

# Moderne Forschungen über den Salzachvorlandgletscher

Mit 1 Kartenskizze im Text

WALTER DEL-NEGRO, Salzburg

Diese Zeilen sollen nicht nur zu Ehren des Jubilars EGON LENDL geschrieben werden, dessen reges Interesse für die quartärgeologische Erforschung des Salzburger Raumes der Verfasser immer wieder feststellen konnte, sondern sie mögen auch dem Gedenken an den kürzlich verstorbenen, verdienstvollen Erforscher des österreichischen Anteiles des Salzachvorlandgletschers, Prof. h. c. LUDWIG WEINBERGER, gewidmet sein. Ein tragisches Geschick wollte es, daß das zu großen Teilen auf seinen Arbeiten fußende Büchlein „Der pleistozäne Salzachvorlandgletscher“ (München 1966) fast zur gleichen Zeit erschien, in der Weinberger nach langjähriger Krankheit viel zu früh verschied. Diese Krankheit war auch der Grund dafür, daß der auf Weinberger entfallende Anteil in der erwähnten Publikation nur in sehr gekürzter Form in Form von Erläuterungen erscheinen konnte, die auf Weinbergers bisherigen Veröffentlichungen beruhen (Verf. besorgte die Zusammenstellung und konnte sie Weinberger noch zur Billigung vorlegen). Viel ausführlicher ist die Darstellung des bayerischen Anteiles durch EDITH EBERS möglich gewesen. Als Ergänzung berichtete der Verfasser über das Stammbecken und seine Ausläufer.

Die jahrzehntelange koordinierte Aufnahmestätigkeit von E. EBERS und L. WEINBERGER fußte auf den älteren Bearbeitungen dieses Raumes. Es sei nur kurz an die erste — schon 1886 erschienene — Monographie von E. BRÜCKNER „Die Vergletscherung des Salzach-Gebietes“ erinnert, eine ausgezeichnete Arbeit, die als Keimzelle des von ihm und A. PENCK verfaßten Standardwerkes der alpinen Glaziologie „Die Alpen im Eiszeitalter“ angesehen werden kann. Sehr wichtige Vorarbeit leistete auch G. GÖTZINGER durch seine Kartierungen auf den Blättern Mattighofen und Tittmoning 1 : 75 000 und Salzburg 1 : 50 000.

## Die Altmoränen

Durch sorgfältige Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Endmoränen und Deckenschottern und durch konsequentes Durchverfolgen der Wallformen vermochte WEINBERGER die zeitliche Aufgliederung der Altmoränen durchzuführen. Das wichtigste Ergebnis, das dabei herauskam, war die Entdeckung einer zweifelsfreien Günzmoräne im nördlichen Teil des Siedelberges bei Mattighofen, die mit Älteren Deckenschottern verzahnt ist.

Von ihr klar getrennt ist die breite Zone der mit den tiefer liegenden Jüngeren Deckenschottern verzahnten Mindelendmoränen, die in einheitlichem Bogen vom Sperledter Rücken zum Adenberg ziehen. Nach einer breiten, erosionsbedingten Lücke setzen sie sich im bayerischen Bereich im Hechen- und Eschelsberg, weiters in einem langgestreckten Rücken südlich der Alz, jenseits des Alzdurchbruches über Engelsberg und südlich davon, schließlich nach neuer-

licher Lücke bis in die Gegend von Peterskirchen und Emertsham fort, wo sie mit den Mindelmoränen des Inngletschers verschmelzen.

Südlich des Sperledter Rückens verschwinden die Mindelendmoränen unter Würmendemoränen, um erst am Tannberg wieder sichtbar zu werden. Im Zuge des Krenwaldes gehen sie ohne Unterbrechung nach Osten in die Mindelmoränen des Traungletschers über.

Im ganzen gesehen war der Mindel-Salzachgletscher der mächtigste Eiskörper des Gebietes, auch mächtiger als der Günzletscher, obwohl die Günzmoräne des Siedelberges noch außerhalb des Mindelbogens liegt; dieses Vorkommen ist isoliert und nach WEINBERGER damit zu erklären, daß das älteste Salzachtal in der Furche Oichten—Enknach verlief und daß daher auch der Günzletscher in dieser Richtung besonders weit vorstieß, während er weiter westlich hinter dem Mindelgletscher zurückblieb (nach E. EBERS sind die Jüngeren Deckenschotter im bayerischen Anteil stark vom Untergrund bestimmt, woraus sie den Schluß zieht, daß im nördlichen Teil ihres Gebietes pleistozäne Sedimente noch nicht vorhanden waren, als die Mindelschotter abgelagert wurden).

Schwächtiger als der Mindelgletscher war auch der Reißgletscher. Seine mit Hochterrasse verknüpften Endmoränen tauchen bei Gundertshausen unter den Würmmoränen auf und gabeln sich kurz danach; der äußere Wall zieht über Gilgenberg und nach Unterbrechung gegen die Salzach südlich Ach, in Bayern über Marienberg nach Kirchweidach (wo früher schöne Stauchmoräne zu sehen war), dann in den Raum zwischen Altenmarkt und Palling.

Der innere Reißwall verläuft über Hochburg, verschwindet dann wieder unter Würmmoränen, taucht aber nordöstlich Schnitzing neuerdings auf und läßt sich über Tyrlaching—Freutsmoos in den langgestreckten, N-S-verlaufenden Rücken westlich Palling und bis westlich Kammer verfolgen.

Wie im östlichen Abschnitt die Mindelmoränen unter Würmmoränen wieder hervorkommen, so auch die Reißmoränen. Der äußere Reißwall verläuft von Straßwalchen ostwärts und geht in den des Irrseegletschers (Traungletscherbereich) über; erst der innere Reißwall biegt bei Steindorf nach Süden um; der Salzachgletscher hat also jetzt die Verbindung mit dem Traungletscher verloren.

### Die Jungmoränen

Hier ging es vor allem um die Altersfrage der Moränengürtel und um das Problem der überfahrenen Moränen. EBERS fand diese im Raum nördlich Waging bis Kay; bei Oberstefling gelang ihr auch der stratigraphische Nachweis der Übereinanderlagung verschieden alter Würmmoränen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten WEINBERGER (überschliffene Formen der inneren Würmendemoränen, Übereinanderlagerung in einem Aufschluß bei Moosdorf) und DEL-NEGRO (Aufschluß bei Oberschönberg nahe Henndorf).

Wichtig ist das Auseinanderhalten der überfahrenen Würmmoränen von den Moränen der Olkofener oder, wie sie EBERS im Salzachgebiet nennt, Lanzinger Phase, die den beginnenden Eiszerfall ankündigt. In Bayern ist die Trennung leicht durchzuführen (die überfahrenen Moränen liegen hier durchwegs proximaler), in Österreich dagegen sind Lanzinger und überfahrene Moränen gelegentlich superponiert (so bei Oberschönberg) oder es fehlen Lanzinger Wälle (so nördlich des Wallersees).

Was die Deutung der überfahrenen Moränen betrifft, so glaubten EBERS und WEINBERGER — denen sich Verf. zunächst anschloß —, sie im Zusammen-

hang mit der ursprünglichen Einstufung der Laufener Schotter als interstadial durch PENCK erklären zu können: in einem Frühwürmstadium sei der Gletscher bis zu den überfahrenen Moränen vorgestoßen, hätte sich aber dann in einem Interstadial weit zurückgezogen — in dieser Zeit seien die Laufener Schotter abgelagert worden — um im Hochglazial erneut vorzustoßen und die Moränen der Kirchseener Phase, von EBERS im Salzachraum Nunreuter Phase genannt (mit einer der Ayinger Phase entsprechenden, lokal über die Endmoränen der Nunreuter Phase hinausreichenden Vorphase bei Unterweißenkirchen), abzulagern. Ihnen folgten zeitlich die weiter gletschereinwärts gelegenen Moränen der Ebersberger Phase (nach EBERS Radegunder Phase) und später die der Ölkofener = Lanzinger Phase.

EBERS sah in den Verhältnissen des Inngletscherraumes die Bestätigung dieser Deutung. In dem großartigen Aufschluß von Hörmating fand sie innerhalb des Komplexes der Laufener Schotter einen gut ausgeprägten Boden, dessen C<sub>14</sub>-Bestimmung in ein frühes Würm-Interstadial wies.

Andrerseits verwies sie selbst auf die pollenanalytischen Befunde von H. REICH im Gebiet im Großweil (1953), die eine kontinuierliche Vegetationsbedeckung des alpennahen Raumes vom Riß-Würm-Interglazial bis ins Würm-Frühglazial hinein beweisen. Dadurch wird es auch für den Salzachraum unwahrscheinlich, daß ein Frühwürmgletscher schon beinahe ebenso weit wie der Hauptwürmgletscher vorgestoßen wäre. Analog den Verhältnissen im nord-europäischen Vereisungsgebiet (WOLDSTEDT) dürften die ersten Kaltzeiten von Würm trotz niedriger Temperatur infolge ihrer Kürze nicht ausgereicht haben, um den erst im Aufbau befindlichen Alpengletschern den Vorstoß bis ins Vorland zu ermöglichen.

Die überfahrenen Moränen dürften daher nicht ins Frühwürm, sondern in eine frühe Phase des Hauptwürm gehören. Zur Frage der Laufener Schotter soll weiter unter Stellung genommen werden.

Die kaltzeitlichen Schotter und die Periglazialerscheinungen:

WEINBERGER versuchte eine Umdeutung der von GRAUL als noch pliozäne, umgelagerte Hausruckschotter angesehenen Eichwaldschotter als altpleistozän (etwa entsprechend der Donauzeit). Als Gründe führte er Kryoturba-tionen, Eiskeile, eckige Sandschollen und Steinversetzungen an. Dazu kommt, daß die vom Eichwald bis zum Geinberg östlich Altheim verfolgbaren Eichwaldschotter parallel den sicher pleistozänen Schotterfluren verlaufen.

Das nächsttiefere Stockwerk sind die Älteren Deckenschotter, die wie erwähnt aus der Günzmoräne des Siedelberges hervorgehen. Schon G. GÖTZINGER hatte sie von den Jüngeren Deckenschottern, von denen sie durch einen Höhengsprung sowohl der Oberkante als auch des Tertiärsockels geschieden sind, abgetrennt. Sie sind auf das Gebiet beiderseits des Mattigtales beschränkt.

Ausgedehnter ist die Verbreitung der Jüngeren Deckenschotter, die aus den weithin durchziehenden Mindelmoränen hervorgehen. In Bayern greifen sie unter diesen noch weit ins Innere des Zungenbeckens hinein durch, wie man beiderseits des Alztales feststellen kann (bis Stein); offensichtlich handelt es sich dabei um Vorstoß-Schotter. Infolge Terrassenkreuzung sind sie östlich der Alz z. T. von Hochterrassenschottern bedeckt; die Abtrennung wird durch den von EBERS entdeckten „Fetzenhorizont“ mit Schollen und Fetzen eines Mindel-Riß-interglazialen Bodens erleichtert.

Vielleicht ist auch WEINBERGERS „Alte Platte“ im Gebiet von Haigermoos und südöstlich davon als Mindelvorstoßschotter aufzufassen, falls es sich nicht um eine interglaziale Bildung handelt.

Die Hochterrasse zerfällt lokal — entsprechend der Trennung in zwei Endmoränenzüge — in zwei Teilfelder, die sich aber nach außen bald zu einem geschlossenen Feld vereinigen. Innerhalb des Mindelendmoränenbogens bildet sie besonders in Bayern sehr ausgedehnte, deckenartig erscheinende Felder, die sich — durch Durchbruchstäler verbunden — außerhalb der Mindelendmoränen fortsetzen. In Österreich, wo sie im Raum nördlich Gundertshausen von Mindelgrundmoränen überragt wird, ist sie innerhalb der Mindelendmoränen nur teilweise breiter entwickelt. Sehr viel ausgedehnter zeigt sie sich außerhalb dieser, so beiderseits des Unteren Weilhartforstes und jenseits des Durchbruches durch die Mindelmoränen bei Handenberg, wo sich ein breiter Hochterrassenschwemmkegel gebildet hat.

Örtlich ist die Hochterrasse infolge Terrassenkreuzung von Niederterrasse bedeckt, so bei Palling (Aufschluß nicht mehr sichtbar).

Die Niederterrasse läßt sich nirgends bis zu den überfahrenen Würmmoränen zurückverfolgen, wohl aber bis zu den Moränen der Radegunder Phase. Die von diesen ausgehende Niederterrasse ist zunächst in die der Nunreuter Phase eingeschnitten, beide vereinigen sich aber bald. In vielen Fällen ist die Niederterrasse an schmale Schmelzwassertäler gebunden (z. B. Schnitzinger Tal, Brunntal usw.), um erst nach Durchbrechung der Altmoränen größere Entfaltung zu gewinnen. In anderen Fällen kommt es gleich zur Ausbildung ausgedehnter Niederterrassenfelder, so im Weilhartforst; offenbar lag hier in der Würmeiszeit der Hauptabfluß, der nach WEINBERGER aus subglazialen Rinnenseen gespeist wurde (Fucking—Filzmoos, Haigermoos—Holzöstersee, Höllerersee—Franking).

Längs der Salzach kam es im Spätglazial zur Aufgliederung der Niederterrasse in mehrere Teilfelder.

Die verschiedenzeitlichen Schotterfluren sind nicht nur durch ihre Höhenlage charakterisiert, sondern auch durch morphologische und stratigraphische Kennzeichen. Je älter die Schotter, desto verwaschener sind ihre Formen. Dellenbildung und Zertalung haben die ursprüngliche Oberfläche zerstört. Die Hochterrasse besitzt noch größere Reste dieser Ebenheit, ist aber doch schon stark durch autochthone und allochthone Talbildung gegliedert. Die allochthonen Täler haben Kastenform, die autochthonen oben Muldenform, in der Mitte sind sie asymmetrische Schleppentäler, im Unterlauf Kastentäler. Je älter die Schotter sind, desto stärker ist ihr Verfestigungsgrad. Die Deckenschotter haben ausgesprochenen Nagelfluhcharakter mit Orgelbildung. Sie haben auch die mächtigste Verwitterungsdecke. Auch ihre interne Verwitterung ist besonders kräftig. Auch die Hochterrasse ist meist noch deutlich verfestigt, die Niederterrasse nur lokal; die Bodenbildung ist hier am wenigsten tiefgründig.

Decken- und Hochterrassenschotter tragen z. T. sehr mächtige Löß- bzw. Lößlehmdecken, während die Niederterrasse lößfrei ist. Schöne Lößprofile konnten östlich des Mattigtals auf der Hochterrasse bei St. Georgen und auf dem Jüngeren Deckenschotter nördlich Mauerkirchen studiert werden. WEINBERGER glaubte aus ihnen zunächst eine Dreigliederung der Würmeiszeit ablesen zu können, schloß sich aber dann der Deutung FINKS an, der hier nur Anzeichen für das Paudorfer Interstadial und — bei Mauerkirchen — für das Riß-Würm-Interglazial erkennen konnte.

### Interglaziale Ablagerungen

Bei der Hauptmasse der sogenannten interglazialen Ablagerungen handelt es sich eigentlich um Ablagerungen des jeweiligen Spätglazials. So wie im Würm-Spätglazial waren auch in den Rückzugszeiten der früheren Großvereisungen große Zungenbeckenseen vorhanden, in denen Bändertone und Deltaschotter zur Ablagerung gelangten.

Sehr ausgedehnt ist die Verbreitung der Deltaschotter z. T. mit zugehörigen Deckschottern. PENCK hat sie bekanntlich zwei Seen, einem Mindel-Riß-See und einem Riß-Würm-See, zugeteilt („Salzburger“ und „Gollinger Delta“). Als Hauptunterscheidungsmerkmal diene ihm die verschiedene Höhenlage, die eine gewisse Korrelation zur Höhe der Mindel- bzw. Rißendmoränen zeigt. Dem Salzburger Delta wies er Mönchs-, Rain- und Hellbrunner Berg zu; außerdem brachte er die horizontal geschichtete Nagelfluh des höheren Adneter Riedels damit in Zusammenhang. In Bayern dürften die Nagelfluh oberhalb Reichenhall und die von Anger hierher gehören. Dem Gollinger Delta sind vor allem der Georgenberg und das schöne Delta von Torren (mit Deckschottern), ferner Delta- und horizontale Schotter am Gollinger Schwarzenbach sowie das kleine Delta bei Vigaun (mit Deckschottern) zuzuweisen. Ausgedehnte horizontale Schotterablagerungen schließen sich an, so im unteren Teil des Adneter Riedels, bei Puch (Urstein) und in weiter Erstreckung im Niveau der Salzach. Nach STUMMER sind hierher noch zu stellen: horizontale Schotter bei Oberscheffau, Deltaschotter nahe der Lamtermündung, horizontale Schotter bei Tax (unweit Golling), am Walserberg, in Wals und bei Nonn gegenüber Reichenhall. Auch die Deltaschotter von Neulind-Tiefenthal-Straß und ein Vorkommen südlich des Abtsdorfersees dürften Riß-Würm-Bildungen sein.

Bei den horizontal geschichteten Schottern handelt es sich wohl nicht immer um Deckschotter eines Deltas, sondern um Flußschotter, die nach dem Ablauen des jeweiligen spätglazialen Sees deponiert wurden.

PENCK gab für die Altersverschiedenheit der beiden Komplexe neben der verschiedenen Höhenlage noch andere Kriterien an und zwar verschiedenen Verfestigungsgrad, verschiedenen Verwitterungsgrad, verschiedene Zusammensetzung. PIPPAN hat mit Recht darauf hingewiesen, daß diesen Kriterien für sich genommen nur geringe Beweiskraft zukommt. Der Verfestigungsgrad und der Grad der löcherigen Verwitterung variieren innerhalb gleichaltriger Bildungen, die Zusammensetzung hängt vom jeweiligen Zubringer ab und auch die Höhenlage ist kein absolut zuverlässiges Kriterium. Trotzdem ist wohl an der Notwendigkeit, die Vorkommen verschiedenen Interglazialen zuzuweisen, nicht zu zweifeln. Einen klaren stratigraphischen Beweis liefert der Aufschluß an der Salzach bei Tax südlich Golling, wo zwei Nagelfluhen durch eine zwischengelagerte, teilweise verfestigte Moräne geschieden werden. Dazu kommt, daß die horizontalen Schotter im Salzachbett zwischen Urstein und Hellbrunner Brücke unmöglich gleich alt, wie die bis 530 m aufragenden Deltaschotter des Hellbrunner Hügels, sein können. Berechtigte Meinungsverschiedenheiten kann es nur über die Zuweisung im einzelnen geben. Der Streit konzentrierte sich besonders auf den Adneter Riedel, an dem PENCK zwei verschiedene Nagelfluhen unterschieden hatte — eine Ansicht, die von STUMMER, SEEFELDNER, M. SCHLAGER und dem Verfasser geteilt wurde — während PIPPAN auf Grund der Tatsache, daß die tiefere Nagelfluh am Westhang höher hinaufreicht, als PENCK gesehen hatte, eine Teilung ablehnte. Die Verhältnisse am Osthang sprechen aber eher für die Pencksche Zweigliederung.

Am schwierigsten ist die zeitliche Zuordnung der Seitentalbildungen. STUMMER glaubte die unter dem Wiener Fall (Tennengebirge) sowie die in der Glasenbachklamm ins Günz-Mindel-Interglazial stellen zu dürfen, eine Ansicht, die aber nicht zu halten ist. Es handelt sich um Talverbauungen unbestimmten Alters. Unsicheren Alters ist auch die hochgelegene Nagelfluh des Holzacks nördlich des Untersberges, die einen sehr hohen Kristallingehalt aufweist.

Bändertone sind nur an wenigen Stellen erhalten geblieben. So erschloß ein Luftschutzztollen in Mülln über Flysch und Grundmoräne Bänderton, der über sandige Lagen in die Gerölle der Mönchsberg-nagelfluh übergeht. Ein vorübergehend vorhandener Aufschluß in der Augustinergasse am Nordende des Mönchsberges wies ebenfalls Bänderton auf, der z. T. gleichaltrig mit dem im Stollen sein dürfte, d. h. in den Beginn des Mindel-Riß-Interglazials zu stellen wäre. Vielleicht sind auch pflanzenführende Tone hierher zu rechnen, die an der Basis der höheren Nagelfluh des Adneter Riedels bei Mayerhof festgestellt werden konnten. Aus klimatischen Gründen dürften sie allerdings schon einem etwas späteren, wärmeren Abschnitt des Interglazials zuzuweisen sein, wie die von W. KLAUS durchgeführte Pollenanalyse anzeigt (Pinus, Larix, Picea, Selaginella). Sie sind in horizontal geschichtete Schotter eingelagert. Ebenfalls in horizontal geschichtete Schotter, die aber dem Riß-Würm-Interglazial zugehören, eingelagert sind pflanzenführende Tone an der K. 513, die von der unteren Taugl umflossen wird. Ihre genauere pollenanalytische Untersuchung steht noch aus. In diesem Bereich sind auch im Liegenden des Schotterkomplexes Seetone vorhanden.

Eine besondere wichtige Interglazialbildung fand EBERS bei Zeifen im Achantal südlich Kirchanschöring. Über einem kleinen Delta folgt eine, infolge Ansteigens des Seespiegels abgelagerte Kalkgyttja, die außer makroskopischen Pflanzenresten, Käfern und Mollusken ein typisch Eemzeitliches Pollenprofil (Bestimmung H. GROSS) mit einem Klimaoptimum, das Eichenmischwald ermöglichte, geliefert hat. Die hangende Carpinus-Abies-Zone entspricht dem Spätstadium des Riß-Würm-Interglazials. Die allerletzte Phase dieses Interglazials scheint infolge Erosion nicht mehr vertreten zu sein. Darüber folgt dann eine Seekreide mit verarmtem Pollenprofil (einige schlecht erhaltene Coniferen-, Betula- und Alnuspollen), sowie Mollusken und Ostracoden. Sie gehört nach EBERS vermutlich schon ins Frühwürm, in die Zeit der in den Alpen bereits heranwachsenden Vergletscherung. Im Hangenden dieser Seekreide folgen Laufener Schotter.

#### Die Laufener Schotter

PENCK hielt sie zuerst für interstadial, später für interglazial, EBERS, WEINBERGER und der Verfasser wieder für interstadial. Die  $C_{14}$ -Bestimmungen eines Bodens, der gleichartigen Schottern des Innraumes bei Hörmating eingelagert ist, schienen EBERS eine Bestätigung des Interstadialalters zu bieten. Interglaziales Alter ist auch durch die eben erwähnten Verhältnisse bei Zeifen eindeutig ausgeschlossen.

Es ergibt sich aber doch die Frage, ob deshalb der gesamte, recht mächtige Laufener Schotterkomplex als interstadial angesehen werden muß. Wie schon früher erwähnt, ist der Hauptgrund, der zu dieser Annahme geführt hatte — nämlich die Auffassung der überfahrenen Moränen als Hinweis auf einen ersten großen Eisvorstoß, dem ein Rückzug ins Gebirge hinein folgte — durch die pollenanalytischen Resultate von H. REICH (Großweil) als unwahr-

scheinlich erwiesen worden. Die Gletscher stießen wenigstens in den Ostalpen während des Frühwürm nicht aus dem Gebirge vor, da die ersten kaltzeitlichen Stadien wegen ihrer Kürze nicht zum Aufbau so gewaltiger Eiskörper ausreichten. Wenn sie aber damals bis nahe an den Rand des Vorlandes vorstießen, so ist anzunehmen, daß sich an sie große Sander anschlossen, die ins Vorland hineingeschüttet wurden. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die basalen Teile der Laufener Schotter als Schmelzwasserabsatz der Frühwürmstadiale interpretiert. In einem der frühen Interstadiale (Brørup oder später?) dürfte dann der C<sub>14</sub>-datierte Boden von Hörmating (45 300 bzw. > 53 000 v. h.) entstanden sein, der in einem mittleren Niveau der Laufener Schotter des Inn-gletschers liegt. Die Hangendschotter gehören dann der Zeit neuerlicher Klimaverschlechterung an; das Paudorfer Interstadial scheint in Hörmating wieder durch Spuren eines Bodens vertreten zu sein. Der höchste Teil der Laufener Schotter ist auf alle Fälle als Vorstoßschotter des Würmhochglazials zu deuten; in vielen Profilen geht er nach oben ohne scharfe Grenze in die Würm-Grundmoräne über. Die seinerzeitigen Funde von Mammutmolaren stammen aus diesen Hangendteilen der Laufener Schotter.

Es ist anzunehmen, daß die Laufener Schotter unter den Würmendmoränen hindurch mit der Niederterrasse zusammenhängen. FINK hat auf dem Inquakongreß 1961 die Meinung geäußert, daß ein sehr erheblicher Teil der Niederterrassenschotter der Vorstoßzeit angehört.

Aufgeschlossen sind die Laufener Schotter vor allem im Salzachdurchbruch unterhalb Laufen und von da südwärts bis in die Gegend von Surheim; sie bilden aber auch die Basis vieler Drumlins. Auch die Schotter zwischen Kasern und Söllheim dürften Laufener Schotter sein; sie sind mit Seetonen verknüpft, die auch Baumpollen lieferten (Pinus, Picea, Betula usw., Bestimmung E. SITTE-LÜRZER). Die Pollen sind allerdings spärlich und schlecht erhalten, weshalb SITTE-LÜRZER ihre Deutung als Sekundärpollen für möglich hielt. Aber auch eine Zuordnung in ein Interstadial ist nicht völlig ausgeschlossen (briefliche Mitteilung an den Verfasser), wobei wegen der Lage in einem höheren Teil des Schotterkomplexes an Paudorf gedacht werden könnte.

### Die Grundmoränenlandschaft

Der Salzachgletscher weist mit geradezu klassischer Prägung das System der radial angelegten Zweigbecken auf. Ihre Entstehung dürfte auf die Zusammenarbeit fluviatiler und glazialer Erosion zurückzuführen sein: nach einer frühen Eiszeit entstanden zentripetale Täler, die in den folgenden Eiszeiten den Zweigletschern den Weg vorzeichneten.

Zwischen den Zweigbecken ragen besonders auf der österreichischen Seite vielfach Anteile des Untergrundes auf, der teilweise auch von den zentripetalen Abflüssen der Zweigbecken (z. B. Fischach, Alterbach) angeschnitten wurde. Die Sur tat dasselbe in einem Quertal zwischen dem Teisendorfer und dem Waginger Zweigbecken, das in der Zeit des Ammerseestadiums entstand, als der Gletscher östlich Teisendorf der Sur den Weg verlegte. Auch sonst tritt zwischen Teisendorf und Waginger Zweigbecken in den Talfurchen vielfach der Untergrund zutage, was mit seiner Hochlage in dem von der Glazialerosion weniger beanspruchten Zwischengebiet zusammenhängt. Auch ältere, vermutlich rißzeitliche Ablagerungen sind unter den Würmgrundmoränen vielfach anzutreffen, so besonders im Gebiet zwischen Trumerseen und Wallersee.

Die Grundmoränendecke, die den größten Teil des äußeren Zungenbeckens

einnimmt, hat nach EBERS stark wechselnde Mächtigkeit; manchmal ist sie sehr dünn, an anderen Stellen 6—8 und mehr Meter mächtig. Die Stromlinienformung der Grundmoränenlandschaft hat EBERS schon ausführlich beschrieben; im Salzachraum ist das schönste Drumlinfeld an der Nordostseite des Waginger Zweigbeckens entwickelt. EBERS erwähnt hier etwa 150 Drumlins. Im österreichischen Anteil sind besonders beiderseits des Wallersees Anhäufungen zahlreicher Drumlins vorhanden.

Die Formen der Drumlins sind durch strömendes Eis geschaffen worden. An ihrem Aufbau beteiligten sich außer Grundmoräne die in ihrem Liegenden abgelagerten Laufener Schotter.

Die Trennung zwischen den Zweigbecken wird in zwei Fällen durch langgestreckte Mittelmoränen angedeutet. Die Mittelmoräne zwischen Oichtental und Trumerseebcken, die dem nördlichen Haunsberggrücken folgt, hat eine Länge von über 10 km. An der Naht zwischen Unzinger und Guggenthaler Zweigbecken zieht sich eine etwa 4 km lange, vom Plainfelder Bach durchbrochene Moräne hin. Sie wird auf beiden Seiten von Ufermoränen der nachsinkenden Gletscherarme aus der Zeit des beginnenden Rückzuges begleitet.

#### Das Stammbecken

Bezüglich der Entstehung des Stammbeckens stehen sich die alten Theorien der tektonischen Absenkung und der glazialen Eintiefung gegenüber. Die Wahrheit dürfte in der Mitte liegen. Es ist längst allgemein anerkannt, daß eine tektonische Anlage als primäre Ursache anzunehmen ist, allerdings weniger in der Form eines Einbruchsbeckens als vielmehr — worauf schon MACHATSCHEK hinwies — in der Form einer Quereinwalmung, die an der Höhenlage der tirolischen Überschiebungsfläche abgelesen werden kann (1100 m nördlich des Staufens, 500 m an seinem Ostfuß, 170 m in einer Tiefbohrung beim Kuglhof westlich Salzburg, 460 m am Nordfuß des Kapuzinerberges, 800 m am Nordfuß des Nocksteins). Diese Einwalmung führte zur Anhäufung leicht ausräumbarer, kretazischer und alttertiärer Schichten in der Beckenmitte. Die Ausräumung wurde größtenteils fluviatil besorgt, die glaziale Ausräumung war aber ebenfalls beteiligt. Strittig ist nur ihr Ausmaß. Die jüngsten Tiefbohrungen westlich von Salzburg machen es wahrscheinlich, daß zum mindesten in Erosionsgassen (GÖTZINGER, PIPPAN), die im Stromstrich des Gletschers lagen, erhebliche Beträge der glazialen Tieferlegung erreicht wurden, denn in der Kuglhofbohrung wurde der von der Moräne bedeckte Felsgrund erst bei 170 m Seehöhe (260,90 m Tiefe) erreicht, während er ganz nahe östlich dieser Bohrung in 75 m Tiefe liegt. Es kann sich hier nicht um ein altes Flußtal handeln, da dies die Annahme beträchtlicher Verbiegungen erforderlich machen würde, für die im Salzburger Becken alle Anzeichen fehlen. Sowohl die Übereinstimmung der Spiegelhöhe des Mindel-Riß-Interglazialen Sees mit der Höhe der Mindelendmoräne am Adenberg als auch das Durchziehen der jungtertiären Talniveaus nicht nur am Beckenrand, sondern auch im Beckeninneren (Kapuzinerberg), schließt Verbiegungen größeren Ausmaßes aus.

Den tief eingeschrüften Erosionsgassen stehen zahlreiche Aufragungen des Untergrundes über die heutige Beckenebene gegenüber, sodaß sich im ganzen ein außerordentlich unruhiges Relief des Beckenuntergrundes ergibt, wie dies für glazial überarbeitete Regionen charakteristisch ist. Diese Aufragungen bestehen z. T. aus Triasgesteinen (Kapuzinerberg, Bürglstein, Festungsberg, kleine Kuppe südlich des Mönchsberges), ferner aus Neokom

(Hügel bei St. Leonhard und Niederalm), Gosaugesteinen (Hügel bei Elsbethen, Hellbrunn, Morzger und Glanegger Hügel, Basis des Hellbrunner und Rainberges), Eozän (Hügel von Gois) und Flysch (Mülln, Lieferung, Muntigl). Dazu kommen die aus dem Becken aufragenden interglazialen Nagelfluhbildungen.

### Die spätglaziale Entwicklung

Der Eistrückzug begann mit dem Übergang auf die Randlage der Ölkofen-Lanzinger Phase. Diese bringt insofern einen markanten Umschwung, als von ihren Moränen aus im allgemeinen kein zentrifugaler Abfluß mehr die Endmoränen der vorangegangenen Phasen durchbrach. In Bayern bildete sich damals ein peripheres Tal, das Ollerdingen Eisrandtal (EBERS), das sich bei Tittmoning zu einem mächtigen Deltaschotterfeld verbreiterte. Hier mündeten also die Schmelzwässer dieses Tales in einen Eisrandsee mit der Spiegelhöhe 462 m. In Österreich dürften die subglazialen Rinnen damals noch aktiv gewesen sein, denn sie durchbrechen auch die Lanzinger Endmoränen; hier war also noch ein zentrifugaler Ausfluß vorhanden. Im übrigen zeigen besonders bei Geretsberg und Eggelsberg die Lanzinger Moränen durch ihre Girlandenform den beginnenden Eiszerfall an. Weitere Anzeichen desselben sind Randterrassen und Kamesfelder (letztere besonders schön nördlich des Ibmer-Sees) sowie Oser (Ibmer Moos, Gebiet östlich Henndorf usw.).

In dieser Zeit dürfte auch die allmähliche Umstellung der Hauptentwässerung von der Gegend des Weilhartforstes — wo immerhin die subglazialen Rinnen noch aktiv blieben — in die Gegend des heutigen Salzachdurchbruches nördlich Tittmoning erfolgt sein. Es ist schwierig, die verschiedenen Teilschotterfelder an der Salzach von der Durchbruchsstrecke nordwärts zeitlich genau einzuordnen. EBERS vermutet, daß die höchste dieser Stufen (in der Karte GÖTZINGERS Stufe a, bis über Burghausen hinausreichend) schon zur Zeit der Ebersberg-Radegunder Phase gebildet wurde. Das widerspricht aber der früher erwähnten Erfahrung, daß die Niederterrassenfelder der beiden nördlichsten Endmoränenzüge sehr bald zu einem geschlossenen Feld verschmelzen. Wohl aber darf mit der Wahrscheinlichkeit gerechnet werden, daß der Tittmoninger Eisrandsee seinen Auslauf bereits in der Gegend des heutigen Durchbruchstaes hatte und daß dem eine Stufe weiter nördlich entspricht.

Die nächsttieferen Stufen können aber nicht sehr früh gebildet worden sein, da, wie weiter unten erwähnt wird, der das ganze Zungenbecken nach dem Gletscherrückzug erfüllende spätglaziale See eine Spiegelhöhe von etwa 465 m besaß; die Zerschneidung der Endmoränen und die Bildung der Stufenlandschaft nördlich von ihnen kann also erst der etappenweisen Senkung dieses Sees parallel gehen, die tiefsten Stufen sind sogar erst schlern- bis geschnitzzeitlich (s. u.).

Der weitere Gletscherrückzug wurde durch einen Halt unterbrochen, dem die an einigen Stellen erhaltenen Moränen des Ammerseestadiums zuzurechnen sind. Sie finden sich östlich Teisendorf, bei Maria Bichl nördlich Laufen und südlich Eugendorf, umgeben also in weitem Bogen das Stammbecken; die Zweigbecken waren in der Hauptsache bereits eisfrei, wenn man von Toteismassen absieht. Um diese herum bildeten sich große Seen, wie z. B. ein in 550 m spiegelnder Wallersee, auf den die von der Eugendorfer Moräne ausgehende Schotterflur bei Eugendorf-Grünbach und die gleich hohe Schotterflur bei Henndorf hinweisen. Er wurde noch zentrifugal entwässert (Trompetental bei Steindorf). Auch im Trumerseebecken lag damals ein großer See. Niedriger

waren die Zweigbeckenseen im tiefer liegenden Bereich vom Haunsberg westwärts.

Als auch das Stammbecken eisfrei wurde, bildete sich — ähnlich wie nach den früheren Eiszeiten — ein riesiger Schmelzwassersee mit einer Spiegelhöhe von etwa 465 m, der auch in die meisten Zweigbecken hineinreichte und noch zentrifugale Ausflüsse, so im Oichtental und im Weilhartforst, besaß (die höher liegenden Seen im Trumerseebecken haben ihn noch heute). Der Wallersee hingegen wurde nun bereits zentripetal entwässert. Der große Zungenbeckensee überragte die Moränen des Ammerseestadiums bei Maria Bichl; im Tittmoninger Becken muß also damals die Spiegelhöhe gegenüber der Zeit des Ammerseestadiums angestiegen sein.

Später erfolgte die stufenweise Absenkung, die sich im Tittmoninger Becken und bei Oberndorf in der Terrassierung lakustrer Sedimente äußert, und schließlich die Entleerung des Sees.

Die Ablagerungen des großen Zungenbeckensees liegen vor allem als Seetone und Feinsande vor, die durch die Tiefbohrungen der Stieglbrauerei im Stammbecken in großer Mächtigkeit erschlossen wurden (HELL, PREY). In der Kuglhofbohrung reichen sie von 27,70 m bis 224,30 m, in einer zweiten Bohrung von 22,80 m bis 177,60 m. Infolge eines gelegentlich auftretenden Zwischenhorizontes wollte HELL den Komplex auf verschiedene Eiszeiten aufteilen. PREY hingegen teilte ihn vor allem aus pollenanalytischen Gründen zur Gänze dem letzten Spätglazial zu und faßte ihn als kurzfristigen, in der Nähe des zurückgehenden Würmgletschers bestehenden See auf.

Auch in den Zweigbecken sind sehr mächtige Seetonablagerungen erhalten geblieben, die z. T. auf den großen gemeinsamen See, z. T. auf selbständige Zweigbeckenseen zurückzuführen sind; so am Rande des Tittmoninger Beckens, im Bür- und Ibmer Moos und im Oichtental.

Neben den Seetonen sind auch verschiedene Deltaresten als Hinweise auf die spätglazialen Seen zu erwähnen.

Nach der Klimabesserung zur Zeit der Allerödschwankung kam es zu neuen Gletscherbildungen in der jüngeren Dryaszeit, die aber nur als Lokalgletscher in Erscheinung traten. Es sind die Gletscher des Schlernstadiums, die von den Bergen herunter in die Täler vorstießen — je nach dem Einzugsgebiet in verschiedener Reichweite. So erreichten die Teilzungen, die vom damaligen Plateaugletscher des Untersberges herabstießen, im Norden und Osten den Bergfuß (M. SCHLAGER). Die vom Kehlsteinzug herabfließenden Zungen kamen nur bis etwa 1100 m Seehöhe, wogegen das besonders im Wilden Freithof massierte Eis der Ostflanke des Hohen Göll tief ins Weißenbachtal vorstieß. Kleine Schlerngletscher stellte M. SCHLAGER in der Umrahmung des Taugltales fest.

Mit den Schlernmoränen brachte SEEFELDNER auf Grund der Verhältnisse im Saalachgebiet die höheren Flußterrassen des Salzburger Beckens in Zusammenhang, die den Großteil der Salzburger Ebene einnehmen und von ihm als Friedhofterrasse bezeichnet wurden. Die nächsttieferen Terrassen nannte er Hammerauterrasse und parallelisierte sie vermutungsweise mit dem Gschnitzstadium. In sie sind die holozänen Augürtel eingeschnitten.

Die zahlreichen Moore des Zungenbeckens sind teilweise auf Verlandung von Zweigbeckenseen und Tümpeln des Grundmoränenbereiches zurückzuführen, teilweise (im Stammbecken) liegen sie auf der Friedhofterrasse. Das gilt vor allem vom ausgedehnten Leopoldskronmoos, das seine Entstehung der Stauung

zwischen den schlernzeitlichen Schwemmkegeln der Salzach und Saalach verdankt. Seine Ausbildung beginnt erst in postglazialer Zeit (nach FIRBAS im Übergang vom Präboreal ins Boreal).

Anhang: Die Verbindung zwischen den Mindelgletschern des Salzach- und des Innbereiches

Es war bisher unklar, wo der Anschluß der Salzach-Mindelendmoränen an die des Inn-gletschers zu suchen ist. Zwar sind die Fortsetzungen der beiden

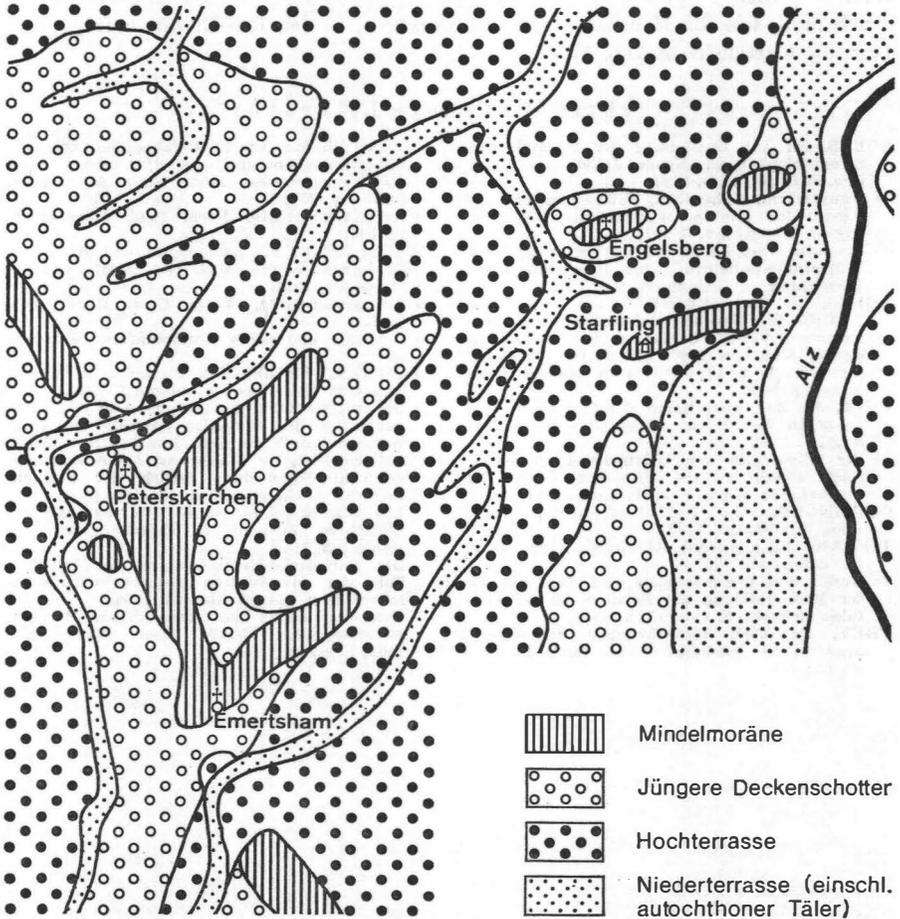


Abbildung 1: Mindelmoränen im Raum westlich der Alz (Entw. Del-Negro 1966)

Mindelwälle westlich der Alz, von denen der nördliche über Engelsberg, der südliche bis zum Gehöft Starfling verläuft, jenseits einer breiten, in der Riß-Eiszeit erosiv geschaffenen Lücke in schön ausgeprägten Wällen zu erkennen, die gegen Peterskirchen bzw. Emertsham ziehen. Besonders der nördliche Wall ist sowohl bei Engelsberg als auch östlich Peterskirchen mehr oder weniger breit erhaltenen Resten von Jüngeren Deckenschottern aufgesetzt. Viel schwieriger

ist der Verlauf der Inngletscher-Mindelendmoränen zu erkennen, da Aufschlüsse in diesem Raum fehlen und eine morphologische Heraushebung über die Jüngeren Deckenschotter nur in sehr geringfügigem Ausmaß gegeben ist. Daß dennoch ein durchziehender, nach Süden in die Mittelmoräne zwischen Inn- und Salzachgletscher übergelagerter Wall vorhanden sein muß, wird aus dem Verlauf der jüngeren Täler kenntlich. Es handelt sich um zwei schmale, beiderseits von Hochterrasse begleitete Stränge von Niederterrasse, die aus dem Inngletscherbereich kommen, streckenweise dem anzunehmenden Wall mehr oder weniger parallel verlaufen und dann mit plötzlichem Knick zum Durchbruch durch diesen Wall (nördlich Peterskirchen und südlich Emertsham) ansetzen. Dieser Durchbruch muß, wie die Hochterrassenreste anzeigen, in der Riß-Eiszeit erfolgt sein (vgl. die Kartenskizze Abb. 1).

### Wichtigste neuere Literatur

- EBERS, E.: Zur Entstehung der Drumlins als Stromlinienkörper. Neues Jahrb. f. Miner. usw. Beil. Bd. 78/B, 1937.
- Hauptwürm, Spätwürm, Frühwürm und die Frage der älteren Würmschotter. Eiszeitalter u. Gegenwart, 6, 1955.
- Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würminterstadialprofil von Hörmating/Obb., Eiszeitalter u. Gegenwart, 11, 1960.
- EBERS, E. und WEINBERGER, L., DEL-NEGRO W.: Der pleistozäne Salzachvorlandgletscher. Veröff. d. Ges. f. Bayer. Landeskunde, München 1966. Mit Karte im Mehrfarbendruck 1:100 000 (darin weitere Literaturangaben).
- FINK, J.: Zur Korrelation der Terrassen und Lössen in Österreich. Eiszeitalter u. Gegenwart, 7, 1956.
- Die Gliederung der Würmeiszeit in Österreich. Report of the Vth Int. Congr. on Quaternary, Warsaw 1961, Lodz 1964.
- GÖTZINGER, G.: Aufnahmsberichte, Verh. Geol. Bundesanst. 1922 ff.
- PIPPAN, TH.: Aufnahmsberichte, Verh. Geol. Bundesanstalt. 1957 ff.
- Anteil von Glazialerosion und Tektonik an der Beckenbildung am Beispiel des Salzachtals. Zeitschr. f. Geomorph. 1957.
- PREY, S.: Zwei Tiefbohrungen der Stieglbrauerei in Salzburg. Verh. Geol. Bundesanst. 1959.
- SCHLAGER, M.: Neuere Erfahrungen über die Lokalvergletscherung des Untersberg- und des Tauigebietes. Mitt. Haus der Natur, Salzburg 1951.
- Aufnahmsberichte, Verh. Geol. Bundesanst. 1957 ff.
- SEEFELDNER, E.: Entstehung und Alter der Salzburger Ebene. Mitt. Ges. Salz. Landeskunde, 94, 1954.
- Aufnahmsbericht, Verh. Geol. Bundesanst. 1957.
- Salzburg und seine Landschaften. Salzburg 1961.
- STUMMER, E.: Die interglazialen Seen von Salzburg. Verh. Geol. Bundesanst. 1936.
- Die interglazialen Ablagerungen in den Zungenbecken der diluvialen Salzach- und Saalachgletscher. Verh. Geol. Bundesanst. 1938.
- WEINBERGER, L.: Gliederung der Altmoränen des Salzachgletschers östlich der Salzach. Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. 1, 1950.
- Ein Rinnensystem im Gebiete des Salzachgletschers. Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. 2, 1952.
- Die Periglazial-Erscheinungen im östlichen Teil des eiszeitlichen Salzach-Vorlandgletschers. Gött. Geogr. Abh. 15, 1954.
- Exkursion durch das österreichische Salzachgletschergebiet. Verh. Geol. Bundesanst. 1955, Sonderh. D.