am Zmuttgletscher gemachten Beobachtung über vom Eise zerrissenen und auseinandergequetschten Schieferfels der Zusatz hinzugefügt wird: „der einzige thatsächliche Bericht von tieferem Angriff des Gletschers auf den Felsgrund“ — welche erläuternde Bemerkung sich indessen offenbar ja nur auf eben jenen Zmuttgletscher bezieht — so heisst es auf pag. 398: „Unzweideutige thatsächliche Beobachtungen darüber, dass »der Gletscher«¹⁾ activ seine anstehende Unterlage in irgend welchem nennenswerthen Masse aufreisse und von derselben Stücke und Blöcke, nicht nur feinen Schlamm und Sand abtrenne, suche ich in der Literatur vergeblich.“

Bezüglich der eiszeitlichen Gletscher wird hingegen (pag. 384) zugegeben, dass dieselben „Spuren solch directer Zertrümmerung und Störung des Anstehenden hinterlassen“ haben. „Es werden als solche die Verschiebungen und Glacialthoninjectionen in den Kreideklippen von Moen, Rügen und Wollin, und das Vorkommen von enormen Blöcken oder Stücken eben dieser Gesteine weiter südlich im nordischen Geschiebelehm gedeutet. Andere unzweifelhafte Beispiele scheinen bisher zu fehlen.“ Also die zahlreichen Beobachtungen, welche von geübten Forschern über die Aufarbeitung anstehenden Gesteins unter der Grundmoräne und Einverwebung in dieselbe gemacht wurden, sind für Heim keine „unzweifelhaften Beispiele“. „In voller Klarheit“ (pag. 382) beweisen vermuthlich dieselben nur, „dass an vielen Stellen Gletscher den älteren Schutt an ihrem Untergrunde aufarbeiten und der Grundmoräne einverleiben“ konnten; denn „als der Gletscher erschien, lagen diese Gesteine in loco zertrümmert, vielleicht als in Schutt aufgelöste Kruste des Anstehenden bereit“. Dieser gesperrt gedruckte Satz erweckt in seiner positiven Fassung den Eindruck, als ob hier Heim wirklich auf Grund eigener unmittelbarer Anschauung kurzweg also sprechen könnte. Dem gegenüber haben wir jedoch schon früher erkannt, dass sich die gewaltigen alten Grundmoränen eben nicht allein durch Herleitung von Verwitterungsschutt erklären lassen, sondern dass dieser letztere in Folge der bedeutenden Transportfähigkeit der alten Gletscher vielmehr bereits in einem verhältnissmässig frühen Stadium der Eiszeit ausgeschürft worden sein musste. Wer ferner an solchen Stellen einmal selbst Beobachtungen angestellt und nicht nur darüber gelesen hat, wird nicht mehr mit der Behauptung kommen, dass man es hier mit den Resten präglacialen

¹⁾ Hier ist aber vorher nicht von einem bestimmten Gletscher die Rede.

Gebirgsschuttes zu thun habe. Aus der Art der Verknetung von zertrümmertem Felsgrund und Moräne, und aus dem Auftreten von polirten und gekritzten Geschieben mitten unter dem eckigen Trümmerwerk des Untergrundes geht nämlich auf das Deutlichste hervor, dass die Moräne an den betreffenden Stellen auch in ihren tiefsten Theilen hauptsächlich bewegt und über den Untergrund hinweggeschleift worden ist, denn sonst könnte eben keine so innige gegenseitige Einverwebung des eckigen und des gerundeten Materiales erfolgt sein. Wurde aber die ganze Masse bewegt, und findet sich in ihr eckiges und gerundetes Material nebeneinander, so musste das letztere jeweils erst neu hinzugekommen sein, da es ansonst ja ebenfalls abgeschliffen und gerundet worden wäre. Wenn eine Grundmoräne nach dem Ende der Eiszeit nur aus präglacialem localen Verwitterungsschutt bestünde, dann müsste ihr Material in gleichmässiger Weise gerundet und polirt sein, es könnten sich keine eckigen Trümmer durch die ganze Eiszeit hindurch als solche in der Moräne erhalten haben. Die einzige Annahme, die man andererseits machen könnte, um das thatsächliche Verhalten zu erklären, wäre die, dass der Gletscher erstens die Ausfegung des Verwitterungsschuttes nur dünn-schichtig, „Stein um Stein“ besorgt habe, wobei selbst bei geringer Mächtigkeit der Schuttlage die unteren, am Felsgrund liegenden Partien in vollständiger Ruhe verharrten, und dass hierbei zweitens die Gletscher allerorten eben unmittelbar vor dem Momente aufgehört haben ihr Ausfegergeschäft zu betreiben, als sie just mit demselben zu Ende gekommen wären, so dass gerade eben die letzte, unterste dünne Lage des ursprünglich mächtigeren Verwitterungsschuttes allenthalben noch erhalten geblieben wäre.

Der erste Theil dieser Annahme widerspricht aber in doppelter Weise der directen Beobachtung, einmal weil die allgemein beobachtete grosse Mächtigkeit der alten Grundmoränen darauf hinweist, dass in der That gewaltige Massen unter dem Eise bewegt wurden, und man bei einer „Stein um Stein“ erfolgenden Transportation derselben sogar mit der langen Dauer einer „Eiszeit“ nicht auskäme, und zum anderen Male, weil die Zusammensetzung der alten Grundmoränen aus zähen Thonen, Letten, Grus und Schlamm mit darin in regellosester Weise eingeschlossnen, allseitig gekritzten und schön polirten Geschieben darauf hinweist, dass dieselbe als zusammenhängende Masse bewegt wurde. Auch haben wir bereits gesehen, dass es aus physikalischen Gründen undenkbar ist, dass eine lose Schuttmasse an der Bewegung eines ihr unter grossem Drucke auflastenden Körpers nur in einer dünnen oberflächlichen Lage Antheil nehme, insbesondere dann, wenn jener andere Körper plastisch-flüssiger Natur ist. Schon mit diesem Theile fällt übrigens die ganze Annahme, da sie desselben nicht entrathen kann. Der zweite Theil der Annahme würde jedoch an und für sich ein so ausserordentliches allgemeines Eintreffen desselben Zufalles an den verschiedensten Orten erfordern, und wäre deshalb so gekünstelt, dass man wohl kaum im Ernste daran denken dürfte, bei dieser Annahme zu verharren. In der That sagt ja doch auch Heim (pag. 382): „Die local dem Untergrunde entstammenden Steinstücke verbreiten sich dann von ihrem Ursprungsorte an schweifartig in der Richtung der Eisbewegung und der Schrammen auf dem Anstehenden, und werden

selbst, anfänglich oft eckig und scharfkantig, später geschliffen und geschrammt.“ Es scheint also, als ob Heim die Annahme, dass die Grundmoräne von altem Schutt herstamme, nur für jene Fälle aufrecht halte, wo im Verlaufe der Eiszeit, wie ja nicht anders zu erwarten, das gesammte Material derselben gerundet und geschliffen wurde, dass er sie aber nicht auch auf jene Fälle anwenden wolle, wo eine weitgehende Vermengung der typischen Grundmoräne mit scharfkantigem Getrümmer am Felsgrunde zu beobachten ist. Möglicherweise obwaltet also hier ein Missverständniss in der Art, dass Heim gar nicht die Absicht gehabt habe, die hier allgemein in Rede stehenden, von Geikie, Helland, Wahnschaffe, Penck und Andren beobachteten Beispiele von Aufarbeitungen des festen Untergrundes und Zertrümmerung desselben unter der Grundmoräne in jene Kategorie der Aufnahme vorher bereit gelegenen alten Schuttes einzubeziehen. Dann aber müsste er dieselben als Beispiele einer directen Erosion durch Gletscher gelten lassen. Da er nun aber, wie erwähnt, auf pag. 384 nach Anführung der Kreideklippen von Rügen mit Bezug auf Spuren einer Zertrümmerung und Störung des Anstehenden durch eiszeitliche Gletscher sagt: „Andere unzweifelhafte Beispiele scheinen bisher zu fehlen“, so wäre jenes Missverständniss meinerseits nur dann möglich, wenn die thatsächlichen zahlreichen Beispiele, auf welche von den Glacialforschern wiederholt mit Nachdruck verwiesen worden, Heim bei seiner literarischen Orientirung über den Gegenstand vollständig entgangen wären, was ich hier indessen doch nicht so ohne weiters annehmen kann.

Unter der Ueberschrift: „Thatsachen und Ueberlegungen, welche die quantitative Geringfügigkeit der directen Gletschererosion beweisen“ (pag. 386), behandelt Heim (pag. 389, 390) auch die Beobachtung, dass in Regionen mit „surfaces moutonnées“ die Vorsprünge stets auf der Stossseite am schönsten angeschliffen und geglättet erscheinen, während sie auf der „Leseite“ oft rauhe Bruchflächen aufweisen. Hieraus wird nun gefolgert, „dass die abgerundeten Felsköpfe Reste der ursprünglichen Unebenheiten sind“¹⁾, „und dass der Gletscher es niemals bis zum vollständigen Ausschleifen dieser vorhandenen, relativ sehr kleinen Unebenheiten gebracht hat“. Denn „würden die zwischen den Schliffen vorhandenen rauhen Bruchflächen durch Losreissen von Felsstücken durch den Gletscher vom Untergrunde herrühren, so müssten dieselben an den exponirtesten Stellen, d. h. auf der Stossseite der Vorsprünge, sich finden, wo sie thatsächlich stets fehlen.“ Zunächst ist hier zu bemerken, dass die letztere Behauptung unrichtig ist, da, wie wir früher gesehen haben, die eiszeitlichen Gletscher vielfach den Felsboden ohne jede Schliff-erzeugung aufgearbeitet und zertrümmert haben, was auch an manchen gegenwärtigen Gletschern — am schönsten von Simony am Karlseisfeld — beobachtet worden ist. Was nun das Nebeneinanderauftreten von Schliffflächen neben Rauigkeiten betrifft, so wurde dies bereits von Whymper²⁾ für ein Argument gegen eine stärkere Abnützung des Bodens durch das Eis gehalten, jedoch in der Art, dass er, aus-

¹⁾ Vergl. pag. 575 und 576 Anmerkung.

²⁾ Berg- und Gletscherfahrten in den Alpen. Braunschweig 1872, pag. 178, 391, 392, 401.

gehend von der Ansicht, dass sich eine intensive Gletscherwirkung stets in der Erzeugung glatter Schlißflächen äussern müsse, aus dem Vorkommen von Rauigkeiten neben solchen Schlißflächen auf einen geringeren Angriff des Eises folgerte; andernfalls müssten seiner Meinung nach die Rauigkeiten entfernt und durch Schlißflächen ersetzt sein. Dem gegenüber hat nun Penck¹⁾ darauf verwiesen, „dass der Gletscher nicht blos den Untergrund abschleift, sondern auch auflockert und aufbricht, wodurch er stets neue Unebenheiten und Rauigkeiten erzeugt. Rauigkeiten neben Gletscherschliffen beweisen also nichts gegen die Möglichkeit der Glacialerosion.“ Nunmehr kommt Heim wieder auf jenen Einwand zurück, jedoch in etwas abgeänderter und restringirter Weise. Nicht mehr das Zusammenvorkommen von Rauigkeiten und Gletscherschliffen als solches wird als ein Beweis für die Geringfügigkeit der Glacialerosion erachtet, sondern die Art der Anordnung derselben auf den Vorsprüngen des Felsbettes. Während nämlich früher Whymper die Gletscherschliffe als ein Anzeichen stärkerer Gletschererosion bewerthete, hält jetzt Heim die Erzeugung rauher Bruchflächen für die Bethätigung eines ungestümeren Gletscherangriffs, und meint, dass solche Bruchstellen, falls sie durch den Gletscher erzeugt würden, stets demselben zugewendet sein müssten. Was also jetzt gegen die Gletschererosion in's Feld geführt wird, ist der Umstand, dass bezüglich dessen das umgekehrte Verhalten stattfindet, dass die Schlißflächen dem Gletscher zu-, die Bruchflächen hingegen von demselben abgewendet sind.

Die Verschiedenheit in der Intensität der Einwirkung eines Gletschers auf seinen Untergrund kommt nicht allenthalben in dem Unterschiede zwischen Schlißerzeugung und Aufarbeitung des Bodens zum Ausdruck. Es ist ja klar, dass unter Umständen ein Gletscher schon bei geringem Druck manche Vorsprünge loszubrechen im Stande sein kann, während es anderseits möglich ist, dass er selbst bei sehr hohem Druck nicht mehr als eine Abschleifung des Felsens zu bewirken vermag. Bei gleicher Arbeitskraft kann der Gletscher das eine Mal eine Zertrümmerung, das andere Mal eine Scheuerung und Glättung des Untergrundes bewirken. In welcher Weise sich mithin die Einwirkung des Gletschers auf die Unterlage äussert, ob in Aufarbeitung des Bodens oder aber in Abschleifung desselben, dies hängt in letzter Linie nicht von der Kraft der Gletschers, sondern lediglich von der Widerstandsfähigkeit des Untergrundes ab, und eine stärkere oder geringere Kraftentfaltung des Gletschers wird deshalb nicht so sehr in einer qualitativen Verschiedenheit der Wirkung zum Ausdruck kommen, als vielmehr innerhalb der einen oder anderen Art in quantitativer Beziehung sich geltend machen. Zugleich mit einer Verstärkung der Einwirkung des Gletschers wird je eine Steigerung in der Intensität der Abschleifung oder der Aufarbeitung erfolgen, keineswegs aber muss sich dieselbe darin äussern, dass an die Stelle früherer Abschleifung eine Aufarbeitung des Bodens trete. Auch bei gleichbleibender Kraft des Gletschers kann an einer und derselben Stelle bald eine Loslösung

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 384; — vergl. auch pag. 42.

von Trümmern, bald eine Glättung des Felsgrundes stattfinden, es können diese beiden Prozesse neben einander Hand in Hand gehen und sich auch wechselweise ablösen.

Bewegt sich ein Gletscher über eine Felsfläche, welche mit rauhen Vorsprüngen, Ecken, Höckern u. dergl. versehen ist, so werden diese letzteren entweder unter dem Druck des Gletschers brechen oder nicht. Brechen sie, dann entstehen hierdurch neue Rauigkeiten und keine Schriffe, und dieser Vorgang kann sich wiederholen; es entsteht dann eine Zertrümmerung, eine Aufarbeitung des Bodens, welche nur rauhe Bruchflächen und scharfe Kanten und Ecken, aber keine Schleifwirkung erkennen lässt. Brechen hingegen jene Vorsprünge nicht, dann werden sie vom Gletscher angeschliffen, und zwar dort am stärksten, wo dieser am stärksten auf sie drückt, das ist auf der Stossseite. Es werden die Leeseiten der Felsecken noch rauhe Bruchflächen besitzen, während ihre Stossseiten längst geglättet sind, und es ist fraglich und hängt ganz von der Beschaffenheit des Gesteins ab, ob es überhaupt jemals zu einer vollkommenen Glättung auch jener Leeseiten kommt; bei fortgesetztem Druck seitens des Gletschers können nämlich jene Vorsprünge dennoch brechen, und es werden hierauf die neuen Felsecken wiederum vornehmlich an ihren Stossseiten angeschliffen werden. Da nun durch Aufarbeitung des Felsgrundes keine Schriffe entstehen, so ist ein Nebeneinanderkommen von Rauigkeiten und glatten Flächen nur dann möglich, wenn ältere Bruchflächen später einem Abschleifungsprocess unterworfen wurden, und es müssen demnach die geglätteten Flächen stets an den Stossseiten, die rauhen Stellen hingegen an den Leeseiten der Felsecken und Vorsprünge zum Vorschein kommen.

Es ist mir übrigens nicht recht deutlich geworden, was Heim (pag. 390) unter „Vorsprüngen“ versteht, ob die kleineren Erhöhungen und Aufragungen einer und derselben allgemeinen Schrifffläche, oder aber eine ganze grössere Felskuppe, einen „Rundhöcker“ an sich. Gegen die erstere Auffassung spricht der Umstand, dass es ja doch allzu klar ist, dass solche kleinere Vorsprünge, welche entweder ausgebrochen oder angeschliffen werden, unmöglich vorne rau und hinten geglättet sein können, wie es Heim verlangt; für dieselbe hinwieder spricht die Beschreibung des Auftretens der rauhen Bruchflächen zwischen den abgerundeten Felsköpfen als „in Winkeln, in welche die relativ steife Eismasse offenbar nicht hinab oder hineinzugreifen vermochte“; denn die muldenförmigen Wannen zwischen zwei oder mehreren Rundhöckern wird doch Heim nicht für solche „Winkel“ halten, in welche das Gletschereis nicht einzudringen vermochte? Sollten aber doch unter jenen Vorsprüngen die Rundhöcker an sich gemeint sein, und somit die Erscheinung in Rede stehen, dass an manchen jener Rundhöcker nur die Stossseiten schön geglättet erscheinen, während ihre Leeseiten mitunter rauhe Bruchflächen zeigen, so ist zunächst zu bemerken, dass an derlei Rundhöckern im Allgemeinen die vollkommene Politur durch nachherige Verwitterung verloren gegangen, und nur die allgemeine Rundung der Form erhalten geblieben ist; die Verwitterung greift die glatten Flächen an und erzeugt auf ihnen rauhe Stellen. Ist nun die Politur auf einer Seite besser erhalten geblieben als auf der anderen, so kann dies in der Regel nur die Stossseite sein, da der Gletscher hier nicht

nur stärker, sondern auch länger polirte; denn jeder Rundhöcker, welcher durch das Eis erzeugt wurde, kam während des Rückzuges der Vergletscherung einmal an das Gletscherende zu liegen und war auf seiner Stossseite noch der abschleifenden Thätigkeit des Gletschers unterworfen, während auf der Leeseite bereits die Verwitterung an den glatten Formen nagte. Auch ist der Fall möglich, dass ein Gletscher sich von solch einem Rundhöcker vollständig zurückzieht und ihn gänzlich dem zerstörenden Einfluss der Verwitterung aussetzt, dass er später aber wieder einen kleinen Vorstoss macht und bei kürzerer Dauer der Oscillation nur auf der Vorderseite des Rundhöckers eine durchaus glatte Schlieffläche wieder zu erzeugen im Stande ist. So erklärt E. Richter¹⁾ in seiner schönen und gründlichen Arbeit über den Obersulzbachgletscher die Erscheinung, dass die in der Nähe des jetzigen Gletscherendes befindlichen Rundhöcker nur auf der Stossseite geglättet sind, während die dem Stosse abgekehrten Nordseiten die würfelige Zerklüftung zeigen, welche durch die Verwitterung hervorgerufen wird; keineswegs aber hat dieser geübte Beobachter hieraus den Schluss gezogen, dass jene Rauigkeiten an den Leeseiten der Rundhöcker präglacialen Alters seien, und dass die Gletschermassen, welche während der ganzen langen Dauer der Eiszeit in grosser Mächtigkeit über jene Höcker sich hinwegschoben, nicht im Stande gewesen seien, solche „ursprüngliche Unebenheiten“ zu entfernen. Wenn sich also Heim darauf beruft, dass Richter ebenfalls zu der Ansicht gekommen ist, dass der Gletscher unfähig sei, „selbst eine kleine Felsklippe in seinem Wege wegzuschleuern“, so muss darauf hingewiesen werden, dass der ähnlich lautende Ausspruch Richter's sich nur auf die ganze Masse eines Rundhöckers, nicht aber auf die Rauigkeiten der Leeseite bezieht. Die Existenz der Rundhöcker als solcher erscheint Richter als ein Zeichen relativ geringer Erosion des Gletschers, wogegen es jedoch keineswegs ausgemacht ist, dass alle Rundhöcker nur durch Abschleifung schon früher bestandener rauhen Felskuppen entstanden sind, und nicht, wenigstens zum Theil, auch durch den Gletscher selbst, in Folge unregelmässiger Erosion, erst erzeugt wurden.

Wenn also an der Leeseite eines Rundhöckers Rauigkeiten beobachtet werden, während seine Stossseite angeschliffen und geglättet ist, so darf hieraus nichts weniger als der Schluss gezogen werden, dass jene rauhen Bruchstellen „ursprünglich“, d. h. älter als die Vergletscherung sind. Denn das Stattfinden dieses Verhältnisses würde bedingen, dass jene Rauigkeiten gar nicht unter dem Angriff des Eises zu leiden gehabt hätten, und dies letztere ist einfach unmöglich. Es ist nicht möglich, dass die Gletscher über den Leeseiten der Rundhöcker hohl gelegen seien, und sobald sie ihnen auflagen und sich bewegten, mussten sich die Folgen dieses Angriffs entweder in einer Anfarbeitung oder in einer Abschleifung des Felsens geltend machen.²⁾ Rauigkeiten

¹⁾ Beobachtungen an den Gletschern der Ostalpen. I. Der Obersulzbachgletscher 1880—1882. Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins. XIV, 1883. pag. 83.

²⁾ Heim selbst sagt ja (pag. 383): „Alles, was der Gletscher erreicht, schleift er aussen glatt an“, in welchem Ausspruche der Nothwendigkeit — wenn auch einseitig — Rechnung getragen ist, dass der Gletscher nicht wirkungslos auf einer Felsfläche

an den Leeseiten der Rundhöcker wurden also entweder durch den Gletscher erzeugt, oder aber sie sind nach dem Rückzuge des Eises unter dem Einfluss der Verwitterung entstanden, und finden sich an den Stossseiten jener Rundhöcker Felsschliffe, so sind diese letzteren nach dem Bisherigen, im ersteren Falle jünger als die Rauigkeiten, während im zweiten Falle auch das entgegengesetzte Verhältniss obwalten kann. Uebrigens aber ist es möglich, dass an der Stossseite Glättung und gleichzeitig an der Leeseite Aufarbeitung des Felsens erfolgen kann, da, wie wir gesehen haben, das Eintreten der einen oder der anderen Art von Wirkungsäusserung des Gletschers auf den Untergrund nicht so sehr von einem ungestümeren oder gelinderen Angriff des ersteren, als vielmehr von der Beschaffenheit, von der bezüglich der Prädisposition des letzteren abhängt; die Schichtenstellung ist hier gewiss von grossem Einfluss. Ferners ist noch zu betonen, dass die Stossseiten der Rundhöcker zwar einen stärkeren Druck erleiden als die Leeseiten, dass jedoch hierbei die aufwärts gerichtete Bewegung des Eises an der Stossseite jedenfalls eine langsamere ist, als jene nach abwärts an der Leeseite, und dass gerade eine langsame Bewegung in Verbindung mit hohem Druck für die Erzeugung vollkommener Schriffflächen am günstigsten ist. Schon deswegen also werden die Stossseiten der Rundhöcker stets stärker geglättet werden als die Leeseiten, wozu schliesslich noch der Umstand kommt, dass der Druck der sich bewegenden Eismasse die Stossseite der Rundhöcker mehr oder minder senkrecht trifft, während er an den Leeseiten in der Ebene der Felsfläche sich geltend macht; in Folge dieses Verhaltens aber ist eine Aufschürfung des Bodens sogar von vorneherein eher an der Leeseite als an der Stossseite zu erwarten.

Ein „Beweis“ für die Geringfügigkeit der Glacialerosion wird von Heim (pag. 398) auch darin erblickt, dass nach einer handschriftlichen Aufzeichnung Escher's v. d. Linth „in den Moränen des schweizerischen Molassenlandes Trümmer von Gesteinsarten, welche nur in den Thalgründen, nicht oben an den Gehängen sich finden, entweder ganz fehlen, oder doch sehr spärlich sind, währenddem sie gerade relativ häufig sein müssten, wenn die Grundmoräne vom Untergrunde losgerissen wäre“. Dieser Bemerkung, welche doch nur aus Versehen in die Kette der beweisenden „Thatsachen und Ueberlegungen“ eingereiht wurde, wäre die ausdrückliche Angabe Penck's¹⁾ entgegenzuhalten, dass in den Grundmoränen Oberbayerns Gesteine vorkommen, „welche nie über den Gletscher aufgeragt haben, sondern stets unter demselben begraben waren“. Was aber das geforderte relativ häufige Auftreten solcher Gesteinsarten betrifft, so würde Heim, wenn er die Flächen, auf denen die letzteren anstehen, mit der ganzen Sammelfläche des betreffenden Gletschers vergliche, höchst wahrscheinlich sehr darüber erstaunt sein, dass Escher Trümmer jener Gesteinsarten in den Grundmoränen überhaupt gefunden habe, und dass dieselben nicht vielmehr gänzlich in der Masse des übrigen Geschiebmaterials verschwinden.

sich bewegen könne. Da nun Heim in Rauigkeiten auf den Leeseiten von Rundhöckern durchaus keine Gletscherwirkung erkennen will, so müsste er wirklich annehmen, dass das Eis entweder über den Leeseiten hohl gelegen wäre, oder sich zum mindesten dort nicht bewegt habe

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 197.

Uebrigens hat Heim (pag. 399) „als Ausnahme die Möglichkeit von directer Abtrennung von Stücken des anstehenden Grundes, besonders unter dem zum ersten Male vorrückenden Gletscher, ausdrücklich angenommen“. Aber „diese paar wenigen, anscheinend so abgetrennten Stücke, welche überhaupt bisher gefunden worden sind, bilden selbstverständlich nicht einen Beweis für eine wesentliche Bildung der Grundmoräne durch Anarbeiten der anstehenden Unterlage“. Dieser letztere Beweis ist zwar in Worten behauptet, aber“ — nach der Ansicht Heim's — „bisher noch niemals durch Thatsachen gegeben worden. Etwas Schlamm und Sand“ — wird begütigend zugegeben — „ist meist der einzige Beitrag, den der anstehende Felsgrund der Grundmoräne liefert“. Das Eis nämlich (pag. 389) „zehrt einen Theil seiner Arbeitskraft in feinsten Zermahlung, Zerschleifung und Politur der Gesteine auf, wozu Arbeit mit hohem Druck erforderlich ist“; der Bach hingegen „arbeitet im Gröberen, er ist gewissermassen eine gröbere Feile, ein rauherer Schleifstein; er polirt und ritzt nicht, sondern schlägt nur die Trümmer zusammen“. Der Gletscher (pag. 401) exportirt nur „den von den Gehängen herunterstürzenden Verwitterungsschutt zum Theil als auf einem langsamen Schlitten ruhig auf seinem Rücken getragen —, zum Theil geräth der Schutt unter den Gletscher. Der schon vorher im Thal abgetrennte und auf Umladen und Weiterführen harrende Schutt wird zusammen mit dem von den Obermoränen stammenden von der Gletscherunterfläche langsam und ziemlich gleichförmig ausgefegt. Der Gletscher ist im Ganzen viel weniger Abtrenner und Ausfurcher, als vielmehr Umlader und Exportmittel für den Schutt“. „Er ist ein Frachtschlitten, der Fluss aber ein wilder Flösser und Säger.“

Demgemäss lautet denn auch bei Heim (pag. 401) der Appendix zu der Beantwortung der Frage: „woher stammt das Material der Grundmoränen?“ folgendermassen: „Abarbeiten des anstehenden Untergrundes findet fast nur in Form von Schleifschlamm und Schleifsand statt. Ein Aufarbeiten des anstehenden Felsgrundes in Form von Gesteinsbrocken kommt gar nicht oder nur in ganz untergeordnetem Masse vor. Die Vergletscherung ist ein relativer Stillstand in der Thalbildung.“

Im Gegensatz zu diesen Anschauungen über die Entstehungsweise der Grundmoränen haben wir gesehen, dass die Hauptmasse der Grundmoränen nur während des Vordringens einer Vergletscherung jeorts von altem Schutt geliefert, hingegen später durch directe Aufschürfung des anstehenden Felsgrundes gewonnen werde, und dass ferner das Material der Oberflächenmoränen bei den grossen eiszeitlichen Gletschern so viel wie gar nichts, und bei den heutigen Alpengletschern nicht viel, zu der Vermehrung der Grundmoräne beitrage. Aber man wird fragen, ob nicht etwa Heim ausser jenen „Thatsachen und Ueberlegungen“, welche wir bisher beleuchteten, noch ein Weiteres zu Gunsten seiner Ansicht vorzubringen habe?

In der That findet sich auf pag. 383 noch die Bemerkung Heim's, dass Diejenigen, welche die Grundmoränen zum grössten Theil durch Aufschürfung des Bodens entstanden glauben, im „Widerspruch mit den Thatsachen“ stünden, welche er den Lesern seines Werkes in „Nr. 1“ des in Rede stehenden Capitels über die Wirkungen des Gletschers auf

den Untergrund vorgeführt habe. Diese „Thatsachen“ sind uns insgesamt bereits bekannt, sie drehen sich einzig und allein um die „Masse von Trümmern“, welche von den Oberflächenmoränen unter den Gletscher gelangen. Zunächst ist nun hier überhaupt kein Widerspruch zu finden, sondern man erhält nur eine Vorstellung von der eigenartigen Logik Heim's, nach welcher deshalb, weil „die Obermoränen viel Material für die Grundmoränen liefern“, eine andere Quelle nicht eine noch weitaus grössere Menge beistellen könne. Abgesehen aber von der Qualität dieser logischen Operation, so steht die quantitative Tragweite ihres Resultates im directen Verhältnisse zu der Quantität jener mehrerwähnten Trümmersmasse, und was diese letztere betrifft, so hat man sich seine Ansicht hierüber bereits an früherer Stelle gebildet.

Einen Umstand hat jedoch Heim bei seinen Betrachtungen über die Entstehung der Grundmoräne ausser Acht gelassen, vielleicht allerdings mit Absicht, in richtiger Erkenntniss seiner Geringfügigkeit. Aber es hätte hier, wenn auch schon nur der Vollständigkeit halber, doch erwähnt werden können, dass bei periodisch vorrückenden Gletschern die jeweiligen Endmoränen der Grundmoräne einverleibt werden, und dass somit auch auf diese Weise Material der Oberflächenmoränen an der Bildung der Grundmoräne sich betheiligen kann. Freilich bestehen schon bei den heutigen Gletschern die Endmoränen nur zum Theil aus Trümmern der Oberflächenmoränen, zum anderen Theil jedoch aus der ausgestossenen Grundmoräne, und überdies kann sich dieser Zuwachs eben nur dann geltend machen, wenn das Gletscherende nach längerem Stillstand wieder von Neuem vorrückt. Was nun schon gar die eiszeitlichen Gletscher betrifft, so konnten diese nur während ihrer Entwicklung an verschiedenen Stellen ihrer Bahn je einmal solche Endmoränen ihrer Grundmoräne einverleiben, wobei der Beitrag, welchen die ausgeschürfte Grundmoräne selbst zu jenen Endmoränen lieferte, beim Anwachsen der Vergletscherung sich stets vermehrte, während jener der Oberflächenmoränen sich beständig verminderte. Jene alten Gletscher, welche sich aus dem Gebirge heraus bis auf die Hochebene vorschoben, waren überhaupt nicht mehr mit Oberflächenschutt bedeckt, so dass also der Beitrag, welcher auf die angegebene Weise von den Oberflächenmoränen zu der Bildung der Grundmoräne geliefert wurde, und welcher schon an sich ein sehr geringer und sporadischer war und während der Ausbreitung der Vergletscherung stets noch unbedeutender wurde, zur Zeit der grössten Gletscherentfaltung gänzlich ausblieb, ebenso, wie dies auch gegen das Ende der Eiszeit bei den sich zurückziehenden Gletschern der Fall war.

Als ganz besonders belastende Zeugen bei seiner Aburtheilung über die Glacialerosion erscheinen ferner Heim (pag. 392) jene „Felsköpfe und Querriegel, welche sehr häufig in den Gebirgsthälern, der Bewegung des Gletschers ganz im Wege stehend, erhalten geblieben sind“. Schon öfters ist der Bestand jener Felskuppen der Glacialerosion zum Vorwurf gemacht worden, und zwar deswegen, weil ihre Gegner sich durchaus nicht von der Meinung abbringen lassen, dass ein Gletscher entweder gar nicht crediren könne, oder aber Alles, was ihm irgendwie im Wege steht, um- und über den Haufen werfen

müsse. Wie oft wurde dem gegenüber schon darauf aufmerksam gemacht, dass ein Gletscher nicht wie ein steifer Pflug wirke, welcher Thäler „auspflüge“ und alle ihm entgegenstehenden Hindernisse fortschaffen müsse; ein Gletscher, wurde gesagt¹⁾, sei vielmehr in der Art seiner Wirkung einem rasch fließenden Gewässer zu vergleichen, welches im Stande ist, Sand und kleine Gerölle bergan zu rollen²⁾: „Wie solch' eine Wasserader den Felsen blosswäscht und die weicheren Partien desselben mehr abnutzt als die härteren, wie dieselbe bei raschem Gefälle kleine Becken aushöhlt, so präparirt ein Gletscher die härteren Gesteinsmassen in grober Masse aus den weicheren heraus, weil seine erodirende Kraft nicht durch mangelhafte transportirende Fähigkeit gehemmt wird.“ „Es heisst die Gletschererosion ihrem Wesen nach völlig verkennen, wenn man in den genannten Thatsachen“ — eben jenen Felsbuckeln — „Argumente gegen dieselbe erblicken will“.

Aber diese Ausführungen finden nicht den Beifall Heim's; im Gegentheil, derselbe spricht (pag. 392, Anmerkung) ihnen gegenüber von einem „verzweifelten Versuche“, und nimmt keinen Anstand sich zu äussern: Penck „versteige“ sich hierbei zu der Behauptung: „Ein Gletscher wirkt nicht wie ein Pflug, sondern wie ein lebhafter Gebirgsbach!“ Man wird erstaunt fragen, was denn Heim eigentlich an diesem Vergleiche auszusetzen habe? Ich kann diese Frage leider nicht beantworten, denn Heim selbst bleibt hierüber die Auskunft schuldig. Offenbar aber muss ein Gletscher in seiner erodirenden Wirkung einem Pfluge viel ähnlicher sein, als einem fließenden Gewässer, denn sonst könnte doch Heim nicht so reden! Weiters muss der Gletscher ebenso offenbar eine steife, harte, unnachgiebige Masse sein, die selbst keiner Formveränderung fähig ist und als fester Körper bewegt wird, denn sonst könnte der Gletscher ja nicht ähnlich wie ein Pflug erodiren. Nun weiss man aber, dass letzteres nicht der Fall ist, und Heim selbst widmet ein eigenes Capitel seines Handbuches dem „Vergleich der Gletscherbewegung mit einem Flüssigkeitsstrom“, in welchem gleich Eingangs (pag. 185) gesagt wird, dass alle Bewegungsgesetze der Gletscher, welche das Fließen betreffen, „diejenigen eines Flüssigkeitsstromes“ sind. Hierauf werden (pag. 185—187) neunzehn Vergleichspunkte angeführt, welche in ihren Erscheinungsformen „genau denjenigen eines Flüssigkeitsstromes“ entsprechen. „Sie beweisen, dass die verschiedenen Punkte der Eismasse ihre gegenseitigen Stellungen und Entfernungen verändern können und keine starr verbundene, sondern eine innerlich verschiebbare, ductile Masse darstellen.“ „Soweit bis jetzt unsere Erkenntniss reicht,“ heisst es ferner nochmals auf pag. 190, „stimmen alle Gesetze der Gletscherbewegung mit denjenigen einer flüssigen Masse überein.“ Warum es nun aber, da dem so ist, nicht erlaubt sein sollte, auch die Erosionsprocesse der beiden Medien, welche ja doch in erster Linie auf Bewegungsvorgängen beruhen, mit einander zu vergleichen, dies zu begreifen bleibt wohl einzig und allein Heim überlassen. Nachdem es doch notorisch ist, dass ein Gletscher weder

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 388.

²⁾ Langsam fließendes Wasser vermag dies nicht, deshalb der Vergleich mit rasch fließendem Wasser.

was die physikalischen Eigenschaften seiner Masse, noch was seine Bewegung betrifft, auch nur die geringste Aehnlichkeit mit einem Pfluge besitzt, wohingegen ein Gletscher bezüglich beider Punkte stets mit einem „Flüssigkeitsstrom“ verglichen wird, wird es doch wohl gestattet sein, zu sagen, dass ein Gletscher auch nicht wie ein Pflug, sondern wie ein Flüssigkeitsstrom erodirend wirke. Dass hierdurch aber nicht gesagt ist, dass ein Gletscher in seiner erodirenden Wirkung mit einem Gebirgsbache identisch sei, wie Heim vermuthlich die Sache auffasst, liegt auf der Hand; deswegen ist ja eben jener Ausspruch ein Vergleich, und ist als solcher gewiss weit treffender, als Heim's höchst einseitige Bezeichnung des Gletschers als eines „Frachtschlittens“.

Was nun jene stehen gebliebenen Felskuppen betrifft, so sagt Heim (pag. 393): „Der einige hundert Meter dicke und breite Gletscher konnte dem mitten aus dem Thalboden ragenden, vielleicht 50 oder 100 Meter hohen Felskopf nicht ausweichen, ihn auch nicht flüchtigen Fusses überspringen.“

Letzteres ist über allen Zweifel erhaben und findet unsren vollen und würdigenden Beifall. Wir betrachten es mit Heim als eine ganz ausgemachte Sache, dass der Gletscher über jene Felsköpfe nicht hinüberspringen konnte.

Denn, sagt Heim, „dazu ist er viel zu schwer beweglich und gleichzeitig zu anschniegender plastisch“.

Die letzten Zweifel bezüglich des Temperamentes der Gletscher, welche etwa bei dem Einen oder Anderen doch noch bestanden hatten und sich nur nicht recht an's Tageslicht hervorwagten, können dieser trefflichen Argumentik gegenüber nicht Stand halten, sondern werden von derselben siegreich aus dem Felde geschlagen.

Springen kann also der Gletscher nicht, das ist klar, und wer es bislang nicht glauben mochte, dem hat es Heim mit guten Gründen bewiesen; dagegen lässt sich nicht mehr das Geringste sagen. Aber was die Unfähigkeit des Ausweichens betrifft, so kommt Heim diesbezüglich mit sich selbst in Zwiespalt. Schon der Umstand, dass der Gletscher so „anschniegender plastisch“ ist, lässt vermuthen, dass derselbe solch' einem trotzigem Felsklotz gegenüber nicht auf dem „Biegen oder Brechen“ bestehen, sondern sich hübsch nachgiebig um ihn herum-schniegen werde. Ueberdies haben wir ja schon früher von Heim erfahren (pag. 384), dass die Plasticität des Gletschereises so gross ist, dass sogar kleinere lose Blöcke, welche dem Fortschieben „viel Widerstand“ bieten, liegen bleiben und dem sich darüber hinweg-schiebenden Eise Furchen eindrücken. Und „je mächtiger die Eismasse, desto ductiler und plastischer verhält sich das Eis am Grunde. Es wird dann“ — wie wir bereits wissen — „viel zu plastisch, als dass es mit genügend harter fester Hand“ selbst nur kleinere „Felsecken ergreifen und vom Anstehenden losreißen könnte“.

Man könnte in der That einer Discussion überdrüssig werden, wenn man auf Schritt und Tritt solchen Widersprüchen begegnet. Das eine Mal reichen die Gletscherklüfte „meist nicht bis auf den Grund hinab“, das andere Mal gelangt durch dieselben „eine Masse von den Trümmern der Oberflächenmoränen unter den Gletscher“; das

eine Mal lässt Heim die Grundmoräne unter dem Gletscher „zusammenfrieren“, das andere Mal stellt er die Möglichkeit von Frostwirkungen unter Gletschern in Abrede; bald wächst der Druck des Gletschers auf die Unterlage nicht proportional der Dicke, bald wieder ist er dennoch der Mächtigkeit des Gletschers proportional; einerseits kann der Gletscher Felsecken nicht mit genügend „harter fester Hand“ ergreifen, um sie vom Untergrunde loszureissen, andererseits wieder ist er dies bei erstmaligem Vorrücken, und auch späterhin „ausnahmsweise“, dennoch im Stande. Und so finden wir auch hier wieder auf der einen Seite die Behauptung, dass der Gletscher einem „vielleicht 50 oder 100 Meter hohen Felskopf“ nicht ausweichen konnte, und auf der anderen Seite wird uns gelehrt, dass das Eis selbst kleine Blöcke umfließt, ohne sie mit sich fortzuschleppen, d. h. dass es ihnen ausweicht.

Um bei dem in Rede stehenden Gegenstande zu bleiben, so wird auf pag. 393 gesagt: „Das fließende Wasser weicht einem Vorsprung bei seiner grossen Beweglichkeit und geringen Tiefe leicht aus“; „es lässt Felsköpfe stehen, indem es sie umfließt, wozu die geringfügigste Veranlassung genügt“. „Ganz anders der Gletscher“; und nun folgt eben jener früher citirte Satz, in welchem uns mitgetheilt wird, dass der Gletscher einem solchen Felskopfe nicht ausweichen könne. Dagegen heisst es auf pag. 188: „An einem stehenden Hindernisse steigt das Wasser eines Stromes wallartig auf und umfließt das Hinderniss. Etwas weiter unterhalb entsteht dann randwärts des Walles oder hinter dem Hinderniss eine Einsenkung der Oberfläche. Genau das Gleiche kann man sehr oft in bedeutenden Dimensionen an Gletschern sehen.“ Das Eis „umflüthet“ Felsklippen, und solche Erscheinungen finden keineswegs nur „ausnahmsweise“ statt, denn „es ist leicht, Dutzende hierher gehörender Beispiele zu sammeln“. Der Gletscher verhält sich also Hindernissen gegenüber ähnlich wie ein Strom, er weicht ihnen aus, er umfließt sie. „Der Gletscher“, wird weiters auf pag. 189 bemerkt, „drängt sich bei im Wege stehenden Klippen durch Engpässe, schmiegt sich ganz dem Thalgrunde an, richtet und wendet seine Bewegung nach der orographischen Unterlage, theilt sich, wenn es nöthig ist, vereinigt seine Arme wieder, fällt Kessel aus bis zum Ueberfließen, steigt an Hindernissen empor u. s. w.“ Auf pag. 191 wird von den dickflüssigen Massen, zu denen das Gletschereis zu rechnen ist; direct gesagt, dass sie auf Druck „plastisch ausweichen“ und auf pag. 377 wird von zwei Schweizer Gletschern berichtet, dass sie beim Vordringen ihren eigenen Endmoränen „auswichen“, worauf wiederum der ganz allgemein gehaltene Ausruf erfolgt: „Die Gletscheralluvion ist kräftiger als die auspflügende Wirkung!“

Eigentlich wäre es aber denn doch sehr interessant und lehrreich, genau zu wissen, wie sich Heim bei der Annahme, dass der Gletscher solch' einem Felskopfe nicht ausweichen könne, die Bewegung des Eises vorstellt. Sicherlich kann der Gletscher jenem Felskopfe nur dann nicht ausweichen, wenn er sich als eine starre Masse bewegt, welche keiner inneren Verschiebung ihrer Theilchen fähig ist. Abgesehen davon, dass nun Heim selbst auf Seite 189 bemerkt, dass beim Gletscher „eine innere Verschiebung der Theilchen wie bei einer

Flüssigkeit“ thatsächlich stattfindende, so wird von Heim nicht einmal bemerkt, wie die von ihm angenommene Möglichkeit, dass der Gletscher dem Felskopfe nicht ausweichen könne, für die Erhaltung des letzteren bei weitem günstiger wäre, als wenn ihn der Gletscher anschmiegend plastisch umflösse. Denn wenn das Gletschereis nicht ausweicht, dann wird jener Theil desselben, welcher auf das Hinderniss drückt, in seiner Bewegung vollständig aufgehalten, da ja doch Heim kaum verlangen dürfte, dass der Gletscher, wenn er überhaupt erodiren kann, jene ganze Felskuppe einfach abbrechen und umwerfen solle. Durch blossen Druck ohne Bewegung kann aber keine Erosion stattfinden, folglich kann die Felskuppe von vorneherein gar nicht angegriffen werden. Da aber, wie aus allen anderen Erscheinungen hervorgeht, sicherlich nicht der ganze Gletscher durch eine solche Felskuppe aufgehalten wurde, so müsste — immer im Sinne Heim's, wonach nämlich der Gletscher jenem Felskopfe nicht ausweichen konnte, also keiner inneren Verschiebung seiner Theilchen fähig war und sich als starre Masse bewegte — entsprechend dem Querschnitte des Felskopfes eine Abscheerung erfolgt sein, derart, dass jener Theil des Gletschers, welcher vor dem Felskopfe lag, bewegungslos blieb, und sich nur die übrige Eismasse bewegte.

Wir wollen es unterlassen, weitere Consequenzen zu ziehen, denn es ist ja klar, dass die Behauptung Heim's: der Gletscher konnte dem Felskopf „nicht ausweichen“, nicht ernst gemeint war, sondern von demselben Gesichtspunkte aus beurtheilt werden wollte, wie die folgende: er konnte ihn „auch nicht flüchtigen Fusses überspringen“. Wir dürfen daher, und zwar im Einverständnisse mit Heim, der nachfolgenden Betrachtung die Anschauung zu Grunde legen, dass der Gletscher einem solchen Hindernisse gegenüber sich ähnlich wie ein Flüssigkeitsstrom verhalte.

Nun meint Heim (pag. 393), dass durch ein solches Hinderniss die Schleifarbeit des Gletschers sich hierher „concentriren“ müsse, und dass folglich der Gletscher, wenn seine Erosionskraft „nur einigermaßen bedeutend wäre“, „in allererster Linie“ diese „Steine des Anstosses“ hätte „herunterschleifen müssen“. „Warum,“ fragt Heim (pag. 394), „hat der Gletscher nicht in erster Linie den Felskopf heruntergefeilt?“ Warum, könnte man hinwider fragen, lässt ein Fluss Vorsprünge seines Bettes bestehen und sägt nicht in erster Linie diese bis auf das Niveau seiner Sohle herab? ¹⁾

Die Antwort ist einfach die: weil ein solcher Vorsprung nicht direct der erodirenden Wirkung des Flusses, sondern seiner Bewegung im Wege steht, und deshalb entweder fortgeschoben wird, oder aber die letztere hemmt, womit unter Einem eine Schwächung der Erosion verbunden ist. Ebendasselbe ist aber auch bezüglich des Gletschers der Fall, welcher gegen einen aus dem Thalgrunde aufragenden Felskopf stösst. Nicht die „Schleifarbeit“, sondern der Druck des Gletschers wird sich „in erster Linie“ auf dieses Hinderniss „concentriren“. Wäre das Hinderniss solcher Art, dass es durch Druck hinweggeräumt werden

¹⁾ Diese Frage bezieht sich auf jene Vorsprünge des Flussbettes, welche nicht über den Wasserspiegel aufragen, ebenso, wie auch die in Rede stehenden Felsköpfe nicht über die Oberfläche des Gletschers emporragen.

könnte, dann würde dies gewiss geschehen: aber da eben jene Felsköpfe in Folge ihrer Festigkeit und grossen Masse vom Gletscher nicht geschoben werden konnten, so hemmten sie die Bewegung des Eises und nöthigten dieses, sie zu umfliessen. Sagt ja doch Heim (pag. 394): „Die Gletscherschrammen steigen an den einförmigen Klippen empor oder schmiegen sich um dieselben herum. Der Gletscher war durch sie zu Abweichungen gezwungen.“

Nun ist es klar, dass die Bewegung des Gletschereises, welches unter grossen Drucke an der Vorderseite einer solchen Felskuppe hinauf- oder um dieselbe herumgepresst wird, eine langsamere ist, als jene der übrigen Eismassen, welche es nicht mit der Ueberwindung derartiger Hindernisse zu thun haben. Wir haben dies schon früher bei der Betrachtung der Rundhöcker gesehen, welche in manchen Fällen nichts Anderes sind, als solche Felskuppen im Kleinen. Wo aber das Eis sich langsamer bewegt, dort ist seine Erosionskraft unter sonst gleichen Umständen geringer. Wir haben also einerseits zwar vermehrten Druck, andererseits aber verlangsamte Bewegung, von welchen beiden Factoren der eine stärkend, der andere schwächend auf die Erosion einwirkt, so dass nicht von vorneherein gesagt werden kann, in welcher Weise sich das Zusammenwirken beider mit Bezug auf die Erosionsleistung des Gletschers geltend machen werde; dies wird in jedem einzelnen Falle ganz von den localen Verhältnissen abhängen.

Nehmen wir nun aber an, dass der Gletscher an solchen Hindernissen stärker feile, als sonstwo, und betrachten wir nun die Sache von diesem Standpunkt. Da ist jedoch vor Allem noch die Frage zu entscheiden, ob diese Felsköpfe älter oder jünger sind als die Vergletscherung, d. h. ob sie schon vor derselben bestanden, oder aber nicht etwa erst durch die Vergletscherung selbst erzeugt wurden, in der Art, dass die Gletscher härtere Gesteinspartien, welche dann eben durch jene Felsköpfe repräsentirt wären, aus den umgebenden weicheren herauspräparirten.¹⁾ Heim meint zwar (pag. 396), dass man „dergleichen Launen“ dem „breiten Hobler“ nicht „zutrauen“ könne, denn „ein Gletscher würde ein solches Hinderniss gar nicht entstehen lassen, wenn er zur Thalgestaltung Wesentliches zu sagen hätte, er würde sich dafür mit einer seichteren Thalkolkung begnügen.“ Man hat es hier eben wiederum mit jenem uns bereits hinlänglich bekannten Widerspruch zu thun, dass der Gletscher von Heim je nach Bedarf bald als eine „plastisch-flüssige“ Masse betrachtet wird, deren Bewegungserscheinungen „genau denjenigen eines Flüssigkeitsstromes entsprechen“, bald wieder die Rolle eines starren Körpers spielen muss, und dann unter den Pseudonymen „Hobler“ und „breite Schaufel“ auftritt.

Ein Hobel, welcher über ein Brett geführt wird, in welchem sich ein härteres Aststück befindet, wird allerdings das ganze Brett gleichmässig abhobeln und stets eine glatte, gleichförmige Fläche erzeugen; eine „anschniegend-plastische“ Masse jedoch, deren Theilchen wie bei einer Flüssigkeit innerlich verschiebbar sind, kann auf ungleich hartem Material nicht gleichmässig erodiren, sondern wird das weichere Material mehr abnützen als das härtere. Auch der Hobel wird unter

¹⁾ Penck, Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 388.

sonst gleichen Umständen auf weicherem Holz stärker angreifen als auf härterem, aber weil er steif ist, kann er dies nicht gleichzeitig auf verschiedenen Stellen nebeneinander; er kann die tiefer liegenden Partien des weichen Holzes nur in dem Masse erreichen, in welchem er die höher liegenden Stellen des Astknorrens abhobelt; die Gesamtwirkung wird hier stets von dem Minimum des localen Angriffs geregelt. Der Gletscher aber ist nicht steif, am allerwenigsten in grossen Massen; er ist daher jener Beschränkung nicht unterworfen, sondern kann zur gleichen Zeit an verschiedenen Stellen nebeneinander auch verschieden erodiren. Er ist in seiner Wirkungsweise weder mit einer Pflugschar, noch mit einer Schaufel, noch mit einem Hobel zu vergleichen, weil in Folge der Verschiebbarkeit seiner Theilchen locale Beschränkungen seiner Wirksamkeit nicht, wie bei jenen, zur allgemeinen Aeussierung gelangen.

Sollte denn dieser einfache Unterschied bisher von Heim wirklich nicht erkannt worden sein?

Im Uebrigen will es Heim durchaus nicht gelten lassen, dass jene Felsköpfe in Folge grösserer Widerstandsfähigkeit ihres Gesteins vor der Erosion verschont blieben. Er untersucht das Gestein der seitlichen Thalgehänge, sowie auch jenes ober- und unterhalb jener Kuppen, und findet¹⁾ das Gestein der letzteren „ganz gleich“ demjenigen der Umgebung. „Aber,“ wurde von Penck²⁾ gefragt, „weiss man denn überhaupt etwas Exactes über die Härte der Gesteine, weiss man, warum manche Granitpartien der Verwitterung als sackförmige Gestalten trotzen, während andere hinweggewaschen werden, weiss man etwas Wesentliches darüber, warum in einer Gesteinsschicht oft nur gewisse Partien technisch verwertbar sind?“ Heim scheint nun allerdings dies Alles sehr genau zu wissen, denn als Antwort auf jene Fragen kommt er neuerdings (pag. 394) mit der bündigen Erklärung: „das Gestein ist überall das gleiche.“ Nun mag vielleicht in der That selbst der tüchtigste Petrograph im Handstücke keinen Unterschied erkennen, aber in unserem Falle handelt es sich um die Widerstandsfähigkeit des Gesteins in grossen Massen und speciell mit Rücksicht auf die Erosionsarbeit des Gletschers. Können wir etwa dem fliessenden Wasser seine Bahnen vorzeichnen, wissen wir jederzeit, warum es gegebenen Falls so geflossen ist und nicht anders? Schliessen wir nicht vielmehr erst von der vorliegenden Erosionserscheinung auf die grössere oder geringere Widerstandsfähigkeit der betreffenden Gesteine? Und in ähnlicher Weise stehen wir ja doch wohl auch den Gletschern gegenüber. Gewiss ist Heim einer der ersten Gletscherkenner; aber trotzdem kann ich nicht glauben, dass er so vollständig in die Lage solch' eines alten Gletschers sich hineinzudenken vermöchte, dass er ruhig prüfend und überlegend jeweils bei sich sagen könnte: das würde ich mit harter fester Hand entwurzeln, diese Klippe jedoch flüchtigen Fusses überspringen, und um jene verfängliche, drohende Ecke mich hübsch anschmiegend plastisch herumwinden.

¹⁾ Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. I. Bd., Basel 1878, pag. 251.

²⁾ l. c. pag. 389.

Abgesehen jedoch hiervon, so möchte es mir beinahe scheinen, als ob es sich hier weniger um einen Vergleich des Gesteins jener Felsköpfe mit demjenigen der Thalgehänge und der Thalsohle handeln würde, als vielmehr um einen Vergleich mit jenen Massen, welche in der Umgebung der Felsköpfe in Folge der supponirten geringeren Widerstandsfähigkeit erodirt wurden, also heute nicht mehr da sind, folglich heute von Heim auch nicht mehr untersucht werden können. Ich glaube nicht, dass sich heute so ganz ohne weiters behaupten lässt, dass jene — ob nun vom Wasser oder Gletscher — erodirten Gesteinspartien in ihrer Widerstandsfähigkeit mit demjenigen der Felskuppen und Thalgehänge völlig übereinstimmen mussten.

Uebrigens ist ja nirgends gesagt, dass das erodirte Material in lithologischer Beziehung mit jenem der Felsköpfe und Thalhänge identisch gewesen. Konnten es denn nicht etwa Schotter gewesen sein, welche erodirt wurden? Wir haben ja gelegentlich anderer Betrachtungen gesehen, dass jeder Vergletscherung eine Schotterauffüllung voranging. Im Ennsthal erreichte dieselbe eine Mächtigkeit bis über 70. im Innthal eine solche bis zu 400 Meter. Sind also jene Felsköpfe präglacialen Alters — und nur in jenem Falle kann ja doch ihre Erhaltung der Glacialerosion zum Vorwurf gemacht werden — dann ist es sehr wohl möglich, ja sogar höchst wahrscheinlich, dass jene 50 bis 100 Meter hohen Felsköpfe bei Eintritt der Vergletscherung tief unter den Schottern begraben lagen. Als der alte Gletscher kam, fand er keinen Felskopf, sondern eine ebene Schotterfläche, und schob sich über dieselbe hinaus. Er begann zu erodiren, und als er bereits eine beträchtliche Menge Kies ausgeschürft hatte, stiess er auf die Oberfläche des Felskopfes und fand sich hierdurch local in seiner Erosionsarbeit sehr behindert. Er wird auf dem harten Felskopfe entschieden langsamer erodirt haben, als vorher an derselben Thalstelle im höheren Niveau auf den Schottern, aber er hatte nicht den geringsten Grund, zur Rechten und Linken des Felskopfes in den Schottern nunmehr ebenfalls langsamer zu erodiren als vorher. So wird er den Felskopf zwar langsam absolut erniedrigt, gleichzeitig aber trotzdem relativ aus seiner Umgebung herauspräparirt haben, und als er hiermit fertig war und die gesammten Schotter erodirt hatte, da war er möglicherweise auch mit seinem Bestand zu Ende.

War dies aber etwa auch noch nicht der Fall, oder ging vielleicht, so unwahrscheinlich es ist, in jenen Thalstrecken der Vergletscherung keine Schotterauffüllung vorher; und nehmen wir ferner noch an, dass der Gletscher an einem solchen Vorsprunge sogar stärker und erfolgreicher erodire, als auf seinem Grunde, so wird doch Heim nicht allen Ernstes verlangen, dass der Gletscher „in allererster Linie diese »Steine des Anstosses« herunterschleife“, d. h. zuerst den Felskopf „abhobe“ und dann erst mit der „Hohlung“ auch auf der Thalsohle beginne! Sobald aber zugegeben wird, dass der Gletscher gleichzeitig in verschiedenen Niveaux erodire, dann steht die Sache so, dass die Erosion auf der Thalsohle, welche unserer Annahme nach langsamer erfolgen soll, als jene auf dem Felskopf, gegenüber eben jener letzteren einen Vorsprung hat und somit von dieser gewissermassen eingeholt werden müsste. Um nun die Zeit

beurtheilen zu können, deren es hierzu bedarf, müssten wir nicht nur die ursprüngliche relative Höhe des Felskopfes kennen¹⁾, sondern auch die Differenz zwischen der Erosion auf der Höhe des Felskopfes und jener auf der Thalsohle. Es ist möglich, dass dieser Wettlauf sehr lange dauert und schliesslich doch nicht zu Ende geführt wird, weil der Gletscher noch vorher sich zurückzieht. Es ist möglich, dass das Thal inzwischen bedeutend vertieft und von dem Felskopfe noch weit mehr abgeschliffen wurde, ohne dass es jedoch das Eis bis zu seiner völligen, wenn man so sagen darf: relativen Abtragung gebracht hat.

Dass übrigens die Gletschererosion auf der Höhe solch' eines Felskopfes gegenüber derjenigen auf der Thalsohle nicht allzusehr im Vortheil ist, dies geht, abgesehen von allen früher geltend gemachten Umständen, schon daraus hervor, dass die Grundmoräne wohl nur zum allergeringsten Theile über die Höhe des Felskopfes hinweggeschleift wird, sondern zum weitaus grösseren Theile den bequemerem Umweg seitlich um den Felskopf herum machen dürfte. Da nun die Erosion des Gletschereises durch die passive Unterstützung seitens der Grundmoräne sehr wesentlich gefördert wird, die Grundmoräne auf der Höhe der Vorsprünge aber vermuthlich fehlte, oder doch nur in geringerem Masse in der Form von feinem Schleifschlamm und Sand mit nur vereinzelt darin eingestreuten grösseren Geschieben auftrat, so erwächst hieraus ein schwächendes Moment für die Abschleifung des Felskopfes, und wir dürfen deshalb nicht erwarten, dass dieselbe gar besonders rasch vor sich gehe.

Mit Bezugnahme auf die Glacialerosion sind nach all' dem Vorbrachten jene Felsköpfe, welche, „der Bewegung des Gletschers ganz im Wege stehend, erhalten geblieben sind“, gewiss nicht als „Steine des Anstosses“ zu bezeichnen. „Ein Gletscher kann etwaige Unregelmässigkeiten seines Bettes erhalten, conserviren, nicht aber weil er nicht erodirt, sondern weil er seine erodirende Wirkung nicht ausschliesslich auf jenes Hinderniss richtet. So kann einerseits ein Gletscher Unregelmässigkeiten in seinem Bette erzeugen, andererseits solche conserviren.“²⁾

Dass die Schrammen auf den Gletscherschliffen nicht durchaus parallel laufen, sondern sich meist unter mehr oder minder spitzen Winkeln kreuzen und sich nicht selten sogar unter einem Rechten schneiden, ist eine allbekannte Thatsache, welche fast auf jedem Gletscherschliff zu beobachten ist und sich auf die Unregelmässigkeit der Bewegung der einzelnen Grundmoränengeschlebe zurückführen lässt, die in der Moräne beständig wirr durcheinandergedrückt und nebeneinander vorbeigeschoben werden. Deshalb ist es, worauf ja schon Penck³⁾ hingewiesen hat, nicht erlaubt, „sich kreuzende Schrammungsrichtungen auf verschiedene Vergletscherungen, oder auch nur auf verschiedene Phasen ein und derselben Vereisung zurückzuführen“. Nichts-

¹⁾ Aus seiner heutigen Gestalt können wir auf kein mögliches Maximum derselben schliessen, weil wir nicht wissen, inwieweit sein Umfang durch die Glacialerosion verkleinert wurde.

²⁾ Penck, l. c. pag. 340.

³⁾ l. c. pag. 40.

destoweniger kommt Heim wieder (pag. 391) mit dem Einwurfe, dass an einigen Stellen nahe nebeneinander Gletscherschrammen von zwei verschiedenen Richtungen gefunden wurden, „welche verschieden alt sein sollen“. Auf dieses „sollen“ hin wird die positive Behauptung aufgestellt: „Hier war also die zweite Schrammung nicht einmal fähig, die erste ganz zu verwischen!“ Und aus solcher Grundlage schöpft Heim weiters die allgemeine Erkenntniss: „Der Gletscher prägt die Thal- und Berggestalten nicht, er polirt blos die Rauheiten der schon vorhandenen Prägung und nutzt sie im Ganzen sehr wenig ab!“ Heisst das nicht den Versuch machen, das Urtheil des minder orientirten Lesers zu captiviren?

Einen Beweis für die „quantitative Geringfügigkeit der directen Gletschererosion“ glaubt Heim (pag. 391) der Thatsache entnehmen zu können, „dass die Ausflüsse der Gletscher sich in den festen Fels zwischen die geschliffenen Felsflächen tief — einen bis fünfzig Meter und mehr — hineingesägt haben“. Heim vergisst bei dieser Gelegenheit wieder vollständig, dass ein Gletscher an seinem Ende fast bewegungslos ist und daher dort so viel wie gar nicht erodirt, so dass bei diesem Vergleich der Gletscher von Anfang an im Nachtheil ist. Im Uebrigen macht Heim bei anderer Gelegenheit selbst darauf aufmerksam, dass (pag. 387) der Gletscher nicht wie das Wasser nur auf einer schmalen Rinne, sondern auf der ganzen Fläche des Thales arbeite; „das Eis,“ sagt er (pag. 389), „vertheilt seine Wirkung auf eine grosse breite Fläche, der Fluss concentrirt sie auf einen schmalen Weg“. Da nun ein stationärer Gletscher in seinem Querschnitte oberhalb des Endes genau so viel, in der Nähe des Endes aber sogar weit weniger Wasser im festen Zustande bewegt, als der Gletscherbach im flüssigen entführt, so sollte man erwarten, dass dort, wo es sich um die Erweisung der quantitativen Geringfügigkeit der Gletschererosion handelt, doch mindestens die Erosionsleistung der Gletscherzunge auf der ganzen Breite und auf den von ihr berührten Theilen der Seitengehänge des Thales mit derjenigen des Wassers in seiner schmalen Rinne verglichen werde. Aber nicht nur, dass Heim die Erosionswirkung einer grösseren Wassermenge mit derjenigen einer kleineren Eismenge vergleicht, so stellt er ohne die geringste Scheu die Gesamtwirkung jener grösseren Wassermasse dem hundertsten Theil der Wirkung jener geringeren Eismasse gegenüber; und da er bei solchem „Vergleiche“ natürlich findet, dass die grössere Wassermenge auf der hundertmal kleineren Grundfläche „rascher“ gräbt, als der Gletscher auf der seinen, und dass das Wasser in seiner Rinnenvertiefung der Thalvertiefung durch den Gletscher voran eilt, so folgert (!) er ganz allgemein: „Das Wasser gräbt also rascher als der Gletscher, es eilt in der Thalaustiefung (!) dem letzteren weit voran“! Und anstatt diesem Ausspruche, welcher ja in seiner allgemeinen Fassung leicht zu unliebsamen — allerdings für Heim's Anschauung günstigen — Missverständnissen Anlass geben könnte, die erläuternde Bemerkung beizufügen, dass hier das Ganze mit dem Theile verglichen sei, und zwar mit einem äusserst kleinen, anstatt dessen führt Heim jene famose „Ueberlegung“ unter den „Thatsachen“ an, welche — offenbar nur kritikunfähigen Lesern — „die quantitative Geringfügigkeit der directen

Gletschererosion beweisen“ sollen. Nicht Demjenigen (pag. 392), „der ohne vorgefasste Meinung beobachtet“, sondern nur Demjenigen (vergl. pag. 372), der weder über „Bildung des Blickes“, noch über „Beobachtungstact oder Anschauungsgefühl“ verfügt, und dem „vergleichendes Abwägen“ völlig fremd ist, nur Dem zeigen jene Erscheinungen „ganz direct ohne Zwischenschluss“ (!), dass die Flüsse „in ihrer Wirkung den Gletscher stets weit überholen“.

Die Anhänger der Glacialerosion haben schon zu wiederholtenmalen auf die starke Trübung der Gletscherbäche hingewiesen, welche von dem feinen Sand und Schlamm herrührt, der durch die zerreibende und schleifende Thätigkeit der Gletscher erzeugt wird. Auf Grund von Beobachtungen über die Schlamm- und Wasserführung der Aar bei ihrem Austritt aus dem Unteraargletscher, welche seinerzeit von Dollfus-Ausset angestellt wurden, berechnete Penck¹⁾, dass von jedem der 15 Quadratkilometer Bodenfläche, welche der Unteraargletscher bedeckt, jährlich 638 Cubikmeter Gestein abgeschliffen werden, was einer allgemeinen jährlichen Abtragung des Bodens um ungefähr 0.6 Millimeter entspricht. „In 1666 Jahren würde demnach eine 1 Meter starke Schichte entfernt werden, während das Wasser im Gebirge 4125 Jahre²⁾ braucht, um eine gleich dicke Lage zu erodiren. Dabei ist nun ausschliesslich nur der Gletscherschlamm in Betracht gezogen, welcher sich im Wasser suspendirt findet, und das Gerölle, welches mit dem Gletscherbache entführt wird, gänzlich ignorirt — und doch findet sich, dass der Gletscher 2½mal schneller als das rinnende Wasser erodirt.“

Es ist begreiflich, dass dieser Hinweis den Gegnern der Glacialerosion einiges Alptrücken verursachte, denn wenn sie überhaupt ihre Gegnerschaft fortsetzen wollten, so durften sie dieses geltend gemachte Verhältniss nicht stillschweigend übergehen, sondern mussten hierauf — sei es nun berichtend, oder aber maskirend — zu reden kommen. In welcher Weise dies in Heim's Handbuch geschieht, wird man allso gleich ersehen.

Zunächst galt es, das absolute Ausmass der Schlammführung etwas zu schwächen. Dollfus hatte nämlich nur in den Monaten Juli und August beobachtet, also zur Zeit der grössten Schlamm- und Wasserführung. Für diese Zeit ergibt sich aus seinen Beobachtungen nach Heim (pag. 363), dass im Tage bei 1,150.000 Cubikmeter Wasserführung der Schlammtransport circa 163.000 Kilogramm betrage, „was ungefähr 60 Cubikmetern Gneissgranit in zerriebenem Zustande gleichkommt.“ Jeder weiss nun, dass die Gletscherbäche im Winter sowohl weniger getrübt, als auch bedeutend wasserärmer sind, als im Sommer. Man muss also bei einer Schätzung der jährlichen Schlammführung, welche auf jene Beobachtungen gegründet ist, diesen Verminderungen Rechnung tragen.

Penck thut dies in folgender Weise: Er nimmt die mittlere tägliche Wasserführung zu nur 500.000 Cubikmetern an und berechnet auf der Grundlage, dass diese Wassermenge täglich 66.000 Kilogramm Schlamm entführe, die mittlere tägliche Schlammführung des Baches dem

¹⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 202.

²⁾ Nach Heim.

Volumen nach auf 26·4 Cubikmeter, was einer jährlichen Schlammführung von ungefähr 9600 Cubikmetern entspricht. Diese Schätzung verdient gewiss unser Vertrauen, sie ist eher zu gering gegriffen, als zu hoch, und man kann nicht das Geringste an ihr bemängeln; der Vorgang, welcher zu derselben führte, liegt klar und offen vor unseren Augen.

Heim hingegen (pag. 363) begnügt sich einfach damit, zu sagen: „Für das ganze Jahr dürfen wir für den Unteraarbach höchstens einen Transport von Gletscherschlamm entsprechend ungefähr 6000 Cubikmetern Gestein, und dies höchstens gleich $\frac{1}{20000}$ des Wassergewichtes, ansetzen.“ Die näheren Details dieser Schätzung werden uns nicht mitgetheilt; warum die belegte Schätzung Penck's von 9600 auf 6000 Cubikmeter reducirt wird, das wird uns nicht gesagt. Aber selbst wenn wir diese Restrirkung acceptiren und von den 15 Quadratkilometern, welche der Unteraargletscher bedeckt, mit Heim jährlich nur 6000 Cubikmeter Gestein abschleifen lassen, so ergibt dies noch immer eine allgemeine jährliche Abschleifung einer Schichte von 0·4 Millimeter, oder eine Abschleifung von 1 Meter in 2500 Jahren, während doch nach Heim¹⁾ das fließende Wasser im Gebirge hierzu 4125 Jahre benöthigt! Heim wird somit, wie ja Jeder nachrechnen kann, durch seine eigenen Angaben geschlagen.

Aber dass dies eingestanden werden sollte, das wäre freilich etwas viel verlangt. Man geht deshalb dem Hinweis auf die mittlere Abtragung der vom Gletscher bedeckten Fläche gegenüber jener doppelt geringeren Abtragung, welche durch das Wasser im Gebirge bewirkt wird, hübsch aus dem Wege, und versucht, die Aufmerksamkeit des Lesers von diesem Gegenstande ab- und auf andere, wie mich dünkt, etwas ferner liegende Dinge hinzulenken. Sehen wir einmal zu, wie dies seitens Heim's (pag. 364) geschieht.

„Wer die Gletscherbäche im Sommer stets trübe sieht, wenn andere Wasser hell dahinfließen, wer nur bei schönem Wetter im Gebirge herumsteigt, der kann mit Penck durch den momentanen oberflächlichen Augenschein zu dem Irrthum verleitet werden, dass unter den Gletschern eine viel intensivere Erosion stattfindet, als in den nicht vergletscherten Gebieten. Der Gletscherschlamm“ — wird entschuldigend gesagt — „erzeugt durch seine feine Zertheilung eine verhältnissmässig starke optische Wirkung. Allein wer im Gebirge bei heftigem Regenwetter nicht unter Dach geblieben ist, kommt zu ganz anderen Schlüssen. Die nicht vergletscherten Thalsysteme liefern ihr Geschiebe nur periodisch, allein ein einziger Tag Geschiebetransport leistet dann mehr, als die gleiche Grundfläche eines vergletscherten Gebirges in mehreren Jahren zu leisten vermag. Wir besitzen schon eine Menge von Messungen, welche uns beweisen, dass die gewöhnlichen Wildbäche der Alpen, deren Sammelgebiet nur $\frac{1}{10}$ so gross wie dasjenige des Unteraargletschers ist, bei Anschwellungen, wie sie alljährlich wiederholt im normalen Gang der Natur auftreten, in einem oder zwei Tagen 10.000 bis 100.000 Cubikmeter Geschiebe in die Thalfächen hinausführen, und dass Fälle gar nicht selten sind, wo solche Wildbäche in wenigen Tagen 1 und

¹⁾ Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss. Jahrb. d. Schweizer Alpenclub XIV, 1879, pag. 388.

2, sogar 3 Millionen Cubikmeter auf den Schuttkegel und in Hauptflüsse oder Seen werfen. Dazu kommen noch ausserhalb den Wildbachgebieten alljährlich zahlreiche Rutschungen (!), kleinere und grössere Bergstürze (!) von wenigen Tausend bis zu vielen Millionen Cubikmetern.“

Also periodische Wildwasserausbrüche, Schlammströme, Muhren u. dgl., welche ja keine andauernde Erosion, keine weitergehende Exportation, sondern nur eine einmalige „Umladung“ von zumeist bereits „in loco“ vorhandenem Gebirgsschutt bewirken und denselben immer nur bis zu dem nächstgelegenen „Umladeplatz“ verfrachten, woselbst er, wer weiss wie lange! „auf Weiterführen harrend“ liegen bleibt, — solche momentane, katastrophenartige Ereignisse werden der stetigen und allmähigen Erosion gegenübergestellt, welche unter dem Gletschereise vor sich geht! Und dann gar erst ganze Terrainrutschungen und Bergstürze!! Was haben die mit der Erosionsfähigkeit des Gletschereises im Vergleich mit der des fliessenden Wassers zu thun? Führt etwa die Reuss, wenn auch noch so viele Bergstürze von vielen Millionen Cubikmetern und eine noch grössere Anzahl von Wildwasserausbrüchen von derselben Tragweite innerhalb ihres Gebietes niedergehen, deswegen jährlich mehr Schlamm und Geschiebe als nur 200.000 Cubikmeter¹⁾ aus diesem ganzen 825 Quadratkilometer umfassenden Gebiete hinaus, und bewirkt sie deshalb eine allgemeine Abtragung der Gebirgsoberfläche um 1 Meter in weniger als 4125 Jahren? Und ist es denn erlaubt, eine allgemeine und mittlere Erosionsleistung mit einem localen und maximalen Kraftausbrüche oder gar mit Bergstürzen (!) zu vergleichen?

Und abgesehen von dem Allen, wie kommt Heim dazu, der Schlammführung der Gletscherbäche die Schlamm- mehr Geschiebeführung der Wildbäche und Flüsse gegenüberzustellen, und dabei noch so zu thun, als ob den Flüssen bitteres Unrecht geschehe? So sagt er (pag. 365): Für die Reuss bei ihrer Mündung in den Vierwaldstättersee ergab sich als Mittel aus 27 Jahren „allein für grobes, direct an der Mündung bleibendes Geschiebe, abgesehen vom feinen, entfernter sich vertheilenden und zum Theil von Gletschern herührenden Schlamm“ mehr als $\frac{1}{1500}$ Gewichtstheile „gröbere Geschiebe“. „Dies ist ein jährlicher Abtrag von 242 Cubikmetern per Quadratkilometer Sammelgebiet.“ Dies ist aber unrichtig; die betreffenden Angaben müssen vielmehr lauten: weniger als $\frac{1}{1900}$ Gewichtstheile gröbere Geschiebe und demgemäss ein Abtrag von nur 182 Cubikmetern per Quadratkilometer Sammelgebiet.²⁾ Und warum berechnet Heim nicht auf Grundlage jener 6000 Cubikmeter Gestein, welche nach seiner eigenen, sehr knapp bemessenen Interpretation der Dollfus'schen Beobachtungen alljährlich von der 15 Quadratkilometer messenden, eisbedeckten Fläche des Unteraargletschers abgeschliffen werden, mittels einer ganz leichten, einfachen Division, dass dieser letztere hier wirklich allein in Form

¹⁾ Heim, Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss. l. c. pag. 389.

²⁾ Heim, ibid. pag. 388, 389. Bei jenen vorigen im „Handbuche“ wiedergegebenen Angaben ist nämlich, wie in der Originalarbeit ausdrücklich bemerkt ist, „die fein im See zertheilte Schlammmenge“ mit eingerechnet!

von Schleifschlamm und Schleifsand, abgesehen von allen grösseren oder kleineren Grundmoränengeschoben, alljährlich volle 400 Cubikmeter Gestein per Quadratkilometer abträgt? Diese interessante, sich allerdings fast von selbst ergebende Relation wird den Lesern des „Handbuches“ wohlweislich vorenthalten!

Anstatt dessen wird die Schlammführung der Gletscherbäche einer- und die Schlamm- mehr Geschiebeführung der gewöhnlichen Bäche und Flüsse andererseits stets nur mit der bezüglichen Wassermenge hinsichtlich des Gewichtsverhältnisses verglichen, wobei, wie bereits mitgetheilt, für den Unteraarbach ganz willkürlich der „Transport von Gletscherschlamm entsprechend ungefähr 6000 Cubikmetern Gestein höchstens gleich $\frac{1}{20000}$ des Wassergewichtes“ angesetzt wird. Dass diese „Ansetzung“ eine willkürliche ist, geht daraus hervor, dass unter solchen Umständen für das ganze Jahr die mittlere tägliche Wasserführung 838.000 Cubikmeter betragen müsste, was zu der beobachteten täglichen Wassermenge von 1,150.000 Cubikmetern während der heissesten Sommermonate in gar keinem Verhältniss steht.

Ist aber selbst bei richtiger Berechnung das Gewichtsverhältniss zwischen Schlamm- und Wasserführung der Gletscherbäche kleiner als jenes zwischen dem gesammten Geschiebetransport und der Wassermenge der gewöhnlichen Bäche und Flüsse, so ist demgegenüber vor Allem zu bemerken, dass dieses Gewichtsverhältniss gar nicht den Kernpunkt der Sache berührt, weil es ja für den Gletscher vollkommen gleichgiltig ist, ob seine Erosionsproducte, je nachdem er im Vorstoss oder Rückzug begriffen, von einer geringeren oder grösseren Wassermenge erfasst und weitergeführt werden. Nur ein Vergleich der Erosionsproducte mit der Grösse des Sammelgebietes, wie er von Heim seinerzeit bezüglich der Erosion im Gebiete der Reuss zwar gezogen wurde, heute aber bezüglich der in Rede stehenden Beobachtungen umgangen wird, kann einen wirklichen Einblick in die Grösse der Gletschererosion gewähren. Derartige Gruppierungen und Gegenüberstellungen aber, wie sie in allerdings sehr geschickter Weise von Heim in seinem Handbuche versucht werden, können höchstens über die wahren und massgebenden Verhältnisse hinwegtäuschen.

Und wenn diese Gruppierungen und Gegenüberstellungen wenigstens an sich noch richtig wären! Aber nach einleitenden Betrachtungen über den Schlammgehalt von Gletscherbächen kommt Heim zum Vergleich mit dem gesammten Geschiebetransport von Flüssen, von „gewöhnlichen“ Wildbächen und von ausserordentlichen, verheerenden Wasserstürzen angerückt, ja er ruft sogar Terrainrutschungen und ganze Bergstürze zu Hilfe, und meint vermuthlich unter den letzteren die Lehre von der Glacialerosion für immer zu begraben. Schon früher, als von dem Einschneiden der Gletscherbäche in den Felsgrund unter den Gletschern die Rede war, haben wir gesehen, dass Heim mit besonderer Vorliebe Ungleiches einander gegenüberstellt, und nun ertappen wir ihn wieder bei einem ähnlichen Versuche. Zum zweiten Male tritt uns Heim als ein Streiter entgegen, der sich auf einen bestimmten Waffengang nicht einlässt, und der, wenn er vom Gegner dennoch auf eine genau bezeichnete Waffe gefordert und mit derselben gestochen wird, nicht mit der entsprechenden Waffe

parirt, sondern immer gleich mit seinem ganzen schweren Rüstzeug dreinhaut. Das wäre freilich ein ungleicher Kampf, aber zum Glück bleibt er nicht ohne Zeugen. Es sind Secundanten da, welche ihn verhindern.

In dem eben behandelten Falle begnügt sich aber Heim nicht einmal damit, das Ganze mit dem Theile zu vergleichen, sondern er geht so weit, in ungeschminkter Weise den Theil mit dem Ganzen zu vertauschen, indem er — nachdem einerseits von dem gesammten Geschiebetransport der Bäche und Flüsse, jedoch andererseits stets nur von dem Schlammgehalt der Gletscherbäche die Rede war — plötzlich in einem zusammenfassenden und gesperrt gedruckten, die besondere Aufmerksamkeit des Lesers herausfordernden Satze verkündet: „Der Geschiebe- und Schlammtransport der Gletscherbäche ist also sehr viel geringer, geradezu verschwindend gegenüber demjenigen der gewöhnlichen Bäche und Flüsse“! Wenn solch' ein Vorgang in der Wissenschaft erlaubt wäre, dann könnte man allerdings fast Alles plausibel machen, was man will.

„Freilich,“ sagt Heim in einem Nachsatze, „drückt der Schlamm des Gletscherbaches nicht den gesammten Geschiebetransport durch den Gletscher aus“.

Also nicht aus Verschen, sondern mit gutem Vorbedacht ist Heim bei dem oben citirten Ausspruche zu Werke gegangen. Und nun wird das Aergste geleistet, was ich in ähnlicher Beziehung überhaupt für möglich halte.

„Es kommt noch die sich allmählig häufende Endmoräne und Geschiebe derselben hinzu, das als gröberes Material vom Gletscherbach transportirt wird. Allein gerade auf den steten, aber, wie wir gesehen haben, hundertmal geringeren Schlammtransport haben Diejenigen vielfach sich gestützt, welche die Eiscrosion für kräftiger als Wassererosion erklären wollten.“

Das geht nun doch schon über alle Grenzen! Erstens die mehr als sonderbare Ansicht, dass deswegen, weil die Anhänger der Glacialerosion auf die bedeutende Schlammführung der Gletscherbäche hingewiesen haben, es erlaubt sei, von der Geschiebeführung bei Berechnung der Grösse der Gletschererosion ganz abzusehen, sie als gar nicht existent zu betrachten, in dem Resumé jedoch anstatt „Schlammführung“ einfach ohneweiters zu sagen: „Geschiebe- und Schlammführung“ und daraufhin weitere Schlüsse zu ziehen, so, als ob man es wirklich mit der gesammten Erosionsleistung des Gletschers zu thun habe. Zweitens aber der sophistische Versuch, die falsche Aussage durch ihre eigene Fehlerhaftigkeit zu stützen, indem in der Beschönigung derselben nochmals von dem „wie wir gesehen haben hundertmal geringeren Schlammtransport“ gesprochen wird. Was wir gesehen haben, das ist nunmehr wohl klar, und ich brauche es deshalb nicht erst in Worte zu fassen.

„Die allgemeinen, für Erosion und Abwitterung bezeichnenden grossen Gestalten der Gebirgsthäler finden sich ungestört auch da wieder, wo die ganze Oberfläche mit Gletscherschliffen bedeckt ist.“ Dieser

Umstand im Vercine mit der Beobachtung, dass die Gletscher „so exact“ den „complicirten Thalformen sich anschmiegen“ und durch dieselben „in lebhaftem Wechsel hier zu Stauung und Einengung, dort zum Zerreißen und Stürzen, dann wieder zur Umkrümmung oder Zertheilung gezwungen und »gequält« werden“, wird von Heim (pag. 396) ebenfalls als ein Beweis für die quantitative Geringfügigkeit der directen Gletschererosion betrachtet. Nun sehen wir aber auch die Flüsse genau den Windungen des Thales folgen, wir sehen sie in Engpässen Stromschnellen und Katarakte bilden, und über Abstürze als Wasserfall herniederschliessen, wir sehen sie auf ebener breiter Fläche ruhigen, trägen Laufes dahinschleichen. Und doch stellt heute Niemand die erodirende Thätigkeit der Flüsse in Abrede, ganz allgemein ist man vielmehr der Ansicht, dass die Flüsse es sind, denen die Thäler ihr Dasein verdanken. In ihrer momentanen Erscheinungsweise abhängig von der Beschaffenheit des Bettes, in dem sie fliessen, sind sie doch sehr wohl im Stande, dasselbe zu verändern, zu gestalten; es spiegelt sich in dem Flusse jeweils die Natur seines Bettes, trotzdem er sich dieses durch eigene Thätigkeit geschaffen.

„Was für den Fluss der Schaum, bedeuten für den Gletscher die Spalten.“ Also lässt sich Heim auf pag. 173 seines Handbuches vernehmen. Und in weiterer Ausführung dieses Vergleiches sagt er (pag. 203): „Ueberblickt man verschiedene Gletscher aus einer gewissen Höhe, so springt die nahe Beziehung der Zerklüftung zu der Thalbettgestalt und der Mächtigkeit des Eisstromes sofort in die Augen. Hierbei treffen wir auf weitere Analogien mit den strömenden Flüssigkeiten, indem die Zerspaltung für den Gletscher das Gleiche bedeutet, was Aufschäumen für das bewegliche Wasser.“ Und weiter (pag. 205): „Wie ein Fluss stets an derselben Stelle aufschäumt, so öffnen Firn und Gletscher stets an derselben Stelle ihre Spalten und schliessen sie nachher wieder. Ruhige und zersplitterte Oberflächen sind das constante unveränderliche Abbild der Unterlage.“ „Das Spaltensystem, wie der Schaum am Sturzbach, entsteht ununterbrochen und vergeht ununterbrochen wieder.“

Aus diesen Aussprüchen geht wohl auf das Deutlichste hervor, dass Heim ganz darüber im Klaren ist, wie ein Gletscher in Betreff der Abspiegelung seines Untergrundes in seiner Oberfläche sich eben nicht anders verhalte, wie ja auch ein Fluss, und wir müssen darob erstaunen, dass man mit der Zumuthung an uns herantritt, dieselbe Eigenschaft, welche an Flüssen unbeschadet ihrer erodirenden Thätigkeit erkannt wird, bezüglich der Gletscher als einen Beweis ihrer Erosionsunfähigkeit zu erachten.

Es wäre auch nicht leicht begreiflich, wie denn die Beziehung zwischen Thal und Gletscher überhaupt eine andere sein könnte, als eben jene, dass der Gletscher überhaupt ganz genau der Form des Thales sich anschmiegt, in welchem er sich befindet. Denn die Thalform ist gegeben, sie war schon lange da, bevor der Gletscher kam, und wurde von demselben im Grossen und Ganzen nur wenig verändert. Der Fels ist starr, der Gletscher aber fliesst — nichts ist natürlicher, als dass er das Thal erfüllt, soweit er reicht, und sich der Form desselben

anschmiegt. Verengt sich das Thal, so wird auch der Gletscher zu einer Verengung gezwungen, ebenso wie der Strom im selben Falle zur Stromschnelle; bildet das Thal eine Stufe, so wird der Gletscher hierdurch zur Zerschwindung genöthigt, er bildet einen Eissturz, sowie der Fluss in gleicher Lage in einen Wasserfall sich verwandelt; und ist die Sohle des Thales breit und flach, dann ist auch die Oberfläche des Gletschers einförmig und eben, wiederum genau so wie beim strömenden Gewässer, welches ja unter ähnlichen Verhältnissen gleichfalls einen ruhigen wellenlosen Spiegel bildet. Wie sollte es denn anders sein?

Wir müssen es daher ohne weiters als gegenstandslos zurückweisen, wenn Heim (pag. 396) an die Mittheilung dänischer Forscher, dass die Oberfläche des grönländischen Binneneises ein sehr veränderliches Aussehen habe, in welchem sich deutlich die Natur des Untergrundes abspiegelt, seinerseits die Frage knüpft: „Warum spiegelt sich nicht vielmehr in den Thälern die Natur der Gletscher ab?“ Wenn aber Heim — nicht etwa im ungestümen Eifer lebhaft erregter privater Discussion, sondern öffentlich vor aller Welt — noch zu der weiteren Frage sich hinreissen lässt: „Warum müssen die Thäler sich nicht umgekehrt den Gletschern fügen, wenn doch die letzteren die Kraft haben sollen, tiefe Seebecken, d. h. Thäler, auszuhobeln?“ so kann es uns angesichts dieses Ausspruches nur Wunder nehmen, wenn der Autor desselben von Anderen sich äussert, dass sie sich zu Behauptungen versteigen. Im Uebrigen aber nehmen wir es zur Kenntniss, dass Seebecken und Thäler von nun an nach der Auffassung Heim's als identische Begriffe zu gelten haben.

Wir sind mit der Betrachtung der Einwendungen, welche Heim der Lehre von der Glacialerosion entgegenstellte, so ziemlich zu Ende, und sind hierbei auf nichts gestossen, was uns irgendwie Veranlassung geben könnte, jene Lehre zu verlassen. Im Gegentheile, wir haben im Verlaufe der Discussion mehrfach Gelegenheit gehabt, unsere Anschauung zu kräftigen und zu stärken, weil wir nicht nur allzeit sahen, dass die einzelnen Erscheinungen, welche als Indicien gegen die Glacialerosion gedeutet wurden, mit derselben vielmehr im besten Einklange stehen und sich sehr wohl mit ihr vertragen, sondern weil wir auch manche Umstände erkannten, welche einzig und allein unter der Annahme einer glacialen Erosion erklärlich werden; so z. B. die grosse Mächtigkeit der Grundmoränen eiszeitlicher Gletscher, das Vorkommen aufgearbeiteten Materials in denselben, welches direct dem Untergrunde entnommen wurde u. s. w. Wir haben uns ferner davon überzeugt, dass die Grundmoräne überhaupt zum grössten Theile durch solche Aufarbeitung des Untergrundes erzeugt werde, und dass kein physikalisches Bedenken der Möglichkeit einer derartigen nicht unansehnlichen Glacialerosion im Wege steht; weiters, dass insbesondere jene für die Theorie der glacialen Seebildung so wichtige Fähigkeit des Eises, sich local auch aufwärts bewegen zu können, durch Beobachtungen über die Verbreitung der erraticen Geschiebe sich als eine unbestreitbare Thatsache herausgestellt hat. Auch Heim hält eine locale Aufwärtsbewegung des Eises für erwiesen.

Diese letztere Anschauung ist indessen immer noch nicht allgemein verbreitet, und es gilt hier noch manches alte Vorurtheil zu brechen. Irving¹⁾ z. B. erachtet die Beobachtung, dass ein vordringender Gletscher den Boden vor sich aufwühle, für einen Beweis, dass derselbe nicht die Macht habe, über ein Hinderniss, welches ihm im Wege steht, hinweg zu fließen; er kann also auch aus Höhlungen nicht aufwärts fließen und deshalb auch keine Becken erzeugen! Auch Leipoldt drückt in der zweiten Auflage der „Physischen Erdkunde“²⁾ noch immer den aus Peschel's Problemen³⁾ herübergenommenen Satz ab: „Man ersann mechanisch unmögliche Lehren, indem man annahm, dass sich Gletscher auch an Abhängen hinaufbewegen könnten.“ In einer trogförmigen Einsenkung, wie sie durch ein Seebecken repräsentirt wird, muss nach Leipoldt⁴⁾ „in der Tiefe gar bald Unbeweglichkeit eintreten, worauf der obere, noch bewegliche Theil des Gletschers über den unteren, ruhenden hinwegschreitet!“ Von demselben Autor erfahren wir übrigens auch⁵⁾, dass das Geröll, welches von der Oberfläche des Gletschers „durch die zahlreichen Spalten auf den Grund hinabfällt und sich so zwischen dem Eise und dem Felsbette einkeilt“, dieses letztere „gegen die erodirende Kraft des Gletschers schützt“. Des Weiteren wird behauptet⁶⁾: „Die fast durchgängig eckige Gestalt (!) der Stoffe, aus welchen die alten, wie die neueren Moränen gebildet sind, ist ein sicherer Beleg dafür, dass dieselben zum grössten Theil von oben her auf die Gletscher gefallen und nicht auf der Sohle derselben weiter bewegt worden sind. Wäre dies geschehen, so würde ihre Form abgerundet, ihre Oberfläche gekritzelt worden sein, wie dies von allen denjenigen Gesteinstücken gilt, welche auf dem Grunde des Gletschers liegen.“ Aus diesen und ähnlichen Aussprüchen geht hervor, dass Leipoldt in der Glacialgeologie so wenig orientirt ist, dass man von einer wissenschaftlichen Erörterung seiner diesbezüglichen subjectiven Anschauungen füglich Umgang nehmen muss. Es ist nur zu bedauern, dass solche Behauptungen, welche direct den thatsächlichen Verhältnissen widersprechen, in einem weitverbreiteten Lehrbuche niedergelegt sind, da sie dort gewiss nicht verfehlt werden, falsche Meinungen zu nähren oder zu erwecken. Es wäre überhaupt zu wünschen, wenn die Verfasser mancher erst in neuerer Zeit begründeter physikalisch-geographischer und geophysikalischer Lehrbücher in Anbetracht des Einflusses, welchen ja jedes Lehrbuch auf einen grösseren Leserkreis ausübt, in noch offenen Streitfragen mit einer apodictischen Entscheidung über dieselben — sei es nun im günstigen oder ungünstigen Sinne — etwas mehr zurückhalten würden. Ein Lehrbuch soll nicht den Ausfluss subjectiver Anschauungen des Verfassers bedeuten, es soll auch nicht den Bedürfnissen der Mode entspringen, sondern höhere, allgemeinere Zwecke verfolgen. Dort, wo Fragen noch ihrer Lösung harren,

¹⁾ On the Mechanics of Glaciers, with especial Reference to their supposed Power of Excavation. Quart. Journ. Geol. Soc. London. XXXIX, 1883, pag. 69.

²⁾ Leipoldt-Peschel, Physische Erdkunde. II. Aufl., I. Bd., Leipzig 1884, pag. 519.

³⁾ Neue Probleme der Vergleichenden Erdkunde. II. Aufl., Leipzig 1876, pag. 19.

⁴⁾ l. c. pag. 518.

⁵⁾ l. c. pag. 511.

⁶⁾ l. c. pag. 512.

wo die Meinungen Derjenigen, welche sich selbst mit der Untersuchung derselben befassen, noch getheilt sind, haben Jene, welche solchen Untersuchungen mehr oder minder ferne stehen, schon ganz und gar kein Recht, dem ausstehenden Schiedsspruche der Wissenschaft vorzugreifen und den Versuch zu machen, ihrer persönlichen Wohlmeinung allgemeine Geltung zu verschaffen. Wenn z. B. Günther von den 1088 Seiten seines zweibändigen Lehrbuches¹⁾ 2, sage im Ganzen zwei Seiten der Besprechung der Glacialerosionsfrage widmet und hernach an späterer Stelle²⁾ lehrt, dass auf jenen beiden Seiten „die sehr geringfügige Bedeutung dieses Erosionsfactors“ „erkannt“ wurde, so heisst das doch die zahlreichen und gewiss hochachtbaren Forscher, welche durch eigene Untersuchungen in dieser gegenwärtig noch offenen Frage der gegentheiligen Ansicht sind, geradezu ignoriren! Im Uebrigen ist Günther nur darum zu beneiden, dass es ihm gelingt, den Leser auf dem Raume zweier Seiten über die Glacialerosion zu orientiren und ihn in den Stand zu setzen, sich sein eigenes Urtheil über dieselbe zu bilden. Unklare Vorstellungen sind hierbei freilich nicht zu verkennen, wir haben dies schon früher bemerkt und wollen nur noch das Eine hervorheben, dass es Günther „ungleich wahrscheinlicher“ vorkommt³⁾, „dass ein spitzer Stein, der in die unterste Schicht eines Gletschers eingebacken ist, sobald er an ein »ernstere« Hinderniss gelangt, sich in die plastische Masse des Eises, als dass er sich in den harten Untergrund einbohren werde“. Günther scheint also zu glauben, dass die Anhänger der Glacialerosion diese letztere durch vereinzelte spitze Steine erfolgen lassen, welche in das Eis eingebacken sind, und weiters, dass sie jene Erosion in der Art sich vorstellen, dass die genannten spitzen Steine sich in den harten Untergrund unter dem Druck des Eises „einbohren“. Wo wurde denn jemals eine solche Ansicht geäußert? Sollte Günther jedoch dem entgegen wollen, dass jene Aeusserung ja nicht so wörtlich zu nehmen sei, so könnte man dies allenfalls noch Fachgenossen gegenüber gelten lassen, nicht aber mit Rücksicht auf die weiteren Kreise, für welche ein Lehrbuch bestimmt ist. Denn Derjenige, welcher sich selbst erst über das Wesen der Glacialerosion unterrichten will, wird durch den citirten Ausspruch Günther's ganz gewiss zu der oben angedeuteten irrthümlichen Meinung über die unter den Anhängern der Glacialerosion herrschenden Anschauungen verleitet werden. Vor nichts aber sollte sich eine objective Berichterstattung mehr behüten, als vor dem Anlasse, in dem unbefangenen Leser möglicherweise irrigere Meinungen über gegnerische Vorstellungen zu erwecken.

Wie es möglich ist, bisher noch unentschiedene Streitfragen in objectiver Weise zu behandeln, können Leiboldt und Günther aus Supan's Lehrbuche⁴⁾ erfahren.

Was die Streitfrage nach der Glacialerosion betrifft, so ist wohl nicht zu verkennen, dass sich dieselbe nunmehr bereits in dem letzten

¹⁾ Lehrbuch der Geophysik und Physikalischen Geographie. Zwei Bände. Stuttgart 1884, 1885.

²⁾ Ibid., pag. 632.

³⁾ Ibid., pag. 558.

⁴⁾ Grundzüge der Physischen Erdkunde. Leipzig 1884.

Stadium vor der Entscheidung befindet, und wie diese letztere ausfallen werde, hierfür liegen bereits verschiedene Anzeichen vor. Eines der deutlichsten ist wohl jenes, dass alle Diejenigen, welche in neuester Zeit sich mit glacialgeologischen Forschungen in den Nordalpen befasst haben, sich durch ihre Beobachtungen zu der Annahme einer glacialen Erosion veranlasst sahen. Penck eröffnete den Reigen mit seinem vielgenannten Werke über „Die Vergletscherung der Deutschen Alpen“; ihm folgte Blaas¹⁾, welcher anfangs der Glacialerosions-Theorie als Gegner gegenüberstand und erst im Verlaufe seiner Beobachtungen zum Anschluss an dieselbe sich gezwungen sah; sein Zeugniß ist deshalb von ganz besonderem Werth. Desgleichen wurden von Brückner²⁾ im Gebiete des alten Salzachgletschers Werke der Glacialerosion erkannt, und auch die vorliegenden Untersuchungen in den Thälern der Enns und Steyr haben einen ähnlichen Befund ergeben. Eingehende Forschungen in den Karpathen und in den Mittelgebirgen Deutschlands haben auch Partsch³⁾ zu der Erkenntniß von Gebilden der Glacialerosion geleitet.

Demgegenüber finden sich die Gegner der Glacialerosion meist unter den Kennern der heutigen Gletscher, und die Einwendungen, welche von dem Hauptvertreter derselben vorgebracht wurden, sind, wie wir gesehen haben, solcher Art, wie sie nur als letzter Versuch zur Rettung einer bereits halbverlorenen Sache gemacht werden können. Nicht Einen jener Einwände haben wir als stichhaltig erkannt, wir haben vielmehr nachgewiesen, dass dieselben zum Theil auf Widersprüchen, zum anderen Theil auf unrichtigen und unbilligen Vergleichen beruhen, oder aber aus unlogischen Schlüssen und aus Verallgemeinerungen und Ueberschätzungen specieller localer Vorkommnisse abgeleitet wurden; wenn man aber schon einmal zu solchen Mitteln zu greifen sich genöthigt sieht, dann muss es bereits schlecht um die eigene Sache bestellt sein.

Sehr bezeichnend für den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Glacialerosion ist ferner der Umstand, dass selbst Heim, den wir ja im Vorigen an Hand seiner eigenen Aussprüche als den anscheinend unversöhnlichsten Gegner jener Theorie kennen lernten, und der auf der einen Seite nicht das Geringste von der Glacialerosion wissen will, auf der anderen Seite doch bereits in fast unmerklicher Weise etwas einzulenken beginnt und z. B. (pag. 386) zugibt, dass die Möglichkeit einer Ausschleifung von seichten Mulden durch die Gletscher, selbst in festem Gestein, „theoretisch nicht abweisbar ist, und dass ein so weit gehender gradueller Unterschied von dem bisher Beobachteten nach Mächtigkeit und Zeit der Vergletscherung nicht von vorneherein als unmöglich bezeichnet werden kann“. Noch reservirter verhält sich der Ausdruck seiner Gegnerschaft auf pag. 400, woselbst — abgesehen davon, dass eine so grossartige

¹⁾ Ueber die Glacialformation im Innthale. I. Sep.-Abdr. aus der Zeitschr. d. Ferdinandeums. IV. Folge, 29. Heft. Innsbruck 1885.

²⁾ Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Mitthlg. d. Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins. 1885, pag. 21—22 (Vorläufige Notiz).

³⁾ Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882.

Erosionsleistung, wie „allmähliges Ausfegen einer Schuttmasse aus einem Thal durch Gletscher“, „nicht für unmöglich gehalten wird“¹⁾ — sogar „etwelche Thalverbreiterung bei wenig tiefen Thälern in locker sandigen Gesteinen“ als „denkbar“ erklärt, und selbst die Hypothese des „Ausschleifens von grösseren Seebecken in Fels durch Gletscher“ noch „weiterer Prüfung werth“ erachtet wird. Es ist ein tröstlicher Gedanke für die Anhänger der Glacialerosionstheorie, dass bisher noch nicht einmal Heim, so grimmig er auch thut, gänzlich den Stab über dieselbe gebrochen hat, und dass er weitere Forschung auf diesem Felde nicht von vorneherein als unnütze und verlorene Arbeit bezeichnet.

Die Anhänger der Glacialerosion haben zu wiederholten Malen mit Nachdruck betont, dass sie in den Thälern keine Producte der Glacialerosion erkennen, sondern dass die Gletscher trotz ihrer absolut bedeutenden Erosion in Folge ihres vorübergehenden Bestandes nur einen relativ geringen Einfluss auf die Gestaltung der Thäler auszuüben vermochten, der sich zumeist in dem zahlreichen Auftreten von Seebecken in ehemals vergletschert gewesenen Gebieten äussert.

„Die Alpenthäler,“ sagt Penck²⁾, „erscheinen uns in ihrer heutigen Gestaltung lediglich als ein Werk der Erosion, wenn wir auch weit davon entfernt sind, ebenso wie Heim, den Einfluss zu unterschätzen, welchen eine ehemalige, jetzt freilich ganz verwischte, durch die Gebirgsfaltung bedingte Bodenconfiguration auf ihren Verlauf ausgeübt hat. Wasser und Eis haben diese Thäler ausgehöhlt. Wenn wir nun vergleichen wollen zwischen dem, was durch das Wasser, und dem, was durch das Eis erodirt worden ist, so müssen wir dem Wasser die Bildung der Thäler zuschreiben, dem Eise hingegen nur eine im Allgemeinen unbeträchtliche Ausweitung derselben, sowie locale beckenförmige Einsenkungen. Das Werk des Wassers erscheint als das weit bedeutendere. Es ist leicht ersichtlich, warum dies so sein muss. Seitdem die Alpen als Gebirge aufragten, hat das Wasser unablässig an ihrer Abtragung durch Erosion und Denudation gearbeitet. Es wirkte jedenfalls schon während der Faltung des Gebirges. Erst nachdem die Thäler bereits ihre heutigen Züge gewonnen hatten, entfalteten sich mehrmals gewaltige Eismassen, um in eigener Art an der Weiterbildung der Thäler zu arbeiten. Dies waren aber nur kurze, schnell vorübergehende Phasen in der Geschichte der Thäler, gering daher auch ihre Werke. Unablässig wird an deren Zerstörung gearbeitet; bald werden die Seen ausgefüllt oder trocken gelegt sein. Sie sind nur vorübergehende Erscheinungen in der Thalbildung, vorübergehend wie die Ursachen, denen sie ihren Ursprung verdanken.“

So spricht Penck, welcher von Heim mit dem Kosenamen eines „extremsten Enthusiasten für Gletschererosion“ belehnt wird.

¹⁾ Da nach Heim (pag. 380) die Grundmoräne skandinavischer und grönländischer Gletscher nur durch „allmähliges Ausfegen alten Schuttes von den jetzt vergletscherten Hochflächen oder Thälern“ erklärt werden kann, so ist obiger Ausspruch nur als ein Zugeständniss aufzunehmen, welches er sich selbst macht.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, pag. 425.

Man erinnert sich, dass Tyndall seinerzeit die Hypothese aufstellte, dass die Alpenthäler ein Werk der auspflügenden Thätigkeit der Gletscherströme seien. Seit dem Jahre 1872 ist Tyndall auf diese seine Ansicht nicht mehr zurückgekommen, und wie Züppritz¹⁾ vermuthet, ist es zweifelhaft, ob er sie noch in ähnlichem Umfang wie früher zu vertreten geneigt ist. Die Anschauung Tyndall's wurde sofort nach ihrem ersten Auftauchen von Ramsay²⁾ in bestimmtester Weise widerlegt und hat niemals eine weitergehende Verbreitung gefunden.

Als Heim bei früherer Gelegenheit³⁾ sich mit der Glacialerosionstheorie befasste und Ramsay und Ball als Anhänger der Ansicht von der Aushöhlung der Thäler durch Gletscher bezeichnete, da wurde er von Penck⁴⁾ darauf aufmerksam gemacht, dass ja Ramsay im Gegentheile sich stets ganz entschieden gegen jene Hypothese ausgesprochen habe, und dass nun Ball schon ganz und gar zu den ersten und eifrigsten Gegnern der Glacialerosion überhaupt gehöre. Es wurde Heim unter Einem von Penck bedeutet, dass Tyndall mit seiner Anschauung vereinzelt dastehc, und dass die Thäler nach der Ansicht der Glacialgeologen nicht die Werke der erodirenden Thätigkeit der Gletscher seien; „sie sind die ihnen vorgezeichneten Bahnen.“

Man sollte meinen, dass Heim nach solchen Aufklärungen über die Anschauungen der Glacialgeologen besser unterrichtet sei, und dass es ihm hierdurch klar geworden, dass die Thalausschürfung mit jenen Anschauungen nichts zu thun habe. Man durfte erwarten, dass er nunmehr bei seinem Kampfe gegen die Glacialerosion sich auf jene gegnerischen Ansichten beschränke, welche wirklich bestehen, und nicht auf Dinge zurückkomme, die längst abgethan und für immer begraben sind. Was thut nun Heim in seinem Handbuche? Er lässt zwar, wie natürlich, die Namen weg, rechet aber noch immer mit jener Thalaushöhlungshypothese und kämpft gar heftig gegen dieselbe an, die längst schon von Anderen widerlegt wurde und nie eine weitere Verbreitung gefunden hatte! Und was soll das heissen, wenn Heim durch Aussprüche, wie die folgenden: „Wenn der Gletscher nicht einmal solche einzelne Klippen zu bewältigen vermag, wie soll er Thäler und Seebecken gehöhlt haben?“ (pag. 394), oder — uns bereits bekannt —: „Warum müssen die Thäler sich nicht umgekehrt den Gletschern fügen, wenn doch die letzteren die Kraft haben sollen, tiefe Seebecken, d. h. Thäler, auszuhobeln?“ (pag. 396), — wenn er durch solche und ähnliche Auslassungen in dem Leser die Meinung erweckt, dass in der That heute noch die Aushobelung von Thälern vielfach den Gletschern zugeschrieben werde! Ein solcher Vorgang, durch welchen der unbefangene Leser über die herrschenden gegnerischen Anschauungen irre geleitet wird, muss zum Mindesten als partiisch bezeichnet werden.

¹⁾ Die Fortschritte der Geophysik. Geogr. Jahrb. X, 1885, pag. 28.

²⁾ The Excavation of the Valleys of the Alps. Phil. Mag. IV. S. XXIV, 1862, pag. 377.

³⁾ Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. I. Bd. Basel 1878, pag. 251. — Ueber den Antheil der Gletscher an der Bildung der Thäler. Vierteljahrsschrift d. Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 1875, pag. 206.

⁴⁾ l. c. pag. 332.

Es sei also Heim zur Beachtung für künftige Fälle nochmals wiederholt, dass nach dem heutigen Standpunkte der Glacialgeologie die Thäler nicht als eine Erosionsbethätigung der Gletscher zu gelten haben, und es sei ferner der Hoffnung Ausdruck verliehen, dass Heim, wenn ähnliche Aussprüche inzwischen erst noch mehrmals wiederholt sein werden, einstmals vielleicht doch sich dazu bewogen fühlen werde, seine Gegnerschaft auf bestehende Ansichten zu beschränken, und dass er alsdann auch davon Abstand nehmen werde, das Ansehen einer Theorie — sowie auch dasjenige der genannten und ungenannten Vertheidiger derselben — durch die fortgesetzte Bekämpfung längst abgethaner und vereinzelt dagestandener Uebertreibungen derselben zu schmälern.

Die Anschauungen der heutigen Glacialgeologie gegenüber dem Verhältniss zwischen Thal und Gletscher sind durch den oben mitgetheilten Ausspruch Penck's¹⁾ scharf und deutlich präcisirt worden. Die erodirende Thätigkeit der alten Gletscher äusserte sich nicht in der Bildung von Thälern, sondern beschränkte sich auf eine Ausweitung und Vertiefung der bereits gegebenen Formen. Auf diese Art entstanden aus den obersten Thaltrichtern jene eigenartigen Muldenformen, denen wir in allen alten Gletschergebieten unter den Bezeichnungen: „Kare“, „Cirques“, „Botner“, „Coombs“, „Oules“ u. s. w. begegnen. Wird deshalb von der glacialen Entstehung dieser Hohlformen gesprochen, so bezieht sich dies nicht auf den ganzen Hohlraum als solchen, sondern nur auf dessen muldenähnliche Form, welche ja das Wesen der eben vorgeführten Begriffe ausmacht. Jeder Thaltrichter, welcher in den Gebirgskamm einschneidet, ist ein Hohlraum, aber nicht jeder Hohlraum, welcher den Anfang eines Thaies bildet, ist ein Kar. Das Kar ist ein viel engerer Begriff, es ist aus einem bereits früher bestandenen mehr oder weniger trichterförmigen Hohlraum durch glaciale Ausschleifung und theilweise Ausebnung seines Grundes entstanden.

In den Thälern selbst haben sich die Gletscher vielfach darauf beschränkt, die mächtigen Schottermassen zu entfernen, welche während des Herannahens der Vereisung von den Flüssen abgelagert wurden; sie haben diese Arbeit rascher und vollständiger verrichtet, als an Orten, wo sie nicht thätig waren, das Wasser; dass ihr Einfluss auf die Thalgestaltung kein bedeutender war, dass sie die Thäler nicht wesentlich vertieft haben, dies ist nicht eine Folge von Mangel an Kraft, sondern eine Folge zu kurzer Einwirkung derselben. Gegenüber der Thätigkeit des Wassers war diejenige des Eises zeitlich beschränkt und räumlich entfaltet; beide Umstände wirkten zusammen und wurden so zum Anlass, dass wir heute in den Thälern vor Allem Wirkungen des fliessenden Wassers, nicht aber solche des Gletschereises erkennen.

Das wichtigste Erosionsproduct der alten Gletscher sind die Seen. Wie die Kare und Botner, so kehren auch die Seen in allen Gletschergebieten wieder; Kare und Seebecken sind die „orographischen Leitfossile“ der alten Gletscher. Aber nicht alle Seen verdanken glacialer Thätigkeit ihren Ursprung, es gibt auch andere Factoren, welche eine Seebildung bewirken können. Es ist deshalb der glaciale Ursprung erst

¹⁾ Siehe pag. 605.

für jeden einzelnen Fall zu erweisen. Für manche Seen ist dieser Nachweis mit grosser Schärfe geliefert worden. Wenn z. B. bei den grossen oberbayerischen Seen gezeigt wurde, dass dieselben in die Glacialschotter eingesenkt sind, deren Ablagerung der letzten Vereisung vorausging, so ist die glaciäre Entstehung derselben so gut wie bewiesen. Man hat versucht, die Bildung dieser Seen und ihre Einbettung in horizontal gelagerte Schottermassen in der Art zu erklären, dass man sagte, es könnten zur Rückzugsperiode der alten Gletscher „leicht“ grosse Massen von Eis von dem eigentlichen Gletscher sich abgelöst haben und zu „halben Gletschern“, zu „totden Gletschern“ geworden sein; diese wurden von Schutt umlagert und haben nachher nach ihrem Schmelzen die Seebecken gebildet. Heim zieht es (pag. 542) vor, hieran, als an ein „local launenhaftes“ Auskolken des Gletschers, zu denken.

Aber abgesehen davon, dass ja die Abtrennung solcher grossen Eispartien überall dort, wo wir heute ähnliche Seen finden, gewiss nicht minder „local launenhaft“ wäre, und die „Laune“ des Gletschers eben nur in einer anderen Weise zur Aeusserung käme; abgesehen ferner davon, dass es überhaupt nicht recht begreiflich ist, wie und warum sich so ungeheure Eiskörper während des Rückzuges der Vergletscherung von dem Hauptgletscher losgelöst haben sollten, wie sie nöthig wären, um nicht nur die heute noch mit Wasser erfüllten Theile, sondern um die ganzen „centralen Depressionen“ zu erklären; abgesehen hiervon ist jener Erklärungsversuch für die vorliegenden Fälle schon deswegen als unmöglich von der Hand zu weisen, weil die Schotter, welche jene Seebecken in höherem Niveau umschliessen, älter sind als die Becken selbst, während sie anderenfalls jünger sein müssten als diese. Dass die Schotter älter sind als die Becken geht aber daraus hervor, dass nicht nur auf ihrer Oberfläche, sondern auch an ihren erodirten Abhängungen bis unter den Seespiegel hinab Moränen auftreten. Während des Rückzuges der Vereisung fand also hier überhaupt keine Schotterablagerung mehr statt, daher konnten die Seen auch nicht durch Umbettung „todter“ Eisklumpen während des Schwindens der Vergletscherung entstanden sein.¹⁾ Diese Verhältnisse wurden von Penck²⁾ ausführlich erörtert, und ich würde es deshalb nicht begreiflich finden, wenn man hinsichtlich der in Rede stehenden oberbayerischen Seen an jene Erklärung denken wollte. Noch unbegreiflicher erscheint es mir jedoch, wie Heim (pag. 542) ohneweiters behaupten kann, dass hinsichtlich der Ausschüfung von Seebecken durch Gletschererosion „die sämtlichen, auch in neuester Zeit dafür gegebenen »Beweise« nicht nothwendig zu dieser Deutung führen!“ Ja, weiss denn Heim etwa eine andere Deutung dafür, und wenn ja, warum hält er damit zurück? Die Einbettung todter Eismassen in Schutt ist eben diesfalls keine Deutung, weil jene Geschiebmassen nicht während des Rückzuges, sondern schon während des Herannahens

¹⁾ Auch die alte Ansicht, dass die Gletscher die Seen vor der Ausfüllung durch Schottermassen bewahrt hätten, ist aus demselben Grunde zurückzuweisen. Die Schotterablagerung ging der Vereisung voran, und die Gletscher wären mithin diesfalls mit ihrem Schutze zweifellos zu spät gekommen.

²⁾ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

der Vereisung zur Ablagerung kamen. Da also jene Seebecken vor der Vergletscherung noch nicht da waren, aber noch während der Vergletscherung als in bereits vorher dagewesenen Schutt eingesenkte Vertiefungen bestanden, so gibt es nur die eine Deutung, dass sie in jenen Schottern durch das Eis erodirt wurden. Dass jene Deutung hier nicht „nothwendig“ sei, lässt sich nur dann sagen, wenn man die bezüglichen Verhältnisse nicht kennt, oder aber die gemachten thatsächlichen Beobachtungen ohne jedwede Berechtigung bezweifelt. Im Gegenfalle werden wir nach dem heutigen Stande unserer Kenntniss mit Nothwendigkeit zu jener Deutung geleitet.

Die Ansicht von der glacialen Entstehung der Seen stösst zumeist deswegen auf Widerspruch, weil wir uns in der Regel keine richtige Vorstellung von den Grössenverhältnissen im Gebirge zu machen im Stande sind. Die Seen erscheinen uns nicht als das, was sie sind, als unbedeutende Einsenkungen im Boden, welche gegenüber den Dimensionen des Gebirges verschwinden, sondern wir betrachten sie zumeist als unermesslich tiefe Abgründe, als Spalten oder Löcher, in welche der Gletscher wohl „hineinfallen“, aber nach unserer Vorstellung nicht wieder heraussteigen konnte. So wie die Höhen der Berge, so überschätzen wir auch die Tiefe der Seen; woher dies kommt, da wir ja doch ihren Grund nicht sehen, wollen wir hier nicht untersuchen, aber Thatsache ist es, dass diese Ueberschätzung besteht und dass es schwer hält, sich von derselben vollständig zu emancipiren. Die Detailformen des Gebirges werden gegenüber der allgemeinen Grösse desselben stets bei weitem überschätzt. Allerdings möchte es mir eher scheinen, dass diese Ueberschätzung nur relativ, nicht absolut, zu nehmen ist und in der Weise zum Ausdruck kommt, dass wir vielmehr die allgemeine Grösse des Gebirges unterschätzen. Denn unsere räumliche Vorstellungskraft ist an gewisse Grössenverhältnisse gebunden, mit denen wir es im gewöhnlichen Leben häufig zu thun haben; was über diese Verhältnisse beträchtlich hinausgeht, das können wir nicht mehr genau erfassen, wir werden hieran wohl Reflexionen, aber keine bestimmte Vorstellung mehr knüpfen. Und je mehr eine Grösse jene Grenzen überschreitet, desto undeutlicher wird die Vorstellung, welche wir uns von derselben machen, desto weiter bleiben wir in ihrer Auffassung zurück. Deshalb erfassen wir die Höhe eines Bergkammes genauer als seine Länge, und deshalb erscheint derselbe unserem geistigen Auge im Vergleich zur Länge stets zu hoch; und bringen wir unsere Vorstellung zu Papier, so resultirt ein Zerrbild mit fünf- bis zehnfacher Ueberhöhung. Deshalb machen wir uns von der bekannten Tiefe eines Sees eine richtigere Vorstellung als von den Grössenverhältnissen des Thales, in welchem er sich befindet, und es erscheint uns deshalb der See als eine Einsenkung, deren Tiefe gegenüber den räumlichen Verhältnissen des Thales in überaus bedeutender Weise überschätzt ist. Ebenso jedoch wie dem Thale gegenüber überschätzen wir die räumlichen Verhältnisse des Sees auch gegenüber dem alten Gletscher, welcher das Thal erfüllte und welcher das Seebecken erodirte; es erscheint uns der See zu gross und vor Allem zu tief gegenüber dem Werkzeuge, welches seine Entstehung vermittelte. Wir sind nicht im Stande, uns eine richtige Vorstellung von den

colossalen Dimensionen der eiszeitlichen Gletscher zu bilden und können es uns deshalb auch nicht leicht vorstellen, dass Seen, deren Grösse uns ganz ausserordentlich erscheint, durch eben jene Gletscher ausgeschürft wurden. Sowie wir uns von diesen Täuschungen befreien, und eine richtige Auffassung an die Stelle unklarer Vorstellung tritt, erscheinen uns die Seen als so unbedeutende Mulden, dass wir ihre Grösse und Tiefe gewiss nicht mehr als ein Argument gegen ihre glaciale Entstehung erachten werden. Im Gegentheile, wenn Jemandem, der die Ausschürfung kleiner seichter Mulden durch Gletscher zuzugeben geneigt ist, die Aufgabe gestellt würde, auf einem Gebirgsrelief, welches im richtigen Verhältniss von Länge zu Höhe angefertigt ist, solche Mulden zur Darstellung zu bringen, von denen er sich vorstellen könne, dass sie durch Gletscher ausgehöhlt wurden, so würde der Betreffende, wenn er ehrlich zu Werke geht und nicht etwa — in Kenntniss dessen, was da kommt — mit Absicht einen gewaltigen Abzug von seiner Vorstellung macht, auf dem Relief Seen herausbilden, welche an Grösse und insbesondere an Tiefe die grössten Seen der Alpen weitaus übertreffen.

Hieraus geht natürlicherweise nicht hervor, dass die Gletscher wirklich im Stande waren, den einen oder anderen grossen Alpensee zu erodiren; über diese Möglichkeit haben wir an anderer Stelle gesprochen. Die zuletzt gepflogenen Erörterungen sollen nur das Eine veranschaulichen, dass die Producte der Erosionsthätigkeit des Eises sehr Vieles von ihrer scheinbar unverhältnissmässigen Grösse verlieren, sobald wir nur den richtigen Massstab bei der Beurtheilung ihrer Grössenverhältnisse anlegen.

I n h a l t.

Vorbemerkungen Seite 429—432 [1—4]

I. Capitel. Orographische Orientirung und Uebersicht der bisherigen Nachrichten über Glacialspuren im Gebiete der Nordalpen östlich von der Salzach Seite 432—440 [4—12]

Der Grauwackenthalzug. — Entwässerung des Gebirges. — Parallele zwischen Enns- und Innthal. — Simony und v. Morlot, Vorkämpfer glacialgeologischer Forschung in den Oestlichen Alpen. — Weitere Nachrichten über Glacialerscheinungen dortselbst von Ehrlich, Czjžek, Stur, Suess, v. Mojsisovics, Hauenschild u. A. — Ueberfliessen des Ennsgletschers über die niederen Quersättel der Kalkalpen zuerst von v. Mojsisovics erkannt. — Eine Lücke in der glacialgeologischen Literatur der Alpen. — Zweck der vorliegenden Arbeit.

II. Capitel. Glacialerscheinungen im Ennsthale Seite 441—456 [13—28]

Schwierigkeit der Verfolgung von Glacialspuren in dem behandelten Gebiete. — Mächtigkeit des alten Ennsgletschers und Methode deren Bestimmung. — Der Ennsgletscher auf das Gebirge beschränkt; muthmassliches Ende seiner Zunge. — Reflexionen über die Schuttbedeckung der eiszeitlichen Gletscher und die Ablagerung und Erhaltung von Oberflächen- und Grundmoränen. — Vergleiche zwischen Enns- und Innsgletscher; Erklärung des spärlichen Auftretens von Glacialspuren im Bereiche des ersteren. — Glacialerscheinungen im Gebiete der unteren und der oberen Enns. — Beziehungen zwischen Hauptgletscher und lokalen Zuflüssen desselben. — Bewegungsrichtung des Eises.

III. Capitel. Glacialerscheinungen im Gebiete der Steyr Seite 456—468 [28—40]

Der Gebirgskessel von Windischgarsten. — Der Pass am Pyhrn; Beziehungen desselben zu dem alten Gletscher des Ennsthales. — Andere Pässe der Nördlichen Kalkalpen. — Ausgangspunkte der Vergletscherung im Steyrgebiet: Pyrgass-Gruppe, Todtes Gebirge, Warscheneck, Sengsengebirge. — Glacialerscheinungen in der Umgegend von Windischgarsten. — Mächtigkeit des Eises im Steyrthal nicht zu bestimmen, jedenfalls aber weit geringer als im Ennsthal. — Gabelung des Gletschers unterhalb Klaus; Endmoräne des Seitenarmes bei Molln, keine Spur von dem Ende des Hauptstammes. — Vergletscherung im Thal der Krumpfen Steyr. — Glacialerscheinungen im Almtal.

IV. Capitel. Accumulation und Erosion Seite 469—487 [41—59]

Die Schotterterrasse an der unteren Enns. — Fehlen derselben im oberen Ennsthal und dadurch bedingte Verschiedenheit des Charakters der Landschaft. — Mächtigkeit und Gefäll der Terrasse. — Entstehungsweise derselben. — Geschiebeführung; Accumulation und Erosion. — Jeder Fluss der eigene Regulator seines Gefälls; Verstärkung desselben durch Accumulation, Verminderung durch Erosion. — Beide wirken direct von oben nach abwärts, indirect in ihren Folgen nach rückwärts und aufwärts. — Schotter- und Felsterrassen. — Gefällsverhältnisse derselben. — Durchsägung einer aufstrebenden Faltung. — Ursache der Entstehung von Schotterterrassen. — Aenderung der Wassermenge ohne Belang; Aenderung der Geschiebeführung von umso grösserem Einfluss. — Verwitterung. — Herabdrückung der Höhenregionen des Gebirges. — Eiszeit. — Glacialshotter.

V. Capitel. Glacialschotter in den Thälern der Enns und Steyr.

Seite 487—506 [59—78]

Ablagerung der Glacialschotter während des Herannahens der Vereisung. — Schlamm lager, Bändorthone und „Kreide“. — Ueberwiegen der krystallinischen Gesteinsarten in den Schottern des Ennstales. — Vergleiche mit dem Innthal. — Zweierlei Erosionsformen. — Gletschererosion im Innthal, Wassererosion im Unteren Ennsthal. — Gletschererosion im Oberen Ennsthal. — Combinirte Erosion im Gesäuse. — Glacialschotterreste im Oberen Ennsthal. — Glacialschotter in den Seitenthälern. — Fehlen derselben in nicht vergletschert gewesenen Thälern. — Glacialschotter im Gebiete der Steyr. — Mangel an erraticem Material in denselben. — Zwei charakteristische Züge in der allgemeinen Verbreitung der Glacialschotter.

VI. Capitel. Diluviale Nagelfluh und alte Breccien Seite 506—523 [78—95]

Allgemeinheit der Wiederholung der Vergletscherungen. — Interglaciales Profil bei Bischofshofen im Gebiete der Salzach. — Mangel an solchen in den Thälern der Enns und Steyr. — Jeder Vergletscherung entspricht ein Schotter-system. — Kohlenführendes älteres Conglomerat von der Ramsau. — Diluviales und nicht tertiäres Alter desselben. — Aehnliche Vorkommnisse, jedoch ohne Kohlen, bei Gröbming, Hiefau und St. Gallen. — Gliederung der Schotter im Ennsthal. — Zwei diluviale Schotter-systeme. — Die diluviale Nagelfluh die Anschwemmung einer älteren Vereisung. — Gekritzte Geschiebe in derselben. — Die Ramsauer Breccie. — Alte Schutthalde. — Ueberlagerung durch Moränen, Führung gekritzter Geschiebe. — Vergleich mit der Höttinger Breccie. — Andere alte Breccien. — Diluviale Nagelfluh im Gebiete der Steyr.

VII. Capitel. Kare und Seen Seite 523—543 [95—115]

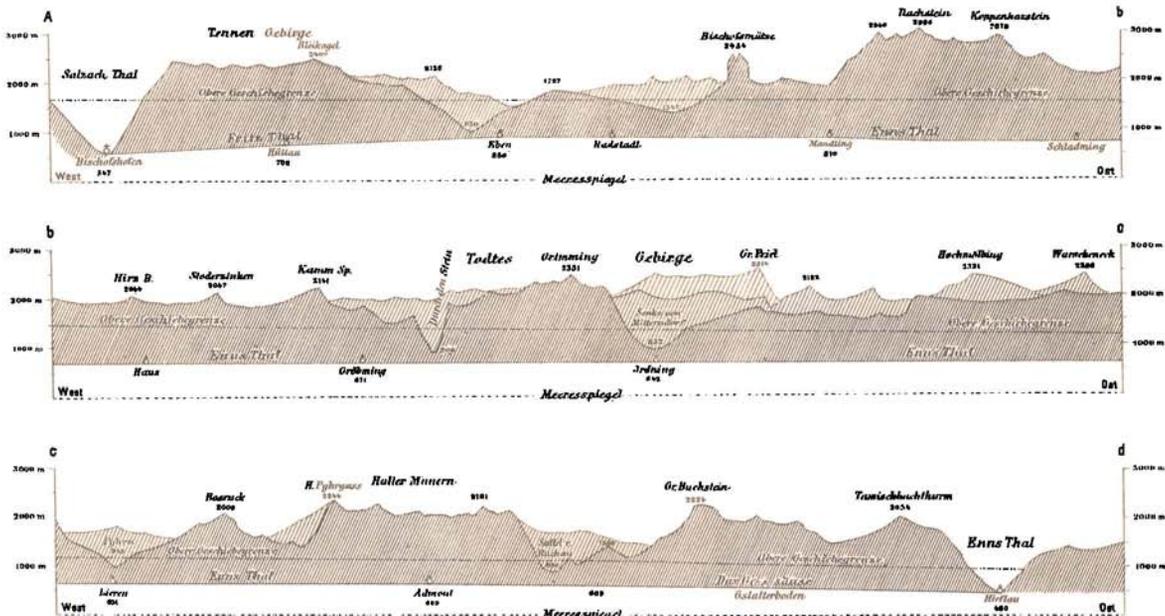
Das Kar. — Beschränkung dieser Hohlform auf das alte Gletschergebiet. — Das Kar eine Erosionsform nicht des fließenden Wassers, sondern des Gletschereises. — Wurzelstätten der alten Gletscher. — Die Verbreitung der Kare ein Mittel zur Bestimmung der glacialen Firmlinie. — Höhe derselben im Ennsgebiete 1400—1500 Meter. — Andere Methoden deren Bestimmung. — Die kleinen Bergseen der Niederen Tauern. — Seenreihen und Seenzonen. — Hierauf beruhende Ausscheidung postglacialer Stadien der Vergletscherung. — Incongruenz derselben in verschiedenen Gebirgen. — Wohlerhaltene Glacialerscheinungen in den obersten Abschnitten der Tauernthäler. — Felsbecken derselben und deren glaciale Entstehung. — Mangel an grossen, tiefelegenen Thalseen und Ursache desselben. — Erlöschene Seen des Ennstales. — Torfmoore und Sümpfe. — Der Almsee. — Historischer Streifblick auf die Seethäler der nordischen Gebirge.

VIII. Capitel. Ueber Glacialerosion 543—610 [115—182]

Beobachtung und Speculation. — Physikalische Möglichkeit der Glacialerosion. — Die Frage nach der Glacialerosion ist lediglich quantitativen Charakters und ist als solche vom Geologen zu entscheiden. — Heim, Gegner der Glacialerosion; Einwürfe desselben in dem „Handbuch der Gletscherkunde“. — Woher stammt das Material der Grundmoräne? — Oberflächenmoränen, alter Schutt, Glacialerosion. — „Die Hauptwirkung des Gletschers liegt nicht an seinem Ende.“ — Druck des Gletschers auf seine Unterlage. — Aufarbeitung des Untergrundes durch den Gletscher. — Rundhöcker. — „Rauhigkeiten neben Gletscherschliffen beweisen nichts gegen die Möglichkeit der Glacialerosion.“ — Endmoränen. — Von der Glacialerosion „verschonte“ Felsköpfe. — Widersprüche Heim's. — Sich kreuzende Schrammen. — Einschneiden von Gletscherbächen in den Felsgrund. — Schlammführung der Gletscherbäche. — Wildbäche, Bergstürze. — Geschiebeführung der Flüsse. — Der Theil ist mit dem Ganzen weder zu vergleichen, noch zu vertauschen. — Verhältniss der Flüsse und Gletscher zu den Thälern bezüglich ihrer äusseren Erscheinung. — Zusammenfassung. — Verwahrung gegen die Unterschlebung von Uebertreibungen. — Präcisirung des heutigen Standpunktes der Verfechter der Glacialerosion. — Richtiger Masstab bei der Betrachtung von Werken der erodirenden Thätigkeit der Gletscher.

Die alten Gletscher der Enns und Steyr.

Taf. VII



Kammprofil der Nördlichen Kalkalpen vom Durchbruch der Salzach zum Durchbruch der Enns.

Länge 1:150,000. Höhe 1:75,000.

Höhe in Metern.

Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt Bd. XXXV 1885.

Verlag v. Alfred Hölder, k. k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler in Wien.

Archiv-Buch v. Th. Barnewitz 1914

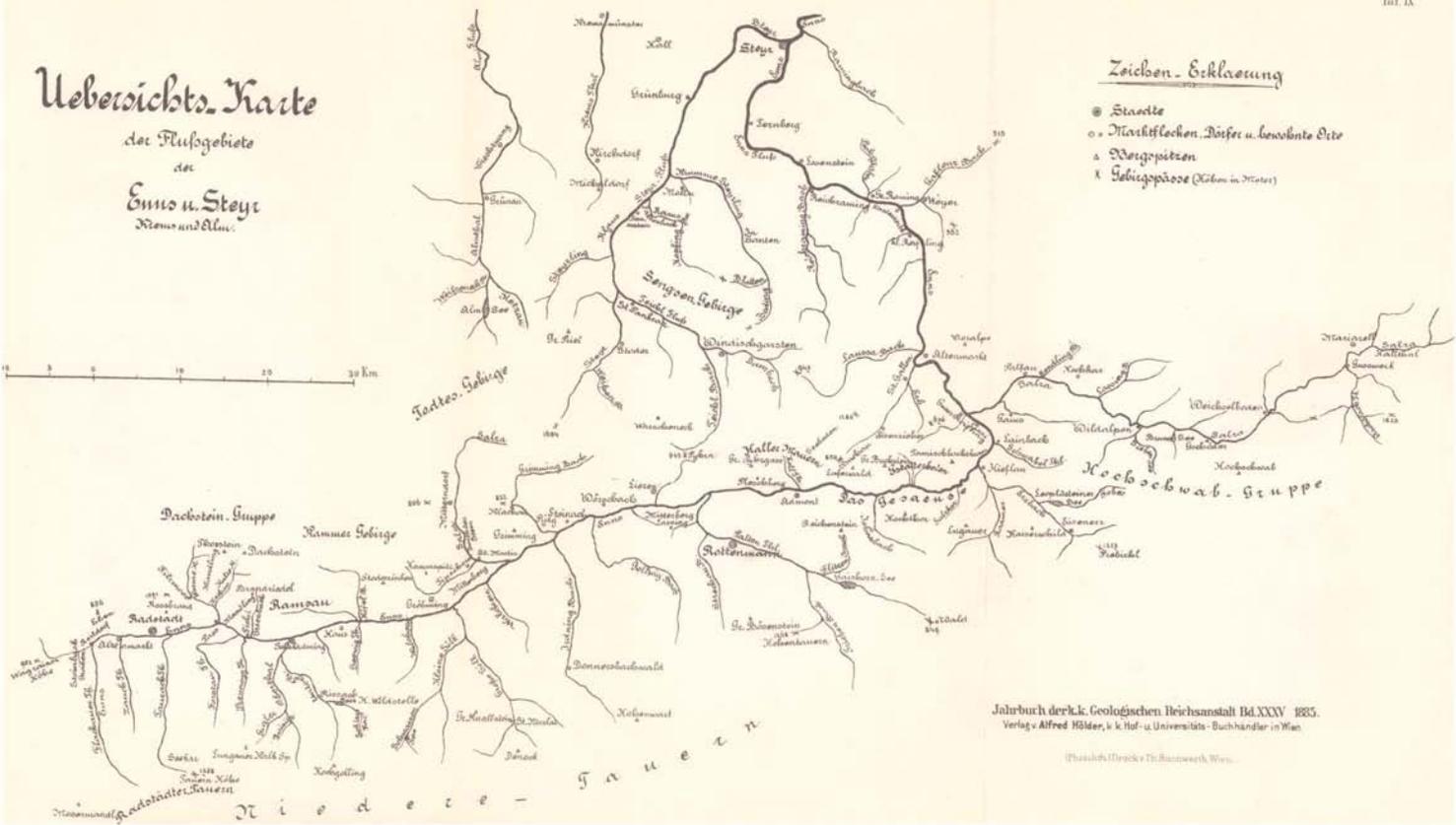
Uebersichts-Karte

des Flussgebiete
des
Enns u. Steyr
Kraus und Aln.



Zeichen - Erklärung

- Städte
- Marktflecken, Dörfer u. bewohnte Orte
- ▲ Bergspitzen
- ✕ Gebirgspässe (Namen in Klammern)



Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt Bd. XXXV 1885.
Verlag v. Alfred Hölder, k. k. Hof- u. Universitäts-Buchhandler in Wien

(Photolith. Druck v. Th. Buzarewsky, Wien.)