

Zur Revision der Quartärchronologie der Alpen.

Von Paul Beck, Thun, Schweiz.

1. Einleitung.

Leider bleibt es der Quartärgeologie versagt, das Alter eines Vorkommens durch Fossilien oder andere Kennzeichen so zu bestimmen, daß man nach und nach zu einem gesicherten Überblick gelangen könnte, der die zeitliche Gleichstellung der Ablagerungen verschiedener Regionen und Kontinente ermöglichen würde. In vielen Fällen ist es dem Forscher nur vergönnt, von mehreren Deutungsmöglichkeiten die nach seiner persönlichen Auffassung wahrscheinlichste herauszugreifen und die Gründe für diese Wahl anzugeben. Profile, die die Aufeinanderfolge zweier Eiszeiten unmittelbar erkennen lassen, treten innerhalb der Alpen und in ihrem Umkreis nur in beschränkter Zahl auf, und Schnitte, die drei oder mehr verschiedenalterige Vereisungen erkennen lassen, sind äußerst selten. Der Zwang, ungleichaltrige Ablagerungen gleicher Entstehungsart vorwiegend nach unbeständigen Merkmalen, wie Verwitterungs- und Verfestigungserscheinungen, nach Bodenformen, deren akkumulative oder erosive Entstehungsweise ungewiß bleibt, oder nach horizontalen und vertikalen Anordnungen u. a. m. auf verschiedene Eiszeiten oder Inter-glaziale verteilen zu müssen, läßt die gewonnenen Deutungen labil erscheinen. Diese Schwierigkeiten betreffen namentlich die der Würmzeit vorausgehenden Ablagerungen, seitdem diese dadurch vereinfacht wurde, daß die Annahme größerer Schwankungen der Würmgletscher, wie Laufen-, Achen- oder Spiezerschwankung, von ihren Begründern selbst aufgegeben wurde (1).

Die inneralpinen Ablagerungen der letzten Vereisung lassen sich übrigens an Hand der Höhen ihrer hydrographischen und glazialen Einzugsgebiete recht gut einordnen, wie der Vortragende 1926 zeigte (2). Der Ersatz der nur ungenügend berechenbaren Schneegrenze durch die Isohypse, die das hydrographische Einzugsgebiet bis zum Zungenende in eine obere und untere Hälfte teilt, gibt sehr gute Einblicke in die Beziehungen zusammenfließender Gletscher. Da die Methode auch umkehrbar ist, läßt sich das ungefähre Zungenende der Gletscher für eine bestimmte Isohypse ermitteln. Doch bleiben auch hier verschiedene Faktoren dem persönlichen Ermessen vorbehalten, z. B. der Einfluß der wechselnden Höhe der heutigen Schneegrenzen, der Vorteil des größeren Gletschers gegenüber dem kleineren bezüglich des Einflusses der Eisdicke, Beeinflussung entfernter Gletscher durch die Verschiedenheiten der Niederschlagsmengen.

Die Würmablagerungen unterscheiden sich durch ihre frischen Formen, ihr wenig verwittertes Material, durch die meist fehlende Lößbedeckung und besonders durch die angeschlossenen Niederterrassen meist so gut von den sogenannten Altmoränen, daß ihre Ausdehnung im ganzen Umkreis der Alpen ziemlich übereinstimmend kartiert wurde.

Anders liegen die Verhältnisse für alle älteren Ablagerungen. Erstens schwankt vorläufig die Zahl der festgestellten Eiszeiten, indem in Nordamerika meist 5, in Nord-europa 3 und im Kaukasus und in den Alpen je 4 Vereisungen angenommen werden. Allerdings zeigt sich auch in den Alpen die Tendenz, die Zahl zu vergrößern, wie die Arbeiten von B. Eberl, A. Weber und dem Vortragenden beweisen. Damit erheben sich sofort die Fragen, ob es sich bei einer Vermehrung der Vereisungen nur um unwesentliche Vor-

stöße oder um lange Eiszeiten handle und ob vielleicht zwei oder mehrere alpine Vorstöße einer einzigen nordischen Eiszeit entsprechen, Fragen, zu deren zuverlässiger Beantwortung uns die Beobachtungsmaterialien in genügender Menge fehlen.

Da ist es nicht zu verwundern, daß die Aussicht, das Eiszeitalter mittels Berechnung der Schwankungen der Sonnenwärme zu erfassen, ermöglicht durch die umfangreichen und wertvollen Arbeiten M. Milankovitchs, von vielen Forschern freudig und optimistisch begrüßt wurde. Die letzten Kältewellen der Sommerhalbjahre schienen in so vorzüglicher Weise mit den Moränengürteln der Jung- und Altmoränen und ihren Verwitterungsgraden übereinzustimmen, daß sich der Vortragende veranlaßt sah, diese Zusammenhänge genauer zu begründen, indem er die thermischen Verhältnisse der Sommermonate der letzten 170.000 Jahre für die Zone vom 25. bis zum 75. Breitengrad graphisch so darstellte, daß die gegenseitigen Beziehungen und Einflüsse der verschiedenen Breiten klar hervortraten. Um noch sicherer zu gehen, dehnte er die Darstellung auch auf die Wintermonate aus, welche im Gegensatz zum warmen Halbjahr vermehrte Strahlungswärme aufweisen. Leider veränderte dies das Ergebnis vollständig, indem die warmen Winter die kühlen Sommer in der geographischen Breite der Alpen in den Talstationen derart kompensierten, daß kein einziges Monatsmittel mehr unter Null Grad fiel, was heute für drei Monate der Fall ist (3). Die stärkste Auswirkung der berechneten Kältewellen bleibt den hohen Breiten von 65 bis 75° vorbehalten, wo sich zudem auch die Auswirkungen der Oberflächenerhöhung durch die Eisakkumulation, die Verminderung der Wärme durch verstärkte Reflexion und die Wärmebindung beim Abschmelzen in viel kräftigerem Maße auswirken als in den Alpen. Ob vielleicht die Alpengletscher auf Einwirkungen dieser nordischen Verhältnisse reagierten, muß noch weiter geprüft werden. Eines ist durch die Darstellung bewiesen: Die Schwankungen der Sonnenstrahlung, errechnet aus den astronomischen Schwankungen, dürfen der Eiszeitgliederung der Alpen vorläufig nicht mehr zugrunde gelegt werden.

Leider können uns die Paläontologie der Säuger und die Paläobotanik für die Ermittlung der Zahl der Eiszeiten und ihrer Parallelisierung in verschiedenen Regionen auch keine wirksame Hilfe verschaffen, weisen doch Ehrenberg, Gromow, Stehlin u. a. nach, daß in der Umgebung der Alpen, wie auch in Nordeuropa, aus den Einwirkungen auf die Säuger nur auf eine einzige große Kälteperiode geschlossen werden kann, und daß deren Maximum, d. h. das südlichste Vordringen sogenannter nordischer Tierarten, in Westeuropa beispielsweise erst nach der Würmeiszeit im Magdalénien eintrat (Stehlin). Gromow zweifelt infolgedessen sogar am Vorhandensein mehrerer Eiszeiten. Im Alpengebiet scheint vorläufig auch die Paläobotanik noch für längere Zeit der geologischen Datierung der Interglaziale zu bedürfen, soweit diese überhaupt möglich ist, bevor umgekehrt allein aus den Pollenanalysen auf das geologische Alter eines Vorkommens geschlossen werden darf.

Die heutige geologische Unterscheidung der Eiszeiten differiert in Nordeuropa einerseits und in den Alpen und im Kaukasus andererseits insofern, als im ersten Gebiet neben der horizontalen Verbreitung der verschieden stark verwitterten Randmoränen aufgeschlossene oder erbohrte Profile der Innenzone eine große Rolle spielen, während für die vier alpinen Eiszeiten Pencks und Brückners außer den Endmoränen selbst auch deren topographische Höhenlage und die anschließenden ineinandergeschachtelten fluvioglazialen Schotter maßgebend sind. Hier verbindet sich die Stratigraphie mit der Morphologie in der Weise, daß die Gliederung dann mit Sicherheit ausgeführt werden kann, wenn eine jede aus den Alpen vordringende Eiszeit ein gegenüber der vorangehenden Vereisung tektonisch gehobenes und daher durchtautes Vorland antraf. Intramoränische Profile wurden nirgends zur Kennzeichnung der Eiszeiten herangezogen. Ebenso wenig wurde die Möglichkeit diskutiert, daß eine oder mehrere Eiszeiten in die unveränderte Höhenlage der vorangehenden vorstoßen könnten und wie sich dies auf den Aufbau der Ablagerungen auswirken müßte, oder wie

in diesem Falle die Ausräumungsverhältnisse und die verschiedenartigen Ablagerungen auseinandergelassen werden könnten. In der Schweiz, die fast ganz innerhalb der Moränenzone liegt, wurde deshalb die Brückner'sche Parallelisierung der Riß-Hochterrasse des Donaugebietes mit den innerhalb der Riß- und Würmmoränen sich ausdehnenden „Schweizer Hochterrasse“ immer beanstandet und von Mühlberg, Hug, Stehlin und dem Vortragenden teilweise als Ablagerung interglazialer Natur (*Hippopotamus* von Holzikon!), teilweise aber als Zeuge von Vergletscherungen außerhalb der gewohnten vier Eiszeiten bewertet (Kander- und Glütscheiszeit Beck's). Albert Heim betont namentlich die Tatsache, daß die intramoränischen Täler der Schweiz schon vor der größten Vergletscherung (Riß) und vor der vorangehenden Bildung der Hochterrasse ihre größte Austiefung erreichten und seither vorwiegend durch „Rinnenschotter“ zugehüttet wurden.

Gestützt auf die Kenntnisse der schweizerischen glaziologischen Verhältnisse und eine Anzahl außerschweizerischer Vorkommen, sowie die europäische Quartär- und Pliozänliteratur suchte der Vortragende 1933 durch die Publikation „Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän“ (4) weitere Forscher für diese Probleme zu interessieren. Die Unterstützung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und der Schweizer geologischen Kommission ermöglichten ihm seither den Besuch der für die Alterbestimmung in Frage kommenden perialpinen Lokalitäten, wobei ihm durch die Herren Gignoux, Lory und Moret in Grenoble, Nangeroni in Milano und Caffi in Bergamo, Soergel und Erb in Freiburg, Weidenbach in Stuttgart, Knauer in München und Herrn Inqua-Präsident Göttinger in Wien wertvolle Mithilfe und Unterstützung zuteil wurde, die er hier herzlich verdankt. Dabei zeigte es sich, daß nur persönliche Begehungen und Diskussionen mit den Lokalforschern die wirkliche Beweiskraft der literarischen Darstellungen ermitteln und daher vor schweren Trugschlüssen bewahren können.

2. Das Gebiet des eiszeitlichen Aaregletschers.

Der heutige Aaregletscher ist mit 17 km der zweitlängste Gletscher der Alpen und mit 39 km² einer der ausgedehntesten. Die Aare erhält heute noch das Schmelzwasser von 289 km² Firn- und Gletschergebiet. Sie wird darin nur von der Rhone übertroffen. Während der Würmeiszeit erstreckte sich der Aaregletscher 110 km weit bis zu den mittlern Jungmoränen (Berner Moräne) und bedeckte eine Fläche von zirka 3000 km². Im Würmmaximum verschmolz er mit dem Nordostarm des Rhonegletschers. Die Würmmoränenzone erstreckt sich mit klaren Formen von den Endmoränen bis ins Innere der Alpen und ermöglicht, dank den sehr verschiedenartig gestalteten Zuflüssen, eine weitgehende Kontrolle der einzelnen Erscheinungen. Die Untersuchung dieses Gebietes kann stets im Hinblick auf den ganzen Gletscher geschehen, bietet doch noch der Blick von den Endmoränen aus ein Hochgebirgspanorama der eispendenden Viertausender, das in den Alpen von keinem andern an Großartigkeit übertroffen wird.

Die genügend großen, aber im Vergleich mit den größten Alpengletschern (Rhone, Rhein, Inn usw.) knappen Ausdehnungsverhältnisse lassen nebensächliche Oszillationen und kleinere Schwankungen zurücktreten, so daß sie nicht Vergletscherungen vortäuschen. Die Altendmoränen der größten Vergletscherung liegen erst jenseits der Juraketten, so daß ihre Beziehung zu den Würmmoränen des Aaregletschers und zu den Terrassen eindeutig sind. Allerdings treten die nächsten sichern Deckenschotter erst im Aargau in 60—65 km Entfernung, und zwar die älteren in zirka 800, die jüngeren in zirka 630 m Meereshöhe auf. Ihre Äquivalente sind daher im Aaregebiet bei Bern in ungefähr 900, respektive 730 m Höhe zu erwarten. Eine ganze Anzahl älterer Schotter umschließt die Würmmoränen des Aaretales: 1. Östlich zwischen Aare und Emme Moränen und Schotter auf Bergrücken und Graten in zirka 900 m Höhe, 2. meist durch Moränen zugedeckte Schotter in zirka 700 m Höhe nördlich Berns am Frienisberg, 3. im Westen und

Südwesten Berns die Schotter des Forstplateaus in zirka 600 *m*, 4. dazu treten noch erbohrte sogenannte Rinnenschotter, die mindestens 80 *m* tief unter die heutige Aaresohle (Aare bei Bern 500 *m*) hinabreichen. Alle diese Schotter tragen einen frischeren Habitus als die sichern Deckenschotter des untern Aare- und Rheingebietes. Allgemein anerkannt ist die Stellung der präglazialen Landoberfläche, die in den nicht abgeschliffenen Gebieten bei Bern in zirka 900 *m* Höhe einsetzt, in den abgetragenen Partien aber von zirka 800 *m* bei Bern bis 1000 *m* am Simmentaleingang (Burgfluhniveau) ansteigt. Ebenfalls gilt für sozusagen alle Schweizer Geologen als festgestellte Tatsache, daß die größte Vereisung über die schweizerische Hochterrasse und die Rinnenschotter (unterer Teil der Schweizerischen Hochterrasse in den tiefsten Felsrinnen) hinwegging und somit unzweifelhaft jünger ist.

Das Aaregebiet erhält nun seine besondere Bedeutung dadurch, daß durch Aufschlüsse und Bohrungen der stratigraphische Aufbau der Talterrassen und der Talsohle auf eine Strecke von 45 *km* viel besser bekannt ist, als in irgendeinem andern Alpental. Die Beobachtungspunkte liegen viel dichter und ohne wesentliche Lücken. Das Profil reicht von den Würmendmoränen bis zum Gschnitzstadium und umfaßt somit rund 50% der Würmgletscherentwicklung. Folgender Bauplan ist nachweisbar:

B. Obere Gruppe — vorwiegend horizontale Ablagerungen.

7. Oberste Moräne = Würm, oft drumlinisiert. Sie bildet die Gleitfläche der Würmvereisung. Die Stirn- und Zungenmoränen der Stadien von Bern und Muri sind dieser Fläche aufgesetzt, die Zungenbecken der Rückzugsstadien von Muri (W III) und Wichtrach-Jaberg-Thun (Bühl) darin eingetieft.

6. Horizontalschotter = Riß-Würminterglazial, oft fluvio-glazial, oft wild gelagert. An seiner Basis stellenweise etwas Schieferkohlen und geringe Seetone. Diese Schotter reichen, sehr häufig aufgeschlossen, bis oberhalb Spiez am Thunersee und bis oberhalb Reichenbach im Kandental, also von den Endmoränen bis ins Becken des Gschnitzstadiums.

5. Zweitoberste horizontale Moräne = Riß, besonders in der Umgebung von Bern, aber auch im Aaretal und in der Umgebung des Thunersees mehrfach über noch älteren Quartärablagerungen sichtbar. Ein nachweisbarer Zusammenhang mit den Stirn- und Zungenmoränen jenseits der Juraketten fehlt natürlich. Die Rißmoräne setzt sich bis ins Gebiet des Rhonegletschers, von dessen Würmmoräne sie durch die Schotter Nr. 6 getrennt ist, fort. Die vorausgehende, durch die Schotter Nr. 6 bewiesene ausgedehnte Aaperzeit mit den Schieferkohlenbildungen am Alpenrand zwingen zur Annahme, daß Nr. 5 einer besonderen Vereisung, u. zw. der zweitjüngsten, also der Rißeiszeit und nicht nur einer Schwankung entspricht.

A. Untere Gruppe — vorwiegend Seeablagerungen, von der obern Gruppe durch eine durchgreifende Diskordanz getrennt.

4. Jüngere Seeablagerungen des Aaretals: Deltaschotter, Deltasande und Seetone, die sich vom Ausgang des Glütschtälchens bei Thun wenigstens 25 *km* weit bis nach Bern erstrecken und am letztern Ort noch 76 *m* tief erbohrt wurden, ohne daß die liegende Molasse getroffen wurde (bis 424 *m* ü. d. M.). Die Ausfüllung dieses ältesten Aareeses muß einem bedeutenden vorrißzeitlichen Zeitabschnitt entsprechen.

3. Deltamoräne des Glütschtales = Glütscheiszeit, vertreten durch eine zirka 2½ *km* lange, talaufwärts anschließende, eckige und meist sehr grobblockige Ausbildung der Deltaschichten, die vorläufig nur mit Eistransport erklärt werden kann.

2. Ältere Deltaablagerungen sind, vom Glütschtal bis in die Ausgänge der Täler der Simme und der Kander, mindestens 7 *km* weitreichend, prächtig aufgeschlossen. Sie führen vereinzelte erratische Blöcke.

1. Liegende Moräne = Kandereiszeit, zwischen 2 und dem Fels; einwandfreier Aufschluß!

Da die größte Vereisung sicher jünger ist als die große Verschotterung der größeren Haupttäler des Schweizer Mittellandes und die Bildung der großen Alpenrandseen, von denen die heutigen nur noch Überreste sind, so müssen die glazialen Ablagerungen, die in die Seebildungen eingelagert sind oder diese unterteufen, älter sein als die größte Vergletscherung, deren Ablagerungen jenseits des Rheins sich in das klassische Rißgebiet erstrecken und mit der dort von Penck charakterisierten Rißeiszeit zweifellos identisch sind. Andererseits kann die große Seebeckenbildung und die Eintiefung der tiefsten Felsrinnen sowie die Ablagerung der liegenden Moräne an der Kander auch nicht der jüngeren oder der älteren Deckenschottereiszeit = Mindel oder Günz zugeschrieben werden, da die erstgenannten Bildungen bei Bern unter 424 *m* Meereshöhe hinabreichen, der untere Deckenschotter aber mindestens in 700 *m* Höhe zu erwarten ist und die präglaziale Fläche, das Auflagerungsniveau des oberen Deckenschotters, bei zirka 900 *m* liegt. Alle Deckenschottervorkommen sprechen übrigens eindeutig dafür, daß dieser Ablagerung die große Durchtalung des Schweizer Molasselandes und der anschließenden Alpenländer zeitlich folgte und in der großen Seebeckenbildung ihre Höchstausdehnung erreichte.

Eine gute Bestätigung der dargelegten Einordnung von Kander und Glütsch zwischen Riß- und Deckenschotter liefert übrigens das Gebiet zwischen Walen- und Zürichsee, wo, ebenfalls über 500 *m* tief in den Deckenschotter eingeschachtelt, eine Gruppe von moränenunterlagerten Seeablagerungen ein altes größeres Seebecken füllt und durch eine Gruppe von Horizontalschottern und Moränen bedeckt wird. Leider sind die Verhältnisse seit der Auflassung des Schieferkohlenbaues von Uznach und Wangen nicht mehr so gut aufgeschlossen wie im Aaregebiet (5).

In der Schweiz, d. h. im Flußgebiet des Rheins, können also innerhalb der Jungmoränen, in stratigraphischen Profilen sichtbar, außer den Deckenschottern und ihren Moränen noch vier weitere Moränenlagen nachgewiesen werden, die durch Aperbildungen von so großer horizontaler Ausdehnung getrennt sind, daß sie weder als Phasen noch als Stadien oder Oszillationen einer oder zweier Eiszeiten aufgefaßt werden dürfen. Zwischen die jüngere Deckenschottereiszeit und die größte Vereisung muß demnach noch eine weitere Eiszeitgruppe von zwei Eiszeiten eingeschaltet werden (6).

Wie gestalten sich aber die Verbindungen dieser Eiszeiten mit der klassischen Gliederung nach Moränengürteln und fluvioglazialen Terrassen? Der Hochterrassenschotter des mittleren Aaregebiets (bernisches Seeland) streicht unterhalb Solothurn unter den Würmmoränen des Rhonegletschers durch gegen den Rhein, wobei er eine Rißmoränendecke trägt. Längs der Reuß ziehen sich von Bremgarten bis über Mellingen hinaus Rißmoränen, die unterhalb der Vereinigung mit der Aare im altbekannten Aufschluß der Beznau nochmals auftreten. Am Rhein bei Lauffenburg gliedert sich der Hochterrassenschotter, der bis nach Möhlin bei Rheinfelden Rißmoräne trägt, durch eine Verwitterungsschicht in zwei Partien, wovon die obere als eigentliche, zur Rißvereisung gehörende Hochterrasse im Penckschen Sinn, die untere aber als Äquivalent der „Schweizer Hochterrasse“, also als vorrißzeitlich und wenigstens teilweise interglazial, aufzufassen ist. Da im Rheintal auch die beiden Deckenschotter auftreten, so ist hier klar erwiesen, daß außer den vier klassischen Terrassen zwischen Riß und Mindel noch ein weiterer Schotter auftritt, der aber keine selbständige Form besitzt, sondern morphologisch dem Rißschotter, also der Hochterrasse, einverleibt ist. Da er an vielen Orten, wie Bohrungen beweisen, tief in die tiefsten Felsrinnen hinabreicht und mit dem sogenannten „Rinnenschotter“ Heims u. a. identisch ist, so wird es gut sein, in Zukunft innerhalb der Altmoränen auf den Namen Hochterrasse zu verzichten, um Verwechslungen mit dem extramoränischen Rißschotter zu vermeiden, und ausschließlich den Namen Rinnenschotter zu gebrauchen, u. zw. auch dann, wenn er nicht in den Rinnen, sondern

hoch über dem Talweg ansteht und morphologisch als „Hochterrasse“ hoch über den Niederterrassen auftritt.

Außer den Gruppen der beiden Deckenschotter und den beiden jüngeren Hoch- und Niederterrassenschottern gibt es somit noch einen schwer erkennbaren Rinnenschotter, der in der Außenzone horizontal liegt und in der Umgebung des Seedorfsees bei Bern, im Aargau und im Glattal bei Seebach Moränen einschließt, im Innenraum aber aus Seeablagerungen mit beigemischten Moränen besteht. Dadurch drängt sich eine Dreiteilung der glazialen Ablagerungen der Alpen auf: Altpleistozän mit Günz und Mindel, Mittelpleistozän (nach einer starken Durchtalung) mit Kander und Glütsch, Jungpleistozän mit Riß und Würm. Diese Gliederung weicht insofern von der internationalen Quartärkartenlegende ab, als sie das Riß statt ins Mesopleistozän ins Neopleistozän versetzt. Im übrigen stehen die Rinnenschotter den Riß-Würmschottern viel näher als den Deckenschottern, so daß auch eine Zweiteilung angezeigt wäre.

3. Zur Gliederung der glazialen Ablagerungen der Stromgebiete des Po, der Rhone und der Donau.

a) Das Grenzgebiet von Tessin- und Addagletscher an der Olona bei Varese.

Nach der Sicherung dieser Gliederung im Rheingebiet, drängten sich natürlich die folgenden Fragen auf:

1. Finden sich auch in den anderen alpinen Stromgebieten im Innenraum der Verbreitungsgebiete der alten Gletscher ähnliche vorrißzeitliche Seeablagerungen, die keine Verbindungen mit den Deckenschottern der Außenzone und deren Moränen haben?

2. Gibt es im Außenraum der alten Gletschergebiete auch Andeutungen von Rinnenschottern oder diesen zugehörigen Moränen?

3. Lassen sich die vier klassischen Eiszeiten in den verschiedenen Stromgebieten wirklich so einwandfrei auseinanderhalten, wie die geologischen Karten und Lokalbeschreibungen vermuten lassen?

Nachstehend eine knappe Skizze der angetroffenen Verhältnisse.

Die schönste Übereinstimmung mit den vorangehenden Darlegungen vom Vorhandensein einer Rinnenschottergruppe und einer größeren Zahl Eiszeiten fand ich, gestützt auf die vorzüglichen Arbeiten L. G. Nangeronis (7), im westlichen Anschluß an mein Untersuchungsgebiet im äußersten Südtessin (8). Südlich des Luganersees stieß ich auf ausgedehnte Seeablagerungen mit Moränenlagen vom Charakter der Kander-Glütschgruppe, die älter sein mußten als Riß. Doch fehlten auf Schweizerboden die direkten Beweismittel für diese Altersbestimmung. Bei Varese wies aber Nangeroni als erster nach, daß die alten Seeablagerungen des intramoränischen Varesesees liegende und eingeschaltete Moränen enthalten und daß sich dieses Glaziolakustrin unter den Jung- und Altmoränen durch bis ins Olonatal fortsetzt und somit unzweifelhaft älter ist als Würm und Riß; denn es wird von diesen beiden durch horizontale Konglomerate, den sogenannten Ceppo, abgegrenzt. Nangeroni faßte zwar die beiden mit dem Lakustrin in Beziehung stehenden Moränen zu einer einzigen Vereisung zusammen. Die beiden werden aber durch Schichten mit zahlreichen verkohlten *Abies*-Stämmen und -Zweigen getrennt, was auf ein Klima, ähnlich dem heutigen, also auf eine Interglazialzeit hindeutet. Außerhalb der Altmoränen dehnen sich beidseitig der Olona unfruchtbare Ferrettoflächen aus. Das sind tiefgründig und stark verwitterte, in der Tiefe aber verfestigte Schotter vom Deckenschottertypus, die, von zwei Lößschichten bedeckt, nahe den Altmoränen den Charakter eines Übergangskegels annehmen und daher, wie schon Penck darlegte, eine weitere Vereisung aus der Gruppe der Deckenschottereiszeiten beweisen. Somit liegen im Gebiet Varese—Olonatal ebenfalls drei Gruppen von Vereisungen vor: Die Jung- und Altmoränen als Würm und Riß, die beiden lakustren Moränen, von denen die einge-

lagerte mit Glütsch und die unterteufende mit Kander übereinstimmen, sowie ein Deckenschotter mit moränennaher Randfazies, wobei es unentschieden bleiben muß, ob er dem Mindel oder dem Günz entspricht. Die Seeablagerungen reichen, wie ich an Ort und Stelle genau feststellte, nicht bis unter den echten Ferretto mit seinen Nagelfluhen, die einem Molassesockel aufsitzen. Das Olonatal ist in Molasse, Pliozän und Deckenschotter-Ceppo eingeschnitten und mit jüngeren Schottern (jüngere Ceppo und Sanden) vom Rinnenschottertypus wieder aufgefüllt, nachträglich aber wieder bis auf den heutigen Flußlauf eingetieft, wobei zwei Hauptterrassen mehr durch Erosion als Aufschüttung entstanden.

Die Ablagerungen des Olonatales und der Seen von Varese erbringen den klaren Beweis dafür, daß die Seebildung am Alpenrand und ihre teilweise Zuschüttung älter sind als die Stirnmoränen der Würm- und Rißgletscher. Sie ergänzen dadurch das Aaretalprofil. Letzteres reicht dagegen bis zur Gschnitzstellung in die Alpen hinein. Für die Unterscheidung der Deckenschotter und der Rinnen- sowie auch der jüngeren Schotter steht leider kein stratigraphisches Profil zur Verfügung, was schon durch die Einschachtelung begründet ist. Doch zeigen eine ganze Anzahl Kiesgruben, daß längs der Olona weniger verfestigte und weniger verwitterte Schotter, ähnlich denen des südlichsten Tessins, die nicht deckenschotterverdächtig sind, vorkommen, was schon Penck feststellte.

b) Das Isèregebiet.

Inneralpin zeichnet sich das Isèregebiet von der Arcmündung gegen Chambéry und den Lac du Bourget einerseits und durch das Graisivaudantal bis gegen Grenoble andererseits durch ausgedehnte Talterrassen aus, die sich im Liegenden und Hangenden aus Moränen, in der Mitte aber aus Schottern mit Schieferkohlen zusammensetzen. Wir erkennen in ihnen die horizontalen Ablagerungen des Aaretals, also der Riß- bis Würmzeit, wieder. Die französische Karte 1:80.000 bezeichnet die Ablagerungen noch nach der alten Kilian-Penckschen Auffassung als Äquivalente der vom letztgenannten Forscher seit langem aufgegebenen Laufschwankung, also als Würm — Interstadial — Neowürm —, eine Nomenklatur, die heute in Übereinstimmung mit den Terrassen des Inn- und Isartales in Riß, Riß-Würm-Interglazial und Würm abgeändert werden dürfte.

Bei Eybens, nahe bei Grenoble, treten nach der Feststellung von P. Lory hinter der genannten Terrasse Seetone von 200 m Mächtigkeit auf. Oben gehen sie in lokalen Gehängeschutt über, der von Dracschotter und Moräne bedeckt ist. Glaziale Spuren fehlen den Bändertonen. Da diese Seeablagerungen älter sind als Riß, dürfen sie den lakustren Rinnenschottern gleichgestellt werden, wie auch die noch nicht lange bekannten Deltaschotter von Rovon am unteren Ende des Zungenbeckens der Isère. Der älteste Isèreseehintersee scheint daher einen bedeutenderen Umfang gehabt zu haben, als das heutige Becken von Grenoble. Von den beiden Gletscherzungen der Isère zeigt diejenige, die den 200 m hohen Sattel von Rives überfloß, die günstigeren Ablagerungen als diejenige, die der Isère über Rovon hinaus folgte, weil erstere vor starker Abtragung verschont blieb. Hier senken sich drei schöne Moränenzüge zur Bièvre-Ebene. Penck faßte die innerste als Würm und die beiden äußeren als Riß auf, eine Darstellung, die heute immer mehr Zustimmung gewinnt, da sich die Rißablagerungen im Riß- und Donaugebiet in zwei Gruppen, Riß I und Riß II, gliedern. Die französische geologische Karte 1:80.000 schließt sich diesmal nicht der Penckschen Deutung an, sondern sie bezeichnet die drei Gürtel als Würm, Riß und Mindel, ohne indessen einen triftigen Grund anzuführen; denn zwischen den beiden äußeren besteht kein solcher Unterschied, wie ihn die lange Riß-Mindel-Interglazialzeit verlangt. Sichere Deckenschotter sind mir im Isèregebiet nicht bekanntgeworden. Dagegen gibt es im Innern der Alpen, nahe der Wasserscheide, bei Entraigue in 1200 m Höhe einen moränenbedeckten Kalktuff, dessen Fossilien sehr gut mit Hötting übereinstimmen. Leider steht er in keinem Zusammenhang mit anderen Ablagerungen.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß das Isèregebiet sich bezüglich des inneralpinen Würm und Riß gleich verhält wie das Aaretal und daß ältere Seeablagerungen im Sinne der lakustren Rinnenschotter vorkommen, sichere Deckenschotter dagegen fehlen.

c) Rhonegebiet.

Wie die Isèreregion, so bietet auch diejenige der Rhone keine zusammenhängenden Quartärablagerungen, aus denen sich allgemein gültige Gesichtspunkte gewinnen ließen. Im Becken des Genfersees kennt man in der Umgebung Genfs einen moränenbedeckten und moränenunterteuften Schotter, der ähnlich wie am Inn, der Isar, der Aare und der Isère am ehesten als Riß-Würm-Interglazial zu deuten ist. Die Savoier Drance durchschneidet vor ihrer Einmündung in den Genfersee einen alten moränenunterlagerten Deltaschotter mit aufgelagerter, früher durch 1·5 m Schieferkohle unterteilter Moräne. Dies stimmt gut mit der liegenden Kandermoräne, den Deltaschottern und den aufgelagerten Riß-, Schieferkohlen- und Würmablagerungen des Glütschtales am Thunersee überein. Westlich des Juras erreichen die Jungmoränen noch den Jurafuß, die Altmoränen überschreiten dagegen sogar die Saône bei Lyon. Penck betrachtet sie, sicher mit Recht, als Rißmoränen, während die französische Karte die Zone westlich von Saône—Rhone als Mindel, diejenige im großen Rhonebogen dagegen als Riß darstellt. Die Begründung dieser Unterscheidung durch die 35 m-Terrasse kann sicher nicht genügen, weil der Höhenunterschied zur sogenannten Mindelterrasse (55—60 m) durch die verschiedenen Abflußverhältnisse infolge Stauung durch den Gletscher erzeugt wurde. Der Rhonegletscher-Anprall an den Lyoner Hügeln und die entsprechende Ablenkung von Saône und Rhone aus ihren gewohnten Flußtälern zerstörten die normale Terrassen- und Schotteranordnung. Die Schotter, die die Altmoränen unterlagern, werden als „préglaciaires“ bezeichnet. Zum Teil sind es wohl Vorstoßschotter der Rißeiszeit, teils aber Rinnenschotter. Zu den „alluvions préglaciaires“ zählt die französische Karte auch 90—100 m über die Rhone hinaufreichende Schotter, die möglicherweise dem Deckenschotter entsprechen. Eine Gliederung, die sich auf andere Gegenden übertragen ließe, findet man nicht, ebensowenig wie die Äquivalente der vier klassischen Eiszeiten, die auch im Isèregebiet fehlten.

d) Donaugebiet.

Abgesehen von der Frage, ob Würm I oder Würm II die äußersten Jungmoränen aufgeworfen habe, treffen wir in diesem Stromgebiet keine wesentlichen Probleme der letzten Vergletscherung. Eberl, Knauer, Weidenbach und neustens auch Erb gliedern die Altmoränen vom klassischen Rißgebiet bis zum Inn in Riß I und Riß II. Östlich davon erscheint diese Gliederung durch die Bezeichnungen Mindel und Riß ersetzt, indem die äußeren oder auf höherem Sockel abgelagerten Altmoränen als Mindel, die inneren oder in den Tälern zur Ablagerung gekommenen dagegen als Riß bezeichnet werden. Dies gilt für den Raum östlich des Inns bis zur Krems. Zwingende Beweise sind zwar hier ebensowenig vorhanden wie im Rhonegebiet. Die sogenannten Mindelmoränen stoßen nicht anders auf den Deckenschotter — nach der Auffassung Pencks und der österreichischen geologischen Karte ist es der ältere — vor, als im Rißgebiet das Riß I auf das sogenannte „Hochgeländ“, das der dortige ältere Deckenschotter formt.

Übrigens lassen sich die Deckenschotter nicht leicht auseinanderhalten, da die eindeutige Einschachtelung des jüngeren in den älteren gar nicht sehr häufig auftritt. Im Originalgebiet von Günz und Mindel zwischen Iller und Lech verdoppelte Eberl im Widerspruche zu Penck die Zahl der Mindel- und Günzschotter und schied überdies noch drei ältere Donauschotter und einen Ottobeurerschotter aus. Nach den Profilen von Höllrigelsgreuth an der Isar und bei Kreuzpullach im Gleisental (J. Knauer) scheinen sich im Isargebiet die beiden Deckenschotter zu kreuzen, indem der jüngere außerhalb der Moränenzone den älteren überlagert, gegen die Alpen hin aber in den letzteren eingeschachtelt

ist. Auch östlich des Inn scheint zur Zeit kein Profil vorhanden zu sein, das eine sichere Trennung in Günz und Mindel erlauben würde (9).

Aber ebenso sicher, wie die Gliederung fraglich bleibt, ist das Deckenschotterphänomen als solches, das Vorhandensein von riesigen alten Schotterplatten, die sich deutlich von den jüngeren Ablagerungen unterscheiden, eine großartige Erscheinung. Ich weise ganz besonders auf diese Tatsachen hin, um darzulegen, daß die Beweismittel für die Unterscheidung der vier klassischen Eiszeiten, sobald es sich um weite Gebiete handelt, sehr spärlich werden und daß es ganz besonders nicht angeht, alle Ablagerungen, die älter sind als Riß, einfach ins Mindel zu stellen.

Gibt es denn hier auch Rinnenschotter? Sehr wahrscheinlich stecken sie an den meisten Orten, wie wir es im Rheingebiet sahen, in der sogenannten Hochterrasse, indem deren Sockel aus Rinnenschottern besteht. Einen Anhaltspunkt dafür lieferte ein zusammen mit Herrn Knauer beobachtetes Vorkommen in der Nähe von Schambach am Inn, wo unter der normalen Folge Würm-Interglazial-Riß ein verfestigter Deltaschotter auftritt. Die Stelle befindet sich nahe an den äußersten Würmmoränenwällen und zirka 85 *m* tiefer als der benachbarte Deckenschotter, also ganz in Rinnenschotterverhältnissen (10).

Im Iller—Lech-Gebiet, wo sehr wahrscheinlich die Erosionsverhältnisse eine stärkere Dispersion der Schotter erzeugten als an anderen Stellen des Donauraumes und im Isargebiet, scheinen die Mindel II-Schotter den Rinnenschottern zu entsprechen, da sie, wie sowohl Eberl als auch Knauer stark betonen, durch eine kräftige Erosion vom Mindel I getrennt sind.

Alte Seeablagerungen, die heute allgemein als prärißisch bezeichnet werden, weisen besonders die Alpenrandgebiete des Inn und der Salzach in den moränenunterteuften Deltakonglomeraten vom Förchenbach und von Brannenburg (Inn) und von Salzburg auf. Die letzteren stimmen nicht allein in der großen Ausdehnung vom Alpeninnern bis ins Vorland mit dem Aaregebiet überein, sondern auch darin, daß sie nach Stummer von Riß- und Würmmoränen mit dazwischenliegenden Schottern überlagert werden. Auch die Unterlagerung durch Moräne, ähnlich der Kandermoräne, ist sicher nachgewiesen. Ganz allgemein setzt man diese Seeablagerungen in die Mindel-Riß-Interglazialzeit. Zusammenhänge mit den Deckenschottern des Vorlandes, die selber nicht sicher in Günz und Mindel unterschieden werden können, fehlen vollkommen. Andererseits fehlen hier auch Anhaltspunkte zur sicheren Abspaltung einer neuen Schotter- und Eiszeitengruppe, wie dies bei Varese und im Aaretal der Fall ist. Doch trägt das ganze Vorkommen den Charakter der lakustren Rinnenschotter und nicht denjenigen der Deckenschotter, weshalb die liegende Moräne als Kandermoräne und die ganze Gruppe als Rinnenschotter anzusprechen ist.

Im Inneren der Alpen wiederholen sich die Verhältnisse des Isère- und Aaregebietes bezüglich der Talterrassen aus Riß- und Würmmoränen mit Interglazial namentlich im Inn- und Isartal. Hinter der Inntalterrasse stehen außer alten Schottern namentlich die Schichten von Hötting mit der bekannten warmen Flora an. Auch hier erhebt sich wieder die Frage der Zuteilung der liegenden Moräne zu einer Eiszeit und der Einordnung des warmen Interglazials. Kennt man nur vier Eiszeiten, so zählt man die liegende Moräne zum Mindel, weiß man aber auch von den Rinnenschottern und den Kander-Glüttsch-Eiszeiten, so kann auch eine von diesen in Frage kommen. Für die letztere Auffassung spricht das Überdauern der großen Erosionszeit, die dem Mindel folgte. Zu einer Entscheidung fehlen aber, gleich wie bei Entraigue im Isèregebiet, brauchbare Anhaltspunkte.

e) Zusammenfassung.

Beantworten wir nun die oben gestellten Fragen!

1. Seeablagerungen vom Typus der lakustren schweizerischen Rinnenschotter kommen in den folgenden Flußgebieten auch noch vor: Olona, Tessin (Varese,

sowie Mendrisio und Umgebung von Lugano), Isère, Rhone, Inn und Salzach. Auch Leffe und Pianico-Sellere nordöstlich Bergamo kommen dafür in Frage.

Liegende Moränen, deren stratigraphische Stellung der Kandermoräne entspricht, kennt man an der Drance (Rhone), am Förchenbach (Inn), bei Salzburg, bei Varese und bei Pianico-Sellere.

Äquivalente der Glütschmoräne findet man bei Varese und an der Olona, bei Mendrisio, Lugano und Pianico-Sellere, jedoch nie in ausgedehnten Profilen. Sicher ist ihre Trennung von der liegenden Moräne durch interglaziale Ablagerungen mit Fossilien (Varese, Pianico, Lugano).

Nördlich der Alpen treten die Rinnenschotter nirgends in direkte Beziehung zu den Deckenschottern. Bei Schambach am Inn und an der Olona liegen sie tief hinter dem Rande der Deckenschotterplatte. Dazu weisen sie einen durchaus verschiedenen Habitus auf.

An mehreren Stellen beweisen zwei hangende Moränen (Würm und Riß) das vorrißzeitliche Alter der Rinnenschotter: Eybens (Isère), Drance (Rhone), Olona-Varese, und Salzburg (Salzach).

2. Horizontale Rinnenschotter der Außenzone sieht man in mehreren Kiesgruben längs der Olona und in den tief gelegenen „alluvions préglaciaires“ des Zungenbeckens der Rhone bei Lyon. Zwischen Iller und Inn entsprechen ihnen sehr wahrscheinlich die neuerdings ausgeschiedenen Mindel II-Schotter.

(Erst nach diesem Vortrag wurden mir auf der großen Quartärexkursion durch Frau Dr. Ebers die Schotter und der Moränenrest von Ach-Burghausen an der Salzach bekannt. S. Anm. 10.)

3. Mit Ausnahme des Würm (und leider auch da nicht immer!) besitzt keine der vier klassischen Eiszeiten solche Merkmale, daß sie mit Sicherheit stratigraphisch von den anderen unterschieden werden könnte. Erst die gegenseitigen Beziehungen und die morphologische Stellung wirken gelegentlich entscheidend. Wo diese Merkmale schwer zu erkennen sind, wird die Deutung unsicher.

Daher kommt es, daß der überall sehr gleichartig vorkommende Altmoränengürtel vom französischen Jura bis an den Inn als Riß, eventuell als Riß I und Riß II, bezeichnet wird, an der Isère, der Rhone und östlich des Inn bis zur Krems dagegen auf Mindel und Riß verteilt wird. Wäre aber das letztere richtig, so müßte die innere Zone der Altmoränen in ihrem ganzen Habitus und Verhalten den anschließenden Jungmoränen der Würmzeit bedeutend näher stehen als der in diesem Falle um die große Mindel-Riß-Interglazialzeit älteren äußeren Altmoräne. Daß das Gegenteil der Fall ist, beweist schon der den beiden äußeren Zonen gemeinsame Ausdruck „Altmoränen“, der den Gegensatz zu den Jungmoränen betont.

Auch die Günz- und Mindelmoränen und -schotter lassen sich nur dort mit einiger Sicherheit voneinander unterscheiden, wenn die jüngeren deutlich in die älteren eingeschachtelt vorkommen, wie im Rheingebiet.

Aus den ausgeführten Begehungen ergibt es sich, daß die klassischen Eiszeiten keineswegs so leicht zu unterscheiden sind und auch nicht überall richtig getrennt wurden, wie man nach der Literatur und den geologischen Karten annehmen muß. Die Natur drängt für die Außenzone vielmehr eine Dreiteilung in Jungmoränen mit Niederterrassen, Altmoränen mit Hochterrassen und endlich Deckenschottermoränen mit Deckenschottern auf, wobei nur in günstigen Fällen weitergehende Unterscheidungen in Riß I und Riß II oder in Günz und Mindel gemacht werden können. Zu dieser im Rand- und Anschlußgebiet der alten Gletscher gewonnenen Gliederung kommen aber nach den Aufschlüssen des Rheingebietes (Aare, Linth) und des Grenzgebietes zwischen Tessin- und Addagletscher (Olona-Varese) im Innenraum noch die Rinnenschotter mit ihren unterlagernden und

eingelagerten Moränen und den Auffüllungen der ehemals viel größeren Alpenrandseen als weitere Gruppe, die zeitlich unmittelbar vor der Rißzeit einzuordnen ist. Erst durch diese neue Gruppe wird eine einheitliche Auffassung und Darstellung des gesamten Glazialphänomens möglich. Will man aber, um die vier klassischen Eiszeiten unverändert zu erhalten, diese Ergänzung ablehnen, so muß man beweisen, daß Kander = Günz und Glütsch = Mindel ist, was mir nach meinen speziellen Untersuchungen nicht möglich scheint.

4. Schluß.

a) Zur Entstehung der Alpenrandseen.

Die vorstehende Darlegung von alten Seeablagerungen, welche die Riß- und Würmeiszeiten überdauerten, wirft neuerdings das Problem der Entstehung der Alpenrandseen und der Glazialerosion auf, um das es in letzter Zeit gar still geworden ist, seit es sich zeigte, daß keine der extremen Deutungen mit der Natur übereinstimmt. Drei Gesichtspunkte treten durch das Problem der Rinnenschotter neuerdings in den Vordergrund: 1. Welcher der drei Faktoren: Gletscherwirkung, abgedämmtes Flußtal oder tektonische Flußtalversenkung, spielt bei der Bildung der Alpenrandseen die maßgebende Rolle? 2. Wann entstanden die Alpenrandseen? 3. Wie ist der Gegensatz zwischen einer Seebildung unter der maßgebenden Mitwirkung der Gletscher einerseits und das Überdauern mehrerer Eiszeiten durch die lakustren Rinnenschotter und -moränen andererseits zu erklären?

1. Die Täler am Alpensüdrand, deren Mündungen gegen die Poebene teils vereist, teils aper waren, geben ein gutes Vergleichsmaterial, das die Abhängigkeit der See- und Beckenbildung von glazialen Wirkungen und die Unabhängigkeit von tektonischen Bewegungen augenscheinlich macht. Sesia, Brembo, Serio, Mella und Chiese verlassen ihre Endmoränen schon innerhalb der Alpen. Diese Täler zeichnen sich durch ungestörte und schön entwickelte, alpineinwärts ansteigende Felsterrassen aus, die keinerlei Verbiegungen erkennen lassen. Becken oder Seen fehlen am Austritt in die Ebene, der sich trichterförmig gestaltet. Zwischen diesen apern Tälern münden aber in mehrmaligem Wechsel solche, die vom Eis bedeckt waren und dieses auch in die Ebene hinaustreten ließen. Zwischen Sesia und Brembo dehnten sich Tessin- und Addagletscher mit dem Ortasee, dem Langensee, dem Luganersee, dem Comersee und den vielen kleineren Seen aus, zwischen Serio und Mella der Ogligletscher mit dem Iseosee und zwischen Chiese und Etsch der Etschgletscher mit dem Gardasee. In den meisten Fällen fand eine Durchtalung statt, die weit unter den Meeresspiegel hinabreicht. Wäre sie tektonisch bedingt, so müßte sie sich auch im Verlauf der Felsterrassen der dazwischen vorkommenden apern Tälern auswirken, was nicht der Fall ist. Für die Annahme von Einsenkungen, die ausschließlich und rein zufällig einzig die ehemals bis zur Ebene vergletscherten Täler betroffen hätte, fehlen jegliche Gründe. Somit entstanden die Alpenrandseen dort, wo die Alpengletscher aus den Tälern in die Ebene hinaustraten.

2. Wie oben dargestellt wurde, weisen die Auffüllungen der Seebecken die Spuren von vier Vereisungen auf. Wollte man diese mit den vier klassischen Eiszeiten in Beziehung bringen, so müßte man die Bildung der Alpenrandseen einzig der Günzzeit zuweisen. Alle folgenden Eiszeiten hätten, mindestens stellenweise, nur akkumuliert. Nun liegen aber von allen Ablagerungen die Günzschotter normalerweise am höchsten und bezeichnen hoch über den Seeflühen das präglaziale Niveau, das während der Eiszeit durchtalt wurde. In den tiefsten Rinnen finden wir aber weit unter den Deckenschottern die prärißzeitlichen horizontalen Rinnenschotter. Also dürfen wir die Randseebildung als den Abschluß der großen Talbildung überhaupt auffassen. Seither dominierte die Akkumulation über die Eintiefung. Die maßgebende glaziale Übertiefung entstand während der Kandereiszeit.

3. Unklar bleibt die Begründung, warum am Ende der quartären Erosionsperiode die Gletscher Felsbecken ausweiten und übertiefen konnten, daß sie aber seither die lockern Schuttmassen nicht mehr auszuräumen vermochten. Ob die heutigen Seen Relikte der ältesten sind oder ob sie aufgefüllt und wieder ausgeräumt wurden, vermögen wir wegen der mangelnden Kenntnis ihrer Halden und Schweben auch nicht zu sagen. Es scheint, daß irgendein Grenzwert überschritten werden müsse, um die Gletscherkolkung wirksam zu machen. Ob es sich dabei um die Zeitdauer einer Vereisung oder um die Eisdicke oder eine Kombination beider oder um andere Einflüsse handelt, entzieht sich heute noch unserer Kenntnis. Doch sei an dieser Stelle auf dieses Problem hingewiesen.

b) Über die Abgrenzung von Pliozän und Pleistozän.

Ergänzt man die vier alten alpinen Eiszeiten durch die Rinnenschottergruppe Kander-Glüttsch, so gerät auch die übliche Parallelisierung der Vereisungen mit den außeralpinen ins Wanken, indem dann die drittletzte nicht ohne weiteres als Mindel bezeichnet werden darf, sondern möglicherweise den Rinnenschottervereisungen gleichzustellen ist. Hält es aus Mangel an Verknüpfungspunkten schon schwer, die Gliederung und Äquivalenz der alpinen Glazialablagerungen einigermaßen zuverlässig zu erkennen, so fehlen namentlich für die vorwürmischen Zeiten jegliche gemeinsame Merkmale mit den nordischen. Setzt man letztere aber beispielsweise der Vierergruppe Würm-Kander gleich, so erhebt sich die Frage, ob in diesem Falle die viel älteren Deckenschottereiszeiten der Alpen ins Pliozän fallen. Daß der Vortragende diese Möglichkeit näher prüfte, hatte seinen Grund darin, daß sie ihm ein morphologisches Problem am Alpensüdrand scheinbar löste. Dort ist nämlich das marine Pliozän in die unmittelbar präglaziale Fläche tief eingeschachtelt. Da diese Fläche aber auf der Nordseite der Alpen den älteren Deckenschotter trägt, so liegt es morphologisch nahe, daraus die Folge: Deckenschotter—Durchtalung—marines Pliozän—Rinnenschottereiszeiten—Riß—Würm abzuleiten, allerdings unter der Voraussetzung, daß sich die pliozänen Täler gleichsohlig in die Alpen hinein fortsetzten. Da mir ferner der Nachweis gelang, daß das Pliozän nicht einfach einseitig gehoben ist, sondern daß das Meer in ein Relief eindrang, das vom heutigen nicht wesentlich verschieden, sondern eher tiefer war, und da überdies im pliozänen Ponteganakonglomerat kristalline Gerölle vorkommen, die mit ebensoviel Wahrscheinlichkeit als glaziale Erratica wie als Molassegerölle angesprochen werden können, so nahmen die Gründe für die genannte Altersfolge zu. Endlich betrachtete ich früher im Anschluß an L. G. Nangeroni die Ferretto-Ceppo-Bildungen als jünger wie die Seeablagerungen der Rinnenschottergruppe von Varese, also als äußere Altmoräne (Riß I) (12). Nun ergaben aber die seitherigen Untersuchungen des Olonatales, wie schon oben gezeigt wurde, im Gegensatz zu Nangeroni und in Übereinstimmung mit Penck, daß die Ferretto-Ceppo-Gruppe älter als die Seeablagerungen und den Deckenschottern gleichzustellen ist. Zudem befindet sich bei Torba im Olonatal ganz nahe dem Fuße eines hohen Ferretto-Ceppo-Hanges ein fossilreiches Pliozänvorkommen, das seiner Lage nach sehr wahrscheinlich älter ist als die benachbarte Wand. Damit besitzen wir aber einen starken Beweis für die nachstehende für den Rand der Poebene gültige Zeitenfolge: Tiefste Talbildung—marines Pliozän—Ceppo und Ferretto (=Deckenschotter)—enge Durchtalung—Seebildung und Rinnenschottergruppe—Riß und Würmgruppe. Dieses Ergebnis und allgemeine Erwägungen veranlassen mich, die diskutierte Hypothese vom pliozänen Alter der Deckenschotter und der Mindel-Kander-Interglazialzeit vorläufig zurückzustellen. Damit müssen wir aber weiter annehmen, daß das starke Relief, in welches das Pliozänmeer eindrang, nur den äußersten Alpensaum umfaßte und das Gebirge dahinter kompakt in die Höhe stieg, ähnlich den Bergketten hinter dem reichen Relief von Rio de Janeiro. Das Pliozänvorkommen von Clenezzo (NW Bergamo), wo in enger, tiefer Felsenschlucht im Bett der Imagna pliozäne Austern auf den Liasfelsen angewachsen waren, bleibt allerdings schwer zu erklären (epigenetische Talbildung?).

Auf alle Fälle machen uns diese Studien vorsichtig in der Verwendung morphologischer Formen zur Datierung entfernter Vorkommen. Ein ähnlicher Fall betrifft das Simmenfluhniveau des Berner Oberlandes, das als morphologische Einheit nach Osten in die „Zone oberster Verflachungen“ Klebelsbergs übergeht. Am Ostende der Alpen wird es als Mittel- bis Alttertiär, in der Schweiz als postsarmatisch aufgefaßt, da sich im Aaregebiete nicht einmal die Hochgipfelgesteine an der Zusammensetzung der sarmatischen Nagelfluh des Napfgebietes beteiligen. Wahrscheinlich treffen beide Altersbestimmungen örtlich zu, trotzdem keine Grenzen oder Gruppierungen zu erkennen sind. Vollkommen übereinstimmende Formen entstanden offenbar zu verschiedenen Zeiten, weshalb sie nur lokal zur Altersbestimmung verwendet werden dürfen.

Die vorstehend skizzierte, kritische und auf Begehungen gestützte Revision der alpinen Eiszeiten ist wohl die erste seit dem Erscheinen des auf alle Zeiten grundlegenden Werkes „Die Alpen im Eiszeitalter“ von Penck und Brückner. Nichts blieb unversucht, um die Frage der Rinnenschotter und alten Seeablagerungen innerhalb des Systems der vier klassischen Eiszeiten zu deuten. Da mir dies nicht möglich scheint, so füge ich mich der Natur und trete für eine Vermehrung der Vereisungen durch die Kander- und Glütsch eiszeiten und die Ergänzung der Schottergruppen durch die Rinnenschotter ein (13). Der Grund, weshalb dieses Problem nicht in anderen Stromgebieten aufgegriffen wurde, ist darin zu suchen, daß in diesen die Beziehungen der Ablagerungen der Innenräume mit denen der Moränengürtel und Außenräume nicht so klar zutage treten wie im Rhein gebiet, ausgenommen das erst vor kurzem bekanntgewordene Olonagebiet.

Anmerkungen.

1. Die Achen- und Laufenschwankung von A. Penck, die Spiezerschwankung von P. Beck.
2. Paul Beck, Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizer Alpen, 1:530.000, I. Mitt. d. Naturw. Ges. Thun, 1926 (Verlag Kümmerly & Frey, Bern).
3. Diese kleine Untersuchung wird nächstens in einer kurzen Mitteilung mit Zahlen belegt werden.
4. Paul Beck, Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. *Eclogae geologicae Helvetiae*, Vol. 26, 1933.
5. Eine peinlich genaue Beschreibung dieser Vorkommen von A. Jeannet befindet sich in: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beiträge z. Geol. Karte der Schweiz, geotechn. Serie, VIII. Liefg., 1923, Verlag A. Francke, Bern.
6. Es ist bedauerlich, daß Ed. Brückner bei seiner Bearbeitung des schweizerischen Anteils des Werkes „Die Alpen im Eiszeitalter“ die maßgebenden Aufschlüsse teils nicht kannte, teils nicht berücksichtigte.
7. L. G. Nangeroni, Rilevamento geologico del territorio della Provincia di Varese. I. Varese-Malnate-Solbiate, 1929. — II. Varese-Angera, 1930. R. Istituto tecnico, Varese.
8. L. G. Nangeroni, Carta geognostico-geologica della Provincia di Varese, Varese 1932.
9. Paul Beck, Über das Pliozän und Quartär am Alpensüdrand zwischen Sesia und Iseosee. *Eclogae geologicae Helvetiae*, Vol. 28, 1935.
10. Für das berühmte Profil von Kremsmünster, das auf der großen Exkursion nach der Wiener Tagung besucht wurde, passen auch heute noch A. Pencks Worte (in „Die Alpen im Eiszeitalter“, pag. 88): „Wir haben also ganz ähnlich wie im Isartale oberhalb München zwei petrographisch verschiedene (stellenweise!), durch ein Lehmlager (von 1 dm Dicke!) voneinander getrennte Geröllablagerungen vor uns. Ob sie aber ebenso wie dort verschieden alt sind, erscheint uns nicht sicher; denn wir konnten keine scharfe Grenze wahrnehmen.“
11. Auf der großen Exkursion machte uns Frau Dr. Ebers unterhalb Ach bei Burghausen auf eine schon von Penck erkannte, der Molasse auflagernde moränenartige Ablagerung aufmerksam, die durch mächtige Schotter von der auflagernden Altmoräne getrennt ist. Das Vorkommen läßt deutlich den Charakter eines Rinnenschotters mit (verschwemmter?) Moräne erkennen. Die Moräne dürfte der Kandermoräne gleichzustellen sein.
12. Wie 8.
13. Dieser Vortrag ist nur als vorläufige Mitteilung aufzufassen, da eine eingehendere und genauer dokumentierte Darstellung in Vorbereitung ist.

Diskussion.

Penck hat 1925 und 1935 mit Eberl das Iller-Lech-Gebiet neu begangen, konnte sich aber von der Verschiedenheit mehrerer der von diesem angenommenen Deckenschotter nicht überzeugen. Auch vom Vorhandensein von Beck's Glütschmoränen ist er nicht überzeugt; es besteht ein großer räumlicher und zeitlicher Abstand zwischen dem marinen Pliozän und den altquartären Schottern am Alpensüdfuß. Die heutige Lage mehrerer interglazialer Seeablagerungen im Alpeninnern ist nur tektonisch zu erklären.

Göttinger: Zwischen dem Pliozän und den Deckenschottern ist auch im nordöstlichen Alpenvorland ein großer Hiatus mit 3—4 Terrassen, wie auch der Hausruck lehrt.

Jaranoff verweist auf die in vielen Mittelmeerländern besonders für das letzte Interglazial nachgewiesenen tektonischen Störungen, Kümel auf die von Stiny und ihm selbst im Wiener Becken gefundenen.

Beck stimmt Penck bei, daß die eigentlichen Deckenschotter jünger als das Altpliozän sind und die Selbständigkeit der Glütscheiszeit nicht gesichert ist.