

Die Glazialbildungen zwischen Tölz und Holzkirchen.

Von Albrecht Penck.

Die Geographische Gesellschaft in München pflegt in verdienstlicher Weise bayerische Landeskunde im weitesten Sinne des Wortes. Ein jeder Band ihrer Mitteilungen enthält Beiträge zur Geologie der bayerischen Alpen, und auch die Glazialbildungen des deutschen Alpenvorlandes werden durch Monographien behandelt, was um so dankbarer begrüßt werden muß, als speziell auf dem Gebiete der glazialen Geologie noch außerordentlich viel durch Bearbeitung einzelner Gebiete zu leisten ist. In der Festschrift der Gesellschaft zur Feier ihres 25-jährigen Bestehens hat 1894 Ludwig v. Ammon die Gegend von München geologisch geschildert. 1910 folgte dann eine gleichfalls vorwiegend geologische Arbeit von Damasus Aigner über das Diluvium von Tölz¹⁾, welche das Gebiet südlich des von v. Ammon behandelten zur Darstellung bringt. Aber widmen sich beide Arbeiten auch benachbarten Gebieten, so sind sie doch sehr verschieden. Ludwig v. Ammon, der hochverdiente Leiter des geognostischen Bureaus in München, unterscheidet in echt geographischer Auffassung vier geologische Gebietsteile: die Tertiärlandschaft, die Landschaft der äußeren Moränen, das Gebiet der inneren Moränen und die Ebene des Niederterrassenschotter. Seine leider in dem sehr kleinen Maßstab von 1:250000 veröffentlichte Karte bringt folgende Unterscheidungen: Niederterrassenschotter und Jungmoränen, Lehm und Löß, Hochterrassenschotter und Altmoränen, Deckenschotter, also dieselben Schichtglieder, die ich in der Umgebung von München voneinander getrennt habe²⁾. Damasus Aigner hingegen behandelt erst die innere Moränenzone, dann die äußere, um weiter in einem längeren Kapitel das geologische Altersverhältnis zwischen Außen- und Innenzone zu erörtern; schließlich

1) Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München. V. 1910. S. 1—159.

2) Alpen im Eiszeitalter. S. 58—75, S. 169—173, S. 176—196.

bespricht er den Deckenschotter. Auf seiner Karte, die als Grundlage das Blatt 651 Tölz und das nördliche Drittel von Blatt 664 Tegernsee der Karte des Deutschen Reiches 1 : 100000 benutzt, macht er folgende Unterscheidungen der Quartärgebilde: Diluviale Talschotter, obere Moränen, untere Schotter, Seekreide, untere Moränen, Deckenschotter. Seine textlichen Ausführungen stellen in den Vordergrund (S. 1), daß sich die Karte von den „nach den Penck'schen Theorien gefertigten Karten“ dadurch unterscheidet, daß auf ihr die Moränen der Außen- und Innenzone mit der gleichen Farbe eingetragen sind, und daß ebenso auch den unteren Schottern der Innenzone die gleiche Färbung gegeben ist, wie den Schottern der sog. Hochterrasse. Weiter sagt der Verfasser, daß er sich veranlaßt gesehen habe, von meinen Theorien von mehreren durch Interglazialzeiten getrennten selbständigen Eiszeiten abzugehen und sich dem Standpunkt von Geinitz anzuschließen: er erkennt die Eiszeit als ein einziges und einheitliches Phänomen an.

Ein Vergleich der beiden kartographischen Darstellungen ergibt sehr tiefgreifende Verschiedenheiten in der von beiden gemeinsam dargestellten Zone. Zwar nennt Aigner seine diluvialen Talschotter gelegentlich auch Niederterrassenschotter (S. 51), und ihre Verbreitung auf der schiefen Ebene von München deckt sich hier mit dem Niederterrassenschotter bei v. Ammon. Aber weiter südlich umfassen sie auch dessen noväre Alluvionen. Zwar heißt Aigner seine unteren Schotter gelegentlich auch Hochterrassenschotter (S. 63). Aber was er als unteren Schotter darstellt, erscheint auf v. Ammons Karte bald als ältere, bald als jüngere Moräne, bald als Hochterrassen-, bald als Niederterrassenschotter, bald endlich als Lehm. Aigners obere Moränen werden bei v. Ammon als ältere äußere und als jüngere innere Moränen unterschieden, und wo Aigner bei Sauerlach ziemlich weit außerhalb des Moränengebietes obere Moränen angibt, verzeichnet v. Ammon Niederterrassenschotter. Dagegen scheidet v. Ammon nicht wie Aigner untere Moränen von oberen. Allerdings reicht seine Karte nicht so weit nach Süden als auf Aigners Karte die unteren Moränen nach Norden. Aber es existieren hier, wie nicht selten, Widersprüche zwischen Aigners Karte und seinen textlichen Ausführungen. Nach letzteren (S. 8) soll die untere Moräne auch bei Ascholding vorkommen, das noch im Bereiche von v. Ammons Karte liegt; aber hier kennt v. Ammon nur eine Moräne. Beide Autoren stimmen zwar in der Ausscheidung von Deckenschotter überein; aber v. Ammon verzeichnet Deckenschotter im Gleisental

aufwärts bis Groß-Dingharting, wo ihn Aigner nicht angibt. Auch in bezug auf die Kartierung des oberen Miocän bzw. der Molasse ergeben sich Differenzen: v. Ammon kartiert Obermiocän bei Ascholding, dort, wo Aigner Moränen angibt, und erwähnt solches (S. 50) bei Schäftlarn, wo es Aigner nicht angibt. Die umfangreichen textlichen Ausführungen Aigners nehmen zu diesen zahlreichen Differenzen nicht Stellung. Dabei handelt es sich nicht etwa um Sachen der Auffassung, sondern um solche der Feststellung.

Ich habe die weitere Umgebung von München vielfach durchwandert und dabei in der Regel meine geologischen Beobachtungen kartographisch auf den Positionsblättern 1:25000 der Umgebung von München und auf den Blättern München, Wolfratshausen und Tölz des topographischen Atlas von Bayern 1:50000 eingetragen. Meine Einzeichnungen decken allerdings immer nur kleine Teile dieser Karten, behandeln aber vornehmlich wichtige Stellen. Sie stehen mit der Karte v. Ammons in recht befriedigender Übereinstimmung. Wir haben unabhängig von einander dieselben Schichtglieder unterschieden und in der Regel auch übereinstimmend kartiert, was ja immer der beste Prüfstein für die Richtigkeit der gemachten Unterscheidungen ist. Daß hie und da Differenzen in der Deutung des einen oder anderen manchmal schlecht aufgeschlossenen Vorkommens vorhanden sind, wird nicht wunder nehmen. Aber diese Differenzen bilden die Ausnahme, und als solche sollen sie im folgenden erwähnt werden, während die vielfältigen Übereinstimmungen nicht weiter aufgezählt werden. Von den Angaben Aigners hingegen weichen meine Beobachtungen in ganz ähnlicher Weise ab, wie die v. Ammons. Ich habe Tertiär dort kartiert, wo er Moränen angibt (Taubenberg, westlich Rampertshofen, rechts der Isar westlich Hechenberg, östlich Beuerberg); Moränen dort, wo er Schotter hat (südlich Wackersberg bei Tölz), Lehm, wo er Moränen hat (nördlich Holzkirchen). Vor allem aber differieren meine Schotterunterscheidungen ganz wesentlich von den seinen.

Bei solcher Sachlage habe ich der Arbeit von Aigner anfänglich geringe Beachtung geschenkt. Nachdem aber auf dem Innsbrucker Geographentage Erich v. Drygalski behauptet hat, „daß die Schottergliederungen Pencks im bayerischen Alpenvorlande nicht derart sind, daß man aus ihnen mit einiger Sicherheit eine Mehrzahl von Eiszeiten herleiten kann“, und gleichfalls ohne jede Begründung ausgesprochen hat, daß man bei Annahme von vier Eiszeiten der Natur Zwang antun müsse, halte ich es für nötig,

Stellung zur Arbeit von Aigner zu nehmen; denn die Äußerungen von Drygalskis¹⁾ bringen genau denselben Gedankengang zum Ausdruck, welcher den theoretischen Ansichten Aigners zugrunde liegt. Aigner schreibt (S. 75): „So viel aber ist gewiß, daß die Auffassung der Eiszeit als einer einheitlichen und im ganzen in sich geschlossenen Naturerscheinung einfacher, natürlicher, viel verständlicher und deshalb von vornherein auch viel glaubwürdiger ist, als die Annahme mehrerer getrennter Eiszeiten.“ Es ist klar, „daß die Annahme mehrerer Eiszeiten unseren wissenschaftlichen Standpunkt nicht erleichtert, daß vielmehr mit der Anzahl der Eiszeiten auch die Zahl und Größe der Schwierigkeiten wächst, die wir bei ihrem Studium zu überwinden haben“. „Die Wahrscheinlichkeit, daß wir auf dem richtigen Wege zur Erkenntnis der Wahrheit fortschreiten, wird um so geringer, je mehr Wiederholungen dieser rätselhaften Erscheinung wir annehmen.“ Er glaubt (S. 135) zeigen zu können, „daß die tatsächlichen Verhältnisse uns in keiner Weise zwingen, die einfachste und natürliche Annahme einer einzigen Eiszeit aufzugeben und einer komplizierten und mehr gekünstelten Ansicht anzuhängen“. Ganz ähnlich v. Drygalski. Er hält es für richtig: „in der Eiszeitforschung jetzt die künstliche Vorstellung, das Schema von vier Eiszeiten fallen zu lassen und zu einfacheren Vorstellungen überzugehen, wie es schon mehrfach geschehen ist“. Denn jene trage eine Unruhe in die Natur, die ihr fremd sei, und er habe mehrfach auch die Erfahrung gemacht, daß sie die Forschung erschwere, „wenn der Beobachter die Schotterglieder Pencks finden will und doch nicht finden kann. Bei der Eiszeitforschung ist es, wie auch sonst überall, vor allem nötig, ganz unbefangen zu sehen und zu beschreiben, was da ist, nicht aber die Gliederung Pencks anzuwenden, wie es jetzt vielfach a priori geschieht“.

Auch sonst finden sich Berührungen zwischen den Anschauungen Aigners und denen v. Drygalskis. Nach ersterem (S. 109) sprechen manche Beobachtungen dafür, „daß die stärkere Erosion der Gletscher im Gebirge nicht so fast nach der Tiefe als vielmehr nach der Seite ging; dementsprechend wäre die Verbreiterung des Tales mehr als dessen Vertiefung dem Gletscher zuzuschreiben“. Ganz ähnlich hat sich v. Drygalski kürzlich über die Entstehung des Taltroges

¹⁾ Ich zitiere die Äußerungen v. Drygalskis, so wie er sie selbst zu Protokoll gegeben hat. (Verhdgn. des XVIII. Deutschen Geographentages 1912. S. XXIII). Was er in Innsbruck gesagt hat, lautete weniger greifbar.

geäußert¹⁾. Während aber v. Drygalski seine Zweifel an der Wiederholung der Vergletscherungen und an der glazialen Tiefenerosion²⁾ nicht durch den Hinweis auf eigene Beobachtung begründet, so steht Aigners ablehnende Haltung in der ersteren Frage in Verbindung mit Untersuchungen, an die eine kritische Würdigung anknüpfen kann.

Da ausgesprochen worden ist, daß unbefangene Beobachtung nötig sei, glaubte ich bei der nötig gewordenen Stellungnahme zu Aigners Arbeit mich nicht darauf beschränken zu sollen, die Differenzen zwischen den früheren Beobachtungen von mir im Gebiete von Aigners Untersuchungen und dessen Ergebnissen klar zu legen, sondern habe ein von Aigner dargestelltes Gebiet zwischen Tölz und Holzkirchen, das ich früher nur an seinen Grenzen berührt hatte, teilweise abgegangen. Hier stand ich nicht unter dem Einflusse meiner älteren Beobachtungen und konnte gänzlich unbefangen sehen, inwieweit Aigners Gliederung zutrifft.

Bevor ich jedoch hierüber berichte, muß ich auf die Gliederung der glazialen Gebilde bei Aigner etwas eingehen. Die gelegentliche Bezeichnung seiner unteren Schotter als Hochterrassenschotter, seiner Talschotter als Niederterrassenschotter leitet irre. Sein unterer Schotter ist etwas ganz anderes als mein oder v. Ammons Hochterrassenschotter. Er ist ein Schotter, welcher beim Herannahen der Vergletscherung gebildet worden ist, und entspricht also dem, was ich früher³⁾ ‚unteren Glazialschotter‘ nannte. Aigners Talschotter entspricht ferner den Ablagerungen, welche beim Rückzuge der Vergletscherung gebildet worden sind, also meinem oberen Glazialschotter von 1882. Unteren und oberen Glazialschotter habe ich später als

1) Die Entstehung der Trogtäler zur Eiszeit. Petermanns Mitteilungen LVIII₂ 1912. S. 8.

2) Vgl. hierzu meine Ausführungen über Schriffkehle und Taltrog, Petermanns Mitteilungen LVIII₂ 1912. S. 125. v. Drygalski findet, daß ich hier nur Nebenfragen und den wesentlichen Unterschied überhaupt nicht berührt habe (Ebenda S. 329). Diesen erblickt er in unseren Vorstellungen über die Art der Trogbildung, ich in der Verschiedenheit des zu erklärenden: v. Drygalski hat, wie ich gezeigt habe, ein Schema für die Trogbildung aufgestellt, das der Wirklichkeit nicht entspricht. Durch Beobachtung in der Natur läßt sich der Nachweis führen, daß die Tröge durch die glaziale Tätigkeit vertieft worden sind, und an dieser Tatsache scheidet sein Erklärungsversuch, wonach sie lediglich glazial verbreiterte Täler seien. v. Drygalski geht eben aus von Vorstellungen, die er sich von der erodierenden Tätigkeit macht, ich von den Effekten der Erosion. Der Kernpunkt unserer Meinungsverschiedenheit ist eben auch hier der, ob wir bei der Naturforschung deduktiv von allgemeinen Gesichtspunkten oder induktiv von Beobachtungen ausgehen sollen.

3) Vergletscherung der Deutschen Alpen. 1882. Kapitel 13—14.

Niederterrassenschotter oder Würmschotter zusammengefaßt aus Gründen, die ich im Laufe dieser Arbeit abermals entwickeln werde. Unter seinem ‚unteren Schotter‘ kennt Aigner bei Tölz abermals Moränen, die er als untere Moränen von den oberflächlich herrschenden Obermoränen scheidet. Er führt diese beiden Moränen jedoch nicht auf verschiedene Vergletscherungen zurück, sondern lediglich auf die Schwankung einer einzigen. Die untere Moräne soll wie die obere ihren eigenen unteren Schotter haben, der jedoch nicht oberflächlich auftritt. Auch ein oberer Schotter soll zu ihr gehören; er ist jedoch von dem unteren der oberen Moräne schwer zu scheiden. Älter als

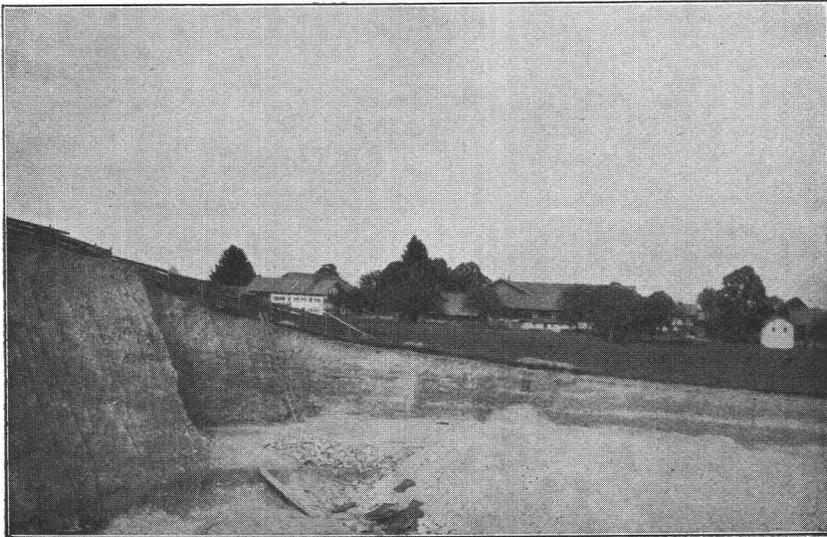


Abb. 1. Die Kiesgrube von Thann, südlich Holzkirchen. Die Jung-Endmoräne (links) geht in Schotter (rechts) über. Vgl. auch Abb. 7.

diese Folge glazialer und fluvioglazialer Ablagerungen ist der Deckenschotter, den Aigner als eine alte, rein fluviatile Bildung deutet.

Aigners Gliederung der Quartärbildungen knüpft an die Lagerungsverhältnisse der Gegend von Tölz an. Daß hier zwei Moränen durch die „Kreide“ und durch eine mächtige Geröllablagerung voneinander getrennt werden, habe ich bereits 1888 erkannt; doch sind meine einschlägigen Beobachtungen wie manche anderen unveröffentlicht geblieben. Ein Differenzpunkt gegenüber Aigner liegt also hier nicht vor. Der Unterschied liegt vielmehr, wie Aigner selbst hervorhebt, in der Zusammenfassung der inneren und äußeren Moränen in seine Obermoräne. Er

begründet sie durch die Annahme, daß sich die unteren Schotter einheitlich unter den inneren und den äußeren Moränen hindurchziehen. Aigner hat Schotter unter den inneren Moränen bei Tölz; er hat sie unter den Endmoränen in einem tiefen Brunnen der Villa Schlösser westlich Ober-Warngau; sie sollen endlich am Saume der Endmoränen wieder hervortreten. Ein Aufschluß südlich von Holzkirchen, die Kiesgrube von Thann, soll die unteren Schotter in gutem Aufschlusse gerade vor den Endmoränen zeigen. Ich habe hier etwas ganz anderes gesehen (vgl. Abb. 1). Die Grube gehört der Endmoräne selbst an und erstreckt sich bis in das unmittelbar davorliegende Schotterfeld. So weit sie sich in die Endmoräne erstreckt, zeigt sie Moräne mit zahlreichen gekritzten Geschieben. Außerhalb der Endmoräne sind letztere spärlich in dem hier vorhandenen Schotter. Dieser ist horizontal geschichtet. Das Moränenmaterial ist zwar gleichfalls geschichtet, fällt aber sanft nach Norden. Man kann nun ein und dieselbe Schicht aus der Endmoräne heraus in den Schotter hinein verfolgen. Man sieht dabei, daß ihre Mächtigkeit abnimmt; zugleich werden in ihr die gekritzten Geschiebe seltener und seltener und mehr durch getupfte Geschiebe ersetzt, wie sie beim Rollen entstehen, indem ein Geröll an das andere schlägt und ihm Schlagmarken versetzt. Die Kiesgrube südlich Thann zeigt den allmählichen Übergang von glazialen zu fluvioglazialen Ablagerungen, welcher am Saume der Endmoräne einzutreten pflegt, in ganz vorzüglicher Weise und lehrt die Gleichalterigkeit von Endmoränen und Schottern, nicht aber, daß diese unter jenen durchstreichen.

Daß solches an anderen Stellen geschieht, soll damit nicht bestritten werden und ist nach der Analogie mit anderen Gletschergebieten recht wahrscheinlich. Aber in dem von mir begangenen Gebiete, auf das sich Aigner stützt, fehlen die beweisenden Stellen. Ich würde zwischen Dietramszell und Lochen ein Durchstreichen von Schottern unter den Endmoränen gewärtigen. Wir haben nördlich Dietramszell bei 700—715 m Höhe mächtige Schotter unter den Moränen und in der Gegend von Lochen vor den Endmoränen ausgedehnte Schotterflächen, die bis fast 720 m reichen. Würde hier ein tiefes Tal vorhanden sein, so würden wir mutmaßlich ebenso wie am Inn unterhalb Rosenheim die Schotter weithin unter den Moränen verfolgen können. Aber man darf nicht jeden vor den Endmoränen gelegenen Schotter, so wie es Aigner tut, als Fortsetzung der Schotter ansehen, die im Innern des Moränengebietes die Moränen unterlagern; der Aufschluß von Thann lehrt uns, daß manche Schotter der letzten deutlichen Endmoräne entsprechen.

Die Schotter innerhalb des Moränengebietes zwischen Tölz und Holzkirchen erscheinen mehrfach mit den sie bedeckenden Moränen auf das Engste verknüpft und müssen vielfach, wenn nicht gänzlich, als Ablagerungen aufgefaßt werden, die unmittelbar vor dem Eise entstanden. So sieht man beispielsweise in einer Kiesgrube unweit des Bahnwächterhauses beim N P 701,202 zwischen Mühlberg und Tölz (Positionsblatt Tölz N) eine Wechsellagerung zwischen Grundmoränen und Schottern (vgl. Abb. 2), und mitten im Schotter südlich Ober-Mühltal unfern Dietramszell, welcher gleichfalls von Moränen bedeckt wird, kommen da und dort gekritzte Geschiebe vor. Ich möchte hiernach glauben, daß die Hauptmasse der Schotter unter den Moränen zwischen Tölz und Holzkirchen untere glaziale Schotter in dem Sinne sind, wie ich ihn 1882 faßte, also die zu den hangenden Moränen gehörigen Fluvioglazialgebilde.

Aber nicht aller Schotter unter den Moränen dahier ist unterer Glazialschotter. Nord-östlich Sachsenkam schneidet die Straße von Holzkirchen nach

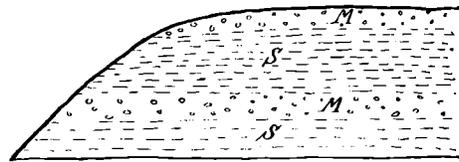


Abb. 2. Wechsellagerung zwischen Schotter (S) und Grundmoräne (M) zwischen Mühlberg und Tölz.

Tölz unter dünner Moränenbedeckung ziemlich feste Nagelfluh an, deren Oberfläche glatt abgeschliffen ist; ein zerschnittenes Gerölle zeigte sogar Kritzen. Daran lehnt sich in gleichem Niveau loser Schotter, der in Moräne übergeht. Wir haben hier also dicht nebeneinander Schotter und Nagelfluh unter der Moräne, welche sich verschieden zur letzteren verhalten; die Nagelfluh hebt sich scharf von ihr ab, der Schotter geht in sie über. In einer kleinen Grube südlich Ober-Warngau an der Straße von Reitham nach Einhaus, links vom Boderer Bache, lagert ferner unter der Moräne zwar loser Schotter, in dem es nicht gelang, gekritzte Geschiebe aufzufinden, aber dieser Schotter (Abb. 3) ist unter der hangenden Moräne tiefgründig verwittert und Partien seines Verwitterungslehmes erscheinen in die hangende Moräne eingearbeitet. Zwischen die Ablagerung des Schotters und die der Moräne schaltet sich also eine Zeit ein, während welcher der Schotter tiefgründig, d. h. stärker verwittern konnte, als die losen Schotter, die wir außerhalb des Moränengebietes als Äquivalente der jüngeren Moränen aufzufassen haben. Aigner erwähnt dies Vorkommen nicht; aber er gibt einen Kilometer weiter östlich unteren Schotter an, welcher den Winkel zwischen Taubenberg und Mangfall

östlich der Endmoränen einnimmt. Es handelt sich sichtlich um einen Ausläufer desselben. Wir haben es also im Moränengebiet abgesehen von dem Deckenschotter mit zwei verschiedenalterigen Schotterablagerungen unter den Moränen zu tun: mit Schottern, die unmittelbar vor dem Eise abgelagert wurden, ähnlich denen von Thann vor den Jung-Endmoränen, und solchen, die älter sind. Zwischen den unteren Glazialschottern des Moränengebietes und den hangenden Moränen waltet kein größerer Altersunterschied ob, als der Zeit entspricht, die für das Wachstum des Isargletschers von Tölz bis Holzkirchen notwendig war; einen größeren Altersunterschied müssen wir zwischen den Moränen und dem unter ihnen tiefgründig verwitterten Schotter bei Einhaus sowie zwischen ihnen und der Nagelfluh von Sachsenkam annehmen. Denn letztere war augenscheinlich schon verkittet, als das Eis über sie hinwegging.

Auch außerhalb des Moränengebietes zeigt sich, daß der untere Schotter Aigners nicht ein einheitliches Gebilde darstellt. Lose Schotter und Nagelfluh wechseln um Holzkirchen in bestimmter Weise miteinander ab. Aigner (S. 89) drückt dies wie folgt aus: Die konglomerierten Schotter finden sich gerade an den Gehängen, „in welchen die Hochterrassen gegen die Niederterrassenfelder oder postglaziale Flußläufe abfallen.“ Hieraus folgert er aber nicht, daß die losen Schotter Täler ausfüllen, die in die konglomerierten eingeschnitten sind; er fühlt sich vielmehr „in hohem Grade zu dem Schlusse berechtigt, daß die starke Konglomeratbildung der äußeren Schotter nicht eine Folge höheren Alters derselben ist, sondern daß sie in erster Linie der Einwirkung der den Jungmoränen entströmenden Abschmelzwässer zuzuschreiben ist.“ Er hält also die Konglomerierung nicht für eine Wirkung der Sickerwässer, sondern für eine Folge äußerer Einwirkungen. Sicher sei sie etwas zufälliges.

Letzteres trifft häufig zu, aber gerade in der Gegend von Holzkirchen ist es anders. Bereits 1882 habe ich beschrieben¹⁾, daß östlich Holzkirchen loser Schotter auf abgewaschener Nagelfluh aufruht und große Rollsteine der letzteren enthält. Daraus habe ich schon damals geschlossen, daß die vorher als präglazial bezeichneten Schotter aus mindestens zwei Gliedern bestehen. Ich habe dann 1890 die Beobachtungen fortgesetzt und gefunden, daß auch westlich von Darching loser Schotter auf der abgewaschenen Oberfläche eines älteren, konglomerierten aufruht. Gleiches fand sich nun südlich Holzkirchen bei

¹⁾ Vergletscherung der Deutschen Alpen. S. 282.

Lochham. Die dortige Kiesgrube beutet losen, gut gewaschenen Schotter aus; er entspricht seiner Lage nach dem in nur 700 m Entfernung aus der Endmoräne von Thann hervorgehenden. Gekritzte Geschiebe fehlen aber bereits gänzlich, Urgebirgsgerölle sind selten. Darunter liegt Nagelfluh von etwa gleicher Zusammensetzung. Ihre Oberfläche ist glatt abgewaschen, abgerollte Fragmente von ihr sind häufig im hangenden Gerölle. Alle die hier erwähnten Aufschlüsse liegen am Rande eines weiten Feldes von unterem Schotter, das



Abb. 3. Kiesgrube zwischen Reitham und Einhaus am Wege zum Taubenberge. Schotter, oberflächlich (beim Hammer) tiefgründig verwittert, wird von Grundmoräne überlagert, der zwei Partien des dunklen Verwitterungslehmes lagenweise eingearbeitet sind.

Aigner nördlich vom Taubenberge angibt. Dasselbe besteht also aus zwei verschiedenen alten Schottern, einem unteren, meist zu Nagelfluh verkitteten, und einem oberen, losen; jener war bereits konglomeriert, als sich dieser ablagerte. Der obere Schotter lehnt sich an die Endmoränen im Südwesten des Feldes, nördlich und östlich Oberwarngau, und streicht unter ihnen nicht durch, wie dies Aigner (S. 96) von den Schottern des Feldes annimmt; nach ihm sitzt die Endmoräne zwischen Ober- und Osterwarngau Schottern auf.

Ich habe die Kiesgrube an der Straße zwischen beiden Dörfern; wo dies der Fall sein soll, jetzt nicht wieder besuchen können. 1891 sah ich dort nur Moräne, und ausschließlich Moräne findet sich in der Kiesgrube nördlich Oberwarngau an der Straße nach Holzkirchen. Aber diese Moräne erscheint größtenteils als Schotter mit deutlicher Schichtung und zahlreichen gekritzten Geschieben. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß auch Aigners unterer Schotter mit deutlicher Schichtung und sandig tonigen Einlagerungen unter der Moräne in der ersterwähnten Grube solche Schottermoräne ist. Jedenfalls lehren die nachbarlichen Beziehungen der Schotter von Lochham zu den Schottern vor der Endmoräne von Thann, daß der gesamte lose Schotter unseres Feldes ein Altersäquivalent der Jung-Endmoräne ist. Aigner sind die Nagelfluh-Austriche am Abfalle der Schotterfläche bei Darching nicht entgangen (S. 66); aber daß dies der Ausbiß einer wesentlich älteren Bildung als der Schotter ist, hat er nicht erkannt. Auf meine älteren einschlägigen Beobachtungen nimmt er ebensowenig Bezug wie auf v. Ammons Angaben, welche hier ausnahmsweise das Richtige nicht treffen und ältere Moränen von Löß bedeckt verzeichnen.

Nach Aigner hängt die erwähnte Fläche unteren Schotters der Gegend östlich Holzkirchen mit einer solchen in der nächsten Nachbarschaft von Holzkirchen beinahe zusammen. Aber in der nächsten Umgebung von Holzkirchen fehlen die losen hangenden Schotter, die den Endmoränen entsprechen. Statt ihrer finden wir Lehm, den Aigner gänzlich ignoriert, trotzdem er früher in einer heute noch auf der Karte angegebenen Ziegelei verarbeitet wurde, und die Nagelfluh hebt sich höher empor als im Osten; sie ist durch den neuen Einschnitt der Straße von Holzkirchen nach München auf der Ostseite des Teufelsgrabens gut aufgeschlossen. Hier sieht man (vgl. Abb. 4 u. 5) oben zunächst ein dünnes Lehmlager *L*; dann folgt etwa 1 m Verwitterungslehm *v*; tiefer 1 m lose verkitteter Schotter *S*; darunter eine Bank *M* von Grundmoräne, 1 m mächtig, die auf fester Nagelfluh *N* lagert. Letztere geht nach unten allmählich in Schotter *S* über, und in diesem fand sich etwa 8 m unter der oberen Moränenbank eine Anzahl gekritzter Geschiebe *M'*. Die Nagelfluh mit der hangenden, lose verfestigten Moräne ist auch in der benachbarten Grube östlich der Straße aufgeschlossen. Auch hier geht sie nach unten in Schotter über. Die beiden Gruben westlich der Straße zeigen nur Nagelfluh, nach unten in Schotter übergehend, der nahezu bis zur Sohle des Teufelsgrabens herabreicht. Wir haben es also mit einer typischen

Verknüpfung von Nagelfluh mit Moräne zu tun, und Moräne findet sich in der Nachbarschaft auch mehrfach erschlossen, so z. B. zwischen



Abb. 4. Straßeneinschnitt auf der Südseite des Teufelsgrabens zwischen Holzkirchen und Otterfing.

dem Markte und dem Bahnhof Holzkirchen auf der Südseite des kleinen Tälchens. Allerdings ist sie lose verkittet und erscheint bei flüchtiger Betrachtung als gewöhnliche Nagelfluh. Aigner gibt dies

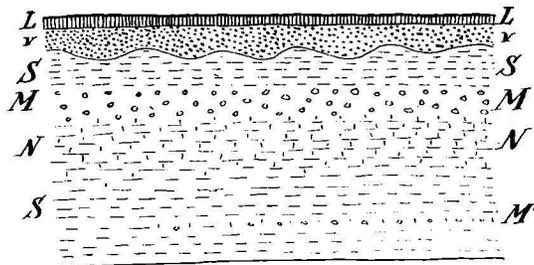


Abb. 5. Schematische Erläuterung zu Abb. 4. Moräneneinlagerung (*M*) zwischen Schotter (*S*) und Nagelfluh (*N*). *M'* Lage von gekritzten Geschieben, *v* Verwitterungslehm, *L* gelber Lehm.

Moränenvorkommnis und auch das des Kogel südlich von Holzkirchen nicht an; er verzeichnet um Holzkirchen lediglich unteren Schotter.

Die Holzkirchener Moränen nun lagern nördlich von dem großen Jung-Endmoränenzuge, der sich von Kleinhartpenning über Großhartpenning und Sufferloh nach Thann und weiterhin in der Richtung auf den Taubenberg erstreckt, dessen Westfuß er zwischen Ober- und Osterwangau erreicht. Sie gehören einer äußeren Moränenzone an, und die Moränen dieser äußeren Zone sind ebenso mit Nagelfluh verknüpft wie die Endmoränen mit losem Schotter. Daß nun zwischen Ablagerung der Nagelfluh und jener des Schotters eine längere Zeit verstrich, lehrt uns nicht bloß die abgewaschene Oberfläche der Nagelfluh an der Sohle des Schotters, sondern geht auch daraus hervor, daß letzterer in Tälern, die die Altmoränen durchsetzen, in dieselben eingesenkt vorkommt. Ein solches Tal zieht sich von Buch über Baumgarten nach Holzkirchen. Seine Sohle ist mit losen Schottern erfüllt, und diese lagern auf stark verwitterter Nagelfluh auf. Dies lehrt eine kleine Kiesgrube westlich von Buch. An ihrer Westseite sah ich oben 1,8 m loses Geröll, das nach Osten rasch an Mächtigkeit zunimmt, darunter etwas zähen gelben Lehm, ähnlich dem Ziegellehne von Holzkirchen; tiefer setzt Verwitterungslehm ein, und unter diesem findet sich die stark angewitterte Oberfläche derselben graugelben Nagelfluh, welche den Sockel der Moränen um Holzkirchen bildet.

Gleiches zeigen ganz besonders deutlich die großen Aufschlüsse, welche bei Anlage des Bahnhofs Kreuzstraße kürzlich geschaffen worden sind. Bei diesem Bahnhofs erreicht die von München über Aying kommende neue Eisenbahn die alte Linie von Holzkirchen nach Rosenheim und zwar dicht am Ostende des Teufelsgrabens. Von Holzkirchen aus kann man über Föching und Fellach vorbei die Nagelfluh, die wir als Äquivalent der äußeren Moräne erkannten, bis hierher verfolgen. Sie ist bedeckt mit losen Schottern, die auch mit denen der Umgebung von Holzkirchen zusammenhängen. Unter diesen losen Schottern nun ist die Nagelfluh tiefgründig verwittert; orgelähnliche Säcke greifen (wie Abb. 6 zeigt) 4—6 m tief in sie hinein, erfüllt mit gelbem Verwitterungslehm, in welchem lediglich Geröll von Sandstein und die spärlichen Urgebirgsgerölle der Nagelfluh enthalten sind. An den Wandungen dieser Säcke ist die Nagelfluh stark angewittert, förmlich angeätzt; zahlreiche Gerölle sind gänzlich verschwunden und werden durch Hohlräume ersetzt. Über die Ausfüllung dieser Verwitterungssäcke und -über die dazwischen stehengebliebenen unverwitterten Nagelfluhpartien breitet sich der hangende lose Schotter, und unter ihm ist die Nagelfluh glatt abgewaschen. Zahlreiche Gerölle der Nagelfluh treten in ihm auf. Ähnliches kann

man, wenn auch weniger deutlich, dort erkennen, wo die Straße von Holzkirchen nach Rosenheim nördlich Fellach den Teufelsgraben quert: Da sieht man oben Schotter und unten Nagelfluh; in letztere senken sich Verwitterungssäcke hinein, über die der Schotter sich breitet¹⁾.

Überall erkennen wir in der Gegend von Holzkirchen, daß die Nagelfluh bereits zementiert und tiefgründig verwittert war, bevor der hangende lose Schotter abgelagert wurde. Diese Verwitterung ist

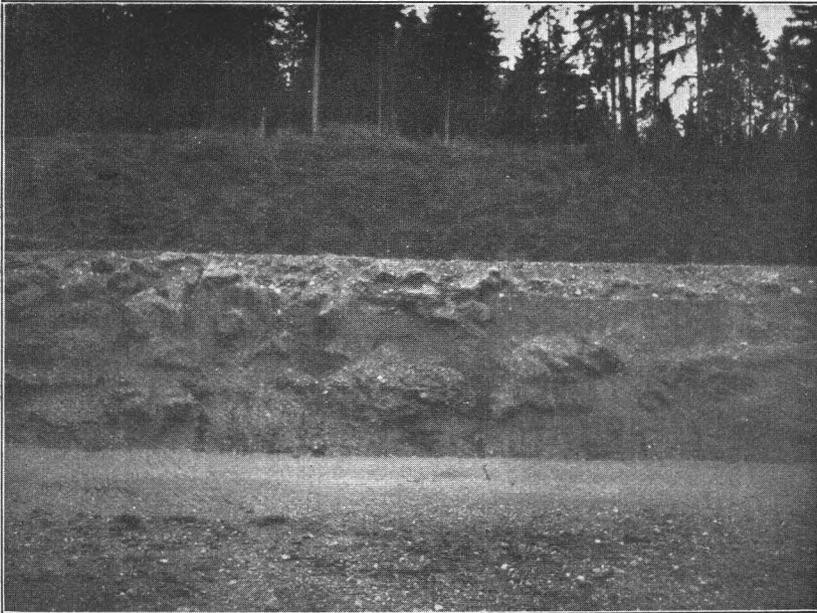


Abb. 6. Tiefgründig verwitterte Nagelfluh von losem Schotter überlagert.
Bahnhof Kreuzstraße bei Holzkirchen.

sehr viel ansehnlicher als diejenige, welche der hangende Schotter seit seiner Ablagerung erfahren hat. Da nun beide Schotter eine sehr ähnliche Zusammensetzung haben und in derselben Lage sich befinden, so erscheint ausgeschlossen, daß wir in einem Falle es mit örtlich besonders geringer, im andern mit örtlich besonders gesteigerter Intensität der Verwitterung zu tun haben; wir dürfen daher die verschiedene Mächtigkeit der Verwitterungskrusten als Zeugen von verschiedenen Verwitterungsgrößen in den Zeiten zwischen Ablagerung

¹⁾ Aigner trennt den Schotter von Buch, Kreuzstraße und Fellach von seinem unteren Schotter und bezeichnet ihn als Talschotter. Ich komme auf diese Trennung S. 97 zurück.

der Nagelfluh und Ablagerung des Schotters, sowie nach Ablagerung des letzteren nehmen. Unter solch gleichen Verhältnissen erscheinen verschiedene Verwitterungsgrößen bestimmt durch verschiedene Verwitterungsintensitäten und Verwitterungsdauer. Die Intensität der chemischen Verwitterung — um solche handelt es sich — hängt von klimatischen Faktoren ab, und wird um so größer, je wärmer und regenreicher das Klima ist. Aber die Intensität der Verwitterung kann nicht beliebig gesteigert werden. In engen Grenzen variieren auf der Erde Niederschlag und Temperatur. Dagegen können die Verwitterungsdauern in außerordentlich bedeutendem Umfange variieren, und man wird daher bei sonst gleichen Verhältnissen aus ansehnlichen Verschiedenheiten von Verwitterungsgrößen in erster Linie auf verschiedene Dauer der Verwitterungszeiten zu schließen haben. Solches bin ich auch hier geneigt zu tun. Aber ich räume durchaus ein, daß man aus den verschiedenen Verwitterungsgrößen, die wir kennen gelernt haben, auch auf verschiedene klimatische Umstände folgern darf. Tut man letzteres, so muß man auf ein ansehnlich wärmeres und feuchteres Klima zwischen Ablagerung der Nagelfluh und Ablagerung des Schotters folgern, als seit Ablagerung des Schotters herrscht und würde dementsprechend auch zwischen der Ablagerung der älteren und der jüngeren Moränen ein feuchteres und wärmeres Klima anzunehmen haben, als wir seit Ablagerung der jüngeren Moränen haben. Ein derartiges feuchtwarmes Klima ist unvereinbar mit den Existenzbedingungen einer großen Vergletscherung, deren Spuren uns in den Moränen vorliegen.

Der Altersunterschied zwischen den inneren und äußeren Moränen, welcher sich aus den dargelegten Beobachtungen in der Umgebung von Holzkirchen ergibt, erhellt auch aus anderen Tatsachen. In den jüngeren Moränen südlich Holzkirchen und in den mit ihnen verknüpften Schottern finden sich häufig Gerölle einer Nagelfluh, in welchen das zementähnliche Bindemittel zwischen den Geschieben gegenüber den letzteren vorwaltet. Man hat es sichtlich nicht mit Geröllen von verkittetem Schotter, sondern mit solchen einer anderen verkitteten Ablagerung zu tun. Nähere Untersuchung dieser Gerölle ergab, daß in ihnen vielfach geschrammte Geschiebe vorkommen. Wir haben es also mit Geröllen bzw. in den Moränen mit Geschieben von zementierter älterer Moräne zu tun. Diese Moränengeschiebe ähneln vielfach der Moränen-Nagelfluh, die wir in der Gegend von Holzkirchen kennen. Aigner kennt diese Moränengeschiebe nicht; er erwähnt zwar das häufige Auftreten von Nagelfluhgeröllen in den jüngeren

Schottern, aber er führt sie — offenbar ohne nähere Untersuchung — ausnahmslos auf den Deckenschotter zurück.

Die Unterscheidung zwischen Jung- und Altmoränen, zwischen Niederterrassen und Hochterrassen geht nach Aigner (S. 74) zurück „auf den tiefgreifenden Unterschied in der Auffassung des Glazialphänomens, wie er in den beiden Haupttheorien, dem Monoglazialismus und dem Polyglazialismus zum Ausdrucke kommt“, und wie schon erwähnt, hält er es für ein Kennzeichen der nach „Penckscher Theorie gefertigten Karten“, daß sie Jung- und Altmoränen unterscheiden. Beiden Äußerungen muß entschieden widersprochen werden. Die Unterscheidung zwischen Jung- und Altmoränen wurzelt nicht in einer bestimmten Theorie, sondern ist gemacht worden auf Grund bestimmter Beobachtungen. Die geologische Karte von Württemberg 1 : 50 000 hatte sie bereits durchzuführen begonnen, als ich meine Untersuchungen im Alpenvorlande begann, und Bach, der großen Einfluß auf sie ausgeübt hat, war durchaus kein Anhänger von der Lehre wiederholter Eiszeiten. In dem ersten Entwurfe meiner Vergletscherung der Deutschen Alpen, welcher von der Universität München preisgekrönt wurde, habe ich nicht Jung- und Altmoränen unterschieden, trotzdem ich bereits von einer Wiederholung der Vergletscherung überzeugt war und habe das Kapitel XXIII des genannten Werkes erst eingefügt, als mich Beobachtungen dazu veranlaßt hatten. Es sind auch Beobachtungen, welche zur Trennung der Jung- und Altmoränen bei Holzkirchen führen. Irgendwelche theoretischen Erwägungen sind dabei gänzlich außer Spiel geblieben. Es hat sich gezeigt, daß die jungen Moränen mit den losen Schottern, die Altmoränen mit einer älteren Nagelfluh verknüpft sind, und daß sich zwischen Ablagerung von Nagelfluh und Schotter eine Zwischenzeit der Erosion und Verwitterung einschaltet, weswegen deren Bildung nicht kontinuierlich vonstatten gegangen sein kann. Wir trennen bei Holzkirchen Nagelfluh und Schotter, Alt- und Jungmoränen, nicht um zwei Eiszeiten zu unterscheiden, sondern um Ablagerungen, die nicht demselben Bildungsakte entsprechen, voneinander zu halten. Das ist die fundamentale Aufgabe der im Felde beobachtenden Geologie, Gesteinskörper voneinander zu sondern, die verschiedenen Bildungsakten entsprechen.

Aigner behauptet, daß die Merkmale, durch welche bisher Alt- und Jungmoränen, sowie Hoch- und Niederterrassen voneinander geschieden wurden, außerordentlich schwankend und verschwommen seien. Er spielt dabei in erster Linie auf die Oberflächenformen beider an.

Ich habe die Grenze zwischen Jung- und Altmoränen vom Teufelsgraben bis in die Gegend nördlich vom Tegernsee nunmehr abgegangenen, wo ich sie früher vornehmlich auf Grund der allerdings vorzüglichen Geländedarstellung auf Blatt Wolfratshausen des topographischen Atlas von Bayern gezogen hatte. Sie ist auf der ganzen Strecke scharf und deutlich, und wie in der Natur scheiden sich beide Moränen auch auf das deutlichste auf den prächtigen neuen bayerischen Positionsblättern Holzkirchen und Oberwarngau 1:25 000. Ein ansehnlicher Endmoränenwall von 30—40 m Höhe bezeichnet die Nordgrenze der Jungmoränen zwischen Teufelsgraben und dem Oberwarngauer Tale, dem die Eisenbahn von Holzkirchen nach Süden folgt. Er zieht sich von Kleinhartpenning in östlicher Richtung über Großhartpenning und Sufferloh nach Thann; östlich vom Oberwarngauer Tale nimmt seine Höhe ab, und er schwenkt sich nach Süden. Zwischen Ober- und Osterwarngau hindurch zieht er sich gegen den Westabfall des Taubenberges, dem er sich bis wenig über 770 m ansteigend anschmiegt. Weiter südlich ist die äußerste Jung-Endmoräne niedriger; sie hebt sich kaum 10 m empor. Aber eine Anzahl kleiner Gruben gestattet ihren Verlauf von Einhaus bis gegen den Höllersberg hin festzulegen. Auf den älteren Karten 1:50 000 tritt dieser äußerste Endmoränenwall wenig hervor. Ich habe daher in den Alpen im Eiszeitalter (S. 172 u. 177) die Grenze der Jungmoränen etwas weiter östlich angegeben und vom Höllersberge als wahrscheinlich bezeichnet, daß er Altmoränen angehört. Aigner (S. 78) ist dieser Mutmaßung bereits entgegengetreten und hat ausgesprochen, daß es sich auch hier um Jungmoräne handele. Ich ersehe hieraus, daß auch ihm durchaus nicht schwer wird, zwischen Jung- und Altmoräne zu unterscheiden. Aber nach ihm soll an zwei Stellen längs der genannten Grenze die Moräne der Innenzonen in die Altmoräne übergehen, nämlich bei Kleinhartpenning und östlich der Straße von Oberwarngau nach Einhaus (S. 97).

Beschrieben wird dieser Übergang von Aigner nicht. Er sagt im Grunde genommen nicht mehr, als daß sich an den genannten Stellen nicht wie sonst zwischen beiden Moränen topographisch eine Schotterfläche einschaltet, daß also Jung- und Altmoränen hier unmittelbar aneinanderstoßen. An solchen Orten muß man nach ihrem Kontakte suchen. Er ist nicht entblößt; aber bei Kleinhartpenning sieht man unmittelbar vor dem Jung-Endmoränenwall mit seinem lockeren schüttigen Materiale ziemlich feste Nagelfluh am Einschnitte des Weges nach Dietenhausen, sowie östlich des Dorfes am Wege nach Großhartpenning unweit Asberg. Die Aufschlüsse sind so dürftig,

daß sich nicht mit Sicherheit feststellen läßt, ob wir es hier, wie wahrscheinlich, mit Moränennagelfluh zu tun haben. Jedenfalls ist aber der Unterschied zwischen den Ablagerungen vor dem Jung-Endmoränenwall und denen des letzteren selbst ein so auffälliger, daß von einem Übergang beider nicht die Rede sein kann. Wenig weiter nördlich treffen wir auf den schon erwähnten Schotter von Buch über tiefgründig verwitterter Nagelfluh. Wir müssen ihn als Äquivalent der äußersten Jungmoräne auffassen, denn er liegt in einem Tälchen, das sich gegen den Teufelsgraben gerade dort öffnet, wo dieser aus den Jung-Endmoränen heraustritt: nur unter der Annahme, daß hier noch Eis lag, als der Schotter von Buch abgelagert wurde, wird dessen Auftreten fast 50 m über dem Teufelsgraben verständlich. Scharf sondern sich also die fluvioglazialen Äquivalente der Jung-Endmoräne und der Altmoräne gerade bei Kleinhartpenning. Auch östlich vom Wege von Oberwarngau nach Einhaus sieht man nichts von einem Übergang zwischen Jung- und Altmoränen. Beide trennen sich orographisch voneinander. Ein Kontakt beider ist nicht erschlossen; wohl aber haben wir gerade hier unter der äußersten Jungmoräne die verwitterte Oberfläche eines älteren Gerölles angetroffen, welches mutmaßlich dem Sockel der Altmoräne des Geiselberges angehört.

Nach Aigner sollen aber nicht bloß die Jungmoränen in die Altmoränen übergehen, sondern auch die Schotter, auf denen sie aufsitzen, sollen ineinander übergehen. Dies soll sich insbesondere in einem Profile zeigen, das er südlich vom Taubenberge von Bernlohe über Miesbach nach Frauenried an der Leitzach zieht. Nach diesem Profile auf Tafel II seiner Arbeit sollen rechts der Schlierach die Jungmoränen des Inngletschers auf denselben Schottern aufsitzen wie die Altmoränen zwischen Schlierach und Mangfall und südlich vom Taubenberge. Ich habe die Gegend bereits 1880 untersucht¹⁾, und westlich Miesbach stimmen meine Unterscheidungen ziemlich befriedigend mit denen Aigners in seinem Profile und in dem zugehörigen Kärtchen 1:50 000 überein. Er hat hier eine breite Fläche unterer Schotter, durch welche sich längs des Mangfall ein Streifen von Talschottern hindurchzieht. Ich habe eine breite Fläche von Hochterrassenschottern (1882 diluviale Nagelfluh genannt) an der Mangfall, durchsetzt von Niederterrassenschottern. Hier trifft die von Aigner gelegentlich ausgeführte Gleichstellung seiner unteren Schotter mit Hochterrassenschottern, seiner Talschotter mit Niederterrassenschottern wirklich zu. Aber rechts der Schlierach, wo Aigner gleich-

¹⁾ Vergletscherung der Deutschen Alpen. S. 284.

falls untere Schotter und Talschotter trennt, kenne ich nur Niederterrassenschotter, welche sich von den Hochterrassenschottern durch die Führung zahlreicher zentralalpiner Gerölle, sowie durch den Mangel an Verfestigung unterscheiden. Diese Niederterrassenschotter reichen bis unter die Jungmoränen des Inngletschers, ebenso wie sich die Niederterrassenschotter an der Mangfall bis unter die Jung-Endmoränen am Nordsaume des Tegernsees erstrecken. Dagegen sitzen die Altmoränen des Rückens zwischen Schlierach und Mangfall und die des Geiselberges Hochterrassenschottern auf, die 1 km östlich vom letzteren an der linken Seite des Steingrabens bei Haidhub als ziemlich loses Geröll aufgeschlossen sind¹⁾. Gerade südlich vom Taubenberge zeigt sich auf das deutlichste, daß die Altmoränen und Jungmoränen verschiedene Unterlage haben, und dort, wo die Unterlage der Altmoränen bis unter die Jungmoränen reicht, wie nördlich Einhaus, ist sie unter diesen verwittert. Aigner unterscheidet hier die Schotter nicht scharf genug voneinander und parallelisiert unbedenklich sehr verschieden aussehende Hoch- und Niederterrassenschotter lediglich deswegen, weil ihnen die Jungmoränen östlich der Schlierach in derselben Höhe aufsitzen, wie die Altmoränen westlich der Schlierach. Sein Profil ist überdies nicht frei von Ungereimtheiten: es zeigt auf der linken Seite des Schlierachtales und an der rechten des Mangfalltales die Talschotter von unteren Schottern überlagert. Auch in seinen textlichen Ausführungen kommen mißverständliche Äußerungen vor. Auf S. 46 sagt er, daß sich untere Schotter und Talschotter unterhalb der Talmühle ‚vermengen‘, da er sie nicht mehr, wie auch es S. 62 heißt, auseinanderhalten kann. Die Unmöglichkeit, zwei verschiedene Ablagerungen dort zu trennen, wo Aufschlüsse fehlen, darf aber noch nicht zur Annahme führen, daß sie sich vermengen oder ineinander übergehen.

Ich habe die Gegend von Miesbach jetzt nicht wieder besucht. Aber was von ihr hinsichtlich des gegenseitigen Verhältnisses zwischen Altmoränen und Hochterrassenschottern, zwischen Jungmoränen und Niederterrassenschottern gilt, gilt auch von der Gegend nordwestlich Holzkirchen. Die dortigen Altmoränen, sowie die nordwestlich gelegenen von Pallnkam und Jasberg haben einen Sockel von Nagelfluh, in der vielfach gekritzte Geschiebe auftreten, während von den Jung-Endmoränen bei Lochen und südlich Holzkirchen Ströme lockeren Schotters ausgehen. Diese Tatsache ist Aigner nicht entgangen; er

¹⁾ Welche Bewandtnis es mit der Kohle hat, auf die am Südabfall des Geiselberges geschürft worden ist, habe ich nicht feststellen können.

bringt sie, wie erwähnt, mit einer Einwirkung der den Jungmoränen entströmenden Schmelzwasser auf die Schotter unter den äußeren Moränen in Zusammenhang und legt auf die durchgreifende Verschiedenheit von Schotter und Nagelfluh, die er an einer anderen Stelle, nämlich am Wackersberge bei Tölz, sehr betont, kein Gewicht. In schematischer Weise läßt er seine unteren Schotter unter Jung- und Altmoränen durchstreichen. Auch hier hat v. Ammons von Aigner nicht gewürdigte Darstellung bereits das Richtige getroffen; beim Wiederdurchlesen seines Textes nach Abschluß meiner Exkursion hat mich aufrichtig gefreut, daß auch ihm das Auftreten von gekritzten Geschieben in der Nagelfluh bei Steingau und Erlach aufgefallen ist.

Der Umstand, daß Alt- und Jungmoränen verschiedene Schottersockel haben, schließt zwar aus, daß der Sockel der Jungmoränen sich unter die Altmoränen erstreckt, nicht aber, daß der der letzteren unter die Jungmoränen reicht, und daß in seltenen Fällen unter diesen sowohl die zu ihnen gehörigen, als auch die älteren konglomerierten Schotter liegen. Einen solchen Fall habe ich aus dem von Aigner behandelten Gebiete beschrieben¹⁾. Links der Mangfall bei Aschbach, einige Kilometer unterhalb der Mündung des Teufelsgrabens sieht man unter den Jungmoränen des Inngletschers erst die dazu gehörigen Schotter, dann tiefer Nagelfluh, die der von Kreuzstraße gleicht, mit tiefgründig verwitterter Oberfläche. Aigner nimmt auf dieses Profil S. 124 Bezug. Er erklärt den oberen losen Schotter und die darunter befindliche Nagelfluh für seinen unteren Schotter: der lose soll der untere Schotter des Inngletschers, die Nagelfluh darunter der untere Schotter des Isargletschers sein. Beide Gletscher sollen ungleich rasch angewachsen sein, der Isargletscher schneller als der Inngletscher, und dementsprechend soll auch der untere Schotter des Isargletschers vor dem des Inngletschers zur Ablagerung gekommen sein. In der Zwischenzeit soll sich etwas Verwitterungslehm gebildet haben, und „da uns die wirkliche Zeit nicht bekannt ist, die von der Ablagerung der Isarschotter bis zur Ankunft der Innschotter verstrichen ist, so steht nichts im Wege, dieselbe als so lange anzunehmen, daß sie zur Bildung einer Oberflächenverwitterungsschicht hinreichte, die jetzt den unteren der beiden Schotter deckt“. Aigner hält es also für statthaft, eine unbekannt große beliebig groß anzusetzen. Ich will mit ihm über die Berechtigung einer solchen Annahme nicht rechten, sondern nur hervorheben, daß es sich keines-

¹⁾ Alpen im Eiszeitalter. S 67.

wegs bloß um etwas Verwitterungslehm handelt, sondern um eine ebenso tiefgründige Verwitterung wie wenige Kilometer weiter westwärts am Bahnhofs Kreuzstraße; sie markiert einen Zeitabschnitt, über dessen mutmaßlichen Umfang ich mich oben schon ausgesprochen habe. Dieser Zeitabschnitt aber schaltet sich nicht bloß zwischen die Ankunft der Isar- und Inngletscherschotter ein, sondern auch, wie sich bei Holzkirchen zeigt, wo beide Schotter nicht dieselbe petrographische Verschiedenheit zeigen wie bei Aschbach und Kreuzstraße, auch zwischen die Ankunft zweier verschiedener Schotter des Isargletschers; denn diesem allein gehören nach ihrer Zusammensetzung sowohl der lose Schotter, als auch die Nagelfluh um Holzkirchen an. Derselbe Zeitraum aber trennt auch die Ablagerung der jüngeren und älteren Moränen um Holzkirchen. Während seiner muß die Gegend eisfrei gewesen sein, denn es fand weder Moränen- noch Schotterablagerung statt, und die Verwitterung entfaltete ihre Tätigkeit. Wo während dieses Zeitraumes die Gletscher endeten, können wir aus dem Profile bei Aschbach und um Holzkirchen nicht ersehen.

Wo sich der Jung-Endmoränenwall nicht direkt an Altmoränen oder an die miocäne Nagelfluh des Taubenberges lehnt, grenzt er an den losen Schotter, in den wir die Moräne bei Thann übergehen sahen. In diesen Schotter (s. Abb. 7) schneidet der Boden des Oberwarngauer Tales nur wenig tief ein, aber hinreichend, um seine Nagelfluhunterlage (*N*) an den Gehängen des Tales bloßzulegen. Letzteres kommt aus dem Moränengebiet und nimmt seinen Ursprung an dem mächtigen Endmoränenwall, der nördlich Schaftlach durch den Allgäuwald zieht. Sein Boden ist das Bett der Schmelzwasser während der jenem Endmoränenwalle entsprechenden Stillstandslage des Eises und ist deshalb mit Schottern erfüllt (*S'*). Dieselben sind jünger als die Schotter (*S*), die von der Jung-Endmoräne ausgehen und werden von derselben Ablagerung durch eine Zeit der Erosion getrennt, während welcher das Warngauer Tal südlich von Holzkirchen in die Schotter von Thann und Lochham eingeschnitten wurde. Diese (*S*) und die Schotter (*S'*) am Boden des Tales stellen also keine kontinuierliche Ablagerung dar; aber die Unterbrechung, die sich zwischen die Bildung beider einschaltet, ist geringer als die zwischen der Nagelfluh und dem Schotter um Holzkirchen. Der Schotter der Altmoräne war verfestigt und tiefgründig verwittert, bevor der der Jungmoräne abgelagert wurde. Der von Thann und Lochham ist ebenso locker wie der vom Boden des Warngauer Tales. Und weiter: Bereits unterhalb Holzkirchen hört der Einschnitt des Warngauer Tales auf, und

es vereinigen sich die Schotter seines Bodens bereits bei Föching mit den höher gelegenen zu dem weiten Schotterfelde der Gegend von München. Die losen Schotter am Boden und auf den Flanken des Warngauer Tales gehören ein und demselben Bildungsakte an, nämlich der Aufschüttung der schiefen Ebene von München, an deren Spitze gelegentlich wie an der Spitze eines Schuttkegels die Aufschüttung durch Erosion unterbrochen war. Die Zeit jenes Bildungsaktes entspricht dem Maximalstande der Vergletscherung und der Zeit von deren Rückzug um 5 km bis an den Allgäuwald.

Ganz ähnlich liegen die Dinge weiter nordwestlich in der Gegend von Lochem und Linden, welche auf unserer Karte, Abb. 8, klar hervortritt¹⁾. Der große Jung-Endmoränenwall ist zwischen beiden

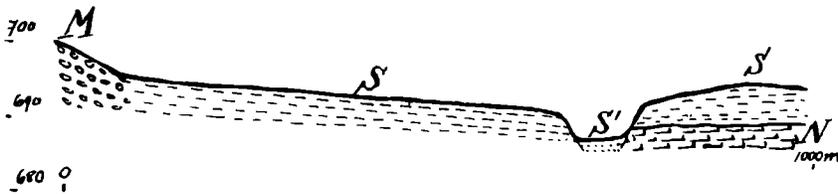


Abb. 7. Querprofil durch das Oberwarngauer Tal, *M* Endmoräne von Thann, *S* zugehöriger Glazialschotter, *N* Nagelfluh, *S'* Schotter des Talbodens.

Dörfern unterbrochen, und ein Ausläufer des vor ihm gelegenen Schotterfeldes erstreckt sich in der Lücke weiter südwestwärts bis an den zweiten Endmoränenwall des Leonhardsholzes. Die Schotterfläche draußen entspricht dem Jung-Endmoränenwall und dem ersten Halte während des Rückzuges. Gleiches wiederholt sich an der Mangfall. Bei Darching wird die von den Jung-Endmoränen bei Warngau ausgehende Schotterfläche abgeschnitten von einer tiefer gelegenen Fläche losen Schotters, deren Ausläufer wir dann weiter aufwärts als Niederterrasse bis an die Jung-Endmoränen des Tegernsees, am Schliersee und bei Parsberg östlich Miesbach verfolgen können. Aber weiter nördlich, und zwar bereits im Fiechtholze nördlich Darching, verwachsen beide Schotterflächen miteinander und erweisen sich hier als Ausläufer der schiefen Ebene von München. Aigner widmet diesen Terrassierungen eine kurze Auseinandersetzung; er versucht zu zeigen, daß ihre Ursache flußabwärts zu suchen ist, und glaubt dieselbe in ruckweiser Tieferlegung der Donau zu erkennen.

¹⁾ Ich danke dem Direktor des topographischen Bureaus München, Herrn Major Lammerer, die Erlaubnis in dieser Karte die vorzügliche Geländedarstellung des bayerischen Positionsblattes Dietsramszell verkleinert wiedergeben zu können.

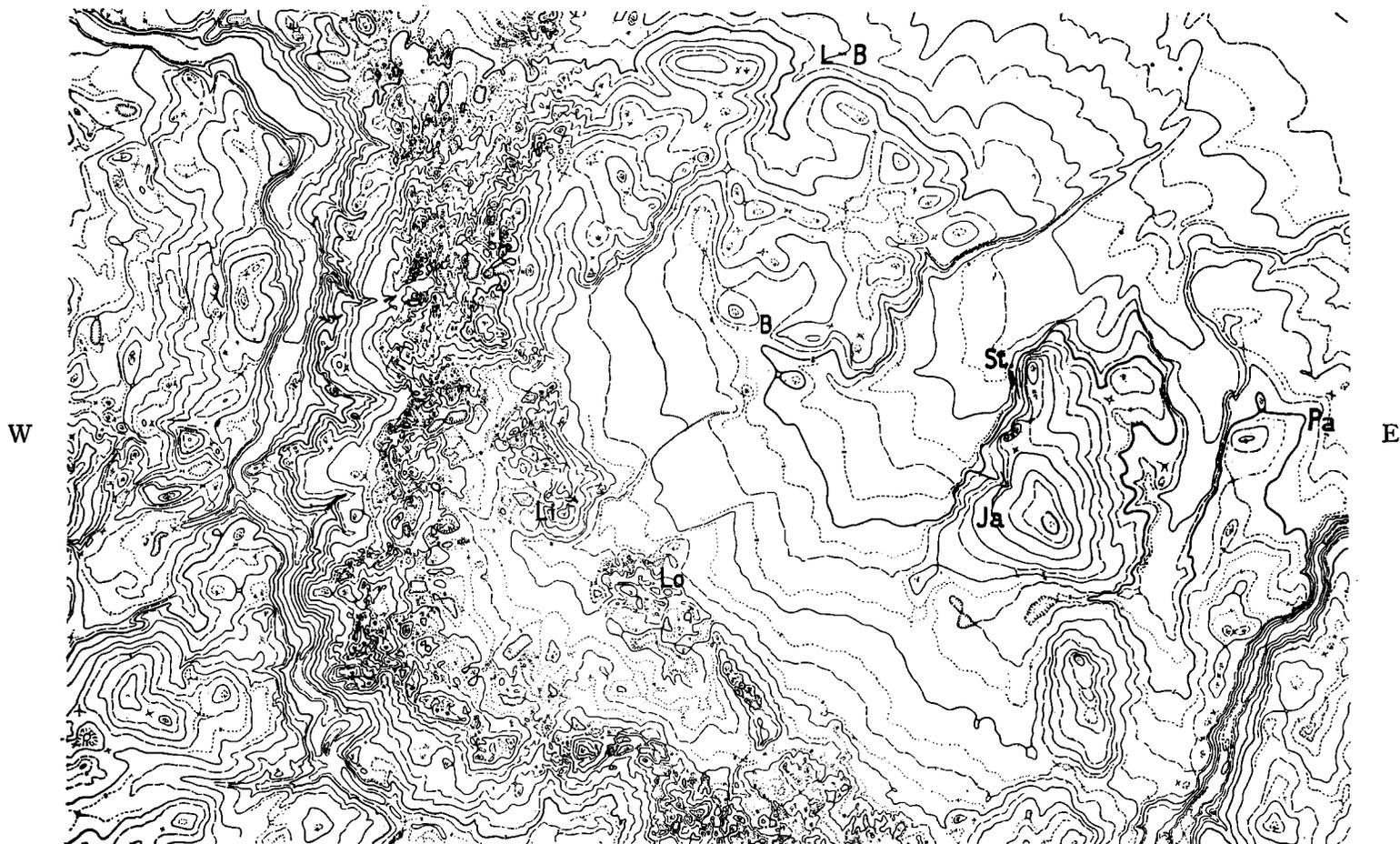


Abb. 8. Die Geländeformen des bayerischen Positionsblattes 761 (Dietramszell), verkleinert auf 1 : 50000 (1 cm = 2 km). Im Westen Jungmoränen, im Osten Altmoränen, durchbrochen von einem Felde des Niederterrassenschotter, im Südosteck der Teufelsgraben. Li Linden, Lo Lochen an der Jung-Endmoräne, Ja Jasberg, St Steingau, B Baiernrain, L-B Lochhofener Buchet, Pa Pallnkam.

„Daß auch diese wieder ihren Grund gehabt haben muß, ist selbstverständlich. Vielleicht dürfen wir an ein ruckweises Absinken des großen Senkungsgebietes am schwarzen und kaspischen Meere denken, sowie an das Einsinken des östlichen mittelländischen Meeres, das bis in die Postdiluvialzeit hinauf zu verfolgen ist“ (S. 58). Würde diese Annahme zutreffen, so müßten wir wahrnehmen, daß die Terrassierungen an den Flüssen des Alpenvorlandes, also auch unserer Gegend, nach der Donau hin divergieren, und daß an der unteren Donau die Terrassen eine nach der andern jäh abbrechen. Aber das Gegenteil von dem, was zu erwarten ist, tritt ein: es konvergieren unsere Terrassen gegen die Donau hin. Das macht sicher, daß ihre Entstehung nichts mit Veränderungen der Erosionsbasis zu tun hat, sondern mit einem Wechsel von Aufschüttung und Erosion in den Gebieten, wo sie am besten entwickelt sind. Überlastung der Rinnale mit Geröll hat stattgefunden während eines Gletscherhaltes und Erosion während eines Gletscherrückzuges. Das folgert direkt aus den Beobachtungen. Schotter ward abgelagert während des Eishaltes, während der Ablagerung der Jung-Endmoränen und jüngerer Endmoränen in der Zwischenzeit; als das Eis zurückging, fand Erosion statt. Wir haben also Schotter zwischen Tölz und Holzkirchen, gebildet beim Herannahen des Eises, welches die Jungmoränen abgelagerte; wir haben ferner Schotter, welche dem Jung-Endmoränenwall entsprechen und endlich solche, welche während einzelner Halte während des Rückzuges des Eises abgelagert wurden, von denen des Maximalstandes durch eine kleine Erosion getrennt. Alle diese drei Schotter entsprechen dem Hochstande jener Vergletscherung, welche den Gürtel der Jungmoränen hinterließ, mögen sie nun unter denselben liegen, mögen sie sich an den äußersten Endmoränenwall oder an spätere sich anschließen. Alle diese Schotter sind in wenigen Kilometern Entfernung vom alten Eisrande zum großen Münchener Schotterfelde vereinigt. Die dortigen Schotter entsprechen also der Gesamtdauer der Ablagerung der Jungmoränen, nämlich dem Hochstande einer Vergletscherung; die Schotter auf den Höhen beiderseits des Darchingner Tales hingegen gehören nur zum Höchststande derselben.

Ich setze dieses so ausführlich auseinander, weil meine Ansichten über die Äquivalenz des Jung-Endmoränengürtels mit den Schottern vor demselben, den Niederterrassenschottern, jüngst durch Ampferer angegriffen worden sind¹⁾. Er glaubt, daß die Schotter vor dem

¹⁾ Über einige Grundfragen der Glazialgeologie. Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, 1912. S. 237.

Moränengürtel keine Facies desselben darstellen, sondern zwei getrennte Bildungen. Er nimmt an, daß eine Schotterablagerung zur Interglazialzeit geschah und durch die herannahende Vergletscherung teilweise zerstört wurde, weswegen sie sich nur am Rande von deren Moränengebiet unter den Moränen, sowie außerhalb desselben erhielt. Diese Anschauung trifft für unser Gebiet keinesfalls zu; denn wir haben gesehen, daß die zwischen Tölz und Holzkirchen unter den Jungmoränen gelegenen Schotter in nächster Nähe des Eises gebildet wurden, ebenso wie die Schotter bei Thann während des Höchststandes der Vereisung abgelagert wurden, und die des Darchinger Tales nach einem Rückzuge von wenigen Kilometern. Ampferer zieht nicht in Erwägung, daß während des Hochstandes der Vergletscherung dem Eise Wasser entströmen mußten, welche die herbeigeführten Moränenmaterialien verschwemmten, weswegen notwendigerweise neben den Endmoränen auch Schotter abgelagert werden mußten. Dies gilt nicht nur für unser Gebiet; das trifft für alle alten Gletschergebiete der Alpen zu. Schotter sind überall deren Annexe. Ampferer meint, daß dann, wenn das Schotterfeld eine Facies der Moräne sei, der Übergang zwischen beiden nur an der äußersten Endmoräne stattfinden müsse. Aber dieser Übergang findet in Wirklichkeit an zahlreichen Stellen innerhalb des gesamten Jungmoränengürtels statt, sowohl unter der Moränendecke, als auch am Saume jeder einzelnen Endmoräne. Der von den inneren Endmoränen ausgehende Schotter zieht sich in den Moränentälern zwischen den einzelnen Endmoränenwällen entlang, bis er den äußeren durchbricht. So sieht man z. B. zwischen dem hohen Endmoränenwall von Krottental und dem östlich gelegenen Endmoränenwall an der Straße von Holzkirchen nach Tegernsee eine hübsche kleine Schotterfläche, deren Material ihren Ursprung in unmittelbarer Eisnähe durch zahlreiche gekritzte Geschiebe verrät. Die Wasser, welche diese Schotterfläche aufbauten, fanden ihren Auslaß in der Richtung auf Einhaus, quer durch den vorgelagerten Endmoränenwall hindurch. Bändertone unter den Schottern lassen erkennen, daß vor Ablagerung der letzteren hier ein kleiner Moränensee existierte. Die Oberfläche der Schotter selbst aber ist unregelmäßig; nicht unmöglich ist, daß sie sich über einen Eisblock breiteten und dann bei dessen Schmelzen zusammengesunken sind. Daß ein jüngerer Moränenwall mit vorgelagertem Schotter nicht gebildet werden könnte, ohne daß der vor ihm gelegene ältere Wall eingeebnet wird, wie Ampferer annimmt, trifft nicht zu. Ich habe in dem Blockdiagramm über den Aufbau einer glazialen Serie,

welches Ampferer reproduziert hat, dies dadurch anzudeuten versucht, daß ich von dem inneren Endmoränenwall den zu ihr gehörigen Schotter in einem Durchbruch durch den vorgelagerten Endmoränenwall hindurchführte²⁾).

Die Erkenntnis, daß sich ein Moränengürtel mit den davorgelegenen Schottern zu einer glazialen Serie vereinigt, hat sich mir erst sehr allmählich im Laufe meiner Untersuchungen aufgedrängt. 1882 legte ich noch großes Gewicht darauf, ob die Schotter im Moränengebiet von Moränen überlagert würden oder nicht, und unterschied danach unteren und oberen Glazialschotter. Aber der Versuch, größere Moränengebiete geologisch zu kartieren, vergewisserte mich, daß die unteren und oberen Glazialschotter in geringer Entfernung von den Endmoränen zu einem untrennbaren Ganzen verwachsen. Aigner steht auf dem Boden meiner Anschauungen von 1882. Die Art und Weise, wie er seinen unteren Schotter und seinen oberen Schotter oder Talschotter gegeneinander begrenzt, verrät deutlich, daß er Dinge voneinander geschieden hat, die man nicht allgemein voneinander trennen kann. Ihre Abgrenzung gegeneinander ist durchaus willkürlich dort, wo sein unterer Schotter nicht Altmoräne oder die dazugehörige Nagelfluh oder Löß repräsentiert, sondern wirklich Schotter der Jungmoränen. Von der Annahme ausgehend, daß der untere Schotter überall unter den Moränen durchstreiche, läßt Aigner diese allgemein auf einem Sockel unterer Schotter aufsitzen, den er an verschiedenen Stellen, bei Linden, Lochen und südlich Oberwarngau jäh gegen die Talschotter absetzen läßt, ohne daß in der Natur irgendein Grund für die Trennung beider vorliegt. Eine kontinuierliche Schotterfläche verteilt er willkürlich auf seinen unteren Schotter und seinen Talschotter. So kommt es, daß schließlich die ganze schiefe Hochebene von München dem Talschotter zugewiesen wird. In jener Willkürlichkeit aber liegt nicht einmal Konsequenz. Während Aigner die Schotter des Warngauer Tales und diejenigen, welche sich bei Otterfing über Lochen hinaus in das Moränengebiet ziehen, während er selbst die Schotter von Buch, die auf verwitterter zur Altmoräne gehöriger Nagelfluh aufruhend, als Talschotter bezeichnet, stellt er die Schotter des Zellerwaldes, die sich in einem einspringenden Winkel des Moränengebietes tief in dasselbe hinein fortsetzen, zu seinen unteren Schottern, wiewohl sie die typischen Oberflächenformen eines Schotterfeldes haben und nicht von Moränen bedeckt werden, sondern glazialen Materiale, wie sich nördlich der Pelletsmühle zeigt, aufgelagert sind.

¹⁾ Alpen im Eiszeitalter. S. 16.

Ebenso wie die große Menge der während des Eisrückzuges gebildeten Schotter eines Moränengürtels ziehen sich auch die unter den Moränen befindlichen Schotter nicht tiefer in das Innere der Gletschergebiete hinein. Sie reichen höchstens aufwärts bis an den Rand der großen Zungenbecken. Die große Frage ist nun, ob dies eine primäre Eigentümlichkeit ist, ob die unter den Moränen befindlichen Schotter erst hier unterhalb der Zungenbecken zur Ablagerung kamen, oder ob sie im Bereiche der Zungenbecken gänzlich erodiert worden sind. 1882 war ich der letzteren Meinung. Die späteren Arbeiten machten mich mit zahlreichen Phänomenen bekannt, welche für eine peripherische Ablagerung der Schotter sprechen. Unvergeßlich ist mir in dieser Hinsicht der Eindruck geblieben, den ich in der Tesinoschlucht an der Ostseite des Gardasees erhielt: Von außen her kommend, erwartete ich 1889 hier die Schotter wieder ausstreichen zu sehen, die sich außerhalb des Moränengebietes am Tassoflusse finden, und traf auf eine Wechsellagerung von Moränen und Schotter!¹⁾ Infolgedessen habe ich die gelegentlich oberhalb der Zungenbecken in den Gletschergebieten auftretenden Schotter, namentlich die des Inngebietes, nicht mehr zu den Schottern gestellt, die beim Herannahen der Vergletscherung abgelagert wurden, und habe sie durch Annahme von Oszillationen beim Rückzuge der Vergletscherung zu erklären versucht. Hiergegen hat Ampferer eine Reihe von Einwendungen gemacht²⁾ und seine Ansicht dahin präzisiert, daß zwischen der letzten und einer früheren Vergletscherung eine mächtige Schotterablagerung stattfand, deren Ursache nicht in klimatischen Verhältnissen, sondern in einem Einsinken der Alpen zu suchen ist. Aber auch ich bin durch meine Beobachtungen im Etschtale zur Annahme einer recht ansehnlichen interglazialen Schotterformation gekommen, welche sich infolge der Übertiefung der Täler bilden mußte, und die, wie ich seither gesehen habe, noch beträchtlicher ist, als ich damals glaubte³⁾.

Unter solchen Umständen bin ich mit besonderem Interesse an die erneute Untersuchung der Schotter gegangen, welche sich bei Tölz zwischen zwei Moränen lagern. Sie finden sich namentlich in der Terrasse des Isartales, auf welcher das Dorf Wackersberg liegt, und die deswegen wohl auch als Wackersberg bezeichnet wird. Eine große Rutschung im Kreidewerke Tölz bietet hier willkommenen Einblick.

¹⁾ Alpen im Eiszeitalter. S. 869.

²⁾ Über die Entstehung der Innalterrassen. Zeitschrift für Gletscherkunde. III. 1908. S. 111.

³⁾ Alpen im Eiszeitalter. S. 921.

Oben sieht man etwa 10 m Grundmoräne mit einer Einlagerung von oben grauem, unten gelbem Ton; darunter folgt ein 5 m mächtiges Blocklager; Molasse, Kalk, Urgebirge, löcherige Nagelfluh sind darunter vertreten, auch eckige Kalktrümmer. Gekritzte Geschiebe darin vertragen, daß es sich um Moräne handelt. Tiefer folgen 5 m grober Schotter mit Nagelfluhgeröll und seltenen gekritzten Geschieben. Alle diese zwischen 720 und 740 m Höhe gelegenen Schichten offenbaren durch gekritzte Geschiebe ihre Natur als glaziale Ablagerungen, als Moräne oder wenig umgelagerte Moräne (*M* Abb. 9).

Nach unten zu geht diese Folge allmählich in grauen Schotter mit Nagelfluhgeröll über. Dieser enthält in seinen oberen Partien noch vereinzelte gekritzte Geschiebe, tiefer fehlen sie; oben walten Gerölle von grauem Dolomit vor, unten werden solche von weißem Wettersteinkalk häufiger; gelegentlich ist der untere Schotter zu lockerer Nagelfluh verkittet. Die Gesamtmächtigkeit dieser Schotter (*S* Abb. 9) ist 20 m; sie liegen zwischen 700 und 720 m Höhe.

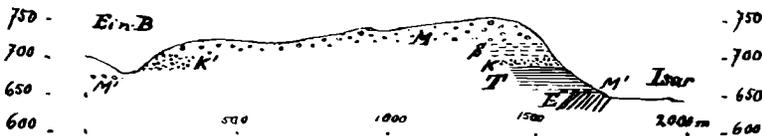


Abb. 9. Querprofil durch den Wackersberg bei Tölz vom Einbache über Sonnershof zum Kreidewerk. *M* Moräne, *S* Schotter, *K* Kalkgeröll und Nagelfluh, *T* Tölzer Kreide, *E* Nummulitenkalk.

Unter dem Schotter findet sich gelbliches Kalkgeröll (*K*), weniger gewaschen als der Schotter, also etwas sandiger, aber mit besser gerundeten Geröllen. Tiefer kommt Sand und schließlich die Tölzer Kreide (*T*), nämlich ein geschichteter Kalkschlamm, von der Art eines Bändertones.

Kalkschotter, Sand und Bändertone haben eine Gesamtmächtigkeit von 40 m und finden sich zwischen 660 und 700 m. Wenig weiter südwärts streicht an der Bocksleiten Nummulitenkalk (*E*) aus. Unmittelbar in seinem Hangenden fand ich 1888 zahlreiche gekritzte Geschiebe (*M*).

Gehen wir weiter südwärts am Abfalle der Terrasse entlang, so treffen wir da und dort im Walde Ausbisse ziemlich lockerer Nagelfluh oder Anzeichen von Schotter; darunter Quellen, welche den Ausbiß einer impermeablen Schicht andeuten, ob von Ton oder Moräne läßt sich nicht entscheiden. Aber nördlich der Bibernmühle schneidet die Straße typische Moräne mit zahlreichen gekritzten

Geschieben an. Als ich 1881 die Stelle zuerst besuchte, blieb ich unsicher, ob die Moräne sich unter die Schotter fortsetzt, oder ihnen nur angelagert sei. 1888 vergewisserte ich mich von ersterem und konnte sie nunmehr aufwärts bis 680 m Höhe verfolgen, wo ihnen das steilere, zum Teil aus Nagelfluh bestehende Gehänge aufsitzt. Herabgestürzte Schollen von Nagelfluh liegen unmittelbar auf der Moräne. Noch weiter südlich bietet das kleine nach Höfen heraufführende Tälchen einen guten Aufschluß. Man sieht hier in 690 m Höhe Moräne unmittelbar unter meist ziemlich losem, vornehmlich aus Kalk bestehendem Gerölle, welches bis 710 m heraufreicht. Das gleiche Geröll ist am Südende des Wackersberges auf der Höhe in 715 m Höhe aufgeschlossen. Tiefer unten liegt am Fuße des Berges schräge geschichtetes, ziemlich loses Kalkgerölle mit sandigen Zwischenlagen, durchsetzt von einer Verwerfung, die wohl als Folge einer Gehängerutschung anzusehen ist. Biegen wir nun längs des Steinbaches um das Südende des Wackersberges herum, so sehen wir Nagelfluh, welche aus den gleichen weißen Wettersteinkalkgeröllen besteht wie der benachbarte Kalkschotter und gleich diesem Urgebirgsgerölle enthält, die stellenweise nicht selten sind. In der Nagelfluh finden sich größere Nester losen Schotters. Sie sitzt in wenig über 700 m Höhe auf sandigem Ton auf, und über ihr ist in 725 m Höhe prächtige Grundmoräne in einer kleinen Grube erschlossen.

Nun wandern wir zum Westabfall des Wackersberges, an dem der Einbach entlang fließt. In der Nähe des Sonnershofes schneidet er ziemlich feste Nagelfluh an, in welche sich die Höhle des Dachsloches erstreckt. Das Material besteht fast ausschließlich aus weißem Wettersteinkalk; sehr selten sind stark verwitterte Urgebirgsgerölle. Im Dachsloche fand ich ein gekritztes Geschiebe lose am Boden liegend mit noch ansitzendem Zemente. In den unteren Partien der zwischen 680 und 700 m gelegenen Nagelfluh (*K'* Abb. 9) kommen am Einbache zahlreiche Quellen zum Vorschein, aber das Liegende ist nicht entblößt. Gegenüber vom Nordende des Aufschlusses jedoch schneidet der Bach in wenig über 670 m Höhe Grundmoräne (*M'*) an, die in das Liegende der Nagelfluh verwiesen werden muß. Weiter gegen Norden hört die Nagelfluh mit einem Male auf, und unweit des Zollhauses an der Straße von Tölz nach Benediktbeuren erschließt eine große Grube (Abb. 10) zwischen 675 und 705 m Schotter, der fast ausschließlich aus weißen Wettersteinkalkgeröllen besteht; ganz selten sind Gerölle stark verwitterten Urgebirges. Gekritzte Geschiebe wurden in der unteren etwa 12 m mächtigen, sehr grobkörnigen Schotterpartie nicht

beobachtet: Sie stellen sich erst in der oberen Partie der Grube ein, welche zur Zeit meines Besuches durch eine Abstufung in der Grubenwand zugänglich war. Sie werden nach oben zu häufiger, und an der Nordseite der Grube geht der Schotter in zähe, feste, kalkige Grundmoräne mit prachtvollen gekritzten Geschieben über. Über dieser Grundmoräne liegt loser, gut gewaschener Kalkschotter, der gegen sein Liegendes glatt abschneidet.

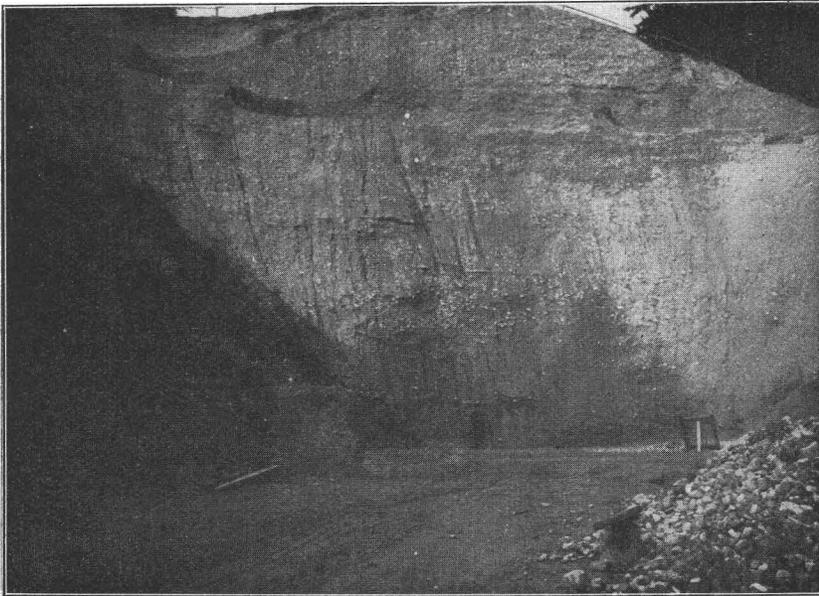


Abb. 10. Schottergrube beim Zollhause Tölz. Grober Kalkschotter, nach oben bei der Stufe in der Wand übergehend in Schotter mit gekritzten Geschieben und Grundmoräne. Über letzterer loser, gut gewaschener Schotter (oben links).

Wir verfolgen also um den Wackersberg herum eine Ablagerung von Kalkschotter und Kalknagelfluh. Zwischen Schotter und Nagelfluh besteht kein anderer petrographischer Unterschied als der verschiedene Grad der Verfestigung. Das Material der Gerölle ist in beiden dasselbe. Namentlich fällt die Seltenheit von Urgebirgsgeröllen im Schotter am Zollhause und in der Nagelfluh am Einbache auf, sowie der Umstand, daß sie hier wie da stark verwittert sind. Häufiger sind sie lediglich in der Nagelfluh am Steinbache. Sowohl unter dem Schotter, als auch unter der Nagelfluh findet sich Moräne, und in den oberen Partien beider Ablagerungen treten gekritzte Geschiebe auf.

Wir schließen hieraus, daß Schotter und Nagelfluh zusammengehören, und daß die letztere nur lokal verfestigte Schotterpartien darstellt. Diese Auffassung drängt sich namentlich in dem Aufschlusse am Steinbache auf. Wären Nagelfluh und Schotter verschiedenen Alters, so müßten wir gewärtigen, im Schotter zahlreiche Nagelfluhgerölle zu finden, so wie dies überall dort der Fall ist, wo Schotter und Nagelfluh verschiedenen Alters in gleichem Niveau nebeneinander vorkommen, wie beispielsweise in der Gegend von Holzkirchen. Nagelfluhgerölle fehlen allerdings im Schotter nicht ganz und wurden in der Nagelfluh nicht gefunden; aber man darf bei der Seltenheit ihres Vorkommens im Schotter und bei der Schwierigkeit, sie in der Nagelfluh zu konstatieren, hierauf kein großes Gewicht legen; gelang es doch zum Beispiel im großen Schotteraufschlusse am Zollhause nur ein einziges Nagelfluhgerölle zu finden.

Petrographisch verschieden von diesem weißen Schotter ist der graue Schotter (S Abb. 9) unter den Moränen am Kreidewerke Tölz. In seinen oberen Partien treten die weißen Wettersteinkalkgerölle zurück; nur unten werden sie häufiger. Nagelfluhgerölle sind nicht selten. Dieser graue Schotter gehört im Kreidebruche ins Hangende des weißen, und es scheint eine ziemlich scharfe Grenze zwischen beiden hier vorhanden zu sein. Jedoch hindern zahlreiche Rutschungen einen klaren Einblick. Es liegt ferner der graue Schotter hier höher als der nur 1200 m entfernte weiße am Zollhause. Aber hier geht der weiße Schotter nach oben ebenso allmählich in Moräne über, wie der graue am Kalkwerke. Man könnte sich daher vorstellen, daß im Westen der weiße Schotter eher vom Eise zugedeckt wurde, als der graue im Osten, so daß dieser hier noch in höherem Niveau abgelagert werden konnte. Aber über der Moräne zwischen beiden Aufschlüssen erschließt eine Grube auf der Höhe des Wackersberges am Wege nach Tölz nordwestlich Fürholzen Moräne, welche große Geschiebe von weißer Nagelfluh enthält. Hiernach muß das weiße Gerölle schon zu Nagelfluh verkittet gewesen sein, als die Moräne auf der Höhe des Wackersberges über den grauen Schottern abgelagert wurde. Es ist nicht leicht, dies verschiedene Verhalten der weißen Schotter zu den hangenden Moränen zu deuten. Man kann es sich durch die Annahme erklären, daß der weiße Schotter unten schon verkittet war, als er oben beim Herannahen des Eises abgelagert wurde, welches ihn teilweise wieder erodierte und Fragmente des bereits verkitteten Horizontes in seine Moränen einverleibte. Man kann sich aber auch vorstellen, daß erst die weißen Schotter mit der zugehörigen Moräne am Zollhause und später die grauen Schotter mit

der zugehörigen Moräne abgelagert wurden. Mit dieser Annahme kann in Einklang gebracht werden, daß wir am Zollhause über der dortigen Moräne abermals Schotter begegnen. Man könnte letztere als Äquivalente der grauen Schotter im Kreidewerke ansprechen, von denen sie allerdings durch ihre Zusammensetzung erheblich abweichen; auch fehlt über ihnen die Hangendmoräne; jedoch ist dieselbe in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu erwarten. Endlich wäre denkbar, daß außer den weißen Schottern und der mit ihnen zusammenhängenden Nagelfluh noch ein älterer Nagelfluhkern im Wackersberge steckt. An einen solchen könnte man angesichts kleiner petrographischer Verschiedenheiten zwischen den Wettersteinkalkschottern am Kreidewerke und den anderen Schottern dieser Art denken.

Ich wage nicht, auf Grund der vorliegenden Beobachtungen zwischen diesen drei verschiedenen Möglichkeiten zu wählen. Der Entscheid wird erst möglich sein, wenn weitere Beobachtungen über die Beziehungen zwischen den weißen und grauen Schottern bei Tölz vorliegen. Aigner bietet solche nicht. Er rechnet (S. 142) am Wackersberge die Nagelfluh zum Deckenschotter und rechnet den losen Schotter, ob grau oder weiß, zu seinem unteren Schotter. Daß auch die Nagelfluh auf Moräne auflagert, entgeht ihm. Wie am Wackersberge scheidet er (S. 11) am Kalvarienberge bei Tölz zwischen losen Schottern und Deckenschotter. Als ich 1880 die Ablagerung untersuchte, erhielt ich auch hier den Eindruck, daß Nagelfluh und Schotter zusammengehörten und die Fortsetzung der Ablagerung des Wackersberges darstellen. An ihrer Sohle sah ich in einer tonigen Lage gerade über der Molasse gekritzte Geschiebe, ohne mich jedoch unbedingt vergewissern zu können, daß dieselben in ihr Liegendes gehörten. Es schien mir nicht ausgeschlossen, daß sie herabgeschwemmt seien. Aigner rechnet ferner zum Deckenschotter auch das lose verkittete Material, welches der Arzbach, unmittelbar bevor er die Isar erreicht, in der postglazialen Terrasse des Isartales anschneidet. Kurz, er nimmt als Deckenschotter jeden verkitteten Kalkschotter der Gegend, gleichviel wo er auftritt, ohne zu untersuchen, ob die Nagelfluh durch ihr Verhältnis zu den anderen Ablagerungen als zum Deckenschotter gehörig erwiesen werden kann, oder ob sie lediglich örtlich verkitteten Schotter darstellt. Die Gesichtspunkte, die ihn veranlassen, bei Holzkirchen Schotter und Nagelfluh zusammenzufassen, läßt er bei Behandlung des Wackersberges gänzlich außer Betracht.

Einstweilen muß genügen, daß die weißen Schotter älter sind als die grauen, weil sie von letzteren überlagert werden, und daß sie gleich

den letzteren nach oben allmählich in Moräne übergehen, und daß wir beide voneinander getrennt noch ziemlich weit verfolgen können. Die grauen Schotter des Wackersberges gleichen genau den Schottern, die wir zwischen Tölz und Holzkirchen in den Moränen gesehen haben; sie sind gleich denselben typische untere Glazialschotter, welche sich durch häufigeres Auftreten von Urgebirgsgeröllen und durch das gelegentliche Auftreten von gekritzten Geschieben oder von Moränenbänken mitten in ihnen auszeichnen. Die weißen Schotter mit ihren spärlichen, meist stark verwitterten Urgebirgsgeröllen setzen sich in anderer Richtung fort. Ich fand sie 1881 in der Gegend von Königsdorf gelegentlich zu Nagelfluh verkittet; sie streichen am Abfalle eines Hügels aus, der von Moräne bedeckt wird. Zahlreiche Quellen am Fuße des Hügels zeigen eine undurchlässige Unterlage an, doch habe ich diese nirgends erschlossen gefunden. Gleiches Gerölle kenne ich seit langem schon in der unmittelbaren Nähe von Wolfratshausen. Auch hier liegt fast reiner Kalkschotter vor, der in seinen unteren Partien stellenweise zu Nagelfluh verkittet ist. Ich habe ihn in meinem Aufriß des Isartales¹⁾ zum Niederterrassenschotter gestellt. Er ist hier zweifellos jünger als der viel höher gelegene Deckenschotter. Als ich 1900 die Stelle zum letzten Male besuchte, erhielt ich den Eindruck, als ob hier eine Schotterablagerung vorliege, die die Niederterrassenschotterbildung gleichsam einleitete und deren Ablagerung möglicherweise schon in der vorausgegangenen Interglazialzeit begonnen hat. Den gleichen Eindruck hatte ich auch zunächst von den weißen Schottern bei Tölz, aber er wurde abgeschwächt durch deren allmählichen Übergang in Moräne beim Zollhause.

Nach Aigner ist die Liegendmoräne der Schotter von Tölz weit verbreitet. Er gibt sie bei Königsdorf an, wo ich vergeblich nach dem Liegenden der Schotter suchte. Er läßt sie auf das rechte Isarufer weit herüberreichen und verzeichnet sie beispielsweise zwischen Bairawies und Rampertshofen. Aber nach seinem Texte (S. 8) steht hier östlich von Kappelsberg Flinz an, und solchen fand ich 1881 östlich Rampertshofen. Obermiozänes Konglomerat verzeichnete ich ferner östlich Beuerberg, dort, wo er untere Moräne kartiert. Untere Moräne wird endlich von Aigner dort angegeben, wo Gumbel und v. Ammon²⁾ nordwestlich von Hechenberg die obere Süßwassermolasse

¹⁾ Alpen im Eiszeitalter. Tafel I. 4.

²⁾ Das Isarprofil durch die Molasseschichten nördlich von Tölz. Geognostische Jahreshäfte X. 1897. Daß die hier besonders gewürdigten Schichten der oberen Meeresmolasse beim Schiffbarthel und am Schiffholz von Aigner nicht kartiert sind, sei beiläufig erwähnt.

beim Mühlwastel kennen lehrten, wo v. Ammon im Waldtale unterhalb Abberg (nordwestlich Tölz) Cyrenenmergel beobachtete. Sichtlich beruhen die Angaben auf Aigners Karte über die Verbreitung seiner unteren Moränen weniger auf dem geologischen Nachweis von Moränen, als auf der Würdigung der Höhenlage und Oberflächenformen, welche letztere nach ihm im Bereiche der unteren Moränen andere sind, als die der mehr welligen Obermoränen. Sein Text gibt wenig Anhaltspunkte für das Aufsuchen seiner Untermoränen, und wenn er einmal ausdrücklich erwähnt, Moräne unter Schotter gesehen zu haben (S. 8), wie bei Habichau, da steht seine Karte mit seinem Texte im Widerspruch. Er gibt hier lediglich unteren Schotter an, der bei Habichau meines Erachtens ein kleines Schotternest in den Jungmoränen bildet und reichlich gekritzte Geschiebe enthält.

Die Nagelfluh der Gegend von Holzkirchen ist nicht die älteste Geröllablagerung der Quartärzeit in unserer Gegend; sie enthält nicht selten Gerölle einer älteren Nagelfluh: so in den großen Aufschlüssen am Bahnhofs Kreuzstraße, so namentlich auch in den Aufschlüssen am Teufelsgraben und an der Straße von Holzkirchen nach Otterfing. In der Tat kennen wir unter der Nagelfluh von Aschbach, die gleichfalls große Gerölle einer älteren Nagelfluh enthält, diese letztere anstehend, und es schaltet sich zwischen beide Ablagerungen eine Verwitterungszone ein. Die ältere Nagelfluh habe ich als Münchener Deckenschotter bezeichnet, und Aigner hat diesen Namen angenommen. Es ist mir bisher nicht möglich geworden, diese untere Nagelfluhablagerung von Aschbach am Mangfalltale und im Teufelsgraben weiter aufwärts zu verfolgen. Die Nagelfluhwände unter Grub gehören wie die Nagelfluh am neuen Bahnhofs Kreuzstraße zur bisher betrachteten Nagelfluh der Altmoräne. Ein Bohrloch, das man am Fuße dieser Nagelfluhwände an der Sohle des Teufelsgrabens 11 m tief herabsenkte, scheint jedoch den Deckenschotter angetroffen zu haben: es hat eine im wesentlichen aus gut gerollten Kalken bestehende Nagelfluh gefördert. Aber dort, wo die Straße von Holzkirchen nach Rosenheim nördlich von Fellach den Teufelsgraben quert, fand ich nur die zu den Altmoränen gehörige Nagelfluh, und ebenso konnte ich auch dort, wo die Straße von Holzkirchen nach Otterfing den Teufelsgraben überschreitet, nichts anderes nachweisen. Es erscheint mir daher einigermaßen zweifelhaft, ob wirklich, wie v. Ammon auf seiner Karte verzeichnet und Aigner ausdrücklich angibt (S. 138), der Deckenschotter im Teufelsgraben oberhalb des Mangfalltales durch-

weg zum Ausstriche gelange. Erst ziemlich weit aufwärts findet sich am Hackensee ein Vorkommen, das ihm zuzurechnen ist. Neben der verfallenen Sägemühle, unterhalb jenes Sees, liegt ein verlassener Steinbruch, welcher typischen Deckenschotter, nämlich Kalknagelfluh mit spätem kalkigen Bindemittel in 700—710 m Höhe erschließt. Ihm scheint auch die Nagelfluh in dem von Kleinhartpenning zum Teufelsgraben herabführenden Tälchen zu entsprechen. Hiernach hätten wir auf die in Luftlinie 14 km messende Strecke Hackensee bis Aschbach an der Mangfall ein Gefälle des Deckenschotter von rund 100 m, also 7⁰/₁₀₀. Ist dieses Gefälle gleichmäßig, so dürften wir um Holzkirchen den Deckenschotter höchstens in 660 m Höhe, also unter der Sohle des Teufelsgrabens erwarten.

Die tiefe Lage der Nagelfluh in der Gegend bei Holzkirchen erhellt auch aus den tiefen Brunnen, die man hier anlegen mußte. Hierüber bringt Aigner schätzenswerte Daten. Er verweist auf den alten, 1450 bis 1453 gebauten Brunnen von Holzkirchen, welcher nunmehr, nachdem der Ort eine Wasserversorgung erhalten hat, außer Betrieb gesetzt worden ist; er traf das Grundwasser erst in 80 m Tiefe, also 610 m Meereshöhe. Hier gewärtigen wir die Sohle des Deckenschotter bzw. die Oberfläche des Tertiärs.

Weiter südlich hat ein in 750 m Höhe angesetztes Bohrloch bei der Villa Schlösser im Allgäu (etwa 3½ km nördlich vom Bahnhof Schaftlach) die Quartärbildungen nicht durchteuft. Nach Aigner (S. 94) ist die Schichtfolge hier:

1. 0—16 m Jungmoräne. 2. 16—20 m Kies. 3. 21—31 m Moräne. 4. 32—55 m Kies. 5. 55—60 m Nagelfluh. 6. 60—61,5 m sandig-tonige Einlagerung. 7. 61,5—85 m harte Nagelfluh, bei 80 m mit Toneinlagerung. 8. 85—88 m Sand mit ungeschrammten Rollsteinen.

Aigner interpretiert dies Profil wie folgt:

1. Obere Moräne, 2. unterer Schotter, 3. untere Moräne, 4. unterer Schotter der unteren Moräne, 5—7. Deckenschotter.

Es ist immer schwierig, die Schichtfolgen eines Brunnens ohne Kenntnis der Bohrproben zu interpretieren. Aber angesichts der von Aigner mitgeteilten Liste drängt sich doch die Frage auf, ob der Schotter 2 wirklich der „untere Schotter“ des Jungmoränengebietes ist, oder ob es sich nur um eine der zahlreichen Kieseinlagerungen handelt, die wir gar nicht selten in den Moränen antreffen, und ob nicht vielleicht der Schotter 4 den unteren Schotter Aigners darstellt. Diese Mutmaßung findet in den näheren Angaben, die Aigner S. 41 über Schicht 4 macht, eine gewisse Grundlage; sie setzt sich nämlich

zusammen aus: 11 m ziemlich reinem Kies, aus 9 m Schotter mit gekritzten Geschieben, aus 5 m gelblich grauem sandigen Lehm mit gekritzten Geschieben¹⁾.

Ist der gelblich graue sandige Lehm mit gekritzten Geschieben, der hier erwähnt wird, nicht eine Moräne? Haben wir es im Bohrloche nicht mit drei statt der zwei Moränen zu tun, die Aigner angibt? Haben wir nicht hier, wie in der Gegend von Holzkirchen, Moräne unmittelbar über der Nagelfluh? Danach möchte ich die Schichten 1—3 als Obermoräne mit einer Kieseinlagerung, die oberen 11 m Kies von 4 als den dazugehörigen unteren Glazialschotter deuten, während ich die gelbgraue Moräne mit ihrer liegenden Nagelfluh als Altmoräne samt ihrer Nagelfluh ansehe. Ob hier noch Deckenschotter vorliegt, wage ich nicht zu entscheiden. Man könnte seine verwitterte Oberfläche in der sandig-tonigen Schicht 6, also in rund 690 m Höhe mutmaßen.

8 km nordwestlich Holzkirchen hat ein Brunnen bei Arget nach einer Mitteilung von Rothpletz an Aigner folgende Schichten angetroffen (S. 73): 4 m lehmige verschwemmte Moräne (Außenmoräne), 7 m Schotter mit erratischen Geschieben (unterer Schotter), 26,5 m Nagelfluh, oben mit erratischen Geschieben (Deckenschotter), 6,5 m reiner Lehm mit vielen Schnecken, 10,5 m Nagelfluh (Deckenschotter), 8,5 m reiner Sand mit Kies.

Aus den in Klammern mitgeteilten Interpretierungen Aigners ersehen wir, daß er die in 11 m Tiefe, also rund 640 m Höhe auftretende Nagelfluh als Deckenschotter auffaßt, dem eine lehmige Lage eingeschaltet ist. Aigner verweist dabei (S. 152) auf eine lehmige Einlagerung, die ich im Deckenschotter von Sierning in Ober-Österreich nachgewiesen. Aber es empfiehlt sich, bei dem Versuche von Parallelisierungen zunächst an die Lehmeinlagerungen zu denken, die sich in Verbindung mit den Schottern der weiteren Umgebung von München finden. L. v. Ammon beschrieb eine Konchylienfauna aus Lehmschmitzen im Hochterrassenschotter der Gegend von Föhring²⁾, Clessin³⁾ eine solche aus Schollen eines weißen, kalkigen Schlieres

1) Das ergibt allerdings eine Mächtigkeit von 25 m statt 23 m auf S. 94, doch werden hier für 2 m des Bohrloches keine Angaben gemacht, nämlich für die Tiefe von 20—21 und 31—32 m.

2) Über Conchylien aus Münchener Schotterablagerungen und über erratische Blöcke. Geognostische Jahreshfte. XIV. 1901.

3) Eine interglaziale Conchylienfauna aus der Umgebung Münchens. Ebenda. XVIII. 1905. S. 39.

im Hochterrassenschotter von Ismaning. Auf die Ähnlichkeit der Fauna von Ismaning mit der von Arget macht bereits Aigner aufmerksam. Alle Arten mit Ausnahme von *Helix fruticum* kommen auch bei Ismaning vor. Aber im ersteren Falle haben wir es wahrscheinlich, im letzteren sicher mit Einschwemmungen älteren Materials in den Kies zu tun, weswegen das Alter der Fauna nicht genau bestimmt werden kann. Nach Clessin ist die von Ismaning sicher interglazial; er stößt sich nicht an eine größere Zahl alpiner Arten in ihr, von denen drei (*Vitrina elongata*, *Helix villosa* und *Clausilia corynodes*) auch in der weit weniger artenreichen Fauna von Arget vorkommen. Einen besseren Anhaltspunkt für die Einordnung der Lehme von Arget in die Schotterreihe gewährt das Lehmlager von Höllriegelgereuth im Isartale. Es liegt zwischen den Hochterrassenschottern und dem dortigen Deckenschotter¹⁾. Es ist also auch gleich der Fauna von Ismaning, wo seine drei Arten vertreten sind, älter als der Hochterrassenschotter. Unter solchen Umständen wird man das Lehmlager im Brunnen von Arget am besten an die Sohle der zu den Altmoränen gehörigen Nagelfluh stellen und erst die liegende Nagelfluh zum Deckenschotter zu rechnen haben, der rund 600 m Höhe erreichen würde, also ebensoviel wie bei Aschbach. Nehmen wir an, daß er eine Mächtigkeit von 30—40 m haben würde, so würden wir seine Sohle in 560—570 m Höhe zu suchen haben. Damit stimmt auch, daß ein Brunnen in der Ziegelei Lochen²⁾ (720 m Höhe) nach Aigner 104 m Tiefe hat, also erst in einer Tiefe von rund 620 m die wasserführende Schicht erreichte, die in der Gegend im allgemeinen mit der Oberfläche des Tertiärs zusammenfällt³⁾.

Aigner gibt S. 145 eine provisorische Höhenkarte des Deckenschotters, in welcher er nicht bloß die Höhe des Deckenschotters in der weiteren Umgebung von Holzkirchen zu hoch, sondern auch in der Gegend von Tölz zu tief ansetzt, da er, wie schon erwähnt, den konglomerierten Tölzer Schotter, sowie verfestigte Schotter der Postglazialterrasse von Arzbach als Deckenschotter deutet. Unbedenk-

¹⁾ Alpen im Eiszeitalter. S. 61.

²⁾ Diese Ziegelei verarbeitet nicht den gelben Lehm vom Hangenden der Altmoränen, welcher in den kleinen, meist auflässigen Ziegeleien der Gegend ausgebeutet wurde, sondern grauen Ton, der offenbar in einem See zwischen der Endmoräne von Lochen und dem zweiten dortigen Endmoränenwalle abgelagert wurde.

³⁾ Eine gewisse Vorsicht bei den Angaben über Brunnentiefen ist wohl geboten. So hörte ich, daß der Brunnen beim Wirtshause Kreuzstraße nördlich des Teufelsgrabens 84 m Tiefe habe. Er würde also bis unter den Spiegel der nur 2 km entfernten Mangfall herabreichen, die ihrerseits ja schon in das Tertiär eingeschnitten ist.

lich rechnet er S. 141 zum letzteren auch die Nagelfluh unterhalb Rummelsburg, ohne zu würdigen, daß v. Ammon¹⁾ darin gekritzte Geschiebe gefunden hat, und ihre Moränennatur nicht bezweifelt. Daß die aus dieser Karte hergeleiteten vorläufigen Ergebnisse nicht stichhaltig sein können, ist ohne weiteres klar. Alles, was Aigner an Mulden und Sätteln beiderseits der Isar und über dem Querbruch längs des Isartales sagt (S. 146—150), ist nicht nur, wie er selbst bemerkt, teilweise hypothetisch, sondern falsch. Namentlich entfällt auch die von ihm angenommene tiefe Lage des Deckenschotter im Isartale oberhalb Tölz; Aigner stützt sie außer durch die Vorkommnisse am Wackersberge und am Arzbach durch ein von ihm zuerst erwähntes kleines Nagelfluh-Vorkommen bei Kernhof schräg gegenüber Lenggries. Hier legt die Isar an ihrem linken Ufer Nagelfluh bloß, über die sie hinwegfließt, und die auch in der Terrasse an der Straße angeschnitten ist. Ob hier Deckenschotter vorliegt oder ein äußerster Ausläufer der Wackersberg-Nagelfluh oder eine andere Bildung, kann ich bei der Dürftigkeit der Aufschlüsse nicht sagen: erlauben dieselben doch nicht einmal festzustellen, ob die Schichtung an der Isar horizontal oder schräge geneigt ist, was man nach dem Einfallen der glatt abgewaschenen Oberfläche im Isarbette mutmaßen möchte.

Wie die zu den Altmoränen gehörige Nagelfluh nicht das älteste Quartärgerölle, so ist die Altmoräne selbst auch nicht die älteste Moräne der Gegend von Holzkirchen. In ihr kommen nämlich Geschiebe einer älteren, zu Nagelfluh verkitteten Moräne vor. Die einschlägigen Beobachtungen wurden in den Altmoränen auf der Höhe zwischen Erlach und Steingau sowie westlich von Pallnkam gemacht, also auf der Nordseite des Teufelsgrabens nordwestlich Holzkirchen (vgl. Abb. 8). Hier sitzen dem Sockel von Nagelfluh mit gekritzten Geschieben, dessen wir S. 93 gedachten, Hügel auf, die aus lockerer Moräne bestehen, und in letzterer kommen bei Pallnkam zahlreiche Geschiebe von Moränennagelfluh vor. Angesichts dieser Geschiebe liegt es nahe, an eine zum Deckenschotter gehörige Moräne zu denken, wie eine solche in nicht allzuweiter Entfernung an der Schwarzen Wand unfern Bolzwang südlich Wolfratshausen von mir nachgewiesen worden ist²⁾. Aber es ist auch denkbar, daß es sich um Geschiebe einer älteren Moräne in der Zone der Altmoränen handelt. Auf diese Möglichkeit wies mich die Beschaffenheit jener Moränengeschiebe hin; sie gleichen

¹⁾ Isarprofil von Tölz. S. 10.

²⁾ Alpen im Eiszeitalter. S. 64.

ganz und gar den zu Nagelfluh verkitteten Altmoränen der Gegend von Holzkirchen, während die Moräne, in der sie auftreten, einen anderen, sagen wir kurz: jüngeren Habitus trägt. Nimmt man die Moräne von Pallnkam an sich, so glaubt man Jungmoräne vor sich zu haben, so frisch und unzersetzt ist ihr Material, so ganz und gar nicht verkittet. Der erste Gedanke war daher, daß hier vielleicht noch Jungmoräne vorliege, welche den Vorposten der nur 3,5 km entfernten Jungmoräne bilde. Allein zwischen der Grube von Pallnkam (700 m) und der Endmoräne von Lochen (730—740 m) erhebt sich noch eine größere Höhe (753 m), auf welcher die Höfe von Jasberg stehen. Auch hier ist die Moräne wenig verwittert; aber sie ist bereits verfestigt, insbesondere sind die in ihr auftretenden tonigen Lagen fest und das mit ihr verknüpfte Gerölle verkittet; sie trägt also petrographisch den Habitus der Altmoränen. Würde nun die Jungmoräne bis Pallnkam reichen, so könnte sie auf dem Hügel von Jasberg nicht fehlen.

Wenn ferner der Rücken von Pallnkam aus Jungmoräne bestünde, so müßte man erwarten, hier jüngeren Schotter an ihn gelehnt zu finden. Solchem begegnet man zwar in wenig über 1 km Entfernung: da sieht man neben der Nagelfluh mit gekritzten Geschieben, die in Holzkirchen den Sockel der Moräne von Pallnkam bildet, gegen Bergham losen Schotter vom Charakter der Niederterrassenschotter, der sich 10 m hoch über das von Lochen kommende Feld junger Schotter erhebt. Jener lose Schotter ist ähnlich wie die Moräne von Pallnkam voller Nagelfluhgerölle, und hier wie da fehlt die Lehmbedeckung, welche für die Altmoränen häufig so charakteristisch ist. Geht man aber von der Moränengrube bei Pallnkam (unweit des Wasserreservoirs von Otterfing) zu den Schottern von Bergham und Otterfing herab, so trifft man zwischen beiden gelben Lehm von über 2 m Mächtigkeit, der früher in einer Ziegelei nördlich Pallnkam ausgebetet wurde. Er lehnt sich an den Abfall des Moränenhügels von Pallnkam, fehlt aber auf dessen Höhe und erstreckt sich nicht auf die Otterfing Schotter. Man kann letztere daher nicht mit der Moräne von Pallnkam in Beziehung bringen; ich fasse sie als eine höhere Terrasse des Niederterrassenschotters auf, ähnlich wie die Schotter von Lochham neben denen des Oberwarngauer Tales.

Gegen die Zugehörigkeit zur Jungmoräne spricht endlich auch die Form der Moränen von Pallnkam und Steingau; sie haben, wie unsere Abb. 8 deutlich erkennen läßt, nicht die unregelmäßige, kuppige, auf- und abwogende Oberfläche der benachbarten End-

moräne in dem Hochdöllnerberge bei Lochen, sondern sind breiter und plumper; es fehlen zwischen ihnen die kleinen Möser und Filze, welche so bezeichnend für das Jungmoränengebiet sind. Aber es kann nicht verkannt werden, daß die Form kuppiger ist, als sonst die der Altmoränen, und daß die für letztere sonst so charakteristische Bedeckung mit Verwitterungslehm hier fehlt. Sie fehlt bemerkenswerterweise aber auch auf der Altmoräne des Geiselberges, der sich an das Südwesteck des Taubenberges schmiegt. Sollten wir es bei Holzkirchen, wie auch sonst an verschiedenen Stellen, mit zwei verschiedenen alten Moränen innerhalb des Gebietes der Altmoräne zu tun haben, mit einer älteren stärker verwitterten, gewöhnlich zu Nagelfluh verkitteten, und einer jüngeren, mit frischerem Material und jugendlicheren Formen?

Ich bin auf diese Fragestellung erst am vorletzten Tag meiner Untersuchungen gekommen und konnte ihre Lösung nicht mehr versuchen; dazu wären weitere Exkursionen, namentlich in der Gegend von Dietenhausen notwendig gewesen, sowie eine Ausdehnung der Untersuchungen nach Nordwesten. Dort fielen v. Ammon im Bereiche der Altmoränen kuppige Formen im Lochhofener Buchet und bei Baiernrain Ablagerungen mehr vom Charakter der inneren Zone auf. Er warf dieselbe Frage auf, die sich uns stellte: ob hier die Jungmoräne der älteren Moräne aufgesetzt sei. Doch entschied er sich für die Zugehörigkeit der Ablagerung zur Altmoräne. Er verzeichnet nördlich des Lochhofener Buchets lose Hochterrassenschotter, darunter jedoch zu Nagelfluh verfestigte Hochterrasse. Diese Angaben bestärken die Vermutung, daß neben einer älteren, stark verfestigten Altmoräne, die mit fester Nagelfluh verknüpft ist, eine jüngere Altmoräne mit losen Schottern auftritt.

Aigner hat die Geschiebe von Moränennagelfluh weder in den älteren noch in den jüngeren Moränen beobachtet. Die Frage, zu der man bei genauerer Untersuchung des Gebietes gedrängt wird: ob zwei verschieden alte Altmoränen oder Moränen des Deckenschotter vorliegen, existiert daher für ihn nicht. Er hält den Deckenschotter, wie schon erwähnt, für eine präglaziale Bildung und löst ihn von den glazialen Gebilden gänzlich los. Der Umstand, daß im Deckenschotter — wenn auch selten — erratische Geschiebe aus den Zentralalpen vorkommen, geniert ihn ebensowenig, wie das Auftreten von Moränen darin. Er leitet daraus nur her (S. 152), daß an solchen Stellen Glazialgeröll direkt mit Deckenschotter aus dem Gebirge herausgebracht wurde. Daß gekritzte Geschiebe bereits nach einem Wege von wenigen Metern abgetupft werden, wovon die Kiesgrube

von Thann ein lehrreiches Beispiel gewährt, und daß sie nach 100 m Weges gänzlich abgerollt sind, das berücksichtigt Aigner nicht.

Bringt er also eine Moränenablagerung einfach dadurch zum Verschwinden, daß er sagt, daß ihr Material verschwemmt sei, so ist er an anderen Stellen sehr freigebig mit der Zuerkennung der Moränenatur. Das gilt von seiner Behandlung der miocänen Nagelfluh des Taubenberges (S. 68—70). Dieser hebt sich 100—150 m hoch aus dem glazialen Gelände hervor; Jung- und Altmoränen schmiegen sich an ihn an, was Aigner nicht entgangen; die Zuflüsse der Mangfall umfließen ihn; seine Oberfläche trägt die Form einer tiefzerschnittenen, reifen Tallandschaft. Sichtlich ist er eine fremdartige Erhebung im Glazialgebiete. Gümbel hat auf seiner geologischen Karte des bayerischen Alpengebirges den Taubenberg als Quartär und 1875 sodann als Moräne angegeben¹⁾. Ich habe daher den Taubenberg bereits 1880 wiederholt begangen und erkannt, daß er zu jenem obermiocänen Konglomerate gehört, welches vom Kemptener Walde an bis über den Inn hinaus stellenweise am Fuße der Alpen entwickelt ist. Ich habe diese Anschauung in einer Geologie von Südbayerns Hochebene, die ich 1883 für das Königliche Oberbergamt München geschrieben habe, näher begründet. Gümbel hat sich davon überzeugt und hat den Taubenberg auf seiner Übersichtskarte der geologischen Verhältnisse des Kreises Oberbayern als obere miocäne Nagelfluh angegeben²⁾ und zur letzteren ganz ähnliche Konglomerate an der Isar beim Schiffbarthel gestellt³⁾. Für Aigner, dem die angeführte Arbeit Gümbels nicht bekannt ist, ist der Taubenberg heute noch Moräne: „Das Material dieser Moräne besteht zum großen Teil aus weichem, leicht verwitterndem Sandstein des Flysches und der Molasse. Das Einbettungsmaterial ist ebenfalls sandig. Ton scheint nur in geringer Menge vertreten zu sein.“ Konnte nach dieser Beschreibung schon kein Zweifel darüber sein, daß hier das charakteristische Taubenbergkonglomerat vorliegt, so hat eine neuerliche Begehung des Berges mich vergewissert, daß auf ihm zwischen dem Steinbach und Oberwarngau keine Spur von Moräne vorkommt.

¹⁾ Abriß der geognostischen Verhältnisse der Tertiärschichten bei Miesbach. Festschrift zur Versammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft. München 1875.

²⁾ Die Landwirtschaft im Regierungsbezirk Oberbayern. Denkschrift gewidmet den Teilnehmern an der XXVI. Wanderversammlung bayerischer Landwirte im Jahre 1885 zu Tölz von dem Kreiskomitee des landwirtschaftlichen Vereins von Oberbayern. S. 19 u. Karte.

³⁾ Das Isarprofil von Tölz. A. a. O. v. Ammon erwähnt aus diesen Konglomeraten geriefte Geschiebe, wie ich solche auch vom Taubenberge kenne.

Meine Untersuchungen in der Gegend von Holzkirchen und Tölz stellen eine Art Stichprobe dar in einem Gelände, das ich früher nur an seinen Grenzen kennen gelernt hatte. Ich konnte unterscheiden: Jungmoränen mit Schottern, ältere Moräne mit Nagelfluh, ferner den Nachweis einer noch älteren Nagelfluh und noch älterer Moräne erbringen. Ob die beiden letzteren Gebilde zusammengehören, oder ob sie verschiedenen Alters sind, habe ich nicht klarlegen können. Gehören sie zusammen, so entspricht die gewonnene Einteilung genau derjenigen, zu der ich früher in der weiteren Umgebung von München gelangt bin, als ich unterschied: Würmmoränen mit den Niederterrassenschottern, Ribmoränen mit den Hochterrassenschottern, sowie Deckenschotter mit seinen Moränen, von denen ich unentschieden lassen mußte, ob sie der Mindel- oder Günzeiszeit angehören. Sollte sich dahingegen herausstellen, daß die Moränen, die uns in dem Nagelfluhmoränengestirbe der Altmoränen aufbewahrt sind, nicht zum Münchener Deckenschotter gehören, so würden wir die lange gesuchten Spuren einer vierten Vergletscherung auch im Isargebiete nachgewiesen haben. Wir würden diese Moränen der Mindelvergletscherung zuzuweisen haben und den Münchener Deckenschotter mit den Günzmoränen parallelisieren müssen. Es würde dann zu fragen sein, ob die Nagelfluh der Altmoränen, wie bisher angenommen, der Ribvergletscherung, oder ganz oder teilweise der Mindelvergletscherung angehört. So führt denn meine Untersuchung neuerlich zu der Unterscheidung derselben Glieder des subalpinen Quartärs, die ich bereits früher gesondert habe, obwohl ich bei meinen jetzigen Untersuchungen ganz und gar nicht a priori die früher gewonnene Gliederung angewandt habe. Diese Gliederung ist eben nicht ein Schema, in das die einzelnen Glazial- und Fluvioglazialablagerungen zu pressen versucht worden sind, sondern das Ergebnis der Untersuchung von Ablagerungen, die in bemerkenswerter Übereinstimmung über weite Gebiete gebreitet sind. Dabei wurde allerdings heute wie früher nach einer bestimmten Methode vorgegangen; es wurde versucht, die Ablagerungen, welche verschiedenen Bildungsakten entsprechen, voneinander zu trennen. Als solche Bildungsakte stellen sich jeweils Vergletscherungen dar; sie lagern Moränen ab, die sich mit Schottern verknüpfen, und es lassen sich drei bzw. vier solcher Bildungsakte unterscheiden, die in der Gegend von Holzkirchen ganz eben sowie im gesamten nördlichen Alpenvorlande durch gletscherfreie Zeiten voneinander getrennt werden.

Aigner hat diese Methode nicht befolgt, und einer der wichtigsten Gesichtspunkte für die Untersuchung von Glazialgebieten ist von ihm

nicht verstanden worden. Eine Vergletscherung wird im Ablagerungsgebiete ihrer Moränen mit den letzteren alle älteren Ablagerungen zu decken, so daß bei ihrem Schwinden nur ihre Moränen und ihre Schotter oberflächlich herrschen; es müßte denn sein, daß die älteren Ablagerungen durch die Moränen stellenweise hindurchragen oder an Gehängen austreichen, an denen sich ihre Moränen nicht halten können. Ich habe diesen an sich selbstverständlichen Satz für einen bestimmten Fall wie folgt formuliert: „Die Moränen, welche innerhalb des Gebietes der Jung-Endmoränen zutage treten, rechnen wir zur Würm-Vergletscherung, da wir es nicht für möglich halten, daß sich die Moränen einer älteren Vergletscherung im Ablagerungsgebiete einer jüngeren in ausgedehntem Maße oberflächlich erhalten“¹⁾. Auf mehr als 20 Seiten (S. 101—122) polemisiert Aigner gegen diesen Satz: er erörtert, ob interglaziale Erosion oder Erosion der letzten Eiszeit die älteren Ablagerungen entfernt haben könne. Daß die letzte Vergletscherung alle früheren Ablagerungen mit ihren Moränen bedecken mußte, und daß letztere deswegen oberflächlich herrschen müssen, sieht er nicht ein. Das tritt auch auf seiner Karte entgegen: Links der Isar weist er seinen unteren Moränen, rechts der Isar seinen unteren Schottern große Flächen zu, während die oberen Moränen nur an der Grenze des vergletschert gewesenen Gebietes in größerem Umfange verzeichnet werden; daß sie die älteren Ablagerungen naturgemäß verhüllen müßten, daß sie in dem Moränengebiete herrschen müssen, wird er nicht inne, und unbedenklich kartiert er als untere Schotter die prächtigsten Moränenlandschaften, die man sich denken kann, wo Kuppen und Gruben in buntem Wechsel nebeneinander auftreten, wie im Walde zwischen Kirchbichl und Habichau, welcher den bezeichnenden Namen ‚Lochholz‘ führt, nur, weil es sich hier um Schottermoränen handelt. Er verzeichnet auch die langgedehnten prächtigen Drumlin des Wackersberges in ihrem südlichen Teile als untere Schotter, trotzdem hier, wie wir gesehen, typische Moränen erschlossen sind. Kein Wunder, wenn so eine wahre Karikatur einer geologischen Karte entstanden ist, deren Inhalt so gänzlich abweicht von der fleißigen, gewissenhaften Arbeit v. Ammons.

Man erkennt bei der Betrachtung von Aigners Karte sofort, daß sie nicht von einem Fachmanne²⁾ herrührt, und wer seine text-

1) Alpen im Eiszeitalter. S. 420.

2) Die mannigfachen Ungenauigkeiten in den literarischen Angaben Aigners glaube ich hier nicht aufzählen zu sollen. Aber es drängt mich doch zu sagen, daß die „Alpen im Eiszeitalter“ die gemeinsame Arbeit von Brückner und mir sind,

lichen Ausführungen mit Aufmerksamkeit liest, wird an mehr als einer Stelle gewahr, daß seine Beobachtung befangen ist. Bei der Frage, ob ältere äußere von jüngeren inneren Moränen zu unterscheiden sind, schaltet er eine lange Auseinandersetzung ein, ob diese Moränen verschiedenen Vergletscherungen angehören müssen oder nicht, und weil er sich dagegen entscheidet, so trennt er sie nicht voneinander, während er doch obere und untere Moränen streng sondert, trotzdem er auch sie nicht verschiedenen Eiszeiten, sondern nur Schwankungen ein und derselben Eiszeit zuweist. Und bei der Frage, ob unter den Jungmoränen des Inngletschers bei Aschbach zwei verschiedene Schotter zu unterscheiden seien oder nicht, erörtert er, ob diese zwei verschiedenen Vergletscherungen angehören müssen oder nicht; weil er sich davon nicht überzeugen kann, unterscheidet er sie nicht. Aber er unterscheidet unteren Schotter und oberen Schotter, obwohl beide derselben Vergletscherung angehören. Die immer wieder auftretende Befürchtung, daß er Dinge voneinander trennen würde, die von anderer Seite verschiedenen Vergletscherungen zugewiesen werden, veranlaßt ihn, Ablagerungen zusammenzufassen, die sich scharf voneinander sondern. Nach solchem Vorgehen ist es allerdings leicht, auf den Widerspruch hinzuweisen, „der zwischen den tatsächlichen Befunden und den Theorien des Polyglazialismus besteht“ (S. 137).

Warum ist er gegen die Theorien des Polyglazialismus? Weil, wie bereits oben zitiert, die Annahme einer Eiszeit ihm einfacher, natürlicher, viel verständlicher und deshalb auch von vornherein viel glaubwürdiger ist; so heißt es S. 75, und ganz ähnlich auf S. 125, und auf S. 135 ist wieder von der einfachsten und natürlichsten Annahme einer Eiszeit im Gegensatze zu einer komplizierten, mehr gekünstelten Ansicht die Rede. Was ist denn aber einfach und was ist gekünstelt? Ist nicht dem einen einfach das, was dem anderen gekünstelt ist? Hat nicht die Annahme einer Drehung des Himmelsgewölbes um die Erde als einfachste Erklärung der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne durch Jahrhunderte Gültigkeit gehabt und ist nicht die Lehre von der Achsendrehung der Erde als unnatürlich verurteilt worden?¹⁾ Der Begriff der Einfachheit wird

und daß wir deutlich kenntlich gemacht haben, was von jedem von uns herrührt. Aigner scheint dies nicht zu wissen; wenigstens nennt er S. 78 mich als Autor der Karte des Linthgletschers und S. 109 als Verfasser der Ausführungen über das Bois de la Bâtie. Beides rührt von Brückner her.

¹⁾ „Philosophisch falsch“ heißt es im Dekrete des heiligen Offizium zu Rom von 1616.

von unserem subjektiven Ermessen bestimmt und hat mit dem Objekte nichts zu tun. Ist es objektive Forschung, wenn wir das Subjektive bei der Naturbeurteilung in den Vordergrund rücken? Und weiter: Zeigt nicht die Entwicklung jeder Wissenschaft, daß die Dinge oft so viel komplizierter liegen, als man ursprünglich annahm?

Es kann verhängnisvoll für die Naturforschung werden, wenn man ihre Ergebnisse beurteilen wollte nach ihrer mehr oder minder großen Einfachheit. Wir müssen vielmehr lernen, die Dinge so zu nehmen, wie sie sind, und müssen unsere Vorstellungen den Dingen anpassen und nicht die Dinge unseren subjektiven Vorstellungen von Einfachheit und Künstlichkeit. Wir müssen uns bemühen, den Zusammenhang der Dinge verstehen zu lernen, indem wir unsere Anschauungen den Beobachtungen anpassen und diese zielbewußt nach den Richtungen hin vermehren, wo wir erwarten können, Kontrollen für die Richtigkeit unserer Anschauungen zu erhalten; wir müssen diese letzteren so lange modifizieren, bis sie endlich einer großen Zahl von Beobachtungen entsprechen und durch neue Beobachtungen keine Modifikationen mehr erfahren. Erst dann kann das Ergebnis als gesichertes gelten. Dann erst ist die Grundlage für eine wirklich wissenschaftliche Beschreibung gewonnen, welche aus der Fülle der Erscheinungen nicht bloß willkürlich das oder jenes herausgreift, sondern das Wesentliche zur Darstellung bringt.

Die Theorie wiederholter Vergletscherungen der Alpen ist auf diesem Wege erwachsen: durch fortwährende Anpassung der Anschauung an die Beobachtungen und durch methodische Vermehrung der letzteren, bis die neuhinzukommenden keine Änderungen mehr erheischen. Daß dabei zahlreiche Arbeitshypothesen im Laufe der Jahre über Bord geworfen wurden, ist ebenso klar, wie daß viele derselben bei Würdigung eines beschränkteren Beobachtungsschatzes wieder aufleben und laut verkündet werden. Daß jede derartige Theorie für diesen oder jenen ein Schema werden kann, in das er gedankenlos seine Beobachtungen zwingt, ist natürlich möglich, wie auch andererseits, daß derjenige, welcher befangen von vorgefaßten Meinungen ungenügend beobachtet, die Theorie nicht höher bewertet, als das Schema, nach dem er selbst vorgeht. Voll und ganz kann ich im Hinblick auf die Arbeit von Aigner der auf dem Innsbrucker Geographentag gefallenen Äußerung von Drygalski zustimmen: „Bei der Eiszeitforschung ist es vor allem nötig, ganz unbefangen zu sehen!“