

STAND UND PROBLEME DER GEOLOGISCHEN ERFORSCHUNG DES LANDES SALZBURG

Von Walter Del-Negro

Die geradezu stürmische Entwicklung der geologischen Forschung in Österreich bringt es mit sich, daß das vom Verfasser in der „Geologie von Salzburg“ (Innsbruck 1950) entworfene Bild in vielen Einzelheiten bald überholt war. Es war daher eine willkommene Gelegenheit, diesem Umstand wenigstens teilweise Rechnung zu tragen, als die Geologische Bundesanstalt den Plan in Angriff nahm, eine Bundesländerserie herauszugeben und in diesem Rahmen den Verf. beauftragte, das Heft „Salzburg“ (1960) fertigzustellen. Freilich bedingte es der kleinere Umfang dieser Darstellung, daß die großen Einheiten im Überblick, ohne Eingehen auf Einzelgebiete, behandelt werden mußten. Seither sind aber weitere wichtige Arbeiten, die unseren Raum betreffen, erschienen, was eine neuerliche kurze Zusammenfassung wünschenswert sein läßt. Außerdem mag es angebracht sein, im besonderen auf die großen Probleme zu sprechen zu kommen, die zwar nicht auf das Land Salzburg beschränkt sind, es aber mit berühren und von hier aus z. T. neue Beleuchtung erfahren.

Dazu gehört vor allem die große Streitfrage des Baustiles der Alpen im ganzen. Seit die Deckenlehre vor nunmehr 60 Jahren aus den West- in die Ostalpen übertragen worden ist, hat die Diskussion darüber nicht geruht. Sie ist in den letzten Jahren besonders dadurch angefacht worden, daß einige deutsche Geologenschulen den Versuch unternommen haben, im Westteil der Nördlichen Kalkalpen die jahrzehntelang von allen Bearbeitern angenommenen flachen Fernüberschiebungen zu widerlegen und durch eine „gebundene Tektonik“ mit aus dem Untergrund aufquellenden Pilzfalten und beutelförmigen Mulden zu ersetzen. Sie glaubten, diese Ergebnisse verallgemeinern und damit die Deckenlehre für die Ostalpen überhaupt ablehnen zu können.

Die Verhältnisse im Salzburger Raum sprechen gerade auf Grund der jüngsten Forschungsergebnisse durchaus gegen eine solche Umdeutung. So schon ganz im Norden am Alpenrand gegen die Molasse des Vorlandes, der aus der Gegend von Nußdorf in das Gebiet des Niedertrumer Sees hinüberzieht. Diese „Alpenrandstörung“ ist gelegentlich als Bruchlinie aufgefaßt worden (wobei der Südflügel gehoben wäre, so daß dort die der helvetischen und der Flyschzone nach dieser Deutung ursprünglich noch aufgelagerte Molasse abgetragen worden wäre). Die reflexionsseismischen Messungen der Rohöl-Gew. AG haben jedoch ergeben, daß die alttertiären Molasseschichten (ebenso wie die älteren Sedimente und das Kristallin der böhmischen Masse in ihrem Liegenden) gegen Süden unter das Helvetikum sowie unter die weiter südlich folgende Flyschzone einfallen (Janoschek 1957, 1959, 1961; Aberer 1958, 1962). Dazu kommt, daß die 5 km nördlich der Alpenrandstörung niedergebrachte Bohrung Perwang keine Schichtglieder des Helvetikums durchfuhr, daß also dieses unter der Molasse nicht mehr vorkommt; dafür wurde hier eine komplizierte, über 1000 m mächtige Schuppenzone innerhalb der Molasse selbst angefahren, die auf starke horizontale Bewegungen zur Zeit des Überganges vom Alt- zum Jungtertiär hinweist, also auf ein Fortwirken der weiter südlich schon abgeschlossenen alpinen Schubvorgänge bis ins Vorland hinein. Bei Rückversetzung der Molasseschuppen in ihren ursprünglichen Ablagerungsraum kommt man in das Gebiet südlich

der heutigen Alpenrandstörung (Janoschek 1961). Alles spricht also dafür, daß Helvetikum und Flyschzone im ganzen auf flacher Schubbahn der Molasse aufgeschoben wurden. In Texing (Niederösterreich) ist dies übrigens durch eine Bohrung direkt bewiesen worden.

Das gleiche Verhältnis besteht zwischen Helvetikum und Flysch. Das aus Oberkreide-, Paleozän- und Eozänsedimenten aufgebaute Helvetikum, das aus dem Raum Nußdorf—Weitwörth über Mattsee bis an den Nordfuß des Tannberges zieht, ist intern stark verschuppt und gefaltet. Im Süden wird es an steiler Überschiebung vom Flysch überfahren, der in unserem Bereich durchwegs aus Ablagerungen der Kreide zusammengesetzt ist, deren Fazies von der im Helvetikum verschieden ist. Der Flysch wurde nach heutigen Vorstellungen in ziemlich großer Beckentiefe gebildet, wobei Trübströme den Transport auch sandigen Materials in größere Meerestiefen besorgt haben mögen (was aber noch umstritten ist). Er reicht bis an den Kalkalpenrand zurück. Der Flysch ist stark verfaltet, bei steilem Einfallen der Schichten, deren tiefere fast nur am Nordrand hervortreten.

Innerhalb der Flyschzone aber finden sich tektonische Fenster, in denen das Helvetikum wieder zutage tritt. Das eine liegt östlich des Heuberggipfels; es ist in der letzten Zeit von Prey näher erforscht worden und derzeit durch eine neue Forststraße noch besser erschlossen. Seine Gesteine entsprechen der helvetischen Zone im Norden (Kreide- und Paleozänmergel, Nummulitenkalksandstein und Lithothamnienkalk des Eozän). Der Rahmen wird bezeichnenderweise von den tieferen Schichtgliedern der Flysch-Kreideserie gebildet, die sonst nur am Nordrand aufgeschlossen sind. Die Fensternatur des Vorkommens ist also eindeutig gesichert. Ein zweites Fenster konnte Prey bei Lengfelden—Kasern feststellen. Die Entfernung dieser Fenster vom Flyschrand beträgt rund 15 km. So weit muß also der Flysch mindestens über das Helvetikum geschoben worden sein, wahrscheinlich aber viel weiter, da die Fazies der Gesteine im Heubergfenster noch nicht dem Südrand des helvetischen Troges entspricht und da die Kreideserien des Helvetikums und des Flyschs voneinander stark verschieden sind.

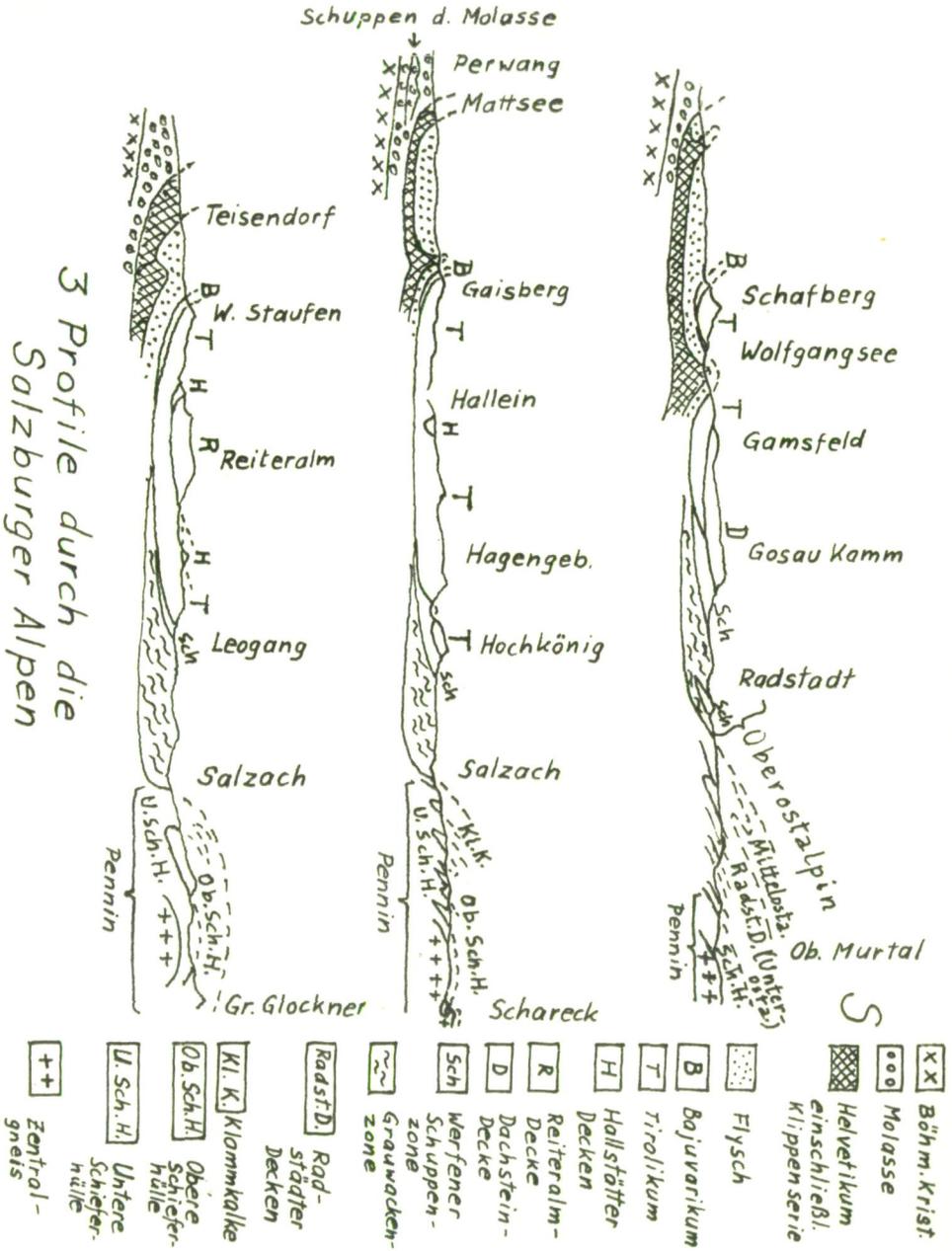
Wir gewinnen also die Vorstellung zweier tektonischer Einheiten, deren südliche als Flyschdecke über das nördlich vorgelagerte Helvetikum und dann gemeinsam mit diesem über die Molasse geschoben wurde. Das bedeutet aber, da das Heubergfenster ganz nahe dem Kalkalpenrand liegt, daß der entsprechend zurückversetzte Flysch südlich des Kalkalpenrandes abgelagert worden sein muß, also selbst wieder von den Kalkalpen überschoben wurde. Das ist in Oberösterreich durch das seit Brinkmann 1936 bekannte, lange umstrittene, jetzt aber durch Prey, Ruttner und Wolletz eindeutig gesicherte Flyschfenster von Windischgarsten, 25 km vom Nordrand der Kalkalpen entfernt, erwiesen. Wo bleibt man dann mit „gebundener Tektonik“?

Nun ist es Plöchinger (1961) gelungen, auf salzburgischem Gebiet, zwischen St. Gilgen und der Nestlerscharte (südlich des Sparbers) ebenfalls Flyschfenster festzustellen, deren südlicher Teil vom Kalkalpenrand etwa 12 km entfernt ist. Es handelt sich um tiefere Anteile der Flysch-Kreideserie. In ihrem Liegenden ist hier aber noch eine weitere Serie, nämlich eine Klippenserie mit Sedimenten aus dem höheren Jura und der tieferen Kreide sowie grünen Eruptivgesteinen aufgeschlossen, die von Buntmergeln der Oberkreide und des Alttertiärs umhüllt wird. Es ist nun

durch Forschungen Preys im ober- und niederösterreichischen Raum erwiesen, daß die Buntmergelserie, die auch dort Klippengesteine (der „Grestner Zone“) umhüllt, in den südlichsten Teil des helvetischen Sedimentationsraumes gehört. Wir haben also hier südlich des Wolfgangsees den Glücksfall, daß die dem Südrand des helvetischen Troges zuzuweisenden Gesteine, die am Heuberg noch nicht vorlagen, nun faßbar werden. Unter der Voraussetzung, daß weiter westlich im Meridian von Mattsee dieser Südteil des helvetischen Bereiches in ähnlicher Position zu denken ist, ergibt sich damit eine Breite des Helvetikums von mehr als 30 km, wobei aber der größte Teil unter Flysch und Kalkalpen verborgen liegt. Der Nordrand des Flyschtroges verschiebt sich damit mindestens in den Raum südlich der Linie Hallein—Ischl (vgl. die Profile), also in ein Gebiet 15—20 km südlich des heutigen Kalkalpenrandes. Da die ursprüngliche Breite des Flyschtroges wegen der ziemlich engen Verfaltung des Flyschs sehr beträchtlich gewesen sein muß, ist auf alle Fälle mit einer enormen Fernüberschiebung der Kalkalpen zu rechnen.

Dann ist es aber sehr unwahrscheinlich, daß innerhalb der Kalkalpen kein Deckenbau vorliegen sollte, wie dies die Anhänger der „gebundenen Tektonik“ behaupten. Streitpunkt dürfte dabei weniger die „tirolische“ Überschiebung über die „bajuvarische“ Deckengruppe sein, da es sich bei ihr nicht um eine freischwebende Decke handelt, sondern um einen im Westen und Osten „aufgehängten“ Bogen, wobei nur in der Scheitelzone, eben bei Salzburg, größere Überschiebungsbeträge erreicht und die bajuvarischen Decken bis auf schmale Randstreifen (Nordfuß des Kapuzinerberges, des Nocksteinzuges, des Schober und des Schafberges) zugedeckt wurden. Dagegen glaubte Kockel als Vertreter der gebundenen Tektonik, in den juvavischen Decken, die dem Tirolikum als wurzellos schwimmende Massen aufruhren, Ansatzpunkte für seine Vorstellungen zu finden. Als juvavische Decken werden die hochjuvavische Reiteralmdecke (Reiteralm — Lattengebirge — Untersberg), die der Dachsteindecke vergleichbar ist, und die tiefjuvavische Hallstätter Decke (Schollen am Rand der Reiteralmdecke, im Raum Berchtesgaden — Hallein, im Lammergebiet, am Nordrand der Dachsteindecke, im Blühnbachtal und am Rettenstein bei Filzmoos) unterschieden. Die letztere wird von Medwentsch seit Jahren analog den Verhältnissen im Salzkammergut auch bei Hallein in eine obere, kalkreiche und salzführende und eine untere Decke mit charakteristischer Mergelserie gegliedert. Die Salzlager gaben Kockel den Anlaß, im juvavischen Bereich — ähnlich wie dies schon 1927 von Seidl versucht worden war — an pilzförmigen Salzauftrieb zu denken und daraus das Bewegungsbild des ganzen Raumes hypothetisch abzuleiten. Dem widerspricht aber sowohl die obertägige Kartierung — zuletzt durch Plöching — als auch das Ergebnis der untertägigen Untersuchungen. Plöching konnte zeigen, daß der deckenförmig überlagerte tirolische Untergrund des Tiefjuvavikums fensterartig aufbricht und andererseits außerhalb des geschlossenen Deckenbereiches von einzelnen tiefjuvavischen Deckschollen überlagert wird; dazu kommen die seit altersher bekannten Deckschollen auf dem Roßfeld und der Ahornbüchse, die bei ihrer Entfernung vom Bereich des Dürrnberger Bergwerksareals unmöglich durch seitliches Überquellen von diesem her erklärt werden können, noch viel weniger aber an Ort und Stelle aus der Tiefe aufgestiegen sein können (wie sollte eine so kleine Deckscholle wie die der Ahornbüchse, wo Hallstätter Trias auf höherer Unterkreide liegt, aus dem Untergrund stammen?). Im Dürrnberger Bergwerk selbst beschrieb

3 Profile durch die Salzburger Alpen



schon W. E. Petrascheck auf Grund der Bohrung III im Liegenden der Lagerstätte Oberalmerkalk (also Oberjura unter Permotrias); diese Gesteinsbestimmung wurde von Leischner durch Untersuchung der Mikrofazies und Mikrofauna bestätigt (mitgeteilt von Medwenitsch 1962). Medwenitsch verweist außerdem auf die von ihm auf Grund zahlreicher Fossilfunde im Bergwerk vorgenommene

Teilung des Tiefjuvavikums in zwei ausgesprochene Faziesdecken, die übereinanderliegen und zu ihrer heutigen Umgebung keine faziellen Beziehungen haben, also fernüberschoben sein müssen.

Wenn aber das Tiefjuvavikum eine wurzellose, auf fremder Umgebung aufruhende Deckengruppe ist, dann muß dasselbe auch von der hochjuvavischen Reiteralmdedecke gelten, die von tiefjuvavischen Deckenelementen ringförmig umgeben ist und ihnen überall aufruhet. Für die Fernwanderung der hochjuvavischen Decke sprechen auch die ihr zuzurechnenden Deckschollen auf dem Steinernen Meer und im Ostteil des Hochkönigs (Heissel 1953).

Was das Alter der juvavischen Deckenbewegungen betrifft, so glaubte Kühnel 1929 ihren Beginn auf Grund der Zusammensetzung des Grundkonglomerates der Oberalmer Kalke am Nordfuß des Hohen Göll in den Oberjura versetzen zu sollen. Noch deutlicher lassen sich diese Bewegungen aus den Geröllen der Roßfeldschichten (Unterkreide) an verschiedenen Stellen ablesen. Medwentsch möchte daher den Einschub des Tiefjuvavikums in die vorcenomane (austrische) Phase verlegen. Der Einschub der Reiteralmdedecke muß, wenn er nicht ebenfalls schon vorcenoman erfolgte, spätestens in die vorgosauische (subherzynische) Phase fallen, da ihr Rand am Nordfuß des Untersberges von den Ablagerungen der Gosau (Oberkreide) verhüllt wird. Wiederholte Versuche, die einheitliche Gosau-Eozän-Serie dieses Gebietes in zwei Teile zu spalten, einen zur Decke und einen zur Basis gehörigen, und dadurch einen jüngeren Einschub möglich zu machen, sind durch die genauen Kartierungen Schlagers eindeutig widerlegt. Besonders klar zeigt das Profil des Eitelgrabens die Einheitlichkeit der Serie. Das Alter des Einschubes der Dachsteindecke wurde von Spengler, der am Nordfuß des Rettenkogels ebenfalls eine Verhüllung des Deckenrandes durch Gosau beschrieb, als vorgosauisch bestimmt; seither konnte jedoch Leischner (1959) zeigen, daß die Gosau dort nicht an die Stirn der Dachsteindecke heranreicht, so daß dieser Beweis wegfällt.

Problematisch ist noch der Bau des Lammergebietes. Tiefjuvavikum liegt in den Hügeln östlich Golling, in einem Streifen südlich der unteren Lammer, in den beiden Strubbergen und im Nordostteil des Tennengebirges vor. Medwentsch rechnet dieses von Cornelius und Plöchinger erforschte Tiefjuvavikum zur unteren Hallstätter Decke. Der Gollinger Schwarzenberg wurde seit Pia als hochjuvavisch angesehen, dürfte aber eher ein gehobener Teil des tirolischen Untergrundes sein (Del-Negro 1958). Auch Plöchinger neigt jetzt zu dieser Ansicht, wodurch sein früherer Versuch, den im Nordteil sicher tirolischen Göll zu spalten und seinen Südteil analog dem Gollinger Schwarzenberg zum Hochjuvavikum zu rechnen, eine wichtige Stütze einbüßte und (auch aus anderen Gründen) wohl hinfällig wurde. Ein wunder Punkt ist auch noch die Geologie der Torrener Joch-Zone, wo die bayrische Karte des Königsseegebietes (Lebling 1935) sowie neuerdings Zankl (1962) Hallstätter Gesteine verzeichnen, während Plöchinger (1955) dies auf der österreichischen Seite nicht anerkennen wollte. Besonders schwierig dürfte die Lösung der Frage sein, wie sich im Lammerquertal (Raum von Annaberg) die Hallstätter Decke und die vom Südrand der Kalkalpen hereinreichende Schuppenzone zueinander verhalten. Diese Frage hängt unlösbar mit der zweiten zusammen, ob am Westfuß des Gosaukammes Hallstätter Deckenelemente in geschlossenem Zuge an der Basis

der Dachsteindecke bis zum Rettenstein bei Filzmoos durchziehen, wie dies die Schule Kober annimmt, oder ob dies, wie Spengler zu beweisen suchte, nicht der Fall ist. Dieser Meinungsstreit wiederum gehört zum Gegensatz der Auffassungen bzgl. der relativen Heimatbereiche von Hallstätter und Dachsteindecke: die beiden Hallstätter Decken nach Kober nördlich, nach Spengler südlich der Dachsteindecke beheimatet. Eine Entscheidung dieser Streitfrage ist im Salzburger Raum kaum möglich, wohl aber im steirischen Salzkammergut, wo Tollmann aus seiner Kartierung die höhere Wahrscheinlichkeit der Annahme Kober deduzieren wollte, während Spengler und der Verf. eben auf Grund der Karte und Profile Tollmanns selbst den gegenteiligen Schluß zogen (nach ihrer Deutung liegen dort die meisten Hallstätter Schollen der Dachsteindecke auf, nur im Norden kam es zur Einwicklung des Tiefjuvavikums).

Schließlich sei noch auf die Probleme des Kalkalpensüdrandes verwiesen. In seinem steirischen Anteil ist eine südgerichtete Überschiebung nachgewiesen, die nachgosauisch erfolgt sein muß, da an ihr Gosaugesteine eingeklemmt wurden. Das Vorhandensein dieser „Hochalpinen Überschiebung“ auch im Salzburger Raum, als Bewegung des Dachsteins, Tennen- und Hagengebirges und Hochkönigs über die südlich vorgelagerte Werfener Schuppenzone, wurde besonders von Trauth und Spengler verfochten, während Heissel (1955) auf Grund der Verhältnisse am Flachenberg bei Bischofshofen zu ihrer Ablehnung kam. Aber wenn auch Trauths seinerzeitige Deutung des Flachenberges von Heissel als unrichtig erkannt wurde, stößt die Ablehnung der Hochalpinen Überschiebung doch auf unüberwindliche Schwierigkeiten schon wegen der Diskrepanz zwischen der fast störungsfrei lagernden Masse des Hochkönigs und der höchst kompliziert verschuppten Werfener Zone, die sich östlich an ihn anschließt; dazu kommt eine ausgeprägte Winkeldiskordanz zwischen beiden am Nordhang des Hochkönigs gegen das Blühnbachtal hinunter, sowie das von Heissel selbst festgestellte Vorkommen einer Hallstätter Deckscholle im hinteren Blühnbachtal, die ähnlich wie der Rettenstein südlich des Dachsteins dem Schuppenland aufgelagert ist und keineswegs als bloße „Hallstätter Linse“ im Dachsteinkalk gedeutet werden kann, sondern von diesem tektonisch getrennt sein muß.

Das von Zapfe, Verh. d. G. B. 1962, gezeichnete Tennengebirgsprofil, das am Südrand (Hochthron — Elmaualpe) eine Normalserie aufweist, ist insoferne irrig, als über den geringmächtigen Reingrabener Schiefen bei der Elmaualpe ein mächtiger Komplex von Werfener Schiefen folgt, der den ganzen Sockel des zur Werfener Hütte hinaufziehenden Hanges aufbaut.

Die Schuppenzone selbst, die aus tieferen Triasgesteinen aufgebaut ist, steht im Transgressionsverband mit der südlich folgenden, aus paläozoischen Gesteinen aufgebauten Grauwackenzone, die hier den Sockel der Kalkalpen bildet. Doch ist dieser primäre stratigraphische Verband durch mehrfache Verschuppungen im Grenzbereich zwischen beiden Zonen verwischt (Cornelius, Heissel).

Soviel zu den tektonischen Fragen der Kalkalpen. Ihre Stratigraphie liegt in den Hauptzügen seit langem fest. Zu erinnern ist nur daran, daß das salz- und gipsführende Haselgebirge, das besonders in der oberen Hallstätter Decke große Verbreitung hat, nach den Sporenanalysen von Klaus (1953, 1955) nicht tieftriadisch, sondern hochpermisch ist. Zu erwähnen sind auch die Riffkalkuntersuchungen

Zapfes (1960 ff.), wonach im Westhang des Gosaukammes Verzahnung des rhätischen Riffkalkes mit Zlambachmergeln stattfindet. Örtlich können auch Hallstätter Fossilien (Cephalopoden, Monotiden, Halobiiden) in den Riffkalk gelangen, z. B. durch driftende Tangmassen; Zapfe wendet sich aber dagegen, deshalb von Hallstätter Fazies im Dachsteinriffkalk zu sprechen. Die eigentliche Hallstätter Fazies ist wohl an größere Meerestiefen gebunden, während die übrigen Triasgesteine fast durchwegs Seichtwasserbildungen sein dürften und nur durch geosynklinale Senkung ihre große Mächtigkeit erreichten.

Unter den jurassischen Gesteinen gilt der Radiolarit im allgemeinen immer noch als Bildung größerer Tiefe. Sein Alter ist noch umstritten; er wird z. T. als höherer Dogger, z. T. als rein malmisch aufgefaßt. Kontrovers ist auch die Frage, ob er in unserem Raum nur in einem stratigraphischen Niveau oder in sedimentärer Wiederholung auftritt; das letztere nimmt M. Schlager 1960, 1961 an (dreifache sedimentäre Wiederholung im Rahmen der von ihm im Liegenden der Oberalmer Kalke ausgeschiedenen, bis zu 350 m mächtigen tiefmalmischen „Tauglbodenschichten“, „Obere Kieselschichten“ im Oberalmer Kalk des Mühlsteins), im Gegensatz zu Vortisch 1960, der in der inneren Osterhorngruppe tektonische Wiederholung des Radiolarits im Zusammenhang mit seinen „schichtparallelen Überschiebungen“ beschrieb.

Diese schichtparallelen Überschiebungen verlegt Vortisch noch in jurassische Zeit; sie hätten die Gesteine z. T. noch in halbverfestigtem Zustand betroffen. Auch die Knollenbreccien des Lias, die z. B. in der Glasenbachklamm schön beobachtet werden können, führt er auf tektonische Vorgänge zurück, kennt aber daneben auch Sedimentärbreccien. Schlager hingegen denkt auf Grund seiner Beobachtungen im Tauglbereich eher an submarine Gleitungen und an die Mitwirkung von Trübströmen.

Die Schichtserie der Nördlichen Kalkalpen reicht vom obersten Perm bis in das Obereozän; eine Lücke scheint im Dogger vorzuliegen, eine weitere — als Ausdruck der austrischen und subherzynischen Gebirgsbildungsphase — in der Mittelkreide. Die südlich folgende Grauwackenzone besteht in der Hauptmasse, außer fraglichen kambrischen Anteilen, aus Gesteinen des Silur und Devon; Haiden konnte aber im Schwarzleotal westlich Leogang auch pflanzenführendes Karbon sicherstellen (mitget. v. Verf. 1960). Karl 1954 hält das Gainfeldkonglomerat bei Bischofshofen für ein Tuffitkonglomerat des Karbon. Heissel 1962 stellt den grünen Werfener Quarzit — der nicht nur im Grenzbereich gegen die Werfener Schuppenzone, sondern auch erheblich weiter südlich ansteht und mit den Grauwackengesteinen eng verknüpft ist — jetzt ins Perm, dem Haiden Breccien aus Silur- und Devonkomponenten zuweist. In der Längstalzone sind noch Reste von Tertiär eingeklemmt, bei Radstadt in Verbindung mit dem in die Grauwackenzone eingeschuppten mesozoischen Mandlingzug, weiter über Wagrain an den Nordrand der Hohen Tauern verfolgbar, wo sie in mylonitischem Zustand den Ausstrich der jungen, mehr oder weniger vertikalen Tauernrandstörung (und damit die Südgrenze der Grauwackenzone) markieren.

Die Innentektonik der Grauwackenzone ist z. T. variszisch (Gebirgsbildung im Karbon), z. T. alpidisch (Gebirgsbildung der Kreide- und Tertiärzeit); da die jüngere

Durchbewegung die ältere überprägt hat, bleibt ihre Trennung im einzelnen ein Desideratum.

Nördliche Kalkalpen und Grauwackenzone zusammengenommen werden von der Deckenlehre als „oberostalpin“ eingestuft und aus dem Raum südlich der Hohen Tauern bezogen; diese riesige Deckenbewegung wäre nach Kober und Tollmann vor allem wegen der Verhältnisse in Niederösterreich in die austrische (vor-cenomane) Phase zu stellen, doch muß sie — wie die oben beschriebene Überwältigung auch noch erheblich jüngerer Schichtglieder des Flyschs und Helvetikum durch die Kalkalpen anzeigt — noch im Tertiär weitergegangen sein.

Im Westen der Grauwackenzone schließt sich der Innsbrucker Quarzphyllit an. Obwohl dieser an der Linie Großer Rettenstein—Mittersill unter die eigentliche Grauwackenzone (Pinzgauer Phyllit, Wildschönauer Schiefer) eintaucht, wurde er von vielen Forschern ebenfalls zu ihr gerechnet. Die Schule Kobers — so auch Tollmann — hält ihn aber wegen der stratigraphischen und tektonischen Analogie zum Radstädter Quarzphyllit für „unterostalpin“.

Zwischen Ober- und Unterostalpin schiebt Tollmann (1959, 1963) noch ein Mittelostalpin ein, zu dem die Hauptmasse des ostalpinen „Altkristallins“ samt mesozoischen Auflagerungen wie Stubaier Mesozoikum im Westen, Stangalm-mesozoikum im Osten gerechnet wird; erst die auf dieses Mesozoikum geschobenen paläozoischen Deckschollen (z. T. ebenfalls mit mesozoischer Auflagerung) wie die Steinacher Decke im Westen, die Gurktaler Decke im Osten werden als oberostalpin und südliche Fortsetzung der Grauwackenzone gedeutet.

Zur mittelostalpinen Einheit würden im Lande Salzburg das aus der Steiermark hereinreichende Schladminger Kristallin, das südlich folgende Granatglimmerschiefergebiet und der Bundschuhgneis gehören, dem in der Südostecke des Lungaues noch ein kleiner Anteil der Stangalmtrias sowie darüber Karbon der Gurktaler Decke aufruht. Gegenüber Kober, der eine riesige Liegendfalte mit Schladminger Kristallin im Kern, Grauwackenzone im Hangendschenkel, Radstädter Quarzphyllit und darunter Radstädter Mesozoikum im Liegendschenkel angenommen hatte, betont Tollmann, die Grauwackenzone könne nicht der primäre Sedimentmantel des Schladminger Kristallins sein, da sich weiter östlich dazwischen Mesozoikum einschalte, und auch zwischen Kristallin und Radstädter Quarzphyllit bestehe kein sedimentärer, sondern Überschiebungskontakt (so auch Medwentsch 1962: das Schladminger Kristallin wurde regional über die verkehrt liegende Quarzphyllitserie geschoben, die dadurch tektonisch stark beansprucht wurde). Schwierigkeiten macht im Bereich des Taurachtales nur noch die Abgrenzung der Quarzphyllitserie gegen die Grauwackenzone.

Nach der Meinung der Deckentheoretiker stammen auch das Mittel- und Unterostalpin aus dem Gebiet südlich der Hohen Tauern. Die von ihren Gegnern früher geäußerte Ansicht, das Tauernfenster sei nur randlich aus mehreren Richtungen überwältigt worden („Tauernnische“), ist durch die Untersuchung der Faltenachsen im Kristallin östlich der Tauern (Exner, Thiele), sowie im Mesozoikum der Radstädter Tauern widerlegt, denn sie verlaufen durchwegs so, daß die Hauptbewegung in angenähert meridionaler Richtung erfolgt sein muß, nur sekundär kam es zu jüngeren Ost-West-Bewegungen (wie auch in anderen Teilen der Ostalpen);

auch die Muldenschlüsse in den Radstädter Tauern sprechen für Süd-Nord-Überschiebung.

Das Unterostalpin bildet einen allerdings vielfach unterbrochenen Ring um das Tauernfenster. An der Südseite ist es durch die Matreier Zone vertreten; um die Südostecke der Tauern herum läßt es sich im Katschberggebiet verfolgen, schwillt dann in den Radstädter Tauern mächtig an, besonders die Sedimentserien wurden hier zusammengeschoppt, während der kristalline Untergrund mit Ausnahme des Twenger Kristallins in der Tiefe zurückblieb.

Das Unterostalpin wurde nach Tollmann von der überfahrenden mittel- und oberostalpinen Masse passiv mitgenommen und dabei in einzelnen Schuppen übereinandergestapelt, die überwiegend eine aufrechte Schichtserie haben; nur die Stirnteile mancher Teildecken wurden infolge Überfahung durch die nachfolgenden Deckenteile zu Liegendfalten ausgewalzt. Als aufrechte Decken liegen von Süden (unten) nach Norden (oben) übereinander: die Speiereck-, Weißeneck-Hochfeind-, Lantschfeld-, Pleisling- und Kesselspitzdecke. Erst die höchste, die Quarzphyllitdecke, besitzt auf große Strecken verkehrte Schichtfolge. Die von Kober angenommene verkehrte Lagerung auch des gesamten Radstädter Mesozoikums trifft also nicht zu. Tollmann wendet sich auch gegen Blattmann 1937, der im Gurpetscheckprofil Liegendfalten annahm, aber andererseits auch gegen Clar 1940, der überhaupt keine Liegendfalten anerkannte.

Als westliche Fortsetzung der Radstädter Tauern hatte man früher die Klammkalke und den Sandstein-Breccienzug angenommen. Clar, Tollmann und Mostler sind aber heute der Ansicht, daß die Klammkalke, deren Fazies nichts mit der des Radstädter Mesozoikums zu tun habe und die mit penninischen Schwarzphylliten in Verbindung zu stehen scheinen, selbst schon zum penninischen Fensterinhalt gehören; nur ein schmaler, vom Draugstein zum Schuhflicker verlaufender mehrfach unterbrochener Zug wird von Tollmann als unterostalpin angesprochen. Der Sandstein-Breccienzug, der mit der ebenfalls sehr breccienreichen südlichen Radstädter Deckengruppe verglichen worden war, wurde von Frasl 1958 zum Pennin gestellt, das ja ebenfalls im Lias Breccien aufweist; Braumüller schloß sich im Exkursionsführer für die Tauerntagung 1961 an. Noch viel weniger läßt sich der von Cornelius angenommene breite unterostalpine „Nordrahmen“ halten; seine Gesteine sind an mehreren Stellen mit eindeutigem Pennin unlösbar verbunden. Da auch das Mesozoikum am Ausgang des Stubachtales nach Frasl wegen schrägen Heranstreichens aus dem Fensterinnern nicht unterostalpin sein kann, ist erst wieder der als mesozoisch erkannte Kalk von Wennis-Veitlehen dem unterostalpinen Ring zuzuweisen, weiter das kleine, von Frasl entdeckte Triasvorkommen von Neukirchen, die Krimmler Trias und ihre Fortsetzung in Tirol, nach Kober und Tollmann auch der Innsbrucker Quarzphyllit.

Wir kommen nun zur Betrachtung des penninischen Tauernfensters, das von diesem unterostalpinen Ring umschlossen ist. Die gegenüber dem Unterostalpin bedeutend intensivere Regionalmetamorphose, die seine Gesteine erfahren haben und die zur Vernichtung fast aller Fossilien in den ehemaligen Sedimentgesteinen der Schieferhülle geführt hat, mußte frühzeitig den Gedanken nahelegen, daß gewaltige Gesteinsmassen über die Tauern hinweggegangen sind. Die Zuweisung zum Pennin,

das auch im Engadinfenster — auch dort von einem unterostalpinen Ring umrahmt — durch die Abtragung freigelegt worden ist, beruht auf der gleichen tektonischen Position des Tauern- wie des Engadinfensters und auf der Identität eines großen Teiles der Schieferhülle mit den penninischen Bündner Schiefern, die in jüngster Zeit wieder durch Exner und Frasl klargestellt wurde. Die betreffenden Gesteine gelten als überwiegend jurassisch. Die Marmore, Dolomite, Rauhacken mit Gips werden als Trias angesprochen. Im übrigen waren aber die Altersbestimmungen sehr schwierig, da Fossilien (abgesehen von einem Juraammoniten im Hochstegenkalk des Zillertales) fehlen und die Gesteinsumwandlung auch fazielle Vergleiche erschwerte. Es ist das Verdienst Frals, durch seine Seriengliederung die Stratigraphie der Schieferhülle weitgehend geklärt zu haben. Eine Schlüsselstellung nahm hiebei die Deutung der Schwarzphyllite ein, die früher als Fuscher Phyllit bezeichnet und von den einen als paläozoisch, von den anderen als mesozoisch aufgefaßt worden waren. Es gelang Frasl mit Hilfe der jeweiligen Begleitgesteine und der Übergänge in diese nachzuweisen, daß der westliche Teil dieser Phyllite („Habachphyllit“) einer paläozoischen, der östliche („Rauriser Phyllit“) einer mesozoischen Serie angehört. Das mesozoische Alter des Rauriser Phyllites ersparte tektonische Komplikationen, die Cornelius und Clar für notwendig gehalten hatten, da sie ihn für paläozoisch gehalten hatten und seine Auflagerung auf die Trias des Seidlwinkeltales daher mittels einer eigenen „Brennkogeldecke“ erklären mußten. Clar hat nun selbst (Tauerntragung 1961) die Brennkogeldecke aufgegeben und ihre Gesteine als normal der Trias aufgelagert anerkannt.

Im ganzen sehen die Serien der Schieferhülle nach Frasl folgendermaßen aus: über altkristallinen Anteilen (Amphibolit, Granatglimmerschiefer, Gneise) folgt die altpaläozoische Habachserie mit den Habachphylliten, ehemaligen Lyditen und mächtigen vulkanischen Gesteinskomplexen, dann die permotriadische, quarzitische „Wustkogelserie“, weiter die Triasmarmore, -dolomite und -rauhacken und die überwiegend jurassische Bündnerschieferserie mit den Rauriser Phylliten, Kalkglimmerschiefern und Grünschiefern.

Hinsichtlich des gegenseitigen Verhältnisses der Rauriser Phyllite und des Kalkglimmerschiefer-Grünschiefer-Komplexes bestehen aber noch Meinungsverschiedenheiten. Cornelius und Clar hatten 1935 diesen Komplex als „obere Schieferhülle“ von den tieferen Anteilen der Schieferhülle tektonisch abgetrennt, wozu sie sich durch die Einschaltung von Triaslinsen, Serpentin und Eklogit an der Grenzfläche veranlaßt sahen. Frasl verneinte diese Deckengrenze und deutet die Kalkglimmerschiefer-Grünschiefer-Gruppe als das normale Hangende der Rauriser Phyllite, also als jüngeren Teil der Bündner Schiefer. Exner, der Bearbeiter der östlichen Hohen Tauern, vertrat die umgekehrte Meinung, daß die Schwarzphyllite ins Hangende der Kalkglimmerschiefer-Grünschiefer gehören; er fand als Sedimentmantel des Hochalm—Ankogelgranites geringmächtige Trias, wenig Kalkglimmerschiefer, darüber jurassische und unterkretazische Schwarzphyllite; weiter südlich sei die obere Schieferhülle mit Trias, mächtigen Kalkglimmerschiefern und Grünschiefern, darüber wieder mächtigen Schwarzphylliten abgelagert worden. Wo also die Kalkglimmerschiefer-Grünschiefer den Schwarzphylliten auflagern, muß dies danach tektonisch erklärt werden; auch Exner fand mehrfach Triaslinsen an der Überschiebungsfäche der oberen Schieferhülle.

Im Liegenden der Schieferhülle befinden sich die Zentralgneise des Venediger-, Granatspitz-, Sonnblick- und des Ankogel-Hochalpmassivs sowie des Moderecks. Diese Zentralgneise hatte Kober in die Deckentektonik des Tauernfensters mit einbezogen und in diesem Sinne in den östlichen Tauern eine Ankogel-, Hochalm-, Sonnblick- und Modereckdecke unterschieden. Die Schieferhülle faßte er nicht als eigene Decke auf, sondern als Mantel, der die angeblichen Decken der Kerne einhülle. Dagegen ergaben Exners Forschungen, daß zwischen Ankogel-Hochalmgruppe und Sonnblick nur eine relativ seichte Einmuldung (die Mallnitzer Mulde) bestehe, nicht eine tiefgreifende Aufspaltung zweier selbständiger Decken (wenn auch der Sonnblickkern gegen die Mallnitzer Mulde stirnartig vordringt). Tollmann stellt sich vor, daß die Zentralgneise mit einer geringmächtigen Hülle die tiefste tektonische Einheit bilden; darauf folge erst als eigene Decke die untere Schieferhülle (z. B. Riffeldecken über der Granatspitzhülle) und wieder als eigene Decke die obere Schieferhülle, schließlich die Klammkalkzone. Der Reihung von unten nach oben entspricht die ursprüngliche Anordnung von Norden nach Süden.

Anders ist das von G. Fuchs 1962 entworfene Bild. Er erkennt zwar den Granatspitzkern mit seiner Hülle als tiefste Einheit an; die Riffeldecken aber verbindet er primär mit dem Venedigerkern und läßt sie nach Ostnordost über den Granatspitzkern hinweg bewegt sein. Eine eigene Decke der unteren Schieferhülle lehnt er ab, da er Primärkontakte zwischen Zentralgneisen des Venedigermassivs und Gesteinen der Riffeldecken (also der unteren Schieferhülle) sowie konkordante Einschaltung von Venedigerzentralgneis in die Riffeldecken beobachtete. Das Venedigermassiv samt den Riffeldecken sei mit WSW-ENE-Achsenrichtung durchbewegt („westtaurider Bau“), während in den östlichen Tauern NW-SE-Streichrichtung herrscht („osttaurider Bau“). Das westtauride Gebiet fuhr als Block nach ENE über das osttauride Gebiet auf; der Granatspitzkern mit seiner Hülle bilde ein osttaurides Fenster unter den westtauriden Riffeldecken. Durch das Zusammentreffen der beiden Baupläne sei es in ihrem Grenzbereich, in der Glocknergruppe, zur Quereinengung mit N-S-Achsen gekommen. Die von Fuchs angenommene Nordostbewegung der Westtauriden wird aber von Tollmann nicht akzeptiert.

Die Hauptphase der Tauerntektonik verlegen Kober, Tollmann, G. Fuchs in die Mittelkreide, Cornelius, Schmidegg, Karl ins frühe Tertiär. Für letzteres scheinen die Verhältnisse im Engadinfenster zu sprechen; in den Tauern dürfte aber doch der Hauptüberschiebungsakt schon erheblich früher erfolgt sein, da Oberkreidesedimente sowohl im eigentlichen Tauernfenster als auch im umgebenden Unterostalpin zu fehlen scheinen.

Unabhängig vom Alter der Tektonik ist die Frage nach dem Alter der Zentralgneise. Kober, Staub, Prey u. a. nahmen ihre variszische Intrusion in ein „altes Dach“ an, Angel hingegen dachte an alpidische Entstehung. Mit Sicherheit wird man variszische Intrusion wohl nur dort annehmen dürfen, wo mesozoische Gesteine auf Granitgneis transgredieren, wie dies Exner westlich des Gasteiner Tales, Frasl am Hachelkopf im nördlichen Venedigergebiet feststellen konnten. Karl kam durch eingehende, größtenteils gemeinsam mit Schmidegg durchgeführte Untersuchungen des Venedigermassivs zu einer Zweiteilung: die beiden Sulzbach- und die Habachzunge seien in der variszischen Orogenese entstanden („Augen-Flaser-

Granitgneis“), der eigentliche Venedigerkern aber sei das Ergebnis alpidischer Intrusion, da sein Gesteinstypus („Tonalitgranit“) dem des Adamello, der Rieserfernergruppe und anderer periadriatischer (im weiten Bogen um das Einbruchgebiet der Adria angeordneter) Intrusiva entspreche; auch die erhaltenen Primärkontakte mit der Umgebung und das gelegentlich sichtbare Eindringen des Tonalitgranites in Augen-Flaser-Granitgneis sprechen für Jugendlichkeit des Venedigergranites. Karl suchte diese Zweigliederung hypothetisch auch auf die übrigen Granitgneiskerne der Tauern auszudehnen. Seine ausführlich begründeten Ansichten wurden aber von anderer Seite bezweifelt, so von Exner 1961, der nach einer Exkursion mit Karl von der Verschiedenartigkeit der beiden Zentralgneistypen nicht überzeugt war, und von G. Fuchs 1962, der auch den eigentlichen Venedigerkern für voralpidisch intrudiert hält, weil von ihm aus die paläozoischen Gesteine der Riffdecken migmatisch beeinflusst worden seien, während zwischengeschaltete mesozoische Linsen diese Beeinflussung nicht zeigen.

Ein weiteres Problem betrifft die Frage, ob die Granite das Ergebnis rein magmatischer Intrusion, also primär aus dem Schmelzfluß entstanden sind oder durch Granitisation anderer Gesteine gebildet wurden (Umwandlung beliebiger Ausgangsgesteine durch Wiederaufwärmung und Zirkulation von „Ichor“, d. h. eines granitischen Saftes). Für letztere Annahme entschied sich im großen und ganzen Angel; auch Exner vertrat zeitweise alpidische Granitisation durch Ichorese in größerem Ausmaß, schränkte dies aber dann wieder stark ein; Frasl wandte sich entschieden dagegen, auch Karl nimmt nur Intrusion an. G. Fuchs spricht aber wenigstens von einem ausgiebigen Granitisationshof des Venedigerkernes (den er für variszisch hält).

Anschließend sei nochmals die Reihung der Ablagerungsräume von Norden nach Süden angeführt: ganz im Norden, auf böhmischem Kristallin und z. T. auch einer dünnen paläozoisch-mesozoischen Sedimenthülle abgelagert, die Molasse (Obereozän, Oligozän, Miozän); weiter südlich das Helvetikum (Oberkreide, Eozän), nach Süden in die gleichaltrige Buntmergelserie übergehend, deren jurassische und unterkretazische Basis in Form von Klippen emporgeschürft wurde; als nächstsüdliche Einheit der Flysch, die ganze Kreide (in anderer Fazies als im Helvetikum oder in den Kalkalpen) umfassend. Zwischen Flysch und Penninikum — in das der Flysch in Graubünden noch hineinreicht — würde sich nach Tollmann in unserem Raume noch der „ultrapienidische Rücken“ einschieben, von dem die exotischen Gerölle im Cenoman der niederösterreichischen und bayrischen Kalkalpen abzuleiten wären (denn diese hätten ja nach Tollmann das Pennin schon vor dem Cenoman überstiegen). Vom Pennin, das südlich dieses Rückens abgelagert worden wäre und dessen Schichtserie vom Altkristallin bis zur Unterkreide reicht, ist die untere Schieferhülle weiter nördlich abgelagert als die obere. An diese schließt sich faziell gut das Unterostalpin der Radstädter Decken (ebenfalls Kristallin bis Unterkreide), weiter das Mittelostalpin (Altkristallin, Mesozoikum) und schließlich das Oberostalpin (Paläozoikum, Mesozoikum) an; Tollmann konnte den schrittweisen Faziesübergang im Mesozoikum dieser Einheiten nachweisen.

Zuzugeben ist die gedankliche Schwierigkeit, die sich aus der Vorstellung ergibt, das so weit im Süden, in der Nachbarschaft des Südalpins abgelagerte Oberostalpin sei mit seinen kalkalpinen Stirnen über die meisten dieser Räume hinweg bis über

Flysch und Helvetikum vorgestoßen. Über Mechanismus und Kräftespiel dieser Bewegungen wissen wir, wie auch T o l l m a n n betont, sehr wenig. Aber der Fernschub der Nördlichen Kalkalpen wird durch die sichtbare Übereinanderstapelung von Helvetikum, Flysch, Kalkalpen unabweisbar; dazu kommen die aus der Regionalmetamorphose der Tauern und dem Achsenplan ihres Rahmens stammenden Argumente, die eine bloß seitliche Überwallung des Tauernfensters aus mehreren Richtungen ausschließen und die Wanderung mächtiger Massen über die Tauern in Süd-Nord-Richtung deutlich machen, sowie die fazielle Verwandtschaft vieler Tauerngesteine mit denen des Engadinfensters.

Wir beschließen unseren Überblick mit einer kurzen Darstellung der q u a r t ä r g e o l o g i s c h e n Fragen. Da das Gebiet des Landes Salzburg mit Ausnahme des Lungaues, der vom oberen Murgletscher, des östlichen Pongaues, der vom oberen Ennsgletscher durchflossen wurde, und kleiner Teile des Flachgauen, in die Arme des Traungletschers hineinreichten, dem Salzachgletscher-Bereich angehört, ist es wohl sinngemäß, wenn wir diesen in seiner Gänze einschließlich der oberösterreichischen und bayerischen Endmoränengebiete ins Auge fassen. In ihnen hat sich die alte P e n c k - B r ü c k n e r'sche Gliederung des Eiszeitalters gut bewährt; zusätzlich wäre nur noch an eine Kaltzeit vor Günz zu denken, die W e i n b e r g e r durch Periglazialerscheinungen im Aichbergschotter (nordwestlich des Kobernauser Waldes) fassen zu können glaubt. Unter den Aichbergschottern folgen in klarer Gliederung die älteren Deckenschotter, deren Verzahnung mit einer Günzmoräne W e i n b e r g e r am Siedelberg bei Mattighofen feststellen konnte; darunter die jüngeren Deckenschotter, die in breiter Front mit den Mindelmoränen verbunden sind, weiter die aus den Reißmoränen hervorgehenden Hochterrassenschotter und schließlich die aus den Würmmoränen hervorgehenden Niederterrassenschotter. Die Mindelendmoränen bilden den Rücken südlich des Tales von Schneegattern und setzen sich westlich Lengau mit Umbiegung nach Süden fort; nach einer Unterbrechung infolge Verhüllung durch Würmmoränen tauchen sie wieder nördlich Oichten auf und ziehen in weitem Bogen zum Adenberg. Die Fortsetzung ist auf österreichischem Boden erosiv entfernt, findet sich aber wieder in Bayern auf dem Hechen- und Eschelsberg sowie dem langen Rücken, der das Alztal südlich begleitet. Jenseits des Alzdurchbruches südlich Garching konnte der Verf. die Fortsetzung in zwei parallelen Zügen über Engelsberg bzw. südlich davon mit Westsüdwestrichtung feststellen; sie schließen sich bei Peterskirchen an den Mindelbogen des Inngletschers an. Die Reißendmoränen sind im Raum von Steindorf-Straßwalchen gut zu erkennen; bei Straßwalchen haben sich ein Arm des Salzachgletschers und der Irrseearm des Traungletschers eine Zeitlang vereinigt. Sie sind dann auf längere Erstreckung durch Würmmoränen verdeckt und tauchen erst bei Gundertshausen wieder auf, wobei sie sich in zwei Wälle gabeln: der äußere zieht über Gilgenberg, Ob.-Kriebach, Kirchweidach, Nieder-Buch, den Rücken westlich Palling und weiter nach Süden, der innere über Hochburg westwärts, nach Unterbrechung durch Würmmoränen in Bayern wieder auftauchend über Kraham nach Freutsmoos. (Die Angaben über die Altmoränen beruhen im wesentlichen auf den Forschungen von W e i n b e r g e r in Oberösterreich, E b e r s in Bayern).

Auf den altbekannten Verlauf der Würmendmoränen braucht nicht näher eingegangen zu werden. Ihre frischen Wälle sind zumeist 3—4fach gegliedert, wobei es den Anschein hat, daß sowohl die ältesten (überfahrenen) als auch die jüngsten,

mit Rückzugerscheinungen verbundenen Wälle an der Innenseite liegen, während die beiden äußeren Wälle dem zeitlich mittleren Höchststand des Würmglazials entsprechen. Jeweils nach Abschmelzen des Gletschers bildeten sich im Zungenbecken große, von den Endmoränen bis zum Paß Lueg reichende Seen, die allmählich zugeschüttet, bzw. durch Zerschneidung der Endmoränen abgesenkt wurden. Von den interglazialen Schottern, die z. T. als schräggeschichtete Deltaschotter in diese Seen geschüttet, z. T. als horizontale Deckschotter der Deltas oder nach völligem Verschwinden der Seen entstandene Flußschotter gebildet wurden, sind seit P e n c k vor allem die des Mindel-Riß-Interglazials („Salzburger Delta“, im wesentlichen die Deltas des Mönchs-, Rain- und Hellbrunner Berges und die horizontalen Schotter des höheren Adneter Riedels umfassend) und die des Riß-Würm-Interglazials („Gollinger Delta“ mit verschiedenen Ablagerungen zwischen Hellbrunn und Paß Lueg) unterschieden worden. Die von P i p p a n gegen P e n c k s Unterscheidungskriterien wiederholt erhobenen Einwände entbehren nicht einer teilweisen Berechtigung, reichen aber kaum hin, die Scheidung im ganzen zu widerlegen.

Ein in den letzten Jahren besonders akut gewordenes Problem betrifft die Gliederung der Würm-Eiszeit und im Zusammenhang damit den Laufener Schotter. Letzterer war einst von B r ü c k n e r als Würm-Vorstoß-Schotter aufgefaßt worden. Dann hatte P e n c k ihn als interstadial (d. h. einer wärmeren Zwischenphase der Würm-Eiszeit angehörig) gedeutet, später aber diesen Gedanken wieder fallen gelassen. Nach Auffindung überfahrener Würmendmoränen neigten E b e r s, W e i n b e r g e r und der Verf. doch wieder dazu, sie als interstadial anzusehen; es hätte danach zuerst einen WI-Vorstoß bis zu den später überfahrenen Moränen gegeben, dann einen Gletscherrückzug und eine wärmere Phase, in der der Laufener Schotter z. T. als Rückzugsschotter des WI-Gletschers, z. T. als Vorrückungsschotter des WII-Gletschers abgelagert wurde; zuletzt hätte der WII-Gletscher sowohl den Laufener Schotter als auch die WI-Endmoränen überfahren.

Die neueren Erkenntnisse sprechen aber gegen dieses Bild. Zwar ist die absolute Ablehnung von Würm-Interstadialen, wie sie etwa B ü d e l vertrat, kaum haltbar; so entspricht die durch Bodenbildung im niederösterreichischen Löß erkennbare Paudorfer Schwankung — nach neuen Radiokarbonbestimmungen vor mehr als 30 000 Jahren — doch einer recht kräftigen Oszillation und dazu kommen Interstadiale während des Frühglazials, die man nach dänischen bzw. holländischen Fundorten als Brörup- bzw. Amersfoort-Interstadial bezeichnet hat (wobei letzteres das ältere ist). Auch hier handelte es sich (nach W o l d s t e d t, Eiszeitalter und Gegenwart 13, 1962) um beträchtliche Klimaschwankungen und man hat schon vor Amersfoort sowie zwischen Amersfoort und Brörup mit ausgesprochenen Kaltzeiten zu rechnen, die nach Ausweis pollenanalytischer Untersuchungen hinsichtlich der Temperatur dem späteren Hochglazial einigermaßen vergleichbar sind. Es darf aber nicht angenommen werden, daß in diesen frühglazialen, kurzen Kaltzeiten der Gletschervorstoß schon bis ins Vorland ging; wie der Aufbau des nordischen Inlandeises sehr langsam erfolgte und der Temperaturentwicklung nachhinkte, so stießen auch die Alpengletscher, da sie sich ja erst neu bilden mußten, außerdem in den Interstadialen wieder stark abschmolzen, zunächst kaum aus dem Gebirge vor. Man ist daher nicht berechtigt, die weit draußen im Vorland liegenden überfahrenen Moränen mit diesen frühglazialen Kaltzeiten in Verbindung zu bringen, vielmehr

gehören sie schon dem viel späteren Hochglazial an und deuten nur auf eine geringfügige Oszillation hin. In der sehr langen Zeit des Frühglazials aber kam es, ausgehend von dem zunächst noch im Gebirge steckenden Gletscher, zu einer intensiven Verschotterung des Vorlandes, die als Laufener Schotter vorliegt. Seine Hangendteile sind gletschernah, gehören also der Zeit des Gletschervorstoßes ins Vorland an.

Nach dem Rückzug des Würmgletschers, der sich in Etappen vollzog (Ammerseestadium bei Mariabichl und Eugendorf; Rückzugsmoränen am Wim- und Spumberg sowie im Taugltal nach Schläger), erfüllte sich das eisfrei gewordene Salzburger Becken wieder mit einem (wie es scheint sehr kurzlebigen) See, dessen mächtige tonig-sandige Sedimente durch die jüngsten Bohrungen der Stieglbrauerei gut aufgeschlossen wurden. Dieser See wurde durch Zerschneidung der Engen bei Tittmoning und Laufen entleert. Es folgte die wärmere Zeit der Allerödschwankung (rund 9000 v. Chr.), dann eine neuerliche Kaltzeit (Schlernstadium um 8800 v. Chr.), deren Dauer jedoch nicht ausreichte, die zumeist schon eisfrei gewordenen Täler wieder mit Eis zu füllen, umsomehr als die Schneegrenze nicht wie im Würm-Hochglazial 1200 m, sondern nur 900 m unter der heutigen lag; es kam nur zu Vorstößen lokaler Gletscher von den Bergen herunter. Von den Zungen dieser Schlerngletscher ging eine neuerliche Schotterbildung aus, die zur Bildung der heutigen Salzburger Ebene führte (Seefeldner). Später folgte — bei einer Schneegrenzlage 600 m unter der heutigen — das Gschnitzstadium (um 8000 v. Chr.) mit mehreren Wällen, dann das Daun- und Egesenstadium (um 7500 v. Chr.) mit noch höher gelegenen Wällen. Bald danach begann die postglaziale Wärmezeit (Schneegrenze 200—300 m über der heutigen nach Senarclens-Grancy). Nach neuerlicher Klimaverschlechterung in der ersten Hälfte des 1. Jahrtausends v. Chr. folgte wieder eine Wärmezeit bis etwa 1600 n. Chr.; dann kam es zu neuerlichen kleinen Gletschervorstößen (durch die z. B. Stollen des Rauriser Goldbergwerkes unzugänglich wurden). Die seitherigen Schwankungen halten sich in geringen Grenzen.

Eine in der letzten Zeit wieder aktuell gewordene Streitfrage ist die nach dem Ausmaß der Glazialerosion. Man denkt jetzt vielfach wieder an größere Beträge, was örtlich sicher zutreffen mag und auch für die Ausgestaltung des Salzburger Beckens von Bedeutung sein dürfte. Hier ist die schon von Götzinger geäußerte Annahme lokaler, tief herabreichender Erosionsgassen durch die Bohrung bestätigt worden (Felsgrund der Kugelhofbohrung bei 260,90 m Tiefe, etwa 1/2 km weiter östlich bei 75 m Tiefe; vgl. Hell 1963, Del-Negro 1963).

SCHRIFTTUM :

Aus Platzmangel muß darauf verzichtet werden, Literatur vor 1960, die schon im Heft Salzburg der Bundesländerserie (herausgeg. von der Geologischen Bundesanstalt Wien) verzeichnet ist, nochmals anzuführen; es werden nur seither erschienene Arbeiten berücksichtigt, ohne daß ein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann.

- F. Aberer: Bau der Molassezone östlich der Salzach. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 113, 1962.
- W. Del-Negro: Aufnahmsberichte. Verh. Geol. Bundesanst. 1961, 1962.
- Neue Vorstellungen über den Bau der Ostalpen. Mitt. Arb. Gem. Haus der Natur, Salzburg. Geol.-min. Arb. Gr. 12, 1961
 - dasselbe (erweiterte Fassung). Jahrb. Geol. Bundesanst. 105, 1962
 - Die Tauerntagung der österr. Geologen in Bruck a. d. Glocknerstr., Mitt. Arb. Gem. Haus der Natur, Salzburg, Geol.-min. Arb. Gr. 13, 1962
 - Probleme der Pleistozänentwicklung im Salzburger Becken. Mitt. Arb. Gem. Haus d. Nat., Salzburg, Geol.-min. Arb. Gr. 14, 1963
- W. Demmer: Geologische Neuaufnahmen in den westlichen Radstädter Tauern. unveröff. Diss. Wien 1962
- Ch. Exner: Aufnahmsberichte. Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
- Bericht über eine Vergleichsexkursion im Venedigerkern. Verh. Geol. Bundesanst. 1961
- Geologische Karte der Sonnblickgruppe 1 : 50.000, 1962
- G. Frasl: Zum Stoffhaushalt im epi- bis mesozonalen Pennin der mittleren Hohen Tauern während der alpidischen Orogenese. Geol. Rundschau 50. 1960
- G. Fuchs: Zur tektonischen Stellung der mittleren Hohen Tauern. Verh. Geol. Bundesanst. 1962
- T. G. Gattinger: Aufnahmsberichte. Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
- G. Götzinger: Aufnahmsbericht. Verh. Geol. Bundesanst. 1960
- W. Heissel: Aufnahmsbericht. Verh. Geol. Bundesanst. 1962
- M. Hell: Tiefbohrung inmitten des Salzburger Beckens durchfährt Grundgebirge. Mitt. Ges. Salz. Landesk. 103, 1963
- D. Herm: Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen in der Oberkreide im Becken von Reichenhall und Salzburg, Ausz. aus Diss. München 1960
- Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen der Oberkreide im Lattengebirge und Nierental. Abh. Bayr. Akad. Wiss. N. F. 104, 1962
 - Die Schichten der Oberkreide (Untere, Mittlere und Obere Gosau) im Becken von Reichenhall. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 113, 1962
- A. v. Hillebrandt: Das Paleozän und tiefere Untereozän im Becken von Reichenhall und Salzburg. Ausz. aus Diss. München 1960
- Das Paleozän und seine Foraminiferenfauna im Becken von Reichenhall von Salzburg. Abh. Bayr. Akad. Wiss. N. F. 108, 1962
 - Das Alttertiär im Becken von Reichenhall und Salzburg. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 113, 1962
- R. Janoschek: Über den Stand der Aufschlußarbeiten in der Molassezone Oberösterreichs. Eröl-Zeitschr. 77/5, 1961
- F. Karl: Aufnahmsberichte. Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
- A. Kieslinger: Die nutzbaren Gesteine Salzburgs, Salzburg 1964
- W. Leischner: Stratigraphie und Tektonik des Wolfgangseegebietes. Mitt. Geol. Ges. Wien, 53, 1961
- W. Medwenitsch. Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
- Die Bedeutung der Grubenaufschlüsse des Halleiner Salzberges für die Geologie des Ostlandes der Berchtesgadener Schubmasse. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 113, 1962
 - Zur Geologie des Halleiner und Berchtesgadener Salzberges, Mitt. Arb. Gem. Haus d. Nat. Salz., Geol.-min. Arb. Gr. 14, 1963
- H. Mostler: Geologie der Berge des vorderen Großarl- und des Kleinarltales. Verh. Geol. Bundesanst. 1963

- R. Oberhauser: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. Jb. Geol. Bundesanst. 1963
- H. Pichler: Geologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Roßfeld und Markt Schellenberg im Berchtesg. Land, Beih. Geol. Jb. 48, 1963
- Th. Pippan: Aufnahmsberichte, Verh., Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
— Bericht über geologische Kartierungen im Salztal zwischen Kuchl und Grödig. Mitt. Arb. Gem. Haus d. Nat. Salzb. Geol.-min. Arb. Gr. 11. 1960
— The late glacial terraces and remnants of interglacial sedimentation in the Salzburg basin, Ber. 6. Inquakongress (1961), 1963
- B. Plöchlinger: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1961, 1962
— Über ein neues Klippen-Flyschfenster in den Salzburger Kalkalpen. Verh. Geol. Bundesanst. 1961
- S. Prey: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
— Flysch und Helvetikum in Salzburg und Oberösterreich. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. Ges. 113, 1962
- H. Scheiner: Geologie der Steirischen und Lungauer Kalkspitze. Mitt. Geol. u. Bergb. Stud. 11, Wien 1960
- M. Schlager: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
— Bilder von Sedimentations- und Bewegungsvorgängen im Jura des Tauglgebietes. Mitt. Arb. Gem. Haus d. Nat., Geol.-min. Arb. Gr. 11, 1960
— Geologische Karte von Adnet und Umgebung 1 : 10 000, 1960
- O. Schmidegg: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1961, 1962
— : Geologische Übersicht der Venedigergruppe. Verh. Geol. Bundesanst. 1961
- E. Seefeldner: Salzburg und seine Landschaften, eine geographische Landeskunde. Salzburg 1961
- R. Sieber: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1961, 1962
- F. Thalmann: Geologische Neuaufnahme des Kammzuges zwischen Mur- und Zederhaustal, Mitt. Geol. u. Bergb. Stud. 13, Wien 1962/3.
— Geologische Neuaufnahme der Riedingspitze und des Weißecks. Verh. Geol. Bundesanst. 1962
- O. Thiele: Aufnahmsberichte Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961
- A. Tollmann: Aufnahmsberichte. Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962
— Der Twenger Wandzug (Radstädter Tauern). Mitt. Geol. Ges. Wien 53, 1961
— Die Rolle des Ost-West-Schubes im Ostalpenbau. Mitt. Geol. Ges. Wien 54, 1962
— Ostalpensynthese. Wien 1963
— Das Westende der Radstädter Tauern (Tappenkarberge). Mitt. Geol. Ges. Wien 55, 1963
— Tabelle des Paläozoikums der Ostalpen, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 13, 1962/63
- H. Zankl: Die Geologie der Torrener-Joch-Zone in den Berchtesg. Alpen. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 113, 1962
- H. Zapfe: Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes. Verh. Geol. Bundesanst. 1960, 1961, 1962