

Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Interglazialzeit in den nördlichen Alpen.

VON ALBRECHT PENCK.

Die Untersuchung der Terrassen des Isartales hat zur Nachweise einer lakustren und einer fluviatilen interglazialen Formation geführt. Die Entstehung der letzteren kann durch eine Senkung des Talgebietes oder durch ein trockeneres Klima der Interglazialzeit erklärt werden, was eine bedeutende Verschüttung des stark übertieft gewesenen Tales zur Folge hatte. Um zwischen beiden Entstehungsmöglichkeiten entscheiden zu können, erscheint es nötig, auch die benachbarten Alpentäler auf das Auftreten entsprechender Interglazialbildungen zu prüfen, wobei ich an meine älteren Untersuchungen¹ anknüpfen kann. Es kommen vor allem das Inn- und Loisachgebiet in Betracht. Im ersteren habe ich an entscheidenden Stellen meine älteren Beobachtungen überprüft, im letzteren habe ich neuere Beobachtungen gleichzeitig mit denen im Isartale vorgenommen. Weiter sind das Lech- und Illergebiet ins Auge zu fassen; letzterem konnte ich im Sommer 1921 einen Besuch abstatten. Ferner empfiehlt es sich, den Blick auf das alpine Rheintal, das ich in früheren Jahren mehrfach durchwandert habe, auf die klassischen, von mir früher nur flüchtig berührten² Ostschweizer Interglazialablagerungen und die näher untersuchten³ Gebiete am Rhein unterhalb des Bodensees zu lenken. Diese im Sommer 1921 wieder zu besuchen, war mir vergönnt. Dankbar gedenke ich der Gastfreundschaft Schweizer Freunde sowie der Förderung meiner Studien. Hr. Dr. WENGER-NÜESCH in Bauma brachte mich zu den Aufschlüssen des oberen Glatthales, Hr. Apotheker STREULI in Uznach und Hr. Dr. JEANNET aus Neuenburg zeigten mir die Schieferkohlen von Uznach, Hr. Prof. FRÜH in Zürich geleitete mich zu den Schottervorkommnissen von Seebach, Hr. Regierungsrat STURZENEGGER-NÜESCH ermöglichte mir während der Versammlung der Schweizer naturforschenden Gesellschaft zu Schaffhausen einen Einblick in die mir unzugänglich gewesene Literatur. Gelegentlich jener Versammlung habe ich das vorläufige Ergebnis meiner Untersuchungen vorgetragen⁴.

¹ Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leipzig 1882. PENCK und BRÜCKNER, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1909. Bd. I, II u. III. Zitiert nach dem Jahre des Erscheinens der betreffenden Lieferungen: 1902, 1904 u. 1909.

² A. HEIM und A. PENCK, Aus dem Gebiet des alten Isargletschers und alten Linthgletschers. Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch. XXXVIII. 1886. S. 161.

³ Zur Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leopoldina XXI. 1885. Die Glazialbildungen um Schaffhausen in NÜESCH, Das Schweizerbild S. 155. Neue Denkschriften der allg. Schweiz. Gesellsch. f. d. ges. Naturwissensch. XXXV. 1896.

⁴ Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. 102. Jahresversammlung Schaffhausen, S. 122.

Inntal.

Der Bau der Terrassen des Isartales zeigt große Ähnlichkeit mit denen des Inntales oberhalb und unterhalb von Innsbruck. Auch dort haben wir zwischen einer hangenden und liegenden Moräne eine mächtige Folge von Schottern, Sanden und Tonen, und zwar walten oben fluviatile, unten lakustre Bildungen vor. Aber während wir bei Innsbruck in gleichem Niveau grobe Innschotter mit Mehlsanden neben Bändertonen und Deltaablagerungen treffen, weswegen ich zuletzt den Eindruck erhielt¹, daß diese in toten Winkeln neben einem sein Bett rasch aufschüttenden Strome entstanden, gelang es, im Isartale einen unteren lakustren Horizont von einem oberen fluviatilen zu unterscheiden. Es fehlt auch im Inntale nicht an Anhaltspunkten, eine ähnliche Trennung durchzuführen. Zwei große Aufschlüsse zeigen uns Ablagerungen eines großen und tiefen Sees, der nicht bloß eine zeitweilige Wasseransammlung an den Ufern eines rasch aufschüttenden Flusses gewesen sein kann, sondern sich mitten im Inntale erstreckte.

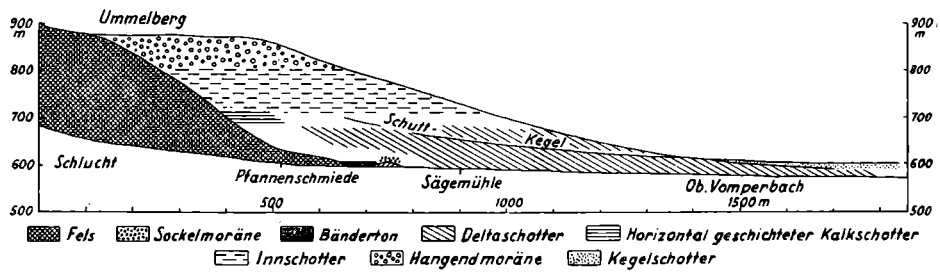
Am Rangger Reißer oder Lebendigen Berg erschließt, wie ich 1902 (S. 330) gezeigt, der durch den Zirler Bach an den Abfall der Inntalterrasse gedrängte Inn diese in ihrer ganzen Mächtigkeit, und zwar ziemlich in der Mitte des Tales. Unter der Hangendmoräne lagern zunächst horizontal geschichtete Flußschotter, dann beginnen bei 790 m weithin sichtbare nordwestwärts fallende Deltaschotter, die bis 670 m herab verfolgt werden können, also von der Seite her durch die Melach in einen mindestens 120 m tiefen See hineingeschüttet wurden; dieser dehnte sich mitten im Inntale und nahm nicht bloß einen Winkel neben dem Flusse ein. Etwa 6.5 km weiter abwärts treffen wir dann bei der Ziegelei Völs in etwa 600 m Höhe am Fuße der Terrasse Seetone, die 190 m unter den am Rangger Reißer erschlossenen Seespiegel lagern. Der dortige Ziegelmeister erzählte mir 1901, daß im Tone gelegentlich kohlige Partien sowie Knochenreste vorkämen.

Das andere von mir gleichfalls bereits 1902 (S. 325) kurz besprochene, seither von AMPFERER² eingehender behandelte Vorkommnis liegt dort, wo der aus dem Vomper Loch kommende Vomper Bach die Inntalterrasse in ihrer ganzen Mächtigkeit durchschneidet. Ich beschreibe es nach meinen Beobachtungen des Jahres 1912 und stelle es durch nebenstehendes Profil 1 dar. Man sieht am Bache ein bis in die Mitte des Inntales reichendes altes Delta, das aus nicht allzu fest verkitteten südöstlich fallenden Kalkschottern besteht. Es reicht bis 680 m herauf und am Terrassenfuß gerade in der Mitte des Inntales bis 570 m herab, ist also in einen See von mindestens 110 m Tiefe hineingeschüttet worden. Über den Deltaschottern liegt hart am Ausgange des Vomper Loches horizontal geschichteter kalkalpiner

¹ ALBRECHT PENCK, Die Höttinger Breccie und die Inntalterrasse nördlich Innsbruck. Abh. preuß. Akad. d. Wissensch. 1920, Phys.-math. Kl. Nr. 2, S. 106.

² Die Mündung des Vomper Baches. Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt 1903, S. 231. Studien über die Inntalterrassen. Jahrb. k. k. Geolog. Reichsanstalt LIV. 1904, S. 91. Über die Entstehung der Inntalterrassen. Zeitschr. f. Gletscherkunde III. 1908, S. 52.

Fig. 1.



Das alte Delta des Vomper Baches 1 : 16000.

Schotter, zu Nagelfluh verkittet; das ist der Schuttkegel, den der Vomper Bach seinem Delta aufsetzte. Höher erst folgen die mächtigen moränenbedeckten Innschotter. Unter dem Delta lagern Bändertone, lagenweise gestaucht, wie ich bereits 1882 (S. 45) bemerkte, als hätten am Seegrunde Rutschungen stattgefunden; auf einer Aufragung des Felsens zwischen Pfannenschmiede und Sägemühle findet sich, wie AMPERER 1903 gezeigt, Liegendmoräne. Wie am Rangger Reißn haben wir es also am Vomper Bache mit den Ablagerungen eines alten Sees zu tun, der sich in der Mitte des Inntales erstreckte und von so ansehnlicher Tiefe war, daß er nicht bloß einen toten Winkel neben einem rasch aufschüttenden Strom einnehmen konnte. Die Bodensedimente dieses alten Sees treten 5 km weiter oberhalb am Fuße der Terrasse in Gestalt von Bändertonen auf; sie lagern im Tonwerk Fritzens auf Moränen und enthalten gelegentlich Reste verkohlten Holzes.

Auch bei Innsbruck treffen wir an der Basis der Terrasse vielfach auf rein lakustre Ablagerungen. Der Arzler Kalvarienberg besteht von unten (575 m) bis oben (673 m) ausschließlich aus Bänderton, der auf seiner Südseite in nahezu 100 m Mächtigkeit erschlossen ist. Mächtige Seetone, auf Liegendmoräne auflagernd, begleiten die Stirn der Höttinger Breccie unter der Hungerburg; reichen bei der Weiherburg fast so hoch (670 m) wie am Arzler Kalvarienberge und werden vom Weiherburg-Delta überlagert, das bis 700 m Höhe ansteigend einen See größerer Spiegelhöhe verlangt. Wenn dicht neben den Bändertonen des Arzler Kalvarienberges grobe Terrassenschotter in gleicher Höhe auftreten und neben den Seetonen und dem Delta der Weiherburg an der Hungerburgbergbahn eine Wechsellagerung von lockeren Innschottern und Mehlsanden und Tonen vorkommt, so muß sich fragen, ob hier, wie ich 1920 annahm, gleichaltrige Bildungen vorliegen. Es kann auch sein, daß hier ähnlich wie bei Mittenwald jüngere Schotter Einschnitte in die älteren lakustren Terrassengebilde erfüllen. Die Verschiedenheit der losen Innschotter mit ihren unregelmäßigen Mehlsandeinschaltungen von den mächtigen gleichmäßigen Seetonen und den konglomerierten Deltaschottern stützt eine solche Auffassung. Daß es bei Ablagerung der Innschotter in toten Winkeln oft zur Seebildung kam, lehrt die häufige Verzahnung von Mehlsand mit Kies und die jähe Ersetzung des einen durch den anderen, wie sie namentlich am Ausgange des Höttinger Grabens zu sehen ist. Doch glaube ich nunmehr

auch bei Innsbruck zwischen rein örtlichen Seen von geringer Ausdehnung und Tiefe zur Zeit der Innschotteranhäufung und einem älteren See von ansehnlicher Tiefe und großer Ausdehnung unterscheiden zu können, welche letzterer möglicherweise, wie schräge geschichtete Schotterpartien am Wege vom Silltal nach Mutters anzudeuten scheinen, mit 750 m Spiegelhöhe bis ins Brennertal hineinreichte (1902 S. 329). Die Ablagerung des Höttinger Schuttes ist entschieden älter als die Periode der zeitweiligen Seen, ihre Beziehungen zum großen See sind nicht ebenso klar erschlossen; bis 650 m herabreichend greift der Höttinger Schutt erheblich unter dessen Spiegel und benachbarte in ihm abgelagerte Deltas herab. Es bleibt kaum eine andere Möglichkeit, als ihn als deren Liegendes anzusehen.

Der große Aufschluß der Inntalerrasse, den der Einschnitt des Käsbaches in den Achsenseedamm bei Jenbach geschaffen hat, bietet eine andere Schichtenfolge, als wir bisher kennengelernt haben. Seitdem ich sie 1882 (S. 159) zum ersten Male näher beschrieben habe, ist sie wiederholt behandelt worden, von mir selbst 1902 (S. 322) und namentlich von AMPFERER 1904 (S. 122) und 1905¹ und 1907². Ein neuerlicher Besuch (September 1921) hat folgendes ergeben: Beim Elektrizitätswerke, dem früheren Sensenwerke, streichen in 670—710 m Höhe flach geschichtete, locker verkittete Kalkschotter mit seltenen zentralpinen Geröllen aus; ich habe sie 1902, wie schon früher BLAAS³ als Material eines Schuttkegels des Achentales gedeutet; AMPFERER ist gleicher Meinung. Darüber streichen Seetone aus; beim Elektrizitätswerke reichen sie bis über 750 m, bei den Häusern von Käsbach bis etwa 860 m hinauf. Sie werden von Inntalschottern überlagert, deren unterste Partie deltaartig nach Norden, also gegen den Achensee hin fällt. Prachtvoll ist die obere Kante des Deltas in der Kiesgrube an der Straße unterhalb Maurach in etwa 910 m Höhe erschlossen. Darüber folgt Moräne, auf der Höhe des Achsenseedammes vielfach durch jüngeren Schutt bedeckt und eingeebnet. Moräne kehrt auch auf dessen Abfall gegen das Inntal von Eben (963 m) bis gegen Fischl (749 m) hin wieder. Davon, daß sie untere Moräne sei, wie BLAAS angenommen hat, oder daß sie sich, wie ich 1902 angegeben habe, keilförmig in den Damm hineinstülpe, habe ich mich nicht wieder überzeugen können; es handelt sich lediglich, wie AMPFERER wiederholt dargetan hat, um eine Überkleidung des Gehänges. Aber im Käsbachtale findet sich in den unteren Partien der Seetone glazial bearbeitetes Material. Es wird also der Achensee durch einen Komplex von Tonen und Schottern aufgedämmt, welche in Glétschernähe abgelagert wurden und in die Serie der fluvioglazialen Schotter im Hangenden der interglazialen gehören.

Während am Vomper Bache ein altes Delta von einem aus den Kalkalpen kommenden Bache in das Inntal hineingebaut ist, haben wir am Achenseedamme ein Delta, das der Inn in ein Seitental hineingeschüttet hat. Hier

¹ Aus der geologischen Geschichte des Achensees. Zeitschr. d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins. 1905. S. 1.

² Glazialgeologische Beobachtungen im unteren Inntale. Zeitschr. f. Gletscherkunde II. 1907. S. 29.

³ Ein Profil durch die Achensee-Dammschotter. Verhandl. K. K. geolog. Reichsanstalt. 1889. S. 232.

liegt der charakteristische Fall der Seebildung im toten Winkel neben dem sein Bett rasch erhöhenden Flusse des Haupttales vor. Die Ablagerung der Bänder-tone und Deltaschotter am Käsbache fällt in die Periode der fluvioglazialen Innschotterablagerung; der große im Inntale durch das Vomper Delta angezeigte See ist älter; er ist interglazial. Tonablagerungen bei den Lehmgruben westlich von Jenbach in 600 m Höhe deuten an, daß er bis hierher reichte, während wenig weiter oberhalb in der Stanser Klamm, wie auch AMPFERER 1904 berichtet, Seetone bis 700 m, also etwas höher als die Deltaschotter von Vomp reichen. Die Achenseetaler Schotter erscheinen hiernach als ein Seitenstück zu den horizontal geschichteten Kalkschottern, die dem Vomper Delta aufgesetzt sind; wir mutmaßen unter ihnen gleichfalls Deltaschotter, die zwischen 600 und 650 m Höhe liegen müßten, aber nicht aufgeschlossen sind.

Weiter abwärts fehlen im Inntale die Ablagerungen eines alten Talsees. Nur hier und da finden sich kleine Deltavorkommnisse unter Moränen, so beispielsweise gegenüber Kirchbichl am linken Innufer in 500 m Höhe. Dagegen kommen in den Seitentälern Bändertone vor. Die einen lagern tief, wie die von AMPFERER 1908 an der Alpbacher Ache (590 m) unweit Brixlegg kennen gelehrt, und gehören in das Liegende von Schottern. Sie dürften wie die der Stanser Klamm in einem Ausläufer des Inntalsees abgelagert sein; die andern liegen hoch unmittelbar unter Moränen, wie die in fast allen Verästelungen des Tales der Brandenberger Ache. Offenbar sind sie Ablagerungen in Staueeen, entstanden beim Herannahen des Gletschers, und erloschene Seitenstücke zum Achensee.

Auch oberhalb Zirl treten die lakustren Bildungen in der Intalterrasse zurück. Eine kleine Partie von Deltaschottern beschrieb ich 1902 aus dem Giesbachgraben bei Telfs in 760 m Höhe; im wesentlichen liegt hier horizontal geschichteter Bachschotter, überdeckt von Innschottern zwischen hangender und liegender Moräne, vor¹. Am Klammbacher bei Mötz oberhalb Telfs findet sich in der Nähe der Zementfabrik, wie ich gleichfalls 1902 (S. 327) beschrieben habe, nordwärts fallender Sand mit grobem Geröll wechsellagernd, ein altes Delta, das bis 745 m Höhe reicht. Höher finden sich nur flach gelagerte Schotter unter den Moränen; daß eine sanft nach Südosten fallende Partie ein altes Delta sei, bezweifelte AMPFERER 1904 (S. 100). Auf die lakustren Ablagerungen der Gegend von Imst gehen wir hier nicht ein, da sie, von den übrigen durch den Riegel von Karres getrennt, einem andern See angehören können.

Zwischen Jenbach und Mötz haben wir im Längstale des Inn ebenso wie im Isartale zwischen Tölz und Mittenwald die Spuren eines alten Sees, dessen Existenz wir aus den heutigen Höhenverhältnissen des Landes nicht zu erklären vermögen. Sein Spiegel ist gleichfalls deformiert. Er ist bei Jenbach zwischen 600 und 650 m anzunehmen; er lag bei Vomp 680 m, bei Innsbruck über 700 m, an der Brennerstraße bei 750 m, am Rangger Reißen 790 m, bei Mötz 745 m hoch. Zwischen Rangger Reißen und Vomp sind seine Ablagerungen am mächtigsten, hier senkt sich ihre Oberkante

¹ Führer für die Exkursionen in Österreich. 17. internationaler Geologenkongreß. Wien 1903. XII. S. 78.

um 110 m, also um fast ebensoviel wie die der lakustren Bildungen des Isartales auf der viel kürzeren Strecke Wallgau–Wilfertsgraben. Es ergibt sich ein Gefälle von 3.4‰. Die Deltas bei Innsbruck bleiben unter, die Achenseetaler Schotter oberhalb dieses deformierten Niveaus, das wir bei Jenbach bei 645 m zu gewärtigen haben, und das bei Kirchbichl noch oberhalb des dortigen Deltas fallen würde. Diesem allmählichen Abfallen steht weiter oberhalb, gleichfalls im Längstale des Inn, ein Absinken des deformierten Sees zwischen Rangger Reiben und Mötz um 45 m, entsprechend einem tal-aufwärts gerichteten Gefälle von 2.1‰, gegenüber. Wir haben es im Inntale mit der sanften Aufwölbung des Spiegels eines alten großen Sees zu tun, deren Scheitel etwa bei Zirl, südlich von Mittenwald, liegt, bis wohin der deformierte Spiegel des Isartalsees hin ansteigt.

Die Entstehung dieses Sees habe ich 1902 durch Annahme eines Eisriegels zu erklären gesucht, den der kräftig anwachsende Zillertalgletscher ins Inntal schob. Gegen die Annahme eines solchen Riegels hat AMPFERER 1907 und 1908 überzeugende Gründe beigebracht. Damit ist der Gedanke, daß es sich um einen Eissee gehandelt habe, zu Fall gebracht; er findet auch keine Stütze in der Beschaffenheit der Sedimente. Seine Bildungszeit in eine Schwankung ein und derselben Vergletscherung zu setzen, geht heute nicht mehr an. Er existierte wie der des Isartales zwischen zwei verschiedenen Vergletscherungen. Das beweist die Auflagerung seiner Sedimente auf Moränen, womit die allerdings spärliche Beteiligung zentralalpiner Gerölle an der Zusammensetzung der Delta-Schotter und der hangenden kalkalpinen Schotter am Vomper Bache sowie der Achenseetaler Schotter im Käsbachtale in Einklang steht. Die mächtigen lakustren Bildungen des Inntales sind interglazial. Inwieweit die hangenden Innschotter es gleichfalls sind, läßt sich nicht streng erweisen, da petrographisch kein Unterschied zwischen interglazialen und fluvioglazialen Schottern im Inntale zu machen ist. Aus Verzahnungen mit Moränen ergibt sich lediglich, daß sie mancherorts, wie bei Innsbruck, am Achensee und bei Holzleithen sicher frühglazial sind. Diesen frühglazialen Ablagerungen sind auch lakustre eingeschaltet, die sich stellenweise schwer von den interglazialen trennen lassen und mit diesen bisher als eine einzige lakustre Formation zusammengefaßt worden sind. Aber in großen Zügen läßt sich doch eine saubere Scheidung beider durchführen. Die Diskordanz zwischen der interglazialen lakustren Formation und der fluviatilen Formation bei Innsbruck, die »Verwitterungsfläche« zwischen den Achentaler und Vomper Schottern und den Innschottern, von der AMPFERER 1907 (S. 33) spricht, kann möglicherweise daraus erklärt werden, daß die lakustre Formation das Inntal nicht in dem Umfange je gefüllt hat wie das Isartal, weswegen die ihr folgende fluviatile Formation während und nach Ablauf des Sees nicht bloß über, sondern auch schon während der Interglazialzeit neben ihr zur Ablagerung gelangte.

Denken wir uns das Gefälle des deformierten Seespiegels im Inntale weiter abwärts fortgesetzt, so erreicht es die Talsohle in der Gegend von Kufstein. Hier fehlen im Quertale, in dem der Fluß aus den Alpen hervortritt, die Ablagerungen eines interglazialen Inntalsees. Wir haben am Jenbache unweit Sebi, 40 m über dem Inn beginnend, nur flach gelagerte fluvia-

tile Schotter zwischen einer hangenden und einer liegenden Moräne; die letztere verknüpft sich mit schräge geschichteten Schottern, aber diese sind deswegen fluvioglazial und nicht interglazial. Wenn der große interglaziale Inntalsee aus dem Längstale herausreichte, so müssen seine Ablagerungen tief unter der heutigen Talsohle liegen. Dafür fehlen aber alle Anhaltspunkte. Die Verschotterung des Inntales erlangte hier noch eine beträchtliche Mächtigkeit. Sie wuchs auch in die Nachbartäler, namentlich das der Brixentaler Ache, hinein, das beim Schlosse Itter in ansehnlicher Mächtigkeit von der Talsohle an mit Schottern erfüllt ist. In den oberen Horizonten dieser Aufschüttung kommen Schieferkohlen vor, petrographisch ähnlich den schweizerischen. ZAILER¹ fand darin: *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Betula pubescens*, *Vaccinium Oxy-coccus*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum cymbilifolium*, *Sphagnum acutifolium*, *Hypnum exannulatum* GÜMB., *Mnium cinclidioides* sowie Reste von *Carex*, Rhizome von *Equisetum*. A. WEBER² beobachtete auch Blütenstaub einer Eiche und Erle, die aus weiter Ferne vom Winde herbeigeschafft worden sein können.

Der große interglaziale Inntalsee beschränkte sich, wie der längs der Isar, auf das übertiefte Tal und griff nirgends aus demselben heraus. Das erfolgte auch nicht südlich Innsbruck, wo wir lakustre Schichten an der Basis der fluviatilen Verschüttung längs der Brennerstraße kennen; denn diese erfüllen eine in die Stufenmündung des Silltales eingeschnittene Furche, welche ähnlich den verschütteten Klammern des Isartales neben der heutigen der Sill verläuft und gleichfalls stufenförmig gegen das Inntal abbricht. Talab scheint der Inntalsee nicht so weit wie die Übertiefung gereicht zu haben. Dieselbe ist bei Wörgl und Kufstein sowie im Mündungsbereiche des Inntales noch sehr typisch entwickelt, und hier können wir den See nicht mehr nachweisen. Übertiefung und Seebildung scheinen hier ebensowenig in der Interglazialzeit zusammenzufallen wie während der Postglazialzeit im Isargebiet und sonst in vielen Alpentälern. Wieder drängt sich dieselbe Frage auf, wie im Isartale, ob die Seebildung sich auf besonders starke Übertiefung oder auf eine Deformierung des übertieften Tales zurückführt. Die Antwort lautet in diesem Falle eindeutig; denn wenn wir den deformierten Spiegel des interglazialen Inntalsees zurechtbiegen, so müssen wir die Gegend von Innsbruck um rund 200 m tiefer legen und rücken damit die untersten Partien der Höttinger Breccie 130 m unter das Niveau des heutigen Innspiegels, also in eine Höhe, die der Fluß erst beim Betreten des Alpenvorlandes erreicht. In so geringer Höhe aber kann die Breccie nicht abgelagert worden sein; um ihre Lage erklärlich zu machen, muß man zur Annahme einer Einbiegung des Inntales zwischen der vorletzten und letzten Interglazialzeit, also während der vorletzten Eiszeit greifen. Diese Einbiegung muß bis in die letzte Interglazialzeit fortgedauert haben, denn auch der dieser zugehörige Höttinger Schutt, eine typische Schuttkegelbildung, ist unter den Spiegel des Sees geraten. In

¹) Das diluviale Torf- (Kohlen-) Lager im Talkessel von Hopfgarten, Tirol. Zeitschr. f. Moorkultur und Torfwertung. 1910. S. 267.

²) PENCK UND BRÜCKNER. Die Alpen im Eiszeitalter. III. S. 1167.

demselben waren, und das ist das bezeichnende, die Schuttbildungen der vorletzten und des Anfanges der letzten Interglazialzeit ertrunken.

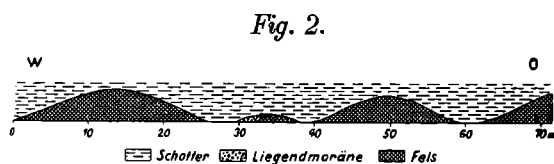
Im Zungenbecken des alten Inngletschers finden wir am Biberhügel bei Brannenburg das Delta eines interglazialen Sees von 600 m Spiegelhöhe, den wir nach dem Dargelegten nicht mit dem interglazialen See von Vomp in Zusammenhang bringen können. Es entstammt mutmaßlich einer früheren Interglazialzeit; darauf deutet nicht bloß die hohe und gleichmäßige Verkittung der als Werk- und Baustein geschätzten Bibernagelfluh, sondern auch die Art ihres Auftretens. Sie überragt ganz wesentlich die bei Rosenheim am Inn ausstreichenden Schotter, die mitsamt ihren liegenden Seetonen zwischen Moränen gelagert uns als Ausläufer der Schotter der Inntalerrasse entgegentreten. Weiter abwärts am Inn kommen wir zu den mächtigen Schottern unter den Jung-Endmoränen der Gegend zwischen Wasserburg und Gars. Ihre obere Partie verknüpft sich auf das innigste mit den hangenden Jungmoränen und ist sicher fluvioglazial. Ihre untere aber schließt Schieferkohlen ein oder überdeckt solche, die bei Au mit liegenden Moränen zusammengestaut sind. Die Flora dieser Schieferkohlen trägt ein typisches interglaziales Gepräge. J. SCHUSTER¹ fand in ihnen folgende Phanerogamen: *Abies alba* MILLER, *Taxus baccata* L., *Picea excelsa* LINK, *Pinus silvestris* L., *Larix decidua* MILLER, *Phragmites communis* TRIN., *Polygonum minus* HUDS., *Corylus avellana* L., *Fagus silvatica* L., *Menyanthes trifoliata* L. Wir haben also im Inntale unterhalb Wasserburg denselben Übergang von interglazialen Schottern in fluvioglaziale wie bei Wolfratshausen. Aus der unteren Partie dieser zwischen Moränen gelagerten Schotter besitzt das geologisch-paläontologische Museum in München *Elephas primigenius* von Gabersee bei Wasserburg; ferner befinden sich dort Mammutstoßzähne von Lauterbach, Backenzähne von Landl an der Sims bei Rosenheim und Reste von *Elephas Trogontherii* von Schloßberg bei Rosenheim. Die letzteren Funde rühren aus den Schottern bei Rosenheim her, die wir nach ihrer Lage gleichfalls für interglazial erachten.

Loisachtal.

Sehr spärlich im Vergleich zum Isar- und Inntale sind die Aufschüttungsterrassen im Loisachtale entwickelt. Ihr ausgedehntestes Vorkommen liegt oberhalb Garmisch am linken Gehänge. Dort, wo die Loisach aus dem Engtal von Griesen austritt, erhebt sich die Terrasse des Herrgottschrofen auf 810 m Höhe, 80 m über Tal. Sie hat eine rundbucklige Oberfläche und besteht aus einer festen Nagelfluh, die zwischen Breitenau und Garmisch in großen Steinbrüchen gewonnen wurde. Die Nagelfluh wird vornehmlich aus Kalkgeröll zusammengesetzt, doch fehlt zentralalpines Material nicht. Die Verkittung ist eine so starke, daß die häufig aufsetzenden Klüfte manchmal mitten durch die Gerölle hindurchgehen. Manche derselben sind gänzlich ausgelaut. Die Schichtung ist undeutlich.

¹ Paläobotanische Notizen aus Bayern. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft. XII. 1909.

In der Fortsetzung der Herrgottschröfen-Nagelfluh gegen Garmisch hin begegnen wir einer minder stark verkitteten, aber gleich zusammengesetzten, welche die nur wenig tiefere moränenbedeckte Terrasse der Viehweiden (780 m) aufbaut. Gegenüber dem Elektrizitätswerke Garmisch ragt unter ihr (vgl.



Profil an der Loisach gegenüber dem Elektrizitätswerke Garmisch 1 : 1000.

Fig. 2) der Hauptdolomit aus dem Loisachbette in drei flachen Kuppen bis zur Höhe des Weges auf. An die geglättete Westseite der mittleren niedersten Kuppe lehnt sich eine Partie fester, tillitähnlicher Moräne. Darüber folgt horizontal geschichtete Nagelfluh, die nach oben zu ziemlich locker wird und

unter den Moränen der Viehweiden ausstreicht. Wir haben also hier etwa 30 m horizontal geschichteten Schotter, mehr oder weniger zu fester Nagelfluh verkittet, zwischen zwei Moränen.

Das Verhältnis dieser Nagelfluh zu der des Herrgottschröfen ist nicht mit voller Sicherheit zu erkennen. LEVY¹ hat in der letzteren gekritzte Geschiebe gefunden; er hält sie daher für eine alte Moränenbildung und parallelisiert sie mit der Liegendmoräne gegenüber dem Elektrizitätswerke; doch ist der petrographische Unterschied zwischen beiden Ablagerungen: typische Nagelfluh auf der einen Seite und Tillit auf der andern ein recht ansehnlicher. Mir scheint die Herrgottschröfen-Nagelfluh lediglich eine festere Partie der unter den Viehweiden ausstreichenden darzustellen, und die offenbar sehr seltenen gekritzten Geschiebe in ihr — ich habe solche nicht gefunden — könnten der Liegendmoräne entnommen sein. An eine solche Möglichkeit zu denken mahnten mich zahlreiche gekritzte Geschiebe, die ich im Tuxer Tale in einem Murgange des Sommers 1921 fand. Sie entstammten einer oberhalb anstehenden Moräne.

Im Quartale der Loisach unterhalb Garmisch-Partenkirchen kenne ich nirgends eine deutliche Schotterterrasse. Es herrschen Felsterrassen. Auf einer derselben, der Wanne, gegenüber Eschenlohe, liegt allerdings eine Nagelfluhbildung, deren Sohle sich von 750—680 m herabzieht, und welche älter als die benachbarten Moränen ist, in denen sie in Form von Geschieben auftritt. Aber hier handelt es sich nicht um eine Aufschüttung der Loisach, sondern um das verkittete Material eines wahrscheinlich interglazialen Schuttkegels der Achtal Laine, der an der Kapelle am Wege ins Tal der Eschen Laine, 40 m über dem Isarspiegel, endet. Diese ziemlich brecciöse Nagelfluh hat beim Kriegerdenkmal in Eschenlohe Verwendung gefunden. Sie darf nicht mit verkitteten Partien in den Jungmoränen verwechselt werden, die da und dort auf der Stufenmündung der Eschen Laine vorkommen und von LEVY (S. 84) ohne zwingenden Grund einer älteren Vergletscherung zugeschrieben werden. Erst am Fuße der Alpen treffen wir wieder an der Loisach auf Terrassenschotter. Sie erfüllen zwischen Murnauer Moos und Kochelsee ein älteres breites Tal, in das die Loisach verhältnismäßig schmal eingeschnitten ist. Bei Schwaiganger erheben sie sich unter Moränenbedeckung auf 660 bis 670 m; sie bestehen hier vornehmlich aus leicht verkittetem kalkalpinem Gerölle mit geringer zentralalpiner Beimischung. Tiefer streichen lakustre Schichten aus, meist Seetone, aber auch sandige Deltabildungen. Ihnen ein-

¹ Diluviale Talgeschichte des Werdenfelser Landes. Berlin 1920. S. 86.

gelagert ist Schieferkohle, die früher in etwa 650 m Höhe bei Schwaiganger, nunmehr nur noch bei Groß Weil am Kochelsee ausgebeutet wird. 1921 waren hier große Aufschlüsse durch einen Tagebau im östlichen Teile des Flözes geschaffen. Dieser liegt zwischen Groß und Klein Weil dicht am Sumpfgelände nördlich des Kochelsees in einer jüngeren Schotterterrasse von 640 m Höhe, die wohl mit dem von ROTHPLETZ¹ beschriebenen Ose von Sindelsdorf in Beziehung steht. Sie besteht aus sehr grobem Gerölle mit zahlreichem zentralalpines Material. Stellenweise reicht es bis zur Kohle herab. An der Westseite des Tagebaus aber hebt es sich scharf von einem 1—2 m mächtigen Deltaschotter ab, der, fast nur aus Kalkgeröllen bestehend, mit nördlichem Fallen die Kohle in 2—3 m Mächtigkeit überlagert. Eine Blocklage in der Sohle seines Hangenden hebt die Grenze gegen das Delta deutlich hervor. Westlich vom Tagebau erschließt eine kleine Grube unweit des Stolleneinganges denselben groben, an zentralalpinen Geröllen und Blöcken reichen, Terrassenschotter, aber er wird hier vom liegenden Kalkschotter durch eine stark erodierte Lage von Grundmoräne getrennt. Noch weiter gegen Westen hebt sich neben der Terrasse die Grundmoräne im Höllersberge hervor; die Kohle setzt sich unter ihr fort; Einbrüche im Gelände, durch den Bergbau verursacht, erschließen am Abfalle des Berges die Moräne. KNAUER² gibt am Höllersberge und sonst bei Groß Weil unter der hangenden Moräne einen Ausbiß von Schottern an. Ich habe denselben nicht beobachtet, weder hier noch sonst bei Groß Weil. Als Liegendes des 2—3 m mächtigen, in 630 m Höhe gelegenen Kohlenflözes sind durch den Bergbau stellenweise kiesige Sande und Tone aufgeschlossen. Solche streichen südöstlich vom Tagebau am linken Bachufer bei Groß Weil aus. Die Schichtung ist im wesentlichen schräge und kennzeichnet die Ablagerung als lakustre Bildung. Wir haben also zwischen Murnauer Moos und Kochelsee an der Basis der fluviatilen Schotter wie im Isar- und Inntale eine bei Groß Weil bis 635 m ansteigende lakustre Ablagerung, der ein Schieferkohlenflöz eingebettet ist. Dieses birgt eine interglaziale Flora. J. SCHUSTER wies folgende Arten nach: *Equisetum* sp., *Taxus baccata* L., *Picea excelsa* LINK., *Pinus silvestris* L., *Phragmites communis* TRIN., *Corylus avellana* L., *Betula pubescens* ERH., *Menyanthes trifoliata* L. Die meisten dieser Arten finden sich auch in den Schieferkohlen nördlich Wasserburg am Inn. Als interglazial kennzeichnen sich aber auch durch die Spärlichkeit der in ihnen auftretenden zentralalpinen Gerölle die Schotter von Schwaiganger.

Von wesentlich anderer Beschaffenheit sind die Schotter der Gegend von Murnau, auf den Höhen nördlich des Murnauer Mooses. Sie sind durchweg locker und enthalten ziemlich viel, 20—25%, zentralalpine Gerölle, weswegen auf ihren fluvioglazialen Ursprung zu schließen ist. In der Tat zeigte sich 1901 in der großen Kiesgrube nördlich vom Bahnhofe Murnau, daß sie sich mit Moräne verzahnen und große geschrammte Blöcke von Molasse ent-

¹ Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher. Mitteilungen der Geograph. Gesellsch. München, XII. 1917. S. 99, 222.

² Geologische Monographie des Herzogstand-Heimgarten-Gebietes. Geognostische Jahreshefte XVIII. 1905. S. 73.

halten. Aber weiter nördlich fehlt, wie ROTHPLETZ (S. 158) richtig bemerkt, gekritztes Material in ihnen gänzlich. Die hangende Moräne ist wie ein zarter Schleier über sie gebreitet und schneidet ihre Schichten vielfach schräge ab, wobei dann die an die Moräne angrenzenden Gerölle gelegentlich geschrammt sind. Wegen ihrer hohen Lage, bei Murnau zwischen 650 und 700 m, gehören die Murnauer Schotter in das Hangende der südlich von ihnen auftretenden interglazialen Schotter von Schwaiganger, doch ist ihre Auflagerung auf denselben nirgends erschlossen. Wir haben also in der Gegend von Murnau die volle Schichtfolge der Terrassen der Isar bei Mittenwald, während wir bei Garmisch nur interglaziale fluviatile Schotter kennen und fluvioglaziale ebenso wie lakustre Ablagerungen vermissen.

Die Schotter von Schwaiganger sind beschränkt auf die Südseite des Loisachtales zwischen Murnauer Moos und Kochelsee; ihre Fortsetzung talabwärts dürfte im Kochelseetale gelegen haben, doch sind wir über deren Erstreckung nicht unterrichtet. Die Murnauer Schotter können bis in die Nähe von Polling südlich von Weilheim verfolgt werden; man trifft sie noch bei Ober Hausen (620 m), bei Huglfing (630 m) und bei Etting (610 m). Das durchschnittliche Gefälle ihrer Oberkante ist 6^o/₁₀₀; ihre Oberfläche dürfte daher bereits südlich von Weilheim die Sohle des Ammerseetales erreichen, wohin die Wasser, die sie anhäuften, abflossen; doch ist eine Fortsetzung von ihnen nicht erschlossen.

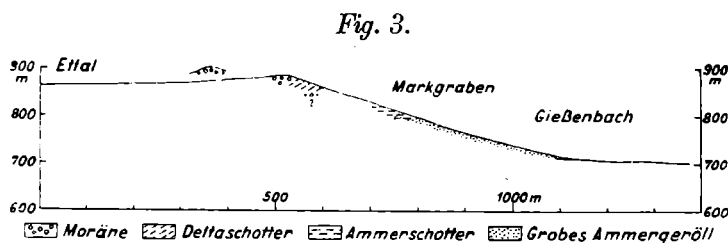
Unfern des nördlichsten Auftretens der Murnauer Schotter setzt an dem niedrigen Endmoränenwalde von Gassenhofen bei Marnbach am Weidenbache eine spätglaziale Schotterterrasse ein, die sich bis Weilheim verfolgen läßt. Ich habe 1902 den Eindruck erhalten, daß diese Schotterterrasse die Fortsetzung der Murnauer Schotter sei, und habe letztere daher als die fluvioglaziale Ablagerung des durch die Gassenhofener Endmoräne angedeuteten Rückzugsstadiums der letzten Vergletscherung gedeutet. Dieses aber habe ich mit dem Bühlstadium der sich zurückziehenden Vergletscherung des Inntales identifiziert. Gegen diese Auffassung hat D. AIGNER polemisiert und ist für meine Auffassung von 1882 (S. 357) eingetreten, wonach frühglaziale (untere) Glazialschotter vorliegen. AIGNERS Argumente sind nicht stichhaltig; denn er stellt (Das Murnauer Diluvium, Mitteilungen Geogr. Gesellsch. München, VIII, 1913 S. 77, 119), so wie ich es 1902 getan habe, die Marnbacher Schotter zu den Murnauer. Sobald man dies tut, muß man aber auch die letzteren als spätglazial ansehen. Denn die Marnbacher Schotter lassen sich ununterbrochen bis nach Weilheim verfolgen. Dagegen läßt sich ihr Zusammenhang mit den Murnauer Schottern nicht erweisen; davon habe ich mich bei meinem neuerlichen Besuch der Gegend überzeugt und deswegen kehre ich zu meiner älteren Auffassung zurück, daß in den Murnauer Schottern frühglaziale Schotter vorliegen.

Talaufwärts brechen die Murnauer Schotter auf der Molassenrippe ab, die das Murnauer Moos nach Norden begrenzt, und wir vermissen sie im Loisachtale ebenso wie die lakustren Ablagerungen von Schwaiganger-Groß Weil. Deren Fehlen muß uns überraschen. Allerdings liegt das Tal bei Garmisch 100 m höher als das Murnauer Moos, und ein See, der bei Groß Weil auf 635 m gespannt war, würde heute nur in das Murnauer Moos hineinreichen. Aber wir haben im Isargebiete eine Schrägstellung der interglazialen Seebildungen nachweisen können, so daß diese bei Wallgau rund 200 m höher ansteigen als bei Tölz. Da nun die Richtung und Entfernung Groß Weil-Garmisch nahezu gleich der Richtung und Entfernung Tölz-Wallgau ist, so müssen wir, falls das Loisachgebiet eine ähnliche Hebung erfahren hat, den Spiegel eines Sees, der am Kochelsee 635 m hoch stand, bei Garmisch in 835 m Höhe gewärtigen, und müßten dementsprechend hier sehr mächtige.

mindestens 150 m über Tal ansteigende lakustre Ablagerungen antreffen. Daß sie fehlen, daß an ihrer Stelle bei Garmisch fluviatile angetroffen werden und unter ihrem zu gewärtigen Niveau bei Eschenlohe das verfestigte Material eines alten Schuttkegels liegt, vergewissert uns, daß die Hebung, die wir im Isar- und Inntale nachwiesen, im Loisachgebiete unterhalb Garmisch nicht wirksam geworden ist.

Ganz entbehrt das Loisachtal der lakustren Ablagerungen freilich nicht. Bei Kaltenbrunn (zwischen Partenkirchen und Mittenwald) werden lakustre Tone als Tünchererde gewonnen. Sie lagern am Nordgehänge des nach Partenkirchen sich ziehenden Kankerbachtals in 890—940 m Höhe und werden von dünner Grundmoräne bedeckt. Unter ihnen ist in 870—890 m Höhe horizontal geschichteter Kalkschotter mit geringer zentralalpiner Beimischung aufgeschlossen. Diese Ablagerung dürfte den oben erwähnten im Tale der Brandenberger Ache entsprechen und in einem See entstanden sein, der vom vorrückenden Loisachgletscher, vielleicht auch gleichzeitig vom vorrückenden Isargletscher aufgestaut wurde; denn die Seetone liegen höher als die Wasserscheide zwischen Loisach und Isar (930 m). Die tieferen Schotterterrassen des Kankerbachtals haben mit dieser Staubildung nichts zu tun; sie werden nicht von Moränen bedeckt. Die eine beginnt unterhalb Kaltenbrunn in 860 m Höhe und läßt sich, mehrfach durch die Eisenbahn aufgeschlossen, bis 810 m herab verfolgen. 20 m tiefer setzt die tiefere Terrasse ein, die sich in 750—775 m Höhe in der Mündung des Kankerbachtals breitmacht. Hier begegnen wir schräge geschichteten Schottern, die auf der Nordseite des Baches nordwestwärts, auf der Südseite zwischen Kainzenbach und Partnachklamm ostwärts fallen. Wir haben es mit Staubildungen an der rechten Flanke des sich zurückziehenden Loisachgletschers zu tun, abgelagert teils in einem aufgestauten, sich ruckweise senkenden See, teils darüber längs dessen Zufluß.

Eine bemerkenswerte lakustre Ablagerung findet sich auf dem Ettaler Berg, dem Übergang vom Loisachtale ins Ammertal (Fig. 3). Steigt man von jenem aus am



Profil des Ettaler Berges 1 : 16000.

Gießenbache aufwärts, so trifft man neben dessen Wasserfall längs des Markbaches von 720 m Höhe an sehr grobes, horizontal geschichtetes Kalkgeröll, in dem auch ein granatfüh-

rendes Hornblendegestein gefunden wurde. In 800 m Höhe tritt an seine Stelle feinkörniges, gleichfalls flachgeschichtetes Kalkgeröll. Diesem sind in 850 m Höhe die schon von v. KLEBELSBERG¹ beschriebenen nordwärts fallenden Schotter aufgesetzt, die den Sockel für die Endmoräne des Passes bilden.

¹ Glazialgeologische Notizen vom bayerischen Alpenrande. III. und IV. Zeitschrift f. Gletscherkunde. VIII. 1914. S. 226 (241).

Man kann die ganze Schichtfolge auf Stauwirkungen des alten Loisachgletschers zurückführen, der bei seinem Anwachsen ein altes von Westen kommendes Ammertal verriegelte und zunächst die Ammer zwang aufzuschütten, sie später zu einem See aufdämmte, bis sie nach Norden überfloß und ihren heutigen Lauf nach Oberammergau einschlug. In den See schüttete der Gletscherbach seine Schotter, und auf diese baute der Loisachgletscher seine Endmoränen auf. Aber diese bezeichnen nicht den Maximalstand des Eises, sondern ein Rückzugstadium. Mit letzterem sind die Deltaschotter verknüpft. Auch sie sind deswegen spätglazial, während die liegenden Ammerschotter frühglazial wären. Es würde also in der Schichtenfolge das Hauptglazial fehlen. Möglicherweise gehörte ihm die Moräne an, die SÖHLE¹ im Liegenden des Deltaaufschlusses gesehen hat.

Die Ähnlichkeit der Schichtfolge am Ettaler Berge mit jener des Achenseedammes ist eine geradezu frappante. Man kann daher geneigt sein, die Aufschlüsse der einen Örtlichkeit zur Interpretierung der andern heranzuziehen. Dann würde man die liegenden Ammertaler Schotter gleich den Achentaler Schottern als interglazial aufzufassen und mit einer starken Verschüttung des Loisachtales in Beziehung zu bringen haben, die hier höher gereicht haben müßte als ihre Reste am Herrgottschrofen. Andererseits würden manche der von AMPFERER gegen die Entstehung des Achensees durch bloße Abdämmung geäußerten Bedenken beseitigt werden, wenn man die Deltaschotter und hangenden Moränen am Käsbache als spätglazial auffassen würde, entstanden an den Flanken des sich zurückziehenden Inngletschers, so wie die Deltaschotter und aufgesetzten Moränen des Ettaler Berges als Staubildungen am Rande des abschmelzenden Loisachgletschers. Der Unterschied in der Entwicklung der beiden Stellen ist lediglich der, daß der im Ammertale aufgestaut gewesene See gänzlich verschwunden ist, und daß die Moränen, die ihnen gespannt haben, als frische Endmoränen dastehen, während die Höhe des Achenseedammes flach ist. Das aber kann auch die Folge der Schuttkegel sein, die sich hier breitmachen.

Lechtal und Illertal.

Ebenso wie das alpine Loisachtal ist das Lechtal arm an eiszeitlichen Schotterterrassen. AMPFERER² hat solche bei seinen langjährigen Forschungen nur in der Gegend von Reutte nachgewiesen; hier finden sich im Mündungsbereiche des Weißenbaches kleine Reste von ihnen in 890—900 m, 980—1000 m. Im gegenüberliegenden Pusterwalde stehen sie bis 1020 m an. Endlich treten sie östlich Reutte beiderseits der Mündung des Archbaches auf, der sie in 860 m Höhe noch nicht durchschnitten hat, und reichen am Abfalle des Tauernberges bis 1040 m empor. Wie am Ochsenboden bei Mittenwald handelt es sich um Überreste einer sehr bedeutenden Talverschüttung, die bei Weißenbach 230 m, bei Reutte 190 m über die heutige Talsohle reichte. Wie am

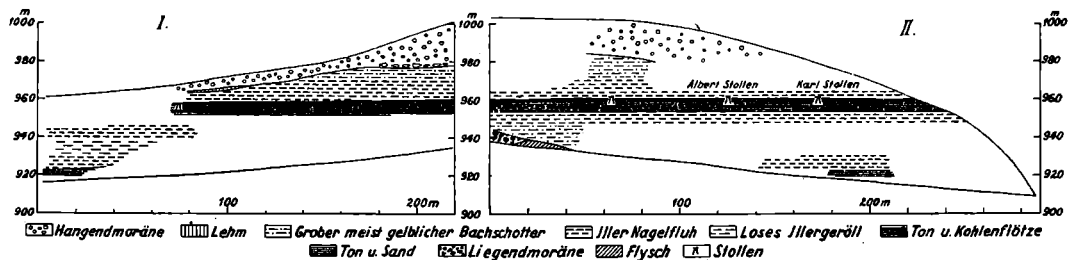
¹ Geologische Aufnahme des Labergebirges bei Oberammergau. Geognostische Jahreshfte IX. 1896. S. 1.

² Glazialgeologische Beobachtungen in der Gegend von Reutte. Verhandl. K. K. geolog. Reichsanstalt. Wien 1907. S. 345.

Ochsenboden werden ferner diese Reste von Hangendmoränen schräge abgeschnitten, die sich tief ins Tal hinab verfolgen lassen. Aber ein wesentlicher Unterschied besteht gegenüber der Terrasse im Isartale. Es fehlt der Sockel lakustrer Ablagerungen. Die tiefsten Schottervorkommnisse sind horizontal geschichtet. Nur gelegentlich findet sich in einem Schotterreste des Weißenbachtals schräge Schichtung. Seetone fehlen. Die Verschüttung ist rein fluviatil. Wir haben ebensowenig wie im Loisachtale Veranlassung, einen interglazialen See anzunehmen, während wir auf das interglaziale Alter der Schotter auf Grund der Analogie mit den Mittenwalder Vorkommnissen schließen.

Die Kohlennot der Jahre 1917—1919 hat wie bei Groß Weil am Kochelsee auch am Imberger Tobel unweit Sonthofen im Illertal zur Wiederaufnahme des Abbaus von Schieferkohle geführt. Wie dort nach Kochel, so

Fig. 4.



Profile I auf der rechten Seite und II auf der linken Seite des Imberger Tobels oberhalb Imberg 1 : 4000.

ist hier nach Altstätten eine Schwebebahn gebaut worden; aber schon November 1920 ist der Bergbau wieder in Stillstand gekommen, und die großen, durch ihn geschaffenen Entblößungen gehen wieder verloren. Sie haben einen klareren Einblick in die Lagerungsverhältnisse geschaffen, als früher möglich war, wie noch dichter Wald das Gebiet der Kohlenausbisse deckte. Diese liegen am Löwenbache südlich des Dörfchens Imberg (Bayer. Positionsblatt 875 Hinterstein) dicht oberhalb der Einmündung des Kiendelsbaches. Man erreicht sie auf dem Wege, der von Imberg südwärts führt, indem man beim Knappenhause in 960 m den Weg in den Tobel einschlägt. Eine große Rutschung erschließt am rechten Gehänge (vergl. Profil 4 I) über der in etwa 955 m Höhe gelegenen Kohle zunächst mittelstückiges, lose verkittetes Illergeröll, welches nach oben in groben Bachschotter übergeht. Es kennzeichnet sich als solcher durch große wenig gerollte Flyschblöcke, die dem Gebiete des Imberger Tobels entstammen. Diese Blöcke sind in den obersten 10 m der Ablagerung angewittert, ihre Oberfläche hat durch Weglösung der Kalkspatadern ein rissiges Aussehen erhalten; manche Kalke sehen geätzt aus. Die Farbe dieses großen Bachschotters ist infolge seiner Verwitterung gelblich; an einer Stelle sitzt ihm ein 1 m mächtiges Lager von gelbem Lehm auf, ähnlich den Lehmen, die man dann und wann auf Schuttkegeln antrifft. Über das ganze breitet sich Moräne, das Bachgerölle diskordant abschneidend. Ihre unterste Partie besteht größtenteils aus dem aufgearbeiteten Material des Bach-

schotters und erhält dadurch gleichfalls gelbliche Färbung; doch hebt eine Blocklage an ihrer Sohle die Grenze sehr scharf hervor. Weiter nach oben wird die Moräne kiesig; schräge nach Westen fallende Schichtung, graue Farbe und gekritzte Geschiebe unterscheiden diese Schottermoräne deutlich von den liegenden, in ihren unteren Partien verrutschten Geröllbildungen.

Das Kohlenflöz ruht auf einer etwa 5 m mächtigen tonigen Partie auf, die 1921 nicht mehr anstehend erschlossen war, sondern lediglich in großen, mehrere Kubikmeter messenden Schollen im Rutschgelände, das sich vom Kohlenausbiß bis zum Bache hinabzieht, sichtbar war. Dem Tone sind lagenweise verkohlte Zweigstücke eingebettet sowie Reste von Moosen. Blattabdrücke wurden nicht gefunden, aber Reste gänzlich verdrückter Schnecken.

Das Liegende des Tones ist im Rutschgelände nicht zu erkennen, wohl aber ein kleines Stück talabwärts. Da streichen tiefer als die Kohle und auch unter derselben Bänke von Nagelfluh, getrennt durch Schotterlagen aus; der Geröllbildung sind in ihrer unteren Partie auch sandig tonige Partien eingeschaltet. Gegenüber diesen Ausbissen (vgl. Fig. 4 II) erschließt eine Grabung an der Ladestelle für die Schwebebahn unter einer festen Nagelfluhbank wenig verkitteten Schotter insgesamt in 8 m Mächtigkeit, darunter folgen 4 m Ton, oben sandig, fest stehend, unten gut geschichtet, mit einer Einlagerung von grobem Geröll. Unter den Rollsteinen fallen hier wie in allen anderen Vorkommnissen von losen oder verkitteten Schottern unmittelbar im Hangenden oder im Liegenden der Schieferkohlen Gerölle von Hauptdolomit und Kalk auf. Wir haben es also mit Illerschottern zu tun. Über unserer Nagelfluhbank haben wir wieder 5 m Ton mit Kohlenschmitzen, darüber folgt das Flöz, das durch drei Stollen erschlossen worden ist. Gehen wir an der linken Seite des Löwenbaches aufwärts, so begleiten uns Ausbisse der liegenden Nagelfluh; ihre Rollsteine werden größer, und schließlich haben wir es oberhalb des für den Bergbau gerodeten Geländes mit verkittetem grobem gelblichem Bachschotter zu tun. Auch über ihm erschließen zahlreiche Schürfe die Schieferkohlen, unmittelbar unter ihm legt aber der Löwenbach sehr feste betonähnlich verkittete Grundmoräne bloß. Die aus ihr in das Bachbett hineinragenden Geschiebe sind matt abgetupft, soweit sie in ihr stecken, aber prächtig geschrammt. Dieser liegenden Grundmoräne entstammt wohl ein ziemlich großer geschrammter Flyschblock in der Nagelfluh dicht über ihr. Sie füllt ein Nest aus zwischen einer Flyschaufragung im Bachbette und den weiter aufwärts folgenden Flyschvorkommnissen.

Über der Kohle folgt an der linken Bachseite zunächst ein Nagelfluhdach, über dem ein zweites Flöz ausbeißt, und dann mittelstückiges Illergeröll, das nach oben in groben verkitteten gelben Bachschotter übergeht. Dieser wird durch die hangende graue Moräne schräge abgeschnitten, ganz so wie an der rechten Seite des Tobels. Talabwärts biegt die Schieferkohle mit ihrem Dache und ihrer Sohle von Nagelfluh in das Tälchen des Kiendelsbaches ein und wird auch hier von Moräne überlagert.

Obige Beobachtungen bestätigen und erweitern meine 1880 gewonnenen, 1882 (S. 256) dargestellten Ergebnisse. Die Schieferkohle liegt, wie auch

GÜMBEL¹ angibt, zwischen Moränen. Die liegende derselben fand ich allerdings 1921 viel weniger weit erschlossen als 1880. Ferner bestätigt sich, daß die Kohle einer Nagelfluh von Illergeröll eingebettet ist. Die Iller muß also einmal ihr Tal bis mindestens 970 m Höhe, bis 230 m über ihren heutigen Spiegel aufgeschüttet haben. Gegen Ende dieser Zuschüttungsperiode bildeten sich die Schieferkohlen in einem toten Winkel des Tales in 950—960 m Höhe. SCHUSTER fand in ihnen: *Picea excelsa* LINK, von der ich auffällig kleine Zapfen sammelte, *Pinus silvestris* L., *Corylus avellana* L. Eine nähere Ausbeutung der sehr reichen Fundstätte verspricht reichere Ergebnisse. Einstweilen läßt sich nur sagen, daß die Aufschüttung des Illertales zu einer Zeit erfolgte, in der Nadelwald in reichen Beständen vorhanden war. Hand in Hand mit der Aufschüttung durch die Iller ging die durch die Nebenbäche; auf die vom Flusse herbeigeführten Schotter breitete der Löwenbach seinen Schutt.

Die letzte Vergletscherung folgte nun aber nicht unmittelbar wie im Innertale auf diese Zuschüttung, sondern es verstrich eine Zeit, während welcher die oberen Partien der aufgeschütteten Massen verwittern konnten. Sie gehören daher nicht in die Reihe der fluvioglazialen Schotter — solche fehlen im Illertale —, sondern die ganze fluviatile Aufschüttung des Illertales ist interglazial. Sie erreicht hier ähnliche Höhen über dem Flusse wie am Ochsenboden bei Mittenwald und im unteren Lechtale bei Reutte. Nach der Verschüttung hat eine starke Taleintiefung eingesetzt; das heutige Illertal ist 120 m tief in den Flyschsockel eingeschnitten, und es krönen die interglazialen Schotter des Illertales eine hohe Felsterrasse. Dadurch unterscheiden sie sich von allen andern interglazialen Schottern, die wir bisher kennengelernt haben.

Weitere Untersuchungen werden festzustellen haben, ob es sich hier bloß um eine Transgression der Talverschüttung über eine bereits vorhandene Felsterrasse handelt oder ob die Vertiefung des Illertales seit Ablagerung der Schotter eine ansehnlichere war als in den Nachbartälern. Zur Entscheidung können möglicherweise lakustre Bildungen herangezogen werden. Seetone unterlagern den in 900—950 m Höhe auftretenden Ausbiß der Nagelfluh südlich vom Imberger Tobel im Hinanger Tobel gegen das Illertal hin. GÜMBEL erwähnt ferner vom Calvarienberge bei Sonthofen eine Ablagerung, die ihn an die Bibernagelfluh und die Salzburger Nagelfluh erinnerte, also an zwei typische Deltas. Sollte hier ein zu den Seetonen gehöriges Delta vorliegen, so würde man auch im Illertale einen alten See anzunehmen haben, der bis zur heutigen Talsohle herabreichte und dessen Spiegel 200 m über letzterer lag. Auch er würde zu den interglazialen Seen gehören, die bei der heutigen Höhenlage des Landes unverständlich sind.

Rheintal und Illtal.

Das große und sehr breite Tal des Rheins hat keine Schotterterrasse, die mit denen des Inn- und Isartales verglichen werden könnte. Auch in den großen Nebentälern fehlt sie. Wohl aber finden sich in einer Verzweigung

¹ Nachträge zu der geognostischen Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. Geognostische Jahreshefte I. 1888. S. 163 (168). Geologie von Bayern. II. 1894. S. 117.

Reste sehr bedeutender Verschüttungen. AMPFERER¹ hat solche aus dem Illgebiete kennengelernt. Mächtige Nagelfluh, zwischen Moränen gelagert, wie 1904 (S. 439) gezeigt, findet sich in der Bürser Schlucht gegenüber Bludenz zwischen 570 und 720 m; Nagelfluh erfüllt den untersten Teil des Gamperdonatales zwischen 700 und 1100 m und wird auch hier von Moränen bedeckt. Im Walsertale hingegen tritt nur Schotter mit liegender Moräne auf.

Hat man es im letzteren Falle möglicherweise mit der Verbauung eines Nebentales zu tun, welche an den Flanken eines im Haupttale liegenden Gletschers stattfand, so trifft dies kaum für die Nagelfluh des Gamperdonatales zu, obwohl ihr deltaartig geschichtete Partien eingelagert sind, denn sie rückt so hart an das Haupttal heran, daß sie wie in einem Winkel desselben erscheint; es ist endlich ausgeschlossen für die Nagelfluh der Bürser Schlucht, die schon im Haupttal selbst liegt. Wir schließen uns daher der Auffassung von AMPFERER an, daß es sich in den beiden letzten Fällen um erhalten gebliebene Ausläufer einer allgemeinen Illtalverschüttung handelt, die sich bis weit in die Nebentäler hinein erstreckte. Daß dieselbe bereits vor Eintritt der letzten Vergletscherung von Flüssen wieder zerschnitten war, folgert AMPFERER aus dem Auftreten der hangenden Moräne in der tiefen Schlucht des in die Nagelfluh des Gamperdonatales eingeschnittenen Mengbaches; er ist also hier zum selben Schluß gelangt wie wir im Isartale.

Glattal.

Weit lassen sich in der Ostschweiz Schotterablagerungen unter hangenden Moränen in das eiszeitliche Gletschergebiet hinein verfolgen. Nur durch kleine Lücken unterbrochen, reichen sie vom Rheine unterhalb Schaffhausen durch das Glattal bis in das Bereich des oberen Zürichsees. Sie erlangen namentlich im oberen Glattale eine ausgedehnte Verbreitung, wo sie zuerst von GUTZWILLER² erwähnt und dann von BRÜCKNER³, FRÜH⁴, J. WEBER⁵ und HERMINE BODENBERG-HELLMUND⁶ beschrieben worden sind. Der moränenbekleidete Rücken zwischen Pfäffiker (541 m) und Greifensee (439 m) wird von ihnen zusammengesetzt. Sie erscheinen hier im Aatal meist als loses, nicht selten aber auch als zu Nagelfluh verkittetes Geröll, das gutenteils aus der benachbarten Molassenagelfluh, vor allem aber aus dem oberen Linthtale und dem Bündener Rheingebiete herrührt. Glazial bearbeitete Geschiebe fehlen. In der untersten Partie fand FRÜH indes »gelegentliche Einschlüsse von Grundmoräne« und HELLMUND stellte in Stollen, die unter die bis 550 m hoch an-

¹ Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgegend von Bludenz. Jahrb. K. K. Geolog. Reichsanstalt LVIII. 1908. S. 627.

² Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. XIV. 1877. S. 129.

³ Die Vergletscherung des Salzachgebietes nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz. Geogr. Abhandlungen I. 1886. PENCK und BRÜCKNER, Die Alpen im Eiszeitalter. S. 504.

⁴ Die Drumlinlandschaft mit spezieller Berücksichtigung des alpinen Vorlandes. Jahresber. d. St. Gallischen Naturw. Gesellsch. 1894/95. — Zur Morphologie des Zürcher Oberlandes. Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. Zürich LXIV. 1919. Heim-Festschrift.

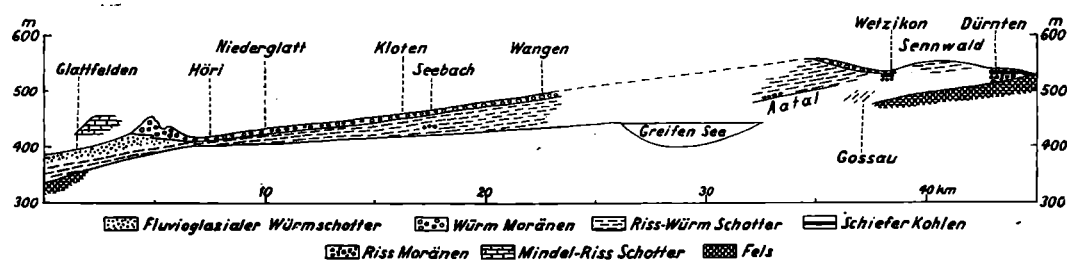
⁵ Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffiker Sees. Mitteil. Naturw. Gesellsch. Winterthur III. 1901.

⁶ Die Drumlinlandschaft zwischen Pfäffiker- und Greifensee. Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. Zürich LIV. 1909. S. 149.

steigenden Schotter des Aatales bei Oberuster in 500 m Höhe geführt worden sind, Moräne fest. Hiernach ruhen die Aatalschotter auf Moräne; sie werden von solcher überlagert und gegen die beiden Seen hin diskordant abgeschnitten.

Weitere Vorkommnisse gleichfalls horizontal geschichteter, vielfach zu Nagelfluh verkitteter Schotter finden sich weiter südostwärts bei Ober Ottikon, Herrliberg und im Sennwalde bis gegen Fuchsbühl hin in 520—540 m Höhe. Sie reichen gerade bis auf die Wasserscheide zwischen Glattal und Zürichseetal. Das Material ist gröber als das der Aataler Schotter. Auch ihnen fehlen gekritzte Geschiebe und, wie FRÜH besonders betont, ein Verband mit Moränen. Zwischen Aatal und den in Rede stehenden Ablagerungen wird unweit des Gehänges vom Süden des Pfäffiker Seetales bei Gossau durch

Fig. 5.



Aufriß durch das Glattal. Längenmaßstab 1 : 350000.

mehrere Kiesgruben in 480—500 m Höhe ein ganz prachtvolles altes Delta ausgebeutet, dessen Schichten nordwärts fallen und von den hangenden Moränen in unregelmäßiger Weise schräge abgeschnitten werden. An der Auflagerungsfläche findet sich eine harte Kruste; ein darin steckendes Geschiebe zeigte nordwärts gerichtete Schrammen. Das Liegende des Deltas ist nicht erschlossen; aber nicht weit von ihm hebt sich nördlich und östlich Gossau Molasse hervor. In seinem Hangenden wurden, wie HELLMUND berichtet, Schieferkohlen entdeckt, die von Moräne bedeckt werden.

Südöstlich von den beiden Vorkommnissen der Aatalschotter liegen die berühmten Schieferkohlen von Wetzikon und Dürnten. Geht man vom Aatale aus, nachdem man die Schotter durchmessen hat, von Wetzikon nach Süden, so erreicht man das Kohlenfeld von Schöneich, wo in 530 m unter Schotter die Kohle von Wetzikon ausgebeutet wurde. Sie lagerte auf Seekreide mit Schnecken; darunter ist Moräne angetroffen worden, nach ALBERT HEIM¹ an drei Stellen. Das Hangende war Kies. Heute ist von alledem nichts mehr zu sehen. Das Kohlenfeld von Dürnten liegt östlich der Schotter des Sennwaldes. Die Kohle wurde in 525—540 m Höhe, also ziemlich gleich hoch wie beim nur 4,5 km entfernten Schöneich, ausgebeutet; eine Grabung erschloß sie zufällig im Sommer 1921 unter Moräne und blaugrauem Ton unweit des Hofes Oberberg in 535 m Höhe. Unter der Kohle ist in einem Schachte erst Seeschlamm, tiefer Moräne angetroffen worden. Sie lagert also

¹ Geologie der Schweiz I. S. 311.

wie die von Wetzikon zwischen zwei Moränen und hat Reste von *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merckii*, *Bos primigenius*, *Cervus alces*, *Cervus elaphus* geliefert. Letztere Art ist auch bei Wetzikon gefunden.

Die Schichtfolge im oberen Glattgebiete erinnert lebhaft an die von Mittenwald. Wir haben hier wie da unter den Hangendmoränen eine fluviatile und eine lakustre Formation, welche beide auf Moränen aufruhend. Aber während im Isar- wie im Inngebiete die fluviatile über der lakustren lagert, befinden sie sich in unserem Gebiete im wesentlichen nebeneinander; Fig. 5 läßt indes keinen Zweifel darüber, daß auch hier die lakustre Formation in das Liegende der fluviatilen gehört. In der obersten Partie der wenig mächtigen lakustren Formation treten die Schieferkohlen auf, die wegen ihrer Lagerung und Fauna und ihrer von HEER untersuchten Flora immer für interglazial angesehen worden sind. Dagegen sind die fluviatilen Schotter und das von ihnen bislang nicht scharf gesonderte Delta von Gossau gewöhnlich als fluvioglazial aufgefaßt worden, von BRÜCKNER als zugehörig zur Würmverglatscherung, von HELLMUND und HEIM hingegen als eine Ablagerung der Rißverglatscherung. Beide Ansichten fußen auf der Zusammensetzung der Schotter, die im wesentlichen aus talfremdem Material bestehen. Aber letzteres muß nicht notwendigerweise als erratisches angesehen werden, denn die Schotter reichen, wie wir gesehen haben, bis auf die Wasserscheide gegen das Zürichseetal. Wenn letzteres nach der Art der ostalpinen Täler eine Aufschüttung von 140 m Mächtigkeit erfahren hat, so mußte diese bis über die Wasserscheide gegen das Glattal reichen und hier die besprochene Schotterablagerung nach sich ziehen. Ebenso müßte bei einer nur geringfügigen Aufschüttung im Rheingebiete Rheingeröll über die niedere Talwasserscheide von Sargans ins Linthgebiet wandern.

Wir kennen oberhalb der tiefen Öffnung des Glattales im Zürichseetale eine noch höher reichende Aufschüttung. Sie liegt in der Gegend von Uznach. Schon GUTZWILLER hat ihre Ausdehnung auf Blatt IX der geologischen Karte der Schweiz verzeichnet. Sie findet sich hier im Hangenden der Schieferkohlen. Gehen wir auf der Landstraße von Uznach auf der Straße nach Gommiswald aufwärts, so erreichen wir, nachdem wir die Molassenauftragung von Uznach verlassen haben, bei Ober Hirschland das vielfach gerutschte Gelände der Schieferkohlen. Sie beißen unweit der beiden Höhenzahlen 526 m von Blatt Uznach des Siegfriedatlas in 505—510 m Höhe aus, und werden von 15 m mächtigem, horizontal gelagertem Schotter überlagert, der ziemlich feinstückig ist und hier und da von Moränenfetzen bedeckt wird. Unter diesem Schotter hebt sich die Schieferkohle nordwärts sanft empor; sie ist an der Straße bei Hof (522 m) während des Krieges in geringer Tiefe ausgebeutet worden, abermals am Fuße eines Schotterausstriches, unter dem im benachbarten Böllenbergtobel die Kohle vielfach erschlossen ist. Als ihr Liegendes sind hier mehrfach Moränen bloßgelegt. Der Schotter kann bis Gommiswald hinauf verfolgt werden. Südlich des Dorfes beutet eine große Kiesgrube in 475—485 m Höhe viel gröberes Geröll aus als die bei Hirschland. Blöcke von 2 Fuß Durchmesser sind nicht selten. Aber gekritzte Geschiebe fehlen hier wie dort. Was an solchen in der Grube herumliegt, rührt

von kleinen Fetzen hangender Moräne her. Wir haben also bei Uznach wie im Inntale Überreste einer rund 170 m mächtigen alten Talaufschüttung vor uns, unten bestehend aus Tonen, denen Schieferkohlen eingebettet sind, oben aus Schottern, so wie es C. MÜLLER¹ in Karte und Profil dargestellt hat.

Auf den liegenden Komplex, dem auch das alte Delta von Güntenstall mit seiner reichen, von BROCKMANN-JEROSCH beschriebenen Flora angehört, will ich nicht näher eingehen, da JEANNET darüber eine größere Veröffentlichung vorbereitet und augenblicklich nur eine tabellarische Darstellung und kurze Zusammenfassung seiner Ergebnisse vorliegt². Aus gleichem Grunde berichte ich nichts über die Ablagerungen von Wangen, welche, Uznach gegenüberliegend, erkennen lassen, daß die dortige Talaufschüttung nicht auf einen Nebenwinkel des Linthtales beschränkt geblieben ist, wie HEIM meint, sondern sich über die ganze Breite dieses deutlich übertieften Tales erstreckte. F. MÜHLBERG³ ist ganz besonders für die lakustre Entstehung der die Schieferkohlen bergenden Tone eingetreten und hat aus ihnen auf einen Hochstand des Zürichsees von 530 m geschlossen. Bietet nun auch das Riet bei Uznach gerade die Gelegenheit wahrzunehmen, daß Tone nicht bloß in Seen, sondern auch in Überschwemmungsgebieten geschiebearmer Flüsse zur Ablagerung kommen können, so verraten doch alte Deltas in der Nähe von Kaltbrunn, daß hier in der Tat ein Seespiegel von 480 bis 490 m Höhe, also in gleicher Höhe wie bei Gossau, bestanden hat. Wir haben also auch im Zürichseetale einen interglazialen See gehabt, der, wie der des Inntales, sehr viel höher stand als die Felsschwelle von Baden, die das Seetal im Nordwesten abriegelt. Aber die Spuren dieses alten Sees reichen nicht weit. Möglicherweise liegen sie in den schräge geschichteten Schottern vor, die bei der Eichmühle am Reidbache zwischen Richterswil und Wädenswil sich unter Moränenbedeckung bis 520 m erheben. Vielleicht gehört zu ihnen die Deltanagelfluh, welche die Halbinsel Au, gleichfalls am Südufer des Zürichsees, bildet und bis auf 456 m Höhe ansteigt⁴. Jedenfalls fehlen am Nordende des Zürichsees alle Andeutungen eines alten interglazialen Sees, und wir kennen solche auch nicht weiter talaufwärts im Linth- und Walenseetale.

Auch die moränenbedeckten Schotter fehlen hier so gut wie gänzlich. Wir müssen bis hinauf in die Abzweigung des Sernftales vom Linthtale gehen, um hier zwischen 620 und 640 m Höhe unter Moränen ein Schottervorkommen zu begegnen⁵. Talab reichen die Uznacher Schotter im Zürichseetale nicht weit. Ob die meist zu Nagelfluh verkitteten, stellenweise aber auch ganz lockeren bis 580 m sich erhebenden Schotter beim Waisenhaus

¹ Die diluvialen Kohlen in der Schweiz. Zeitschr. f. prakt. Geologie XX. 1912. S. 289.

² L'âge des charbons feuilletés de la basse vallée de la Linth. Verhandlungen der Schweiz. naturf. Gesellsch. 102. Jahresversammlung, 1921. Schaffhausen. S. 123. *Eclogae geologicae Helvetiae*. XVI. 1922. S. 509.

³ Unterlage der Schieferkohlen von Uznach und Wangen. Verhandlungen der Schweiz. naturf. Gesellsch. 94. Jahresversammlung, 1911. Solothurn. S. 253. *Eclogae* XI. S. 729.

⁴ Vgl. A. AEPPLI, Erosionsterrassen und Glazialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsees. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. XXXIV. 1894. S. 71 und 95.

⁵ FR. JENNY, Diluviale Schotter mit Moränenbedeckung am Eingange ins Sernftal. *Eclogae geologicae Helvetiae*. XIV. 1918. S. 706.

und an der Schloßruine bei Wädenswil ihnen zuzuzählen sind, wage ich nicht zu entscheiden; ich pflichte aber der Ansicht von ROMAN FREI¹ bei, daß sie nicht zu den Deckenschottern, sondern zu einem jüngeren Schotter gehören. Nichts hindert uns, in den 40 m tiefer gelegenen, über die Wasserscheide ansteigenden Schottern des oberen Glattgebietes eine Fortsetzung der Uznacher Schotter zu erblicken.

Für die Beurteilung von deren Alter kommt sowohl der Mangel von glazial bearbeitetem Material in ihnen in Betracht, als auch die Tatsache, daß bei Uznach im Böllenbergtobel unweit Haslen Schmitzen von Schieferkohle im Schotter gelagert sind. Dadurch wird dieser wenigstens in seinen unteren Partien als interglazial erwiesen; die oberen Partien davon als fluvioglaziale abzugliedern war nicht möglich. Wir haben es im unteren Linthtale ganz ebenso wie im Isartale vornehmlich mit interglazialen Schottern der Riß-Würm-Interglazialzeit zu tun. Dasselbe dürfte von den Schottern des oberen Glattales gelten.

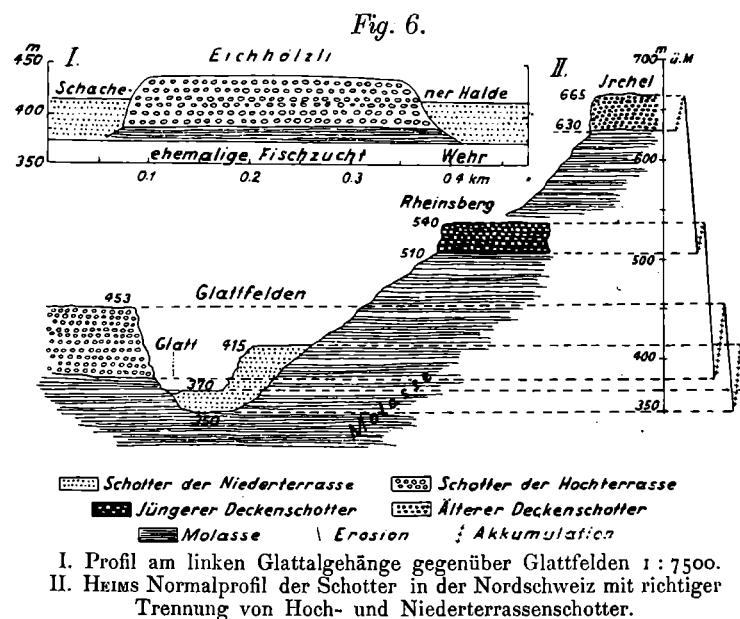
Durch die Untersuchungen insbesondere von FRÜH sind wir über deren Fortsetzung gegen Westen hin unterrichtet, die in unserem Aufriß Fig. 5 dargestellt wird. Beiderseits der breiten Talsohle der Glatt finden sich da und dort Ausstriche moränenbedeckter Schotter. Großartig sind die Aufschlüsse bei Seebach nördlich von Zürich. Der Hügel (472 m), an den sich das Dorf lehnt, besteht aus horizontal geschichteten ziemlich groben Schottern, die nur lagenweise verkittet sind und daher in zwei großen Gruben leicht als Kies ausgebeutet werden können. Nur die oberste Partie ist zu festerer Nagelfluh verkittet, und diese ist beim Schulhause Seebach auf einer Fläche von 4 qm glatt abgeschliffen; der prächtigste Gletscherschliff im Schulgarten! Von dieser geschliffenen Höhe zieht sich die Hangendmoräne an den Flanken des Hügels herab, die Schotterlager schräge abschneidend und dabei an Mächtigkeit zunehmend. Auf der Südseite sind unter ihr die Gerölle der zu Nagelfluh verkitteten Schotterpartien geschrammt. Die untere Partie unseres Schotters enthält 8 m über der Sohle (etwa 445 m) der nördlichen Grube eine Lage besonders groben Gerölls und an diese schließt sich ostwärts eine 20 m lange, 0.8 m mächtige Moränenbank an. Entsprechendes zeigt sich in der südlichen Grube. Auch hier in der unteren Schotterpartie ein Lager grober z. T. wenig abgenutzter Blöcke, an das sich eine Bank verfestigter Moräne mit deutlich gekritzten Geschieben anschließt. Der darunter befindliche Schotter ist nicht so deutlich horizontal geschichtet, wie der hangende. Er fällt ausgesprochen nach Westen.

Die Moräneneinlagerung charakterisiert die untere Schotterpartie bei Seebach als fluvioglazial; man wird sie zeitlich als Spät-Rißglazial bezeichnen können. Die obere Partie ist aber von glazial bearbeiteter Beimischung ganz frei; ich stelle sie mit den interglazialen Schottern des oberen Glattgebietes in Parallele, die ja im Aatale gleichfalls auf Moränen aufsitzen und von solchen bedeckt werden. Darnach hätten wir es bei Seebach mit einem Übergang zwischen fluvioglazialem und interglazialem Schotter zu tun, aber anders als

¹ Monographie des Schweizerischen Deckenschotters. Ebenda. N. F. XXXVII. 1912. S. 55 und 61.

bei Wolfratshausen; bei Seebach geht der spätglaziale Schotter der Liegendmoräne nach oben in den interglazialen Schotter über, während bei Wolfratshausen der letztere sich im frühglazialen der Hangendmoräne fortsetzt. Ein petrographischer Unterschied, wie bei Wolfratshausen findet sich bei Seebach jedoch nicht; der untere Schotter hat denselben Geröllbestand wie der obere; zahlreiche Bündnergesteine fallen in beiden auf.

Im westlichen Teil der Weitung des Glattales zwischen Kloten und Bülach gibt F. MÜHLBERG¹ unter den oberflächlich herrschenden Moränen Schotter-



ausbisse an, die den bisher betrachteten Glattalschottern zuzurechnen sind; er bezeichnet sie als Hochterrasenschotter. Hr. Prof. J. FRÜH hatte die große Freundlichkeit, die Aufschlüsse bei Rümliang, Oberglatt, Niederglatt, Nöschikon und Oberhöri zu besuchen, wo allenthalben Schotter unter Moränen ansteht. Er fand dessen obere Grenze der Reihe nach in 460, 430, 430, 425 und schließlich in

412 m. Sie senkt sich also deutlich gegen Bülach hin. Hier tauchen die Schotter unter die Jung-Endmoränen, die das Glattal weiter unterhalb queren; sie ziehen sich unter denselben hindurch und setzen sich in den Niederterrassen des untersten Glattales gegen den Rhein hin fort. HUG² hat sie auf Blatt Kaiserstuhl als »Schotter unter der Niederterrasse am Rhein und an der Glatt als Ausfüllungsmaterial der interglazialen Täler« ausgeschieden, bezeichnet sie aber in seinen textlichen Ausführungen (S. 38)³ als Ablagerungsprodukt der vorletzten Vergletscherung, wie MÜHLBERG als Hochterrasenschotter. Ein Feld von dem, was man sonst in der Schweiz Hochterrasenschotter nennt, erhebt sich südlich der Niederterrasse des Glattales gegenüber Glattfelden bis auf 456 m, also 40 m höher als die Schotter von Oberhöri, und 35—40 m über die Niederterrasse; unweit der Brücke der nach Schachen führenden Straße tritt sie an die Glatt heran. Hier zeigt sich — vgl. Profil I in Fig. 6 —, daß es einen Sockel von Molasse hat, der sich ein kurzes Stück weit unter der Niederterrasse

¹ Geologische Karte der Lägernekette. Geologische Spezialkarten der Schweiz. N. 25.

² Geologie der nördlichen Teile des Kantons Zürich. Ebenda N. F. 15, 1907, Spezialkarte 36. Blatt Kaiserstuhl.

³ Vergl. auch HUG, Schweiz im Eiszeitalter. S. 70. Die eiszeitlichen Ablagerungen der Schweiz und ihre Grundwasserführung. Zeitschrift für Wasserversorgung und Abwasserkunde VII. Leipzig 1920. S. 35.

fortsetzt, während deren Schotter sonst bis unter die Talsohle herabreichen. In geradezu typischer Weise sondert sich hier ein hochgelegener Terrassenschotter mit hohem Sockel vom tiefgelegenen Niederterrassenschotter mit tiefer Basis. Nichts spricht dafür, daß sich der erstere in die Niederterrasse herein fortsetzt. Ich habe bei Glattfelden, wo Hug diese Annahme wiederholt in Profilen zum Ausdruck gebracht hat, den Rand der Niederterrasse abgegangen, und in keinem der großen Aufschlüsse, wie solche westlich des Dorfes im Höhlengraben und an der Säge, sowie östlich bei Schachen vorliegen, einen Sockel älteren Terrassenschotters von einer Decke lockeren Niederterrassenschotters trennen können. Nirgends zeigte sich eine abgewaschene Oberfläche oder eine durch Verwitterungsgebilde kenntliche alte Oberfläche von Nagelfluh unter dem Schotter. Die 40 m hohe Niederterrasse ist aus einem Gusse. Sie wird von der Glatt bei Glattfelden ebensowenig durchschnitten wie die Niederterrasse unterhalb Eglisau vom Rhein, von deren Einheitlichkeit sich bereits Du PASQUIER¹ überzeugt hat. Nur wo beide Flüsse epigenetische Strecken durchlaufen oder Hochterrassen bespülen, kommt an ihnen die Molasse zum Vorschein.

Wir gewinnen so ein anderes Normalprofil als es HEIM für die Schottergliederung in der Nordschweiz, gerade in Anlehnung an die Gegend von Glattfelden aufgestellt hat, und stellen dem seinen ein anderes gegenüber, das wir unter dessen Benutzung in Fig. 6 II entworfen haben. Der Unterschied springt in die Augen: Nach HEIM reichen die sogenannten Hochterrassenschotter bis in die Talsohlen herab, nach meinen Beobachtungen haben sie einen höhergelegenen Sockel und es erfolgte die tiefste Talbildung nicht vor Ablagerung der sogenannten Hochterrassen, sondern vor jener der Niederterrassen.

Das hohe Terrassenfeld südlich Glattfelden liegt, wie Fig. 5 deutlich erkennen läßt, höher als die Flucht der aufwärts im Glattale gelegenen Schotter; es steigt so hoch an, wie diese 12 km weiter südlich bei Kloten und Rüm- lang, kann daher nicht mit ihnen zusammengefaßt werden. Dagegen fällt die Niederterrasse von Glattfelden in deren Niveau. Deswegen hat BRÜCKNER die Schotter des Glattales als Niederterrassenschotter bezeichnet und als fluvioglaziale Schotter der letzten Vergletscherung gedeutet, während wir sie für interglazial halten. Dieser Widerspruch löst sich, wenn wir annehmen, daß die Niederterrassen von Glattfelden einen Unterbau von interglazialen Schottern und einen Oberbau von fluvioglazialen besitzen, daß hier die einen in die andern unmerklich übergehen, so wie bei Wolfratshausen. Darüber, daß die obere Partie unserer Terrasse fluvioglazialen Ursprungs ist, lassen die Vorkommnisse bei Schachen keinen Zweifel, sie sind z. T. recht grob und lehnen sich an die südlich aufragenden Endmoränen. Andererseits steht die Tatsache, daß sich Schotter unter den letzteren bis zum Zungenbecken von Bülach und dann in einer Reihe von Aufschlüssen bis ins obere Glattal verfolgen läßt, mit der Annahme ihres interglazialen Alters in Einklang; die Dinge liegen hier wie am Durchbruche des Inn durch seinen Endmoränengürtel, wo wir

¹ Über die fluvioglazialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. XXXI. 1891 S. 32.

unten interglaziale Schotter mit Kohlen, darüber fluvioglaziale haben, die sich mit Moränen verzahnen. Hug hat daher recht, wenn er auf Blatt Kaiserstuhl unter der Niederterrasse Aufschüttungsmaterial der interglazialen Täler eigens ausscheidet, aber ich kann ihm nicht beipflichten, wenn er ihn auf seiner geologischen Karte des Rheinlaufes unterhalb Schaffhausen als wahrscheinlich der vorletzten Vergletscherung angehörig bezeichnet.

Das, was in der Gegend von Glattfelden bisher als Hochterrassenschotter bezeichnet worden ist, ist der östliche Ausläufer einer mächtigen Formation, die sich von hier rheinabwärts bis in die Gegend der Aaremündung zieht und sich von dort ziemlich zusammenhängend sowohl ins Klettgau hinein als auch an der Aare aufwärts erstreckt. Überall überragt sie hier die Niederterrassfelder, die von den Jung-Endmoränen ausgehen, und bleibt tief unter den Deckenschottern, welche die Höhen krönen. Das ist ganz die Art des Auftretens vom Hochterrassenschotter im deutschen Alpenvorlande, und ich habe sie deswegen 1885 im Klettgau als solchen bezeichnet. BRÜCKNER ist 1886 meinem Beispiele für die rheinabwärts gelegenen Vorkommnisse gefolgt, DU PASQUIER hat ihre weitere Verbreitung in der Nordschweiz 1891 kennengelehrt. Sie deutet darauf, daß wir es in der Hauptsache nicht mit dem typischen Hochterrassenschotter zu tun haben, der von den Altmoränen abströmt, sondern mit einer Ablagerung, die zwischen Eglisau, Schaffhausen, Koblenz und Aarau 25—50 km weit oberhalb der äußersten Altmoränen des Möhliner Feldes gelegen ist. Sie hat im Altmoränengebiete eine ähnliche Verbreitung wie die Schotter des Glattales im Bereiche der Jungmoränen, und man kann deswegen geneigt sein, sie für ein älteres Seitenstück zu denselben, als eine Ablagerung der Mindel-Riß-Interglazialzeit anzusehen. Dieser Gedanke ist von HEIM (I, S. 273) ausgesprochen worden; er findet im Aaregebiete eine Stütze in der Beschaffenheit der Schotter: Sie enthalten um Aarau, wie F. MÜHLBERG¹ berichtet, kein erratisches Walliser Material. Doch kann ich F. MÜHLBERG nicht beipflichten, daß sie der Übergangskegel einer etwa an den heutigen Jung-Endmoränen endenden älteren Vergletscherung seien. Sie brechen zwar südlich Glattfelden jäh an ihnen ab, aber sie zeigen hier nicht die Beschaffenheit gletschernaher Schotter, und in der Westschweiz erstrecken sie sich, wie AEBERHARDT² gezeigt hat, arm an kristallinem Material, tief in das Jungmoränengebiet hinein. Nur in ihren hangenden Partien finden sich stellenweise Einlagerungen von Moränen, wie ich eine solche im Klettgau nachweisen konnte und seither auch westlich von Kaiserstuhl bei der Lochmühle gefunden habe. Nur in den hangenden Partien kann gelegentlich von einer Verknüpfung unseres Hochterrassenschotters mit Altmoränen die Rede sein, in der Regel wird er von solchen schräg abgeschnitten. Sein Verhalten zu den Rißmoränen ist genau dasselbe wie das der Schotter der Innalderterrasse zu den Würmmoränen; wir haben es hier wie da mit einem interglazialen Unterbau und einem fluvioglazialen Oberbau zu tun.

¹ Der Boden von Aarau. Festschrift zur Einweihung des neuen Kantonsschulgebäudes Aarau 1896. S. 48.

² Note sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. *Eclogae geologicae Helveticae* X. 1908. S. 15.

Es haben also die Hochterrassen unterhalb Eglisau denselben Aufbau wie die dortigen Niederterrassen, und es wiederholen sich hier zwei Schichtkörper von gleicher Entstehung, die durch starke Erosion voneinander getrennt sind. Diese Erosion ging bei Glattfelden und Eglisau bis unter die Sohle der heutigen Täler herab. Nicht zerschnitten sind die Niederterrassen durch Rhein und Glatt; sie erfüllen mit ihrem interglazialen Unterbau die tiefen Talrinnen, während die Hochterrassen einen Molassesockel haben.

HEIMS abweichende Meinung (I, S. 297), daß die Schotter der tiefen Talrinnen sogenannte Hochterrassenschotter seien, stützt sich im wesentlichen auf die Beobachtungen von BLÖSCH¹, welcher bei Laufenburg außerhalb des Gebietes der Jungmoränen in einem verschütteten Rheinlaufe Moräne gefunden zu haben angibt. Aber seine Beschreibung hat mich ebensowenig wie DEECKE² überzeugt, daß solche vorliegt.

BLÖSCH berichtet lediglich von großen, meist aus der Nachbarschaft stammenden Blöcken, die in schlecht geschichtetem Kiese liegen, und darin fand er auch nach langem Suchen einige gut gekritzte Geschiebe. Ganz dasselbe zeigte sich bei den Ausschachtungsarbeiten für den neuen Bahnhof in Heidelberg: In der niedrigen Terrasse, die der Neckar in die Mittelrhenebene geschüttet hat, liegen mannshohe Blöcke von Buntsandstein und Urgestein aus dem benachbarten Odenwald, auch finden sich gekritzte Geschiebe von Muschelkalk. Man hat es mit dem groben Material zu tun, das ein Hochwasser, wahrscheinlich unter Mitwirkung von Eisschollen, beim Bruche eines Eisstoßes aus dem engen Neckartale herausförderte. Eine Gletscherbildung ist ausgeschlossen. Daß eine solche bei Laufenburg vorhanden ist, bleibt noch zu erweisen, und es liegt deswegen kein zwingender Grund vor, anzunehmen, daß die Hochterrassenschotter irgendwo bis zum heutigen Wasserspiegel des Rheines herabreichen. Sicher aber liegt ihr Fuß in der Gegend zwischen Eglisau und Kaiserstuhl unter der Oberfläche der heutigen Niederterrasse.

Das der Niederterrasse von Basel unweit St. Jakob an der Birs eingeschaltete Tonlager mit interglazialer Flora und Fauna vergewissert uns hingegen, daß der interglaziale Unterbau der Niederterrasse sich bis Basel hin erstreckt³.

Rheintal und Bodensee.

Die große Niederterrasse des Rheins unterhalb Eglisau zeigt, worauf insbesondere HUG⁴ hingewiesen hat, ein zwiefaches Verhalten gegenüber den Jung-Endmoränen: die obere Partie steigt gegen sie als Übergangskegel des Rafzer Feldes an, wo sie ihren Ursprung nimmt, die untere setzt sich rheinaufwärts in das Moränengebiet hinein fort und kann an der Thur bis zur Karthause Ittingen, am Rhein selbst bis in die Gegend von Schaffhausen verfolgt werden. Hier erfüllt sie eine tiefe Rinne, deren Boden der Rhein beim Wiedereinschneiden nicht erreicht und deren Verlauf er wiederholt nicht gefunden hat, weswegen er bei Schaffhausen über Jurabänke dahinrauscht und am Rheinflall sich über eine solche hinwegstürzt. Neben letzteren ist die tiefe Rinne durch HEIM (I, S. 390) in Neuhausen nachgewiesen worden, wo sie bis mindestens 20 m unter den Spiegel des Wasserfallbeckens (361 m) herabreicht und ihr Schotter

¹ Die große Eiszeit in der Nordschweiz. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz N. F. XXXI. 1911. S. 27 (30).

² Kritische Studien zu Glazialfragen Deutschlands. Zeitschrift für Gletscherkunde. XI. 1918. S. 34 (54).

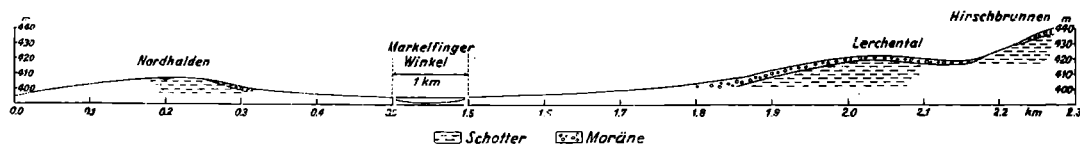
³ Vgl. hierzu BRÜCKNER: Alpen im Eiszeitalter, S. 583 und die abweichende Ansicht von GUTZWILLER: Das Alter der fossilen Pflanzen von St. Jakob an der Birs bei Basel. Verh. d. Naturf. Gesellsch. Basel. XIX. 3.

⁴ Die Zweiteilung der Niederterrasse im Rheintal zwischen Schaffhausen und Basel. Zeitschr. f. Gletscherkunde. III. 1909. S. 214.

35—40 m darüber ansteigt. Darüber liegt Jungmoräne, während weiter talabwärts bei Rheinau über dem Schotter der dortigen verschütteten alten Rheinrinne spät-glazialer Terrassenschotter liegt. Ich halte für wahrscheinlich, daß hier wie bei Neuhausen interglaziale Schotter in einem alten Tale auftreten.

Die Fortsetzung der Neuhausener Talrinne nach Osten ist noch nicht näher bekannt. Sie ist lediglich oberhalb Schaffhausen durch Bohrungen an der Eisenbahnbrücke bei Feuertalen erwiesen, wo festes Gestein noch nicht in 345 m Höhe erreicht wurde. HEIM nimmt an, daß sie sich unter der Höhe von Kettenen hindurch direkt von Flurlingen herüberzieht. Aufgeschlossen sind ihre Schotter hier jedoch nicht. Bei Kettenen liegt auf der Höhe unter Moränenbedeckung der Kalktuff von Flurlingen. Nach HEIM (I S. 318) ruht er auf Moräne auf. Seine interglaziale Stellung, für die ich 1896 eingetreten

Fig. 7.



Profil durch den Markelfinger Winkel des Bodensees von Radolfzell nach Markelfingen.
Länge 1 : 10000, Höhe 1 : 5000.

bin, wird dadurch bestätigt. Ob aber unter der Liegendmoräne, wie HEIMS Profil (Tafel XII, 2) zur Darstellung bringt, wieder Schotter vorkommen erscheint mir fraglich. Ich habe früher vergeblich nach ihnen gesucht; es erscheint mir auch denkbar, daß die tiefe Rinne von Neuhausen nördlich um die Stadt Schaffhausen herum mit der von Feuertalen zusammengehangen haben kann. Jedenfalls ist eine klare Beziehung zwischen dem interglazialen Kalktuff und dem interglazialen Rinnenschotter nicht erschlossen.

Oberhalb Schaffhausen finden wir im Bereiche des Rheingletschers an mehreren Stellen unter den Jungmoränen Schotter, die keiner älteren Vergletscherung zugeschrieben werden können. Besonders auffällig sind sie in der Gegend von Radolfzell. Sie streichen hier beiderseits des Markelfinger Winkels aus. Auf dessen Südseite werden sie durch die große Kiesgrube in Radolfzell ausgebeutet und erscheinen hier, 10 m über den See ansteigend, als Kern des Drumlin von Radolfzell. Auf der Nordseite sind sie durch die Kiesgruben von Markelfingen bis 40 m über dem See erschlossen. Hier wie da handelt es sich um losen gut gewaschenen Schotter, der nur stellenweise zu Nagelfluh verkittet ist. Glazial bearbeitetes Material und Moräneneinschaltungen fehlen; die Faltung einer Sandlinse bei Markelfingen braucht nicht auf Gletscherwirkungen zurückgeführt zu werden. Eine dünne Moränendecke überzieht den Ausstrich beider Schottervorkommnisse gegen den zwischen ihnen gelegenen Zipfel des Bodensees; dieser ist darein ebenso eingeschnitten wie Greifensee und Pfäffiker See in die interglazialen Schotter des Aatales oder der Riegsee und Staffelsee in die fluvioglazialen Schotter von Murnau.

In der Nachbarschaft streichen in etwa gleicher Höhe bei Möggingen am Mindelsee moränenbedeckte Schotter mit gekritzten Geschieben aus. Solche

finden sich auch in der Drumlinlandschaft von Markdorf am Blauenbühl. Sie sind sicher fluvioglazial, was sich von den Schottern bei Radolfzell nicht erweisen läßt. Ich bin geneigt, letztere als die jüngsten Glieder der interglazialen Schotter anzusehen, die wir im Rheintale oberhalb des Glattales ausgeschieden haben. Von hier bis zum Illtale der Gegend von Bludenz, wo wir die interglazialen Schotter der Bürser Schlucht kennen lernten, klafft eine Lücke von nicht weniger als 100 km. Auf dieser weiten Strecke kennen wir keine Spur einer interglazialen Talaufschüttung, sondern lediglich das völlig isoliert auftretende Schieferkohlenflöz von Mörswyl zwischen Rorschach und St. Gallen. Jenes Flöz lagert in 470 m Höhe, wie E. SCHREIBER¹ erst kürzlich wieder gezeigt, zwischen Moränen; von der hangenden ist es durch Ton und kiesiges Geröll getrennt. Ob die Schieferkohlen in das Hangende einer verschwundenen lakustren Formation gehören, und ob sie den Sockel einer Schotterformation gebildet haben, läßt sich nicht entscheiden. Die ausgedehnten Deltas der Nachbarschaft sind durchweg postglazial; sie haben mit der Entstehung der Schieferkohle nichts zu tun.

Folgerungen.

Wir überblicken nunmehr die Gesamtheit der zwischen Inntal und Linthtal kennen gelernten Erscheinungen. In allen großen Alpentälern treffen wir zwischen Moränen gelagert eine mächtige Formation von Schottern, Sanden und Tonen, welche durch das gelegentliche Auftreten von Schieferkohlen ein charakteristisches Gepräge erhält. Vielfach durch spätere, namentlich glaziale Erosion unterbrochen, erscheint sie doch in jedem Talgebiete als ein einheitliches Ganzes, das durch seine Erstreckung auf einen sehr weitgehenden Rückgang des Eises zwischen den beiden durch die Liegend- und Hangendmoränen angedeuteten Vergletscherungen weist.

Der von mir (1902) und BRÜCKNER gemachte Versuch, das wiederholte Auftreten der Schichtfolge: Hangendmoräne, Schotter und Ton und Liegendmoräne durch die Annahme bloßer Schwankungen ein und derselben Vergletscherung zu erklären, erweist sich angesichts der Einheitlichkeit im Aufbau unserer Formation als unhaltbar. Wir haben es nicht mit Anzeichen bloßer Oszillationen einer Vergletscherung zu tun, sondern mit Ablagerungen, die zwischen der Riß- und Würm-Eiszeit entstanden sind. Fast alles, was wir beide der Laufen- und der Achenschwankung zugeschrieben haben, erweist sich nunmehr als Riß-Würm-Interglazial, das wir 1908 (S. 1111) nur durch die Schotter von Föderlach im Draugebiete repräsentiert fanden.

Daß es sich in der Tat um eine Interglazialbildung handelt, geht aus Flora und Fauna der Formation hervor. Ihr eingeschaltet sind die Schieferkohlen mit einer von der heutigen kaum abweichenden Flora, und in der Schweiz mit einer Fauna, die durch *Elephas antiquus* und *Rhinoceros Merckii* ihr typisches Gepräge erhält. Daneben gibt es aber an anderen Stellen auch

¹ Die Schieferkohlen von Mörswyl. Jahresbericht d. Mittel- und Oberrhein. geolog. Vereins. N. F. II, 1912, S. 30. Vgl. auch A. LUDWIG, Über die Lagerung der Schieferkohlen von Mörschwyl. Jahresber. St. Galler naturf. Gesellsch. 1910, S. 220.

Elephas Trogontherii und *Elephas primigenius*; eine scharfe Charakteristik unserer Formation durch bestimmte *Elephas*-Arten ist nicht möglich. Aber einwandfrei lehren die von uns näher beschriebenen Verhältnisse im Glattale, daß die sogenannte warme Fauna im Riß-Würm-Interglazial vorkommt, was immer aufs neue bestritten wird, weil sie im Löß an den Stellen fehlt, wo man sie sucht.

Petrographisch zeichnet sich unsere interglaziale Formation durch den jähen Wechsel in der Verkittung ihrer Schotter aus. Bald hat man es mit fester, z. T. sehr fester Nagelfluh zu tun, bald dicht daneben mit lockerem Gerölle. Die Verkittung ist nicht, wie die der Schotter des Alpenvorlandes, bloß durch meteorische Sickerwässer erfolgt, sondern stellenweise offenbar durch Wässer, die von den Talgehängen in den Schotter einströmten und hier ihren Kalk absetzten. Genetisch zerfällt die Formation meist in einen unteren lakustren und einen oberen fluviatilen Horizont. Der lakustre ist im Inn-, Isar-, Loisach-, Glatt- und Linthtal, vielleicht auch im Illertale vorhanden. Er deutet auf die Existenz ausgehnter interglazialer Seen in diesen Tälern. Die Ausdehnung dieser Seen war eine verschiedene. Wir haben guten Grund anzunehmen, daß der des Inntales sich auf dessen Längstalstrecke beschränkte und den Alpenrand nicht erreichte. Der des Isartales erstreckte sich hingegen bis zu letzterem. Am Alpenfuße dehnte sich der alte See des Loisachtales, und wir können seine Spur nicht in das Gebirge hinein verfolgen. Der des Glattales reichte nicht einmal an den heutigen Pfäffiker- und Greifensee. Der des Linthtales kann nicht über den Bereich des oberen Zürichsees am Alpenfuß hinaus festgestellt werden; ob er sich aufwärts bis in die Glarner Alpen oder das Walenseetal erstreckte, wissen wir nicht. Alle diese Seen lagern nicht, so wie die großen Seen des deutschen Alpenvorlandes, in den Zungenbecken hart am Saum des alten Gletschergebietes, sondern waren, wie viele Seen der Schweiz, nach dem Herzen der Vergletscherung hin gerückt. Keiner kann nach den heutigen Höhenverhältnissen seines Gebietes verstanden werden. Die Spiegel aller überragen heute das talwärts gelegene Land. Seitdem sie erloschen sind, müssen erhebliche Höhenänderungen stattgefunden haben.

Die fluviatile Formation greift allenthalben weit über die Grenzen der lakustren hinaus und ist auch dort vorhanden, wo letztere fehlt. Im Inngebiete setzt sie sich gebirgseinwärts, im Brixental bis tief ins Schiefergebirge, im Brennertale fast bis zum Brenner hin fort, fehlt aber im Zillertale und Öztale, während sie im Inntale selbst, wie kürzlich HAMMER¹ und AMPFERER² zeigten, bis ins Engadin reicht. Im Isargebiete erstreckt sie sich bis dicht an die Höhen des Seefelder Paßgebietes und sie läßt sich hier, wie im Inngebiete, bis ins Alpenvorland hinein verfolgen. Sie setzt sich durch die Zungenbecken des Isar- und Inngletschers hindurch fort, und ist im Endmoränengürtel beider unter den fluvioglazialen Schottern der Würm-Eiszeit nachweisbar. Noch weiter reicht sie im Bereiche des Glattales. Hier streicht

¹ Glazialgeologische Mitteilungen aus dem Oberinntal. Verhandl. K. K. geolog. Reichsanstalt 1912. S. 402.

² Beiträge zur Glazialgeologie des Oberinntals. Jahrb. K. K. geolog. Reichsanstalt. LXV. 1915. S. 289.

sie unter den Endmoränen durch und tritt uns als Sockel der Niederterrassen des Rheines bis Basel hin entgegen, während sie gebirgseinwärts bis in die Wurzeln des Glattgebietes und darüber hinaus bis in das Linthgebiet hinein verfolgt werden kann. In den andern großen Alpentälern liegt sie nur in einzelnen Rudimenten vor. Am ausgedehntesten noch im Loisachgebiete, wo wir sie im Längstale am Fuße der Zugspitze und am Fuße des Gebirges antreffen. Aber im Lech-, Iller-, Rhein- und Linthgebiete ist ihr Vorkommen ein so spärliches, daß es sich fragen konnte, ob hier eine ähnlich große Verschüttung wie im Inn- und Isargebirge je stattgefunden habe, oder ob die Schotterformation von vornherein hier nur örtlich entwickelt gewesen sei.

Die Art ihres Auftretens legt einen solchen Gedanken nahe. Sie findet sich hier in Talwinkeln, baut sich in Nebentäler hinein, fehlt aber im Haupttale. Das mahnt an Bildungen, die an den Flanken eines Talgletschers entstanden sind. Aber ganz ähnlich ist die Verbreitung der sehr mächtigen Schotter im Isargebiete. Die beiden Stellen, wo wir sie in größter Stärke antreffen, der Ochsenboden bei Mittenwald und der Große Wurf bei Vorderriß, liegen in Talwinkeln, und wir würden auch hier zunächst glauben, daß bloße Verbauungen an den Flanken eines Gletschers vorlägen, wenn nicht dazwischen und daneben auch im Haupttale die Schotter vorkämen. Diese machen uns sicher, daß die Schotterformation in den Talwinkeln lediglich vollständiger erhalten ist, als sonst. Dieselbe Erwägung ist für die Vorkommnisse im Lech-, Rhein- und Linthtale am Platze. Sie sind Überreste einer Verschüttung, die aus dem Haupttale fast gänzlich entfernt worden ist, und sind nicht bloße Verbauungen an den Flanken eines Haupttalgletschers. Nirgends greifen Moränen in sie ein, was dann doch der Fall sein würde, zumal sie im Lech-, Iller- und Linthtale bis an den Boden des Haupttales herabreichen. Damit soll aber nicht bestritten werden, daß in andern Fällen solche glaziale Verbauungen auftreten. Eine solche liegt z. B. im Tesinotale an der Westseite des Gardasees vor, wo sich die Schotter an den Flanken des alten Gardaseegletschers mit dessen Moränen verzahnen (1908. S. 869).

Betrachten wir die Riß-Würm-interglaziale Formation in ihrer Gesamtheit, so sehen wir sie im großen und ganzen auf das Gebiet der alten Vergletscherung beschränkt. Sie erreicht in deren Hauptbahnen oberhalb der Zungenbecken die größte Mächtigkeit, in den übertieften Tälern des Inn von 300 m, der Isar und des Lech von über 200 m, und an der Flanke des übertieften Illtales im Gamperdonatale von gar 400 m. Dank diesen außerordentlichen Mächtigkeiten konnte sie sich aus dem Bereiche der Übertiefung heraus in die hängenden Seitentäler erstrecken; aber bemerkenswerter Weise reicht sie talaufwärts nirgends wesentlich über 1500 m empor. Alle inneren Gebirgstäler, wie sehr sie auch übertieft sein mögen, sind frei von Riß-Würm-interglazialer Verschüttung. Talab nimmt sie nach den Enden der Übertiefung hin rasch ab und hört hier vielfach auf. Aber manchmal reicht sie weiter. Dann ist sie schon oberhalb der Endmoränengürtel auf 20—30 m reduziert; in dieser Mächtigkeit vollzieht sich im Glattale der Übergang von spät-Riß-fluvioglazialen Schottern zu Riß-Würm-interglazialen und weiter unterhalb in früh-Würm-fluvioglaziale. Nicht hoch ist der inter-

glaziale Unterbau der Niederterrassen an Inn und Rhein unterhalb des Gletschergebietes.

Die Anordnung der fluvioglazialen Schotter weicht von der der interglazialen ab. Sie fehlen zwar im Gebiete der alten Gletscher nicht gänzlich; hier und da finden sich Reste aus frühglazialen und kleine Aufschüttungen aus spätglazialer Zeit. Das Hauptgebiet ihrer Entfaltung liegt am Saume der alten Gletscher. An den Flanken erscheinen sie als Staubildungen, an den Stirnseiten als riesige Kegelstumpfe. Typisch ist derjenige, welcher den Moränenkranz des Gardasees breit umgürtet. Wer hier die mächtigen Schotter gesehen hat, die der Mincio nicht durchschneiden konnte, wer ihr grobes Korn in Erinnerung hat, das nur an einen kurzen Transport durch rinnendes Wasser denken läßt, der wird die feste Überzeugung erhalten, daß in den Endmoränengürteln nur ein Teil des vom Gletscher herbeigebrachten Materials liegt, daß wahrscheinlich der größere als Schotter im weiteren Umkreis abgelagert worden ist. Den gleichen Eindruck wird derjenige bekommen, der die Schotter an der Peripherie des alten Isargletschers untersucht. Ihr Reichtum an zentralalpinen Geröllen macht klar ersichtlich, wieviel umgelagertes glaziales Material in ihnen enthalten ist. Wer endlich im langen Eisenbahnanschnitt bei Gars am Inn ins einzelne verfolgen konnte, wie Moränen und Schotterlager sich miteinander verzahnen, wird für erwiesen halten, daß den mächtigen Jungmoränen mächtige Schotter als andere Fazies einer gleichalterigen Ablagerung entsprechen.

Der Hauptsache nach an verschiedenen Stellen des Gebietes der alten Gletscher zur Entwicklung gekommen, schließen sich die interglazialen und

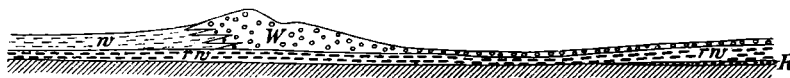
Fig. 8.



Typen glazialer Zungenbecken.

Typus I Ammersee. Die fluvioglazialen Würmschotter (*w*) fließen von den Würm-Endmoränen ab, welche ein Seebecken (*S*) umspannen und oberhalb desselben interglaziale Schotter (*rw*) überlagern, die auf Rißmoränen (*R*) aufsitzen.

Fig. 9.



Typus II Glattal. Fluvioglaziale Würmschotter (*w*) fließen von den Würm-Endmoränen (*W*) ab und sitzen gleich ihnen auf interglazialen Schottern (*rw*) auf, die ihrerseits Rißmoränen überlagern.

von den Endmoränen als Ablagerungen der Hauptglazialzeit abfließen. Hier haben wir den Bau der Moränengürtel, den ich seit 1894 als typisch angesehen habe¹; hier gilt die Regel (vgl. Fig. 8): In den Moränengebieten und den daran gelegten Schotterfeldern herrscht in den Interglazialzeiten Erosion, während in

die ihnen zeitlich folgenden fluvioglazialen Schotter in ihrer Verbreitung im großen und ganzen aus. Es gibt Stellen, wo sie scharf voneinander getrennt sind, wo die interglazialen sich auf das innere Gebiet der alten Vergletscherung beschränken, und die fluvioglazialen

¹ PENCK, BRÜCKNER, DU PASQUIER. Le système glaciaire des Alpes. Bull. Soc. Sciences natur. de Neuchâtel XXII. 1894.

den oberhalb befindlichen Zungenbecken sowie in den Gebieten der Übertiefung, möglicherweise auch abwärts der fluvioglazialen Aufschüttung zur Beseitigung des von ihr verursachten Gefällbruches interglaziale Akkumulation eintritt. So habe ich deren Auftreten 1904 (S. 669) gekennzeichnet. Aber diese Fundamentalregel hat ihre Ausnahmen. In einigen alten Gletschergebieten reicht die interglaziale Aufschüttung bis in das Bereich des jüngeren Endmoränengürtels hinein und setzt sich unter den von ihm abfließenden fluvioglazialen Schottern fort. Hier sitzt das ganze Zungengebiet auf interglazialen Schottern auf, und letztere setzen sich als Unterbau der Niederterrassen fort, Fig. 9 stellt diesen zweiten Fall dar. Solange die Niederterrasse überall als ein einheitliches Gebilde galt, mußte der von ihr aus sich in das Gletschergebiet hinein fortsetzende Unterbau als fluvioglazial angesehen werden — was er in manchen Fällen gewiß auch ist —, und da sich die im Gletschergebiet auftretenden Schotter gelegentlich durch ihre Verknüpfung mit Moränen als fluvioglazial erwiesen, so erwuchs 1882 die Vorstellung, daß dem Anwachsen der eiszeitlichen Gletscher allenthalben eine sehr bedeutende Aufschüttung fluvioglazialer Schotter voranging und daß deren Bildungszeit vornehmlich mit der des Heranwachsens der Gletscher zusammengefallen sei, daß sie im wesentlichen frühglazial seien. Nunmehr, wo die Schotter im Gletschergebiete der Hauptsache nach als interglaziale erkannt sind, liegt die Gefahr nahe, die unter den Endmoränen hervorquellenden Niederterrassenschotter größtenteils als interglazial anzusehen. Diesem Gedanken haben AEBERHARDT und AMPFERER¹ Ausdruck gegeben, und CHOLNOCKY² und HILBER³ haben Zweifel am Vorhandensein ausgedehnter fluvioglazialer Aufschüttungen ausgesprochen. Solche Zweifel entspringen theoretischen Meinungen über die Entstehung von Aufschotterungen überhaupt; sie erscheinen demjenigen nicht gerechtfertigt, der das Abfließen der Niederterrassenschotter von den Endmoränen kennt. Für ihn sind die Schotter der Niederterrassen ganz oder größeren Teils fluvioglazial. Dasselbe gilt von den Schottern der Hochterrassen, vom jüngeren und älteren Deckenschotter. Die Gliederungen des Eiszeitalters in vier verschiedene Vergletscherungen wird durch den Nachweis interglazialer Schotter nicht berührt, denn sie beruht nicht bloß auf der Sonderung verschieden alter Schotter, sondern auf dem Nachweise, daß jeder derselben sich mit Moränen verknüpft, also fluvioglazial ist. Zu den vier von uns unterschiedenen fluvioglazialen Schottern treten nun aber zwei neue interglazialen Alters hinzu, deren Verbreitung sich mit der von jenem im allgemeinen ausschließt, die aber ebensowohl im Bereiche der fluvioglazialen Schotter auftreten, wie diese im Gebiete ihres Vorherrschens. Die Schichtfolge wird nicht anders, sondern lediglich reicher. Wir stellen sie durch die Tabelle auf S. 245 dar.

Unsere Schichtfolge zeigt mehrfach Übergänge von interglazialen zu fluvioglazialen Schottern, die sich sonst räumlich trennen. Es fand eben im ge-

¹ Über einige Grundfragen der Glazialgeologie. Verhandl. K. K. geolog. Reichsanstalt. 1912. S. 237.

² Studienreisen in der Schweiz. Földrajzi Közlemenyek XXXVI H. 8—10. 1908.

³ Taltreppe. Graz 1912. S. 42.

Übersicht der Schotter und Terrassen zwischen Salzach und Aare.

Zeitabschnitte	Fossilienführende Ablagerungen	Gletschergebiet			Gletschersaum		
		Schotter	Terrassen		Schotter	Terrassen	
Würm-Eiszeit		Spätglaziale S. im Inn- und Loisachtale		T. des Isar- u. Inn- u. m. lakustrem Sockel	Hauptglazialer Niederterrassen-(Würm) S.	Niederterrasse in Oberschwaben, an Amper und Würm	Niederterrassen an Salzach und Inn, am Rhein unterhalb des Bodensees
		Frühglaziale S. im Inn- u. Isartale					
Riß-Würm-Interglazialzeit	Schieferkohlen von Hopfgarten, Au, Gr. Weil, Imberg, Wetzikon, Dürnten, Uznach, Mörswyl. Kalktuff v. Flurlingen.	Interglaziale S. im Isar- Inn-, Loisach-, Lech-, Iller-, Ill-, Glatt- u. Zürichsee-Tal, Lakustre S. u. Tone im Inn- u. Isartal, zwisch. Murnauer Moos u. Kochelsee, im Iller-, Glatt- u. Zürichsee-Tal	T. des Loisach-, Lech-, Iller-, Ill- und Zürichsee-Tales	T. des Glatttales	S. unter den Endmoränen des Salzachgletschers bei Laufen, des Inn- u. Glatttales u. unterhalb des Bodensees		
Riß-Eiszeit		Spätglaziale S. v. Seebach		Hochterrassen d. Nordschweiz an Aare u. Rhein oberhalb Waldshut, im Klettgau	Hauptglazialer Hochterrassenschotter	Hochterrassen des deutschen Alpenvorlandes	Hochterrassen am Rhein unterhalb des Möhliner Feldes
		Frühglaziale S. im Klettgau und bei Kaiserstuhl					
Mindel-Riß Interglazialzeit	Höttinger Breccie bei Innsbruck	Nagelfluh v. Egerdach, Deltas von Brannenburg u. Salzburg. Hochterrassenschotter der Nordschweiz					
Mindel-Eiszeit					Jüng. Deckenschotter d. nördl. Alpenvorlandes u. d. Nordschweiz	Jüngere Decke des nördl. Alpenvorlandes u. d. Nordschweiz	
Günz-Mindel-Interglazialz.							
Günz-Eiszeit					Älterer Deckenschotter d. nördl. Alpenvorlandes u. d. Nordschweiz	Ältere Decke des nördl. Alpenvorlandes u. d. Nordschweiz	

samten Eiszeitalter Schotterablagerung in den Alpen und in ihrem Umkreise statt. Sie rückte in den Eiszeiten aus dem Gebirge heraus und kehrte in den Interglazialzeiten in dasselbe zurück; es gab Stellen, wo die Ablagerungen von den Interglazialzeiten bis zum Maximum der nächsten Vergletscherung kontinuierlich geschahen, so daß interglaziale, frühglaziale und hauptglaziale Schotter übereinandergelagert wurden, während anderenorts interglaziale und glaziale Schotter in strenger Scheidung an verschiedenen Stellen zur Ablagerung gelangten. Diese Unterschiedlichkeit weist darauf, daß sich der Wechsel von Glazialzeiten und Interglazialzeiten sozusagen auf verschiedenen Bühnen abspielte und infolgedessen verschieden vollständige Schichtfolgen hinterließ. In den Senkungsgebieten müssen dieselben reichlicher erhalten sein als in Hebungsgebieten. Die Verschiedenheit im Aufbau der Endmoränengebiete im Umkreise der Alpen kann durch die Annahme verständlich werden, daß sich entweder die Gletscherenden auf stabilem oder langsam sich hebendem Boden ausbreiteten, dann gab es die normalen glazialen Serien, oder daß sie über senkenden Boden sich dehnten, dann erhielten sich unter den letzteren interglaziale Ablagerungen, und an die Anhäufung interglazialer Schotter schloß sich die fluvioglazialer unmittelbar an. Daß sich in der Tat die Ablagerung der interglazialen Schotter auf einer beweglichen Bühne abgespielt hat, ergibt sich aus folgender Betrachtung.

Der Zustand der Alpen zur Interglazialzeit bot uns tief verschüttete Täler. Setzen wir voraus, daß das Gebirge damals dieselbe Höhenlage besaß wie heute, dann lagen die aufgeschütteten Talböden hoch, und riesige Schuttkegel mußten sich von ihnen aus ins Vorland bauen. Wir erhalten dann ein Bild, ähnlich dem vieler Gebirge in den Trockengebieten der Erde. Aber unsere interglazialen Schotter sind nicht in Trockengebieten abgelagert worden. Nicht nur an ihrer Basis treffen wir die Schieferkohlen der Schweiz und von Groß Weil, nicht bloß lagern solche am Inn und bei Uznach in ihren unteren Partien, sondern sie treten auch bei Imberg und bei Hopfgarten in den oberen Horizonten auf. Allerdings sind wir über die Flora dieser letzten Vorkommnisse nur dürftig unterrichtet; darüber indes besteht kein Zweifel, daß sie Hochmoorbildungen sind. Solche aber schließen sich mit einem trockenen Klima aus. Unsere gesamte interglaziale Formation ist im humiden Klima entstanden. Wenn wir ihre Schotter verstehen wollen, dürfen wir nicht nach zentralasiatischen Gebirgen oder jenen des fernen Westens von Nordamerika, sondern müssen auf die Alpen selbst blicken.

Hier erfolgt heute an vielen Stellen des Gebirges eine Verschüttung der Täler. Sie wird durch verwilderte Flußstrecken angezeigt, wie wir einer solchen im Längstale der Isar selbst zwischen Wallgau und Fall in geradezu typischer Entwicklung begegnen, wie sie in den französischen Alpentälern und namentlich den östlichen der Südseite der Alpen häufig sind. Die Verwilderung geschieht überall unten in den übertieften Tälern und erstreckt sich lediglich in den Zungenbecken aus dem Gebirge heraus. Wo sie aber im Bereiche der furlanischen Ebene an der Cellina und Meduna außerhalb der alten Gletschergebiete erfolgt, da handelt es sich um riesige Schuttkegel am Fuße einer jugendlich gehobenen Partie. Es knüpft sich die heute vonstatten

gehende Aufschüttung in den Alpen allenthalben an Gefällsbrüche, sie hat morphologische und nicht klimatische Ursachen. Sie kann gar nicht zu einer ähnlichen Verschüttung des Gebirges führen, wie wir sie für die Riß-Würm-Interglazialzeit unter der Voraussetzung anzunehmen haben, daß während letzterer die Höhenlage des Gebirges die nämliche war wie heute.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn wir diese Voraussetzung fallen lassen. Sobald wir annehmen, daß die verschütteten Täler während der Interglazialzeit tiefer lagen als heute, dann entfällt die Notwendigkeit, an riesige Schuttkegel zu denken, die aus den hochgelegenen Alpentälern ins Vorland führten, und von denen wir keine Spuren nachweisen können. Allerdings könnten sie durch die nachfolgende Vergletscherung weggefegt worden sein. Aber warum sollen die Schuttkegel am Gebirgsfuß radikal entfernt worden sein, während die Talverschüttung nahe demselben stellenweise erhalten blieb? Diese Frage drängt sich angesichts der hochgelegenen Schotter nahe am Ausgange des Lech- und Illertales auf, wenn wir uns den Mangel interglazialer Schotter im benachbarten Alpenvorlande vergegenwärtigen; sie wird brennend, wenn wir das Fehlen interglazialer Schotter im Gebiete des Bodensees am Obersee und ihre mächtige Entwicklung an der Ill uns vor Augen halten. Wenn wir annehmen, daß die Alpen im Vergleich zu ihrem Vorlande während der letzten Interglazialzeit tiefer lagen als heute, wird uns sowohl die starke Verschüttung ihrer Täler als auch das Fehlen aller Spuren entsprechender interglazialer Schuttkegel im Vorlande verständlich.

Auch die Entstehung der lakustren Formation im Liegenden der fluviatilen könnten wir durch eine solche Annahme erklärlich machen. Allerdings wissen wir, daß glaziale Übertiefung ohne jede Nachhilfe durch Krustenbewegungen Seewannen zu bilden vermag. Aber es fällt uns auf, daß die Bildung der heutigen großen Alpenseen, wie sehr sie auch an das Gebiet der Übertiefung gebunden ist, dieselbe doch nicht allenthalben begleitet. Der Seenreichtum des Salzkammerguts und jener der Schweiz stehen in auffälligem Gegensatze zur Armut an entsprechenden Talseen in den Bayerischen und Französischen Alpen. Wir haben große und sehr tiefe Seen in den Insubrischen Alpen, aber nicht in den Tälern Piemonts, wir haben neben dem Etschtale den großen Gardasee, aber weiter östlich hat kein südliches Alpental mehr einen See. Wir können hiernach schließen, daß an den einen Stellen neben der Übertiefung andere Momente wirksam gewesen sind, welche die Seebildung hemmten oder förderten. Daß es tektonische Bewegungen waren, konnten wir für die interglazialen Seen erweisen: Eine Hebung des übertieften Talgebietes hat an Isar und Inn frühere Seen zum Verschwinden gebracht. Im Innental sind ferner subaerisch entstandene, im Bereiche der Übertiefung abgelagerte Bildungen, wie die Höttinger Breccie und der Höttinger Schutt, im interglazialen See ertrunken. Dieser kann hier nicht die Folge der Übertiefung sein, sondern verlangt außerdem die Annahme einer Einbiegung. Damit erhalten wir den Beweis für AMPFERERS Theorie, daß die interglaziale Formation infolge des Einsinkens eines Alpentales entstanden ist. Die Deformation der in ihr enthaltenen lakustren Ablagerungen hat uns bereits überzeugt, daß auf die Einsenkung eine Erhebung gefolgt ist. Wir haben es

daher im Gebiete unserer interglazialen Formation mit einer Art stehender Schwingung¹ zu tun, die im Isargebiete bereits in der Riß-Eiszeit begonnen hatte, dann während der lakustren Periode ihr Maximum nach unten erreichte, aber bereits vor Ende der Riß-Würm-Interglazialzeit ihr Maximum nach oben hatte; war doch schon vor Eintritt der Würmvergletscherung die gehobene Schotterformation im Isar- und Gamperdona-, wahrscheinlich auch im Innale wieder zerschnitten. Die Schwingung hatte nicht in allen Tälern das gleiche Ausmaß. In einigen kam es zur Seebildung, in andern nicht. In einigen Tälern scheint die stärkste Hebung nahe dem Gebirgsfuße geschehen zu sein, im Isar-, Inn- und Glattale aber nicht. Nicht der Gesamtkörper der Alpen ist ab und auf geschwungen, sondern seine einzelnen Teile sind in verschiedenem Umfang erst gesenkt und dann gehoben worden.

Die hier betrachteten Alpentteile haben zur Riß-Würm-Interglazialzeit ein sehr verschiedenes Bild geboten. Anfänglich dehnten sich im Isar- und Inngebiete große Talseen, so wie heute in den Schweizer Alpen, während wir in letzteren damals nur ein Stück Zürichsee sowie außerhalb des von uns näher betrachteten Gebietes den Thuner und Genfer See nachweisen können. Dann schwanden die Seen; ihre Täler wurden nunmehr von den Flüssen verschüttet; dies macht sich auch im Loisach-, Lech-, Iller- und Verzweigungen des Rheintales geltend. Diese Verschüttung hält der fortdauernden Einsenkung des Gebirges die Wage; die Täler liegen kaum höher als heute, sind aber breiter; es kommt nicht zur Entwicklung großer Schuttkegel vor dem Gebirge, die ebenso das Kennzeichen jung entstandener Gebirge wie solche trockener Gebiete sind. Dann erfolgt eine Hebung. Die Talböden werden steiler gestellt und zerschnitten. Schotterterrassen treten in Erscheinung, wie wir sie heute auch in den zur Würm-Eiszeit unvergletschert gewesenen Teilen der Ostalpen, im Drau- und Ennstale kennen.

Inwieweit die einzelnen Gebirgsgruppen die Schwingungen der Talgebiete mitmachten, läßt sich nur an einzelnen Stellen erkennen. Die Schwingung im Längstale des Inn hat sich offenbar nur unbedeutend in sein Quertal hinein fortgesetzt; wir können den interglazialen See in letzterem nicht nachweisen, und seine Schotterterrassen sind nicht hoch. Auch im Isargebiete ist die Schwingung im Quertale unterhalb Fall unbedeutend, aber gegen das Karwendelgebirge nimmt sie an Umfang bedeutend zu, und wir müssen annehmen, daß dieses in der lakustren Epoche bei Mittenwald 300 m weniger über dem Gebirgsfuße aufragte als heute. Falls nun die Zentralalpen nicht gleichfalls eingesunken waren, so mußten sie, da sie vom Gebirgsfuße durch eine weniger hohe Gebirgskette getrennt waren als heute, reichlicher benetzt gewesen sein, und es mußte die Schneegrenze in ihnen tiefer gelegen haben. Waren sie gleichzeitig höher als gegenwärtig, was aus dem Aussetzen der interglazialen Bildungen nach ihnen zu gefolgert werden könnte, so kann ihre Vergletscherung in der Riß-Würm-Interglazialzeit bei gleichem Klima eine viel ansehnlichere als jetzt gewesen sein. Denkbar wäre, daß damals zentral-

¹ An solche Schwingungen denkt AMPFERER auch in seiner kürzlich erschienenen Arbeit: Über die Bohrungen von Rum und bei Häring in Tirol und über quartäre Verbiegungen der Alpentäler. Jahrbuch d. geolog. Staatsanstalt Wien LXXI. 1921. S. 71.

alpine Gletscher im Gebiete des oberen Inntales bis dahin gereicht haben, wo wir die von AMPFERER (1915) beobachteten Wechsellagerungen zwischen Schottern und Moränen finden.

AMPFERER hat 1912 die Frage aufgeworfen, ob zwischen dem Rhythmus der Klimaschwankungen des Eiszeitalters und den Hebungen und Senkungen eine innigere Wechselbeziehung bestünde und die Zeiten der Hebung Glazialzeiten, die der Senkung Interglazialzeiten seien. Das Ausmaß der Schwingungen des Bodens ist aber erheblich kleiner als das der Schwankungen des Klimas. Die Bewegung der Schneegrenze von der Riß-Würm-Interglazialzeit zur Würm-Eiszeit ist mehr als 1200 m, die der Talhöhen im Isargebiete und Inngebiete beläuft sich auf 200—300 m. Diese Krustenbewegungen sind nicht hinreichend, um den Wechsel von Glazial- und Interglazialzeiten zu erklären. Eher könnten wir den Höhenwechsel als eine Art isostatischer Ausgleichbewegung ansehen: Die Last einer Vergletscherung drückte das Gebirge ein und letzteres stieg wieder an, als die Last von ihm genommen wurde. Aber daß sich die Schwingungen im wesentlichen während der Interglazialzeit abspielten, steht mit der Annahme isostatischer Bewegungen so lange nicht im Einklang, als wir sie als stehende Schwingungen auffassen und nicht an fortschreitende Wellen zu denken haben. Daß eine Beziehung zwischen den Schwingungen und den Ereignissen des Eiszeitalters besteht, geht daraus hervor, daß sie sich auf das Gebiet der Vergletscherungen beschränken und daß wir sie auch für die vorletzte Interglazialzeit erweisen können.

Die sogenannten Hochterrassenschotter an Aare und Rhein liegen in einem Gebiete, das vor ihrer Ablagerung von einer Vergletscherung nicht betroffen worden ist; sie erfüllen hier ziemlich enge Flußtäler. Ausgeschlossen ist daher, daß sie eine ältere glaziale Übertiefung wettmachen; der Wechsel von Erosion zur Aufschüttung muß hier notwendigerweise auf ein Rücksinken eines einst hochgelegenen Talsystems zurückgeführt werden. Und wenn dann die mächtig aufgeschütteten Schotter wieder zerschnitten worden sind, so muß auf das Rücksinken eine neuerliche Hebung gefolgt sein. Die ganze Schwingung spielte sich in der Mindel-Riß-Interglazialzeit ab: Während derselben wurden die Täler tief unter die Sohle des jüngeren Deckenschotter eingefurcht, die sogenannten Hochterrassenschotter abgelagert, und diese waren bei Eintritt der Rißvergletscherung schon wieder zerschnitten. Eine entsprechende Schwingung wird in der Nordschweiz durch das analoge Auftreten des interglazialen Unterbaues der Niederterrassen für die Riß-Würm-Interglazialzeit wahrscheinlich. Sie erfüllen Flußtäler, welche in die sogenannten Hochterrassenschotter eingefurcht sind und heute noch nicht wieder ihre frühere Tiefe erlangt haben. Auch hier weist der Wechsel von Erosion, Aufschüttung und Erosion auf ein zeitweiliges Einbiegen des taldurchfurchten Landes. Während aber das Mindel-Riß-interglaziale Rücksinken in der Aarelinie und im Klettgau besonders ansehnlich war, war das Riß-Würm-interglaziale etwa in der Linie von Eglisau zum Westende des Bodensees, also mehr alpenwärts, am stärksten.

Etwas ähnliches zeigt sich im Inngebiete. Lag während der Riß-Würm-Interglazialzeit ein großer See im Längstale des Inn, so lag ein solcher während

der vorhergehenden Interglazialzeit, wie das Delta von Brannenbourg anzeigt, am Alpenfuße. Entsprechend war es im Draugebiet: Hier dehnte sich während der Mindel-Riß-Interglazialzeit im Rosentale ein See von 18 km Länge und 150 m Tiefe bei einer Spiegelhöhe von 560 m; während in der Riß-Würm-Interglazialzeit die Schotter von Föderlach eine mehr alpenwärts gelegene Schwingung anzeigen (1908. S. 1107. 1108). Die älteren interglazialen Schwingungen sind allenthalben mehr gebirgsauswärts gerückt als die jüngeren, wie allenthalben die vorletzte Vergletscherung weiter reichte als die letzte. Aber man darf hieraus nicht darauf schließen, daß der Ort maximaler Schwingung der Ausdehnung der Vergletscherung folge; denn es gingen die Schwingungen den in Betracht kommenden Vergletscherungen voraus.

Daß die Schwingungen in den beiden letzten Interglazialzeiten nicht an denselben Stellen ihre größte Entfaltung hatten, zeigt sich im Isar- und im Inntal. Hier haben wir keine älteren Seitenstücke zur riesigen Terrasse der Riß-Würm-Interglazialzeit. Vielmehr reicht bei Mittenwald die Mindel-Riß-interglaziale Hochlandbreccie und bei Innsbruck die gleichalte Höttinger Breccie bis tief unter die Oberfläche der Riß-Würm-interglazialen Verschüttung herab. Es liegen ältere Gehängebildungen unter jüngeren Talsohlen, die Talverschüttung durch Isar und Inn kann in beiden Fällen während der vorletzten Interglazialzeit nicht so hoch wie in der letzten gereicht haben. Dafür, daß sie nicht ganz gefehlt hat, gibt es Anzeichen bei Innsbruck. Gegenüber den östlichsten Vorkommnissen der Höttinger Breccie findet sich in der Gegend vom Ampaß eine Nagelfluh, wie sie sonst in der Inntalerrasse nicht vorkommt. BLAAS¹ hat sie deswegen immer für älter als die sonst losen Terrassengebilde gehalten und sie mit der Höttinger Breccie in eine Linie gestellt; AMPFERER hat sie 1915 als Gegenstück zur letzteren gedeutet. Nicht im Grade der Verfestigung erblicken wir die Sonderstellung der Nagelfluh von Ampaß, sondern in ihrer Lagerung. Sie zeigt bis fast zum Inn herab flache Schichtung, sie kann also nicht entstanden sein zur letzten Interglazialzeit, während welcher sich in ihrer Höhe der See erstreckte, dessen Sedimente ihr gegenüber am Arzler Kalvarienberge 100 m mächtig vorliegen. Auf Grund dieser Tatsache möchten wir nunmehr die Schotter von Ampaß, im Gegensatz zu früheren Äußerungen (vgl. 1902, S. 331, 1920, S. 110), für älter als die Riß-Würm-interglaziale Inntalerrasse ansehen und erachten sie für den Überrest einer älteren Inntalerrasse, die wahrscheinlich den Sockel der Höttinger Breccie bildete und gleichzeitig mit ihr aufgeschüttet wurde, so daß hier zwischen etwa 650 und 700 m Höhe Breccie und Inngeröll nebeneinander zur Ablagerung kamen. Lakustre Bildungen der Mindel-Riß-Interglazialzeit kennen wir bei Innsbruck nicht mit Sicherheit; es müßte denn sein, daß sie in den Tonen und Sanden des Bohrloches von Rum vorliegen, über das AMPFERER kürzlich (1921) berichtet hat. Jedenfalls fehlen sie über Tage; horizontal ist die dicht über dem Inn gelegene Nagelfluh beim Peerhofe geschichtet. Das fällt angesichts der Tatsache auf, daß wir weiter unterhalb

¹ Über die Glacialformation im Inntal. Zeitschr. d. Ferdinandeum Innsbruck. 4. Folge. XXIX. 1885, S. 87. Erläuterungen zur geologischen Karte der diluvialen Ablagerungen in der Umgegend von Innsbruck. Jahrb. k. k. geolog. Reichsanstalt. XL. 1890. S. 21.

in etwa gleicher Höhe das interglaziale Delta von Brannenburg begegnen, das nach unserer Auffassung gleich alt ist. Trifft dies zu, so muß die Gegend von Innsbruck gegenüber dem Alpenvorlande als dauernd gesenkt gelten. Hiermit steht die außerordentliche Mächtigkeit (200 m) der Aufschüttungen in der Sohle des Inntales, welche das Bohrloch von Rum erschloß, in Einklang. Wir hätten es also neben den Schwingungen, bei welchen die einzelnen Teile der Alpen Oszillationen um eine Mittellage beschreiben, auch mit dauernden Höhenänderungen des Gebirges zu tun. Man könnte sich denken, daß dieselben aus den Schwingungen hervorgehen, die nicht vollständig durchlaufen werden. Sie können aber auch in anders gearteten Bewegungen wurzeln.

Ausgegeben am 17. August.
