

# Der Eiszerfall beim Rückzug der alpinen Vorlandgletscher in die Stammbecken.

(Am Beispiel des Loisach-Vorlandes in Oberbayern.)

Von C. Troll, Bonn.

(Mit 3 Abbildungen.)

Die folgenden Ausführungen sollen einen Beitrag liefern für die Gliederung der Würmeiszeit im Alpengebiet. In den letzten Jahren sind zu diesem Thema zwei ganz neue, aber stark umstrittene Auffassungen geäußert worden, die Theorie der sogenannten Vorrückungsphase (Eberl, Knauer) und die Theorie der Schlußeiszeit (Ampferer). Die Theorie der Vorrückungsphase betrifft die Hochwürmeiszeit und die Bildung der äußeren, an den großen Vorlandgletschern außerhalb der Zweigbecken gelegenen Moränenkränze, die Theorie der Schlußeiszeit die letzte Phase der diluvialen Vergletscherung und die Bildung von Ablagerungen in den Alpentälern noch innerhalb des Bühlstadiums. Über beide Theorien wird an anderen Stellen der vorliegenden Verhandlungen gesprochen. Dieser Beitrag stellt ein Bindeglied zwischen beiden Abschnitten her, indem er den Rückzug der Vorlandgletscher aus den Zweigbecken in die Stammbecken behandelt. Hierüber ist bislang relativ wenig bekannt, da die entsprechenden Bildungen, wenigstens in den großen Vorlandvereisungsgebieten größtenteils unter den spätwürmeiszeitlichen Beckenfüllungen der Stammbecken begraben liegen. Ich versuche daher, dieses Bild nur am Beispiel zweier Stammbecken zu zeichnen, in deren Umgebung ich in den letzten Jahren Untersuchungen und Kartierungen durchführen konnte, am Beispiel des Kochelsee- und Murnauer Beckens (Loisachvorland) in Oberbayern.

Ich habe die Fortsetzung meiner früheren quartärgeologischen Untersuchungen im Alpenvorland gerade in diesem Gebiete angesetzt, weil mich hier auf ein und demselben Raum drei Erscheinungskomplexe lockten: 1. am Alpenrand zwischen Murnauer- und Kochelseebecken liegen ausgedehnte und ungenügend untersuchte Interglazialablagerungen (Deltaschotter, Schieferkohlen, interglaziale Flußschotter), die die Fortsetzung der aus dem Inn- und Isartal bekannten interglazialen Terrassenserien darstellen und eine interglaziale Tektonik verraten; 2. im Raume zwischen Murnau und Weilheim ist das ausgedehnte (18 km lange, bis 7 km breite) Feld „Unterer Würmschotter“, der sogenannte Murnauer Schotter, erschlossen, der in der Glaziolliteratur eine besondere Rolle spielt; 3. finden sich zwischen dem S-Ende des Starnberger Sees, dem Kochelsee und dem Murnauer Moos besonders interessante Rückzugsterrassen, die ausnahmsweise den Rückgang des Eises zum Alpenrand in Einzelheiten verfolgen lassen. Sie bestehen aus eigenartigen Formelementen, verkesselten Schotterfeldern, Randterrassen, Osern usw., Bildungen, die man mit dem komplexen Namen Toteisformen zusammenfassen kann.

Mit den Toteisformen hat es nun eine besondere Bewandnis. Die Rolle, die man dem Toteis zuzubilligen pflegt, ist stark vom persönlichen Geschmack abhängig. Man kann Toteis zur Erklärung aller möglichen Formen heranziehen, für die eine andere Erklärung schwierig ist, man kann ihm ebenso ablehnend gegenüberstehen, wird aber dann in vielen Fällen auf jede Erklärung verzichten müssen. Tatsächlich ist Toteis nicht nur in den alten Inlandeisgebieten Nordeuropas und Nordamerikas stark im Spiel gewesen,

sondern auch im Alpengebiet. Seine Rolle ist hier nur viel später bekannt geworden, ebenso wie auch rezentes Toteis zuerst am Malaspinagletscher und erst später auch an alpinen Gletschern beobachtet und beschrieben wurde. Im Alpenvorland wurden Toteisformen zuerst von dem Schweden H. Munthe im Gebiet der Osterseen erkannt und durch A. Rothpletz näher beschrieben (1917). Eine ganze Reihe ähnlicher Beispiele habe ich im Inn-Chiemsee-Gebiet (1924) festgestellt und anschließend auch im Isar- und Lechvorland angetroffen. J. Knauer hat (seit 1927) einige Fälle aus dem Ammersee- und Starnberger Gletscher mitgeteilt und schließlich hat H. Bobek die würmzeitlichen Formen der Innalterrasse (1935) weitgehend auf Toteismorphologie zurückführen können.

Um Toteisformen auch für Skeptiker überzeugend nachzuweisen, ist es ratsam, sich zunächst auf Fälle zu beschränken, wo eine andere Erklärung völlig versagt. Dies ist nicht bei Moränen, aber bei vielen Ablagerungen von Schotterfeldern und Randterrassen der Fall, wo regelmäßige geschichtete Schotter gegen geschlossene steilwandige Hohlformen austreichen. Diese sind dann nur als Ausschmelzdolinen abgegliederter Eismassen erklärbar. Im Alpenvorland ist ein verbreiteter Fall der, daß Schotterterrassen als Randterrassen beiderseits eines Beckens liegen, in ihrem Niveau vollkommen zusammenpassen, daß aber aus dem Becken selbst verschiedene Schotterhaufen in unregelmäßiger Anordnung und Form (als sogenannte Kames) oder in langgestreckten Wällen (als sogenannte Oser) aufragen, die — soweit sie die entsprechende Höhe erreichen — eine plateauartige Oberfläche im Niveau der Randterrassen tragen. In den Schotterkörpern der Randterrassen, Kames und Oser herrschen besondere hydrologische Verhältnisse, die zu eigenartigen Quellbildungen am Rande solcher Schotterkörper führen (Stauquellen). Ich stehe nicht an, den eigenartigen Grundwassertypus, der an anderer Stelle genauer beschrieben werden soll, mit dem ebenso gewagten wie treffenden Ausdruck „Toteiskarst“ zu bezeichnen.

Den Aufbau und die Entwicklungsgeschichte des in Rede stehenden Gebietes verfolgen wir an Hand der Kartenskizze (Abb. 1). Das strukturelle Grundgerüst der eiszeitlichen Aufschüttungslandschaft gibt im S der Alpenrand, in den die trichterförmigen Talweitungen des Murnauer Mooses und des Kochelseebeckens als Stammbecken der Vorlandgletscher eingesenkt sind. Nach N folgt die Zone der gefalteten Molasse, die durch die Aufragungen der steilgestellten, von widerständigen Nagelfluhen durchsetzten Muldenränder eine durch die Glazialerosion erst recht scharf herausmodellerte Schichtrippenlandschaft erkennen läßt. Alles andere sind Skulpturformen der eiszeitlichen Abtragung und Aufschüttung. Das Murnauer Stammbecken zeigt eine deutliche Gliederung durch die strahlenförmige Anordnung von Tiefenfurchen und dazwischen stehengebliebenen älteren Spornen. Die vier Tiefenfurchen bezeichnen die Ortschaften Grafenaschau, Ramsach, Achrain und Schwaiganger; die Sporne dazwischen (bei Hechendorf, Weichs und Ohlstadt) sind in der Hauptsache aus Rib-Würm-interglazialen Ablagerungen aufgebaut. Diese beweisen, daß in der Rib-Würm-Interglazialzeit ebenfalls tonerfüllte und z. T. torfbedeckte Stammbecken ähnlich den heutigen, aber in etwa 30 m höherer Lage vorhanden waren und daß damals eine offene Verbindung zwischen dem Murnauer und dem Kochelseebecken bestand. Die beiden Stammbecken werden heute durch die quer-verlaufenden Molasserippen von Murnau, bzw. Penzberg („Rain“) abgeschlossen. Die Grenze zwischen dem glazialen Abtragungsbereich der würmzeitlichen Zungenbecken und der randlichen Moränenaufschüttung wird aber dadurch nicht angezeigt. Denn vom Murnauer Becken zieht eine Zone fehlender oder nur schleierartiger Jungmoränenaufschüttung nach N in Richtung auf das Ammerseebecken. In dieser Stammfurchen des Ammerseegletschers tritt das große Murnauer Schotterfeld — aus Schottern der älteren Würmzeit (Würm-Anrückungszeit) aufgebaut — auf weite Strecken oberflächlich zu Tage. Durch die Molasserippen vor der Abtragung geschützt, sind diese Schotter nur in der Richtung der Tiefenfurchen von Ramsach und Achrain entfernt worden, d. h. dort, wo heute Staffelsee und Riegsee aus der Schotterdecke ausgespart sind. Die Grenze des moränenüberschleierten

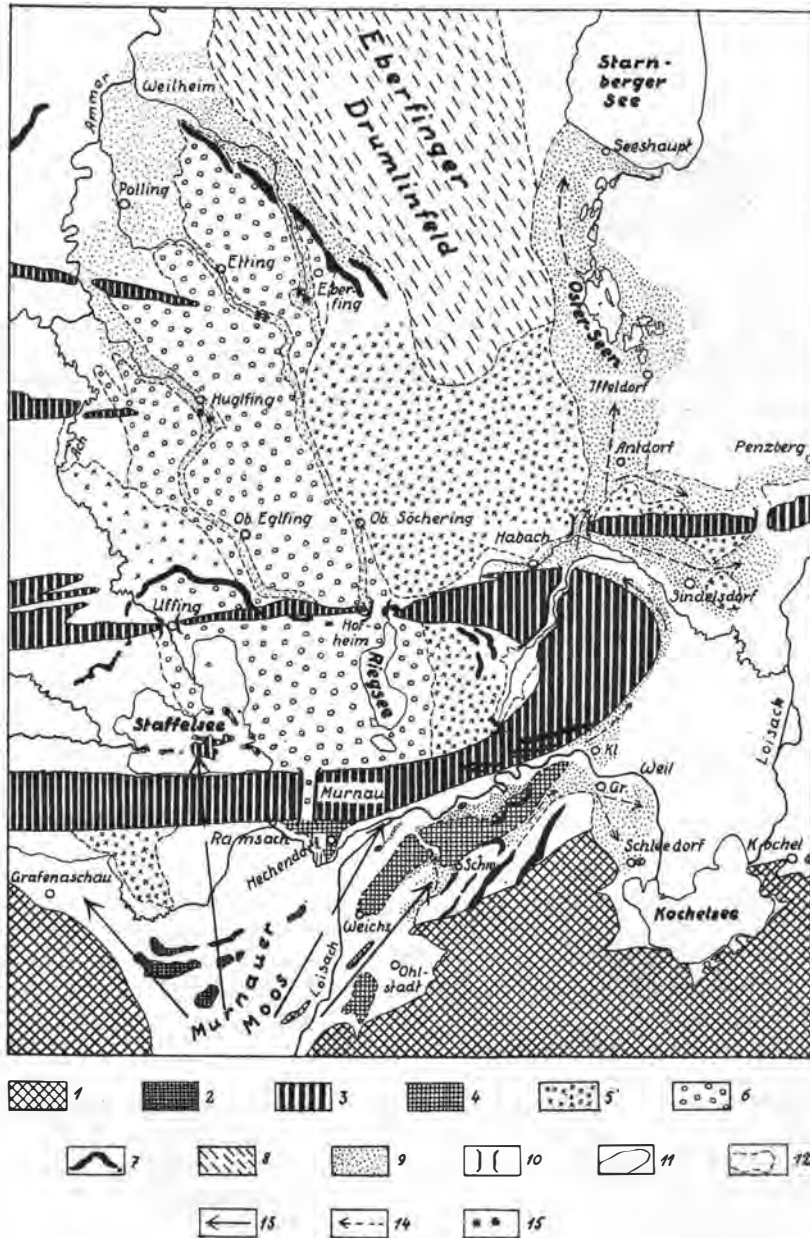


Abb. 1.

## Geologische Skizze des Loisachvorlandes.

- |  |   |
|--|---|
| <p>1.—3. Präquartärer Felsuntergrund:<br/>         1. Kalk- und Flyschgebirge.<br/>         2. Helvetische Kreide.<br/>         3. Molasscrippen.</p> <p>4.—9. Landschaftselemente glazialer Entstehung:<br/>         4. Reiß-Würm-interglaziale Sockel zwischen den Zweigfurchen des Murnauer Stammbeckens.<br/>         5. Grundmoränenlandschaft.<br/>         6. Murnauer Schotterfeld mit würmzeitlichem Moränenschleier.</p> | <p>7. Würm-Endmoränen.<br/>         8. Eberfinger Drumlinfeld.<br/>         9. Spätwürmzeitliche Rückzugschotter.<br/>         10. Erosionslücken in den Molasserippen, meist verlassene alte Taldurchgänge.<br/>         11. Umrandung der vorquartären Bauelemente.<br/>         12. Umrandung der quartären Landschaftselemente.<br/>         13. Zweigfurchen des Murnauer Stammbeckens.<br/>         14. Abdachungsrichtung der Rückzugschotter.<br/>         15. Grundwasseraustritte in den Trockentälern der Murnauer Schotterplatte.</p> |
|--|---|

Schotterfeldes gegen die tiefere Grundmoränenaufschüttung im O und W (damit auch gegen das Eberfinger Drumlinfeld) bezeichnet die Grenze des Ammersee-Zungenbeckens gegen die Moränenlandschaft. Das Murnauer Schotterfeld ist von Trockentalsystemen durchzogen, den Tälern von Eglfing—Huglfing, von Söchering—Etting und von Eberfing. Das in den Schottern versitzende Wasser bewegt sich als Grundwasserstrom nach N und tritt in den Kalktuffquellen von Huglfing, Etting—Polling und Eberfing zu Tage.

Von Stillstandslagen des rückgehenden Gletschers sind besonders zwei Gruppen zu nennen. Im N des Untersuchungsgebietes sind es die seit langem bekannten Endmoränen von Weilheim, denen südlich des Starnberger Sees die von Nantesbuch entsprechen. Sie wurden ursprünglich von Penck (1909) dem Bühlstadium des Inntales gleichgesetzt, später von mir (1925) dem neuausgegliederten Ammerseestadium zugrundegelegt. Ein viel jüngerer Gletscherhalt, bei dem Ammersee- und Starnberger Gletscher sich bis zur völligen Trennung voneinander lösten, wird durch die schönen Endmoränen angezeigt, die das Zungenbecken von Schwaiganger einrahmen. In starker Abweichung von der Rothpletzchen Darstellung (1917) ergab die Kartierung des Staffelseegebietes weitere Endmoränenstücke, die einen Gletscher konstruieren lassen, der noch Staffel- und Riegseebecken erfüllte und bei Uffing einen schönen Endmoränenkranz um das Staffelseebecken aufbaute. Von seinem Rand haben auch die Wasser ihren Ausgang genommen, die die Murnauer Schotterplatte in Form der heutigen Trockentäler zerschnitten. Dieses neue Uffinger Stadium bezeichnet nicht überall eine einzelne und durchlaufende Endmoräne und eine einzige Stillstandslage, sondern ein System von solchen, indem der Eisrückzug eine oder mehrere Unterbrechungen kurz nacheinander erfuhr.

In die Zeit des Ammersee- und Uffinger Stadiums fallen auch die jüngeren Terrassen-schotter, die das Becken von Weilheim, die Schotterplatte der Osterseen und vor allem in reicher Gliederung den W-Rand des Kochelseebeckens und den O-Rand des Murnauer Beckens einnehmen. Wir analysieren die durchlaufende Folge von Schotterterrassen vom S-Ende des Starnberger Sees bis in das Becken von Schwaiganger und Achrain (Abb. 2 und 3).

Im Osterseengebiet gehen wir aus von der großen, von Rothpletz (1917) kartographisch dargestellten Schotterfläche, die er in die Seeshauptner Randterrasse, die Staltacher Randterrasse und die Iffelderter Terrasse gliedert. Das Iffelderter Schotterfeld setzt sich südwärts über Antdorf hinaus fort und unterschneidet die Grundmoränenlandschaft westlich Antdorf, die damals also schon eisfrei gewesen sein mußte. Unmittelbar südlich Antdorf ist in diese nordwärts geneigte Schotterebene ein Schottertälchen seicht, aber deutlich mit drei schön geschwungenen Uferkonkaven eingeschnitten, dessen Sohle sich von Antdorf ab plötzlich ostwärts über Penzberg zur Loisach wendet. Wir unterscheiden von der älteren Antdorf-Iffelderter Stufe eine etwas jüngere Penzberger Stufe. Beide Schotterstränge wurzeln in der Pforte, die sich bei Dürrnhausen zwischen dem Molassezug von Frauenrain—Johannisrain und der Grundmoränenplatte nördlich Habach öffnet. Zur Zeit der Antdorfer Stufe war den Schmelzwässern der Weg nach O noch versperrt, u. zw. ziemlich sicher durch Eisverbauung. Denn auf jeden Fall muß zur Zeit beider Stufen das Kochelseebecken noch bis zu seinem N-Rand bei Dürrnhausen eiserfüllt gewesen sein, sonst wäre der Weg der Schmelzwasser und die Bildung der Schotterterrassen von Habach durch die Antdorfer Pforte nordwärts unverständlich. Die Schmelzwasser entstammten dem W-Rand des Kochelsee-Eises. Denn am W-Rand des Kochelseebeckens sind in der Fortsetzung der genannten Terrassen dem Steilabfall des Molassegebirges (Königsberger Wald) Randterrassen angelagert, die zwischen sich langgestreckte und kreisrunde Toteislöcher bergen. Den Teil der Schotterterrasse, der vom Beckenrand durch eine vertorfte Niederung getrennt ist, hat schon Rothpletz als Sindelsdorfer Os beschrieben, allerdings ohne Zusammenhang mit dem ganzen Schotterterrassensystem. Die Bildungen beweisen, daß der Kochelseegletscher sein Becken damals nicht mehr ganz erfüllte und daß sich zwischen ihm und dem Beckenrand zwischen zerfallendem Eis Randterrassen und Oser absetzen konnten. Die Formen schmiegen sich alle dem von den Molasse-

rippen vorgezeichneten bogenförmigen Beckenrand an und reichen bis 35 m über die Beckensohle. Erst durch einen weiteren Schritt in der Rückschmelzung wurde die NW-Ecke des Kochelseebeckens bei Sindelsdorf—Dürnhausen vom Eise freigegeben. Damit war aber auch die Antdorfer Pforte endgültig trockengelegt. Eine tiefere Schotterstufe, die von Dürnhausen—Sindelsdorf wendet sich nunmehr zentripetal, so wie noch heute der Sindelsdorfer Bach mit dem Nachtsgraben nach O in das Staubecken hinein, um beim Penzberger Wasserwerk unter die Moorbedeckung zu tauchen. Auch der freie S-Rand dieser Terrasse in seinem steilen Abfall und seinem unregelmäßig gebuchteten Verlauf

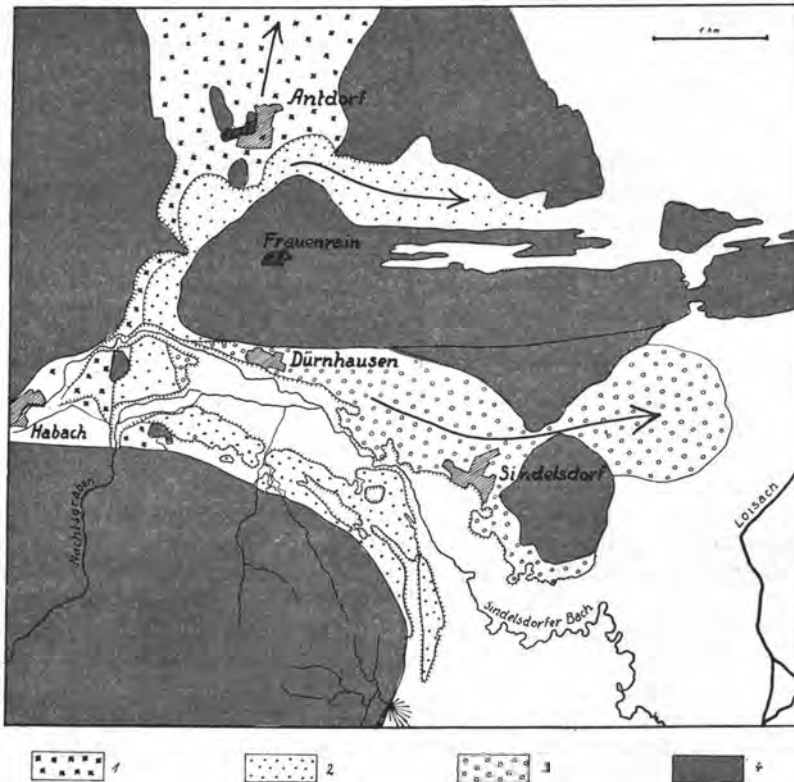


Abb. 2.

Die würmzeitlichen Rückzugsschotter und Terrassen im NW des Kochelseebeckens.

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Stufe von Antdorf—Iffeldorf.      | 4. Gelände älterer Entstehung (Würm-Grundmoräne, Untere Würmschotter, tertiäre Molasse). |
| 2. Stufe von Penzberg.               |  |
| 3. Stufe von Sindelsdorf—Dürnhausen. |  |

Die Pfeile deuten die Abdachungsrichtung der Schotterterrassen an.

erfordert noch das Vorhandensein von großen, nicht mehr bewegungsfähigen Eismassen in diesem Winkel des Kochelseebeckens zur Zeit der Ablagerung der Sindelsdorfer Terrasse.

Eine noch reicher gegliederte Terrassenfolge bietet sich weiter südlich dar, wo heute die Loisach, vom Murnauer Becken kommend, in das Kochelsee Becken eintritt. Einen großen Raum nimmt dort die breite Schotterfläche beiderseits der Loisach ein, die die Dörfer Großweil und Zell trägt. Sie bildet einen riesigen Schwemmkegel, den Schmelzwasser des Ammerseeegletschers von W her in das Kochelsee Becken bis Unterau und Schledorf vorgeschüttet haben. Sie ist selbst noch von großen Toteislöchern (Karpfsee, Mühlmoos und mehreren kleineren) durchsetzt, z. T. ist die Terrasse keine Schotterterrasse,

sondern aus der Moräne erosiv herausgeschnitten. Die Stufe von Großweil—Zell ist nachträglich durch eine jüngere Stufe zerschnitten, die nördlich der Loisach bei Kleinweil erhalten ist. Dagegen erhebt sich gegenüber, beim Kohlenbergwerk Großweil, der Rest einer älteren, höheren Schotterstufe, die Bergwerksstufe. Noch wesentlich höher, 80—90 m (!) über dem Boden des Kochelseebeckens, ist schließlich dem Molassegebirge bei Zell und Kleinweil noch eine Randterrasse angeklebt, die zu ihrer Bildung noch eine Eisfüllung des Kochelseebeckens bis zu dieser Höhe erfordert. Sie ist bei der Einöde Stern

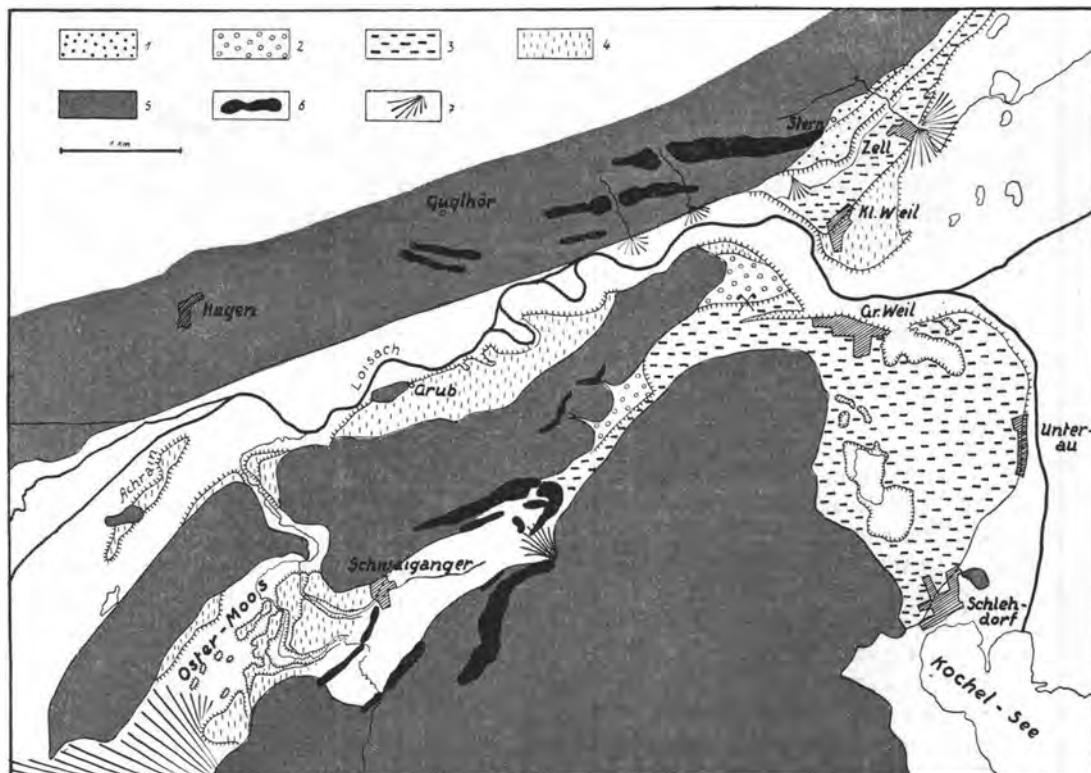


Abb. 3.

Die würmzeitlichen Rückzugsschotter und Terrassen zwischen Kochelsee und Murnauer Becken.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Stufen von Stern über Kleinweil (entsprechend der Penzberger Stufe). | 5. Gelände älterer Entstehung (Würm-Moräne, Rib-Würm-Interglazial, Tertiär-, Flysch- und Kalkgebirge). |
| 2. Bergwerksstufe Großweil (entsprechend der Sindelsdorfer Stufe).      | 6. Würm-Endmoränen.  |
| 3. Stufe von Großweil—Zell.   | 7. Schwemmkegel.   |
| 4. Stufe von Kleinweil.   |  |

über Kleinweil durch ein Schotterdelta erschlossen und zeigt dort auch eine Trennung in zwei Unterstufen. So erhalten wir in der Umgebung von Großweil folgende Stufen von oben nach unten:

Stern über Kleinweil .....	695—685 m
Bergwerksstufe .....	640 m
Großweil-Zeller Stufe .....	625 m
Kleinweiler Stufe .....	615 m
Beckensohle .....	605 m

Obwohl das nördliche und südliche Terrassensystem bei Mühleck fast ineinander übergehen, ist es doch nicht mit völliger Sicherheit möglich, beide exakt zu verknüpfen. Mit großer Wahrscheinlichkeit bildet die Stufe von Stern die Fortsetzung der von Penzberg, was eine Gleichsetzung von Sindelsdorfer und Bergwerksstufe bedeuten würde. Jedenfalls war zu ihrer Zeit das Lothdorfer Becken schon eisfrei und durch den Nachtsgraben konnten Schmelzwasser des Ammerseegletschers den Weg gegen Habach und Penzberg nehmen. Um so schöner lassen sich die drei jüngeren Stufen von Großweil mit dem Rand des Ammerseegletschers verknüpfen. Bergwerks- und Großweiler Stufe folgen von Großweil westwärts einem Trockental, das an den Endmoränen des Schwaiganger Zweigbeckens wurzelt und seit dem Rückzug des Eises weiter zurück in das Schwaiganger Becken trocken gelegt war und nicht mehr verändert wurde. Ins Loisachtal oberhalb Großweil zieht sich dagegen nur die unterste, die Kleinweiler Stufe hinein. Sie reicht nicht bis zum Rand des Murnauer Moores und aus der Tatsache, daß sich bei Achrain mitten aus der Moorniederung des Niedermoores ein 1200 *m* langer, prächtiger Osrücken erhebt, der mit seiner ebenen Oberfläche in das Niveau der Kleinweiler Loisachterrassen (d. h. der tieferen Stufe der dort zweigeteilten Terrasse) paßt, vergewissern wir uns, daß hier ein Eislappe des Ammerseegletschers zu dieser Zeit gelegen haben muß. Das beweist noch sicherer die Fortsetzung dieser Terrasse durch das enge Schnaitenbachtal in das Schwaiganger Becken. Die Terrasse breitet sich dort am Rande des Ostermoores in Form schöner beiderseitiger Randterrassen aus, die ganz besonders am Hatzenbichel zwischen Schwaiganger und Ohlstadt von schönen Toteiskesseln durchsetzt sind. Aus dem Moose selbst erheben sich kamesartige und z. T. osartig langgestreckte Schotterhügel, wie sie an solchen zerfallenden Eisrändern zu entstehen pflegen.

Es ist also mit Hilfe dieser Terrassenstufen der Rückzug des Eises vom Weilheimer Stadium bis über das Uffinger—Schwaiganger Stadium hinaus ziemlich geschlossen zu verfolgen. Von besonderem Interesse sind dabei die Formen der Schotterterrassen, da sie einen ganz anderen Eismechanismus erfordern, als wir ihn von den äußeren Moränenzonen her gewohnt sind. An Stelle des normalen Eisrückzuges unter Bildung von Rückzugsmoränen an Stillstandslagen haben wir die typischen Formen des Eiszerfalls unter Abgliederung stagnierender Eismassen vor uns, die Foster Flint (1929) als „Dissipation in situ“ bezeichnet. Randterrassen mit fluvioglazialen und glaziolakustrinen Ablagerungen, mit Delta- und Übergußschichtung, Toteislöchern, Kesselfeldern, unregelmäßig gebuchteten Steilrändern gegen die alte Eisfront („Ice contact slope“) sind für solche Bildungen bezeichnend. Im Alpenvorland gehören dazu als charakteristisch noch osartige Schotterrücken, vermutlich in Spalten stagnierenden Eises abgelagert, die neben solchen Randterrassen aufzutreten pflegen. Nach der von Foster Flint gegebenen Anleitung ist die Ausbildung der entsprechenden Formserien an den Rändern breiterer Becken besonders typisch und durch eine dort begünstigte differenzierte Abschmelzung stagnierender Eismassen verständlich. In unserem Fall handelt es sich auf der ganzen Strecke von den Osterseen über die Sindelsdorfer und Großweiler Randterrassen bis nach Achrain und Ohlstadt um unzweifelhafte Eiszerfallsmorphologie. Daneben aber wurden in derselben Abschmelzzeit an verschiedenen Stellen, zwischen Weilheim und Gossenhofen, bei Uffing und im Schwaiganger Zungenbecken auch ganz normale Rückzugsendmoränen abgelagert, die uns zur Ausgliederung eines Weilheimer und eines Uffinger Stadiums Veranlassung gegeben haben. Die beschriebene, reichere Terrassengliederung hebt auch diese aus den Endmoränen abgelesenen Stillstandslagen keineswegs auf. Denn auch in der Terrassenfolge können wir ziemlich deutlich zwei verschieden alte Gruppen auseinanderhalten: zur älteren gehören die Schotterterrassen von Seeshaupt, Iffeldorf—Antdorf und Penzberg, zu deren Bildungszeit das Stammbecken des Kochelsees im S noch hoch hinauf eis erfüllt war, wie die Terrasse von Stern zeigt. Zur jüngeren Gruppe gehören die Terrassen der Sindelsdorfer, Großweiler und Kleinweiler Stufe, in deren Bildungszeit das Eis der Stammbecken selbst bereits zu zerfallen begann. Auch die Endmoränen sind ja vielfach noch gegliedert.

Die gleichzeitige Bildung von Endmoränen und Eiszerfallsformen deutet weiter an, daß auch bei einer allgemeinen Tendenz zum Eiszerfall dieser immer noch von topographischen oder eisdynamischen Faktoren mitbeherrscht ist. Durch den Vergleich mit anderen Vorkommen von Toteislandschaften im Alpengebiet kommt man zu dem Eindruck, daß die Formen ganz besonders beim Rückzug aus Zweigbecken und dort mit Vorliebe an der Stirne von Eiszungen gebildet wurden (wo allerdings auch am ehesten die nötigen Schmelzwasser und Schotter zum Aufbau von Randterrassen und zur Toteisverschüttung vorhanden waren).

Die starke Verbreitung gerade im Gebiete des Loisachvorlandes legt uns auch die Frage vor, ob dieser Eiszerfall eine allgemeine Erscheinung der sich in die Stammbecken zurückziehenden Alpenvorlandgletscher war oder nur gerade durch lokale Begünstigungen verursacht war. Man könnte beim Kochelsee daran denken, daß die 200 m hohe Stufe des Kesselberges die Veranlassung gab, daß eine über diese Stufe herabgeschobene große Eismasse in einem bestimmten Moment des Eisrückganges die rückwärtige Ernäherung verlor und in dem tiefen, von höheren, schattenspendenden Bergen eingerahmten Kessel sich besonders lange als Toteis hätte erhalten können. Dies kann durchaus der Fall gewesen sein und es ist der Phantasie überlassen, sich die ganze Toteismorphologie am Rand des Kochelseebeckens so vorzustellen, daß in diesem Becken lange Zeit ein großer Kuchen stagnierenden Eises gelegen habe. Beweisbar ist diese Vorstellung aber nicht. Auf der anderen Seite aber deuten die Eiszerfallsformen am Rande des Murnauer Beckens, das sich ebensohlig in die Alpen hineinzieht, und vor allem die Beobachtungen H. Bobeks (1935) im inneralpinen Inntale darauf hin, daß der Eiszerfall in der beschriebenen Form eine allgemeinere Erscheinung der Alpenvorlandgletscher in der ausgehenden Würmeiszeit war.

### Diskussion.

V. Tanner beglückwünscht den Vortragenden zu seinen schönen Resultaten. Für einen Fennoskandier war es besonders wertvoll, jetzt erfahren zu können, daß genau dieselben Eiszerfallserscheinungen, die im Norden Europas studiert worden sind, auch in den Alpen sich vorfinden. Durch die Anwendung des Prinzipes der Normalgefälle hat es sich in den nördlichsten Teilen von Fennoskandia bei eingehenden topographischen Analysen (Spezialkarten im Maßstab 1:2000, Höhenbestimmungen in Zentimetern) herausgestellt, daß die Plateaureste auf den „Kameterassen“ (sensu Taylor) wie auch die Schotterflächen restlos ganz bestimmten Gleichgewichtsprofilen, die bei der allmählichen Einsenkung des Flußbettes in seinen eigenen Absätzen ausgebildet worden sind, zugehören. Dieses Verfahren gibt eine Möglichkeit für die relative Datierung.

Die Lösung des verwickelten Problems der Osbildung, wenigstens in supramarinen, bzw. -lakustrinen Gegenden, hätte auch dasselbe Prinzip. Wie der Vortragende sagte, ist es in vielen Fällen möglich, ganz bindend zu beweisen, daß die Ose aus Schotterakkumulationen in Spalten in Eiszerfallsgegenden — ich möchte lieber sagen, in mehr oder weniger zu Canyons umgeformten Spalten im Toteis solcher Gegenden —, entstanden sind. Wo solche bis zum Boden des Eises reichende fluvioglaziale Absätze genügend breit im Verhältnis zu der Mächtigkeit waren, erschienen Reste des Flußbettes nach dem Abrutschen der Schotterakkumulation, Hand in Hand mit dem Verschwinden der stützenden Eiswände, als kleine Plateaus, die bestimmten Gleichgewichtsprofilen angehören, während im entgegengesetzten Fall scharfe, die genannten Plateaus verbindende Rücken entstanden. Daß eine Abrutschung wirklich stattgefunden hat, beweisen nicht nur die Gleitschichtung, sondern auch die etwas unregelmäßig geformten, aber mit den Rücken parallelen, langgestreckten Depressionen, die beiderseits am Fuße der Ose allgemein erscheinen. Redner wollte aber, daß dieses Prinzip noch nicht verallgemeinert werden sollte; die Frage müsse besser von Fall zu Fall weiter untersucht werden, ehe eine Generalisation möglich wäre. Sicher ist jedoch schon, daß die Strandmark-De Geersche Bildungstheorie der Ose in den vorliegenden Fällen vollständig versagt (vgl. Tanner in Fennia).

Redner fragte den Vortragenden, ob nicht die Verhältnisse auch in seinem Untersuchungsgebiet diesen Ansichten Raum geben.

J. Leiviskä (Helsinki) bringt weitere Einzelbeobachtungen über Toteisbildung und den zugehörigen Formenschatz aus dem Gebiet des Vatnajökull (Island).

H. Bobek (Berlin): Der geschilderte Eiszerfall läßt sich, wie Untersuchungen im Inntal gezeigt haben, auch noch tief ins Alpeninnere hinein nachweisen. Im Inntal fehlen jedoch weitere Endmoränenstände des Hauptgletschers bis Imst und auf das Uffinger = Stephanskirchner Stadium folgt unmittelbar das Schlernstadium, das durch Stirnmoänen an den Ausgängen der kleineren Seitentäler vertreten ist, da deren Sander mit Randbildungen des abschmelzenden, nicht mehr ernährten Inn-gletschers direkt



verknüpft sind. Es bleibt weder Raum für ein vorhergehendes Bühlstadium, noch kann das Schlernstadium das Produkt eines bedeutenderen neuen und viel jüngeren (schlußeiszeitlichen) Vorstoßes sein. Bühl- und Schlernstadium sind vielmehr identisch und sind ein echtes Rückzugsstadium.

A. Penck (Berlin) pflichtet den Ergebnissen des Vortrags völlig bei und erklärt am Beispiel der Osterseen die Entstehung seiner früheren Auffassung von der Bildung der Kessel. Er glaubt, daß bei Kufstein und bei Hötting Anzeichen für stadiale Halte des Innegletschers vorliegen.

Weinberger (Mettmach): Das große Os im Ibmer Moos ist ebenfalls als Spaltenausfüllung zu erklären.

Troll (Berlin) begrüßt im Schlußwort die Ausführungen von Tanner und Leiviskä als weitere Bereicherungen der „Toteismorphologie“. Zur Frage Bühl-Schlern-Stadium kann er mangels eigener Untersuchungen leider nicht Stellung nehmen. Er empfiehlt, zwischen „stagnierendem Eis“ (nicht mehr ernährte größere Eismassen) und „Toteis“ (abgestoßene Eiskörper kleineren Umfangs) zu unterscheiden.

Anmerkung: Die Arbeit erschien auch in der „Geologischen Rundschau“, **28**, 1936, H. 8. Die dortigen Klischees wurden dankenswerterweise hier zur Verfügung gestellt.