



ÜBER DIE  
TEKTONIK DER OSTALPEN.

VON

VIKTOR UHLIG.

Die wunderbaren Verschlingungen des Schichtengefüges unserer Hochgebirge auf ein einfaches Bild zurückzuführen, war das Ziel vieljähriger Bestrebungen der Geologen. Aber die Größe dieser Aufgabe und ihre unsäglichen Schwierigkeiten brachten es mit sich, daß wir uns zunächst und namentlich in den Ostalpen mit einer Zusammenfassung begnügen mußten, die mehr ein topographisches Bild der Hauptverteilung der Formationen als ein tektonisches Bild ihres inneren Baues vor Augen führte.

Da griff vor etwa 30 Jahren EDUARD SUESS aus der verwirrenden Fülle der Erscheinungen diejenigen heraus, die ihm für Bau und Entstehung der Kettengebirge maßgebend erschienen; er verwies auf die nach Norden konvexe Bogenform der Alpen und Karpathen, auf den einseitigen Bau dieser Ketten, auf die Einheitlichkeit ihres Außenrandes und den Kontrast zwischen diesem Außenrande und der Mannigfaltigkeit des Vorlandes der Ketten, auf den Gegensatz der Ausbildung und Folge der Formationen in den Kettengebirgen und ihrem Vorlande, auf die Unmöglichkeit, im Vorlande die Uferbildungen der ehemaligen alpin-karpathischen Meere aufzufinden, er zeigte endlich die allgemeine Überschiebung des Nordrandes der Alpen und Karpathen über das herzynisch-sudetische Vorland auf.

Alle diese Erscheinungen gaben ihm die Überzeugung ein, es müßten unsere Ketten durch einen von Süden nach Norden einseitig wirkenden Schub entstanden sein.

Dieser Auffassung standen zunächst noch manche Anschauungen im Wege, z. B. die viel besprochene Glarner „Doppelfalte“, aber allmählich mehrten sich Entdeckungen, die sie mittelbar oder unmittelbar stärkten. So die großen flachen, nordwärts gerichteten Überschiebungen in Schottland und Belgien, die weit ausholenden Überdeckungen der Provence. Hatte der scharfsichtige M. BERTRAND in der Provence zuerst jene liegenden Falten erkannt, die später als Überfaltungsdecken oder Schubdecken in so weiter Verbreitung nachgewiesen wurden, so tauchte auch bald sowohl bei BERTRAND, wie bei SUESS die Vermutung auf, daß vielleicht auch die Glarner Doppelfalte nur eine einzige

große, von Süden nach Norden gerichtete Überfaltungs- und Überschiebungsdecke sei.

A. HEIM selbst hat auf der vorjährigen Naturforscherversammlung zu Cöln gezeigt, wie einfach und harmonisch diese Auffassung den wundervollen, über alle Vorstellung großartigen tektonischen Erscheinungen der Glarner Alpen gerecht zu werden vermag. Alle hundertfach überprüften Einzelheiten weisen so zwingend auf die Einheitlichkeit dieser großen Überschiebung hin, daß vor der Eindringlichkeit dieser Sprache jeder Zweifel verstummen mußte. Und so wurde festgestellt, daß am Rande des autochthonen Finsteraarhornmassivs aus tief versenkten Mulden, den „Wurzeln“, mesozoische und alttertiäre Gesteine von sogenannter helvetischer Entwicklung hervortreten, sich erheben und an 40 Kilometer weit über die jüngeren Schichten der autochthonen Unterlage in einheitlichem Zuge nach Norden hinausfließen, hier unter allmählicher Absenkung sich spalten, um schließlich an der tertiären Vorlage der Molasse in den viel bewunderten Falten des Säntis nochmals aufzubranden. Und wie die Glarner Alpen, so wurde auch das ganze schweizerische Kalkhochgebirge bis nach Savoyen hinein am Westabhange der Aiguilles rouges und des Mont-Blanc als ein wurzelloses, auf geologisch jüngeren Schichten gleichsam schwimmendes Deckenland erkannt.

Auf diesem helvetischen Deckenlande liegt aber noch ein zweites mesozoisches Schichtensystem auf, das später von E. SUSS den Namen des lepontinischen erhalten hat. In der östlichen und mittleren Schweiz liegt es hoch und ist deshalb bis auf einzelne isolierte Reste, die sogenannten Klippen, der Denudation verfallen, im Westen aber liegt es tief und bildet hier in den Freiburger Alpen oder Préalpes romandes, ferner im savoyschen Chablais ein zusammenhängendes großes Gebirge mit eigenartiger Faltenarchitektur. Niemand konnte an der Wurzellosigkeit der kleinen Klippen der Mittelschweiz oder des Embrunais der französischen Alpen zweifeln; zu klar liegen die kleinen Massen als Krönung steiler Berggipfel auf dem Flyschrücken der helvetischen Decken oben auf. Dennoch ist es begreiflich, daß HANS SCHARDT zunächst noch keine Gefolgschaft fand, als er 1893 als erster ein Profil veröffentlichte, in dem folgerichtig auch die ganzen Préalpes als eine wurzellose Masse dargestellt waren. Zu groß, zu uferlos schienen die Ansprüche dieses Tektonikers zu sein, und sie fanden daher zunächst fast allgemein Ablehnung. Mußte man sich doch vorstellen, daß diese lepontinischen Schubmassen ihre Wurzeln noch weiter im Süden haben, als die helvetischen, und einen noch längeren, vielleicht selbst 60—100 km langen Weg über die helvetischen Decken hinweg zurückgelegt haben mußten.

Aber die eingehendste und strengste Diskussion und erneutes eindringliches Studium ergaben nicht nur keinen stichhaltigen Grund

gegen diese Vorstellungsreihe, sondern bestärkten sie schrittweise, und so wurde die SCHARDTSCHE Auffassung zum Grundpfeiler des sich nun rasch entwickelnden Deckenbaues der Alpen.

Die Wurzelregion der lepontinischen Decken schien der Deckenlehre Schwierigkeiten zu bereiten. Und doch hat gerade hier die Deckenlehre eine ihrer Feuerproben siegreich bestanden. Die gewaltige Durchtunnelung des Simplon hat nicht der alten, sondern der neuen Auffassung des Gebirges Recht gegeben. Nicht nur das Simplongebiet, sondern auch die gesamte Innenregion der Westalpen, der die Geologen vordem fast ratlos gegenüber standen, löste sich in eine Folge von 6—7 teils kurzen Tauchdecken (Antigorio-, Lebendun-, Berisaldecke), teils langen und mächtigen flachen Decken (Monte Rosa-, Dent Blanchedecke) auf, deren Wurzeln jeweils südlich oder südöstlich liegen, und deren Zusammenhang mit den Wurzeln zum Teil erhalten, zum Teil durch Denudation unterbrochen ist.

Weitere Schwierigkeiten knüpften sich an die verwickelte Zone des Cols und an die Frage, ob das Briançonnais oder die noch etwas weiter nach innen gelegene Zone des Piémont oder aber beide Gebiete die Wurzeln der lepontinischen Decken enthalten. Heute haben diese Fragen ihre ursprüngliche Schärfe verloren, und jedenfalls blieb die Deckennatur der lepontinischen Gesteine davon unberührt.

Die lepontinischen Decken zwangen zur Einführung einer Hypothese. Die Sedimente der lepontinischen Decken am Nordrande (Klippendecke, Brecciendecke, rhätische Decke) zeigen die gewöhnliche normale Beschaffenheit und sind fossilreich; die mitgerissenen vulkanischen Gesteine, besonders Serpentin und mannigfache andere basische Massen, haben ihre normale Struktur. In der Innenregion des Briançonnais und des Piémont sind jedoch die basischen Gesteine größtenteils schieferig und die Sedimente sind metamorph, zum nicht geringen Teil durch eintönige Glanzschiefer, die sogenannten Bündner Schiefer, vertreten und Fossileinschlüsse gehören zu den größten Seltenheiten. Dennoch müssen zwischen beiderlei Bildungen enge Beziehungen bestehen. Man erklärt das durch die Annahme, daß die vordersten Teile der lepontinischen Decken, die am Außenrande der Westalpen erhalten sind, aus den Wurzeln verhältnismäßig rasch ausgestoßen und vorgeschoben wurden, so daß sie den verändernden Einflüssen der hohen tektonischen Pressung und großer Wärme entzogen wurden, während die weiter nach innen gelegenen Teile derselben Decken diesen Einflüssen allmählich unterlagen und Umkristallisierung und Schieferung erfuhren. Wenn hier auch das hypothetische Element nicht vermieden werden konnte, so berührt es doch weder die Tatsache des Deckenbaus der metamorph-lepontinischen Gesteine im inneren Teile der Westalpen, noch auch die Deckenüberschiebung der normal-lepontinischen Gesteine am Außenrande, sondern es überbrückt nur den fehlenden

oder noch nicht völlig aufgeklärten Zusammenhang dieser Teile, die durch Denudation größtenteils von einander getrennt sind.

Die Unterscheidung der lepontinischen Decken von den darunter liegenden helvetischen wurde durch die Verschiedenartigkeit der Gesteinsausbildung und Fossilführung wesentlich erleichtert: der Kontrast ist so groß, daß man die lepontinischen Gesteine der einzeln auftretenden Klippen im Gegensatz zu den allgemein verbreiteten helvetischen früher auch als „exotische“ Gesteine bezeichnet hat. Man erkannte aber bald ihre Verwandtschaft mit den ost- und südalpinen Formationen, und so verwiesen nicht nur die Lagerungs-, sondern auch die Faciesverhältnisse auf ursprünglich südliche Entstehung und Herkunft. Durch den Prozeß der Deckenbildung wurden südliche Ablagerungen nach Norden verfrachtet, und so entstand ein Nebeneinander von ursprünglich weit voneinander gebildeten Ablagerungen, das vordem ganz unverständlich war. Denkt man sich aber, wie das A. HEIM in seinem vorjährigen Vortrage so anschaulich dargelegt hat, die Ablagerungen im Geiste auf Grund der tektonischen Hinweise wieder an ihre Ursprungsstelle zurückversetzt und ihre ursprüngliche topographische Folge wieder hergestellt, so wird das Verhältnis dieser Ablagerungen zueinander mit einem Schlage völlig klar und verständlich.

So wurde denn der Rahmen des Alpenbaues, den E. SUSS, von den Ostalpen ausgehend, vorgezeichnet hatte, in den Westalpen mit lebendigem Inhalt erfüllt, dank der eifervollen Arbeit zahlreicher Forscher, aus deren Reihe die Namen M. BERTRAND, H. SCHARDT, M. LUGEON und P. TERMIER hervorleuchten. Gewiß ist es diesen Forschern nicht leicht gefallen, die gewaltigen flachen Krustenbewegungen der Deckenlehre zu fordern, und ebensowenig haben sich die Anhänger der neuen Lehre leichten Herzens entschlossen, an diese Bewegungen zu glauben. Aber schließlich mußte sich doch der Zwang unabweisbarer und unwiderlegter Naturbeobachtung stärker erweisen als unsere Vorstellungsgewohnheiten. Es bedarf übrigens nur der Gewöhnung an einen größeren Maßstab, um diese Erscheinungen zu begreifen. Und ist dieser größere Maßstab nicht vollauf berechtigt, wenn man bedenkt, wie klein doch selbst die größten bis jetzt nachgewiesenen Krustenverschiebungen gegenüber der Größe der Erde erscheinen?

Die Einheit des Nordschubes und der Sedimentation im gesamten Alpengebirge kamen nun im Sinne E. SUSS' in allen Einzelheiten zutage. Noch viel großartiger, als E. SUSS vordem auszusprechen gewagt hatte, erwies sich die Rolle der flachen, gleichsinnig nach Norden drängenden Überfaltungen. Und doch steht nun das Bild des Alpenbaues mit seinen von Süden nach Norden überschobenen Decken harmonischer, einheitlicher und wegen seiner Gesetzmäßigkeit auch einfacher vor uns als vordem. Unverständene Details, für die es

früher keine Anknüpfung gab, fügen sich nun zwanglos in das Ganze ein und erhalten mit einem Schlag Wert und Bedeutung. Die Strati-graphie erhält neue Impulse und stützt die Tektonik. Neue Verbindungen öffnen sich, deren weitere Entwicklungsmöglichkeiten noch gar nicht abzusehen sind. So ist es denn begreiflich, wenn die Deckenlehre, um mit den Worten HEIMS zu sprechen, „einen mitreißenden Siegeszug durch die Vertreter der alpin-geologischen Wissenschaft gehalten hat, wie er ähnlich in der Geschichte der Wissenschaft kaum je vorgekommen ist“.

Die große Umprägung unserer Vorstellungen über den Bau der Westalpen konnte natürlich an der Grenze der Ostalpen nicht Halt machen. Bildete doch auch gerade diese Grenze eines der dunkelsten Probleme der Alpengeologie. Ohne die geringste Änderung ihrer Beschaffenheit überschreiten die helvetischen Decken von Westen her in Graubünden den Rhein; aber noch angesichts des jungen Stromes erheben sich jenseits die bleichen Wände der nordöstlichen Kalkalpen und mit ihnen ein Gebirge, dessen Gesteine, dessen Tektonik, dessen gesamte physiographische Verhältnisse von den Kalkalpen des Westens so verschieden sind, als wären es nicht nachbarliche Teile eines einheitlichen Gebirges, sondern gänzlich unabhängige Ketten. Ich will nur auf eines hinweisen. Östlich des Rheins erscheint die Triasformation als eine wohl mehr als 2000 Meter mächtige Folge von Kalken, Dolomiten und Schiefen mit fast beispiellosem Reichtum an fossilen Faunen, westlich des Stromes dagegen besteht dieselbe Formation aus einigen oft nur wenige Meter mächtigen Bänken von fast versteinierungsfreiem gelblichen Dolomit und bunten Schiefen.

Unmöglich können diese Formationen nebeneinander entstanden sein und ineinander übergehen, und doch liegen sie in friedlicher Nachbarschaft nebeneinander. Zwar hat A. ROTHPLETZ diese Grenze als eine Überschiebungslinie erkannt, und G. STEINMANN und seine Schüler haben hier an dieser rhätischen Überschiebung bei genauerem Studium zwischen den helvetischen und den echt ostalpinen Gesteinen noch eine schmale Zwischenzone von überaus zerrissenen, unzusammenhängenden Schollen erkannt, unter denen besonders gewisse basische Gesteine die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt haben, aber das Verhältnis dieser Bildungen zueinander wurde zunächst nicht klarer.

Erst die Deckenlehre hat das alte Rätsel gelöst: Indem die helvetischen Decken den Rhein überschreiten, senken sie sich nach Osten, sie ziehen in der Tiefe, unserem Auge unzugänglich, unter den ostalpinen Gesteinen fort und kommen nur am Nordrande der ostalpinen Kalkzone in dem schmalen Saum der sogenannten Sandsteinzone zutage. Jene zerrissenen, isolierten Schollen, die an der rhätischen Überschiebung in bunter Mannigfaltigkeit zwischen den helvetischen und den echt ostalpinen Gesteinen lagen, haben sich als Schollen der

leptontinischen Decken erwiesen. In der Tiefe des Gargellentales liegen tithonische Kalkschollen unter dem ostalpinen Gneis und liefern so einen greifbaren Beweis dafür, daß die leptontinischen Schollen in der Tat die ostalpine Decke unterlagern. Es ist, als wären diese Schollen bei der Bewegung der ostalpinen Kalkzone nach Norden mitgerissen und so weit nach Norden verschleppt worden, daß einzelne von ihnen bis an den Nordrand der Kalkzone im Algäu (Oberstdorf, Hindelang) gelangt sind. Ebenso senken sich auch die metamorph-leptontinischen Gesteine im südlichen Graubünden unter die mesozoischen Kalke und die archaisch-kristallinen Gesteine der zentralen Ostalpen. Daß auch die metamorph-leptontinischen Gesteine unter den zentralen Ostalpen fortziehen, beweist ihr Wiederauftauchen im Unterengadin und in den Hohen Tauern, wo sie unter den hochaufgewölbten und daher abgewaschenen ostalpinen Gesteinen in sogenannten Fenstern zutage treten.

Somit liegen die Ostalpen nicht neben, sondern über den Westalpen, und wenn wir in den Ostalpen so wenig Gesteine von westalpinen, in den Westalpen nur Spuren von echt ostalpinen Gesteinen (Triasdolomit der Giswyler Stöcke, Iberger Klippe) vorfinden, so hat das seinen Grund darin, daß in den niedrigen Ostalpen die westalpinen Decken größtenteils von den ostalpinen überspannt und daher unter ihnen verborgen liegen, während in den höher liegenden Westalpen die ostalpinen Gesteine durch Denudation entfernt sind. Die quer zum allgemeinen Streichen verlaufende Grenzlinie zwischen Ost- und Westalpen erweist sich lediglich als Denudationslinie und nur insofern vom geologischen Bau abhängig, als sie die Region der raschen und tiefen Senkung des helvetisch-leptontinischen Sockelgebirges unter das ostalpine Deckensystem markiert. Die Alpen aber stellen sich in ihrer Gesamtheit als ein Verband von drei Deckensystemen dar: zu unterst und am Nordrande erscheint das helvetische, darüber folgt das leptontinische und zu oberst liegt das ostalpine. Jedes von diesen Deckensystemen besteht wiederum aus einer Reihe von Teildecken, und jedes zeichnet sich durch besondere stratigraphische Merkmale aus. Die Herkunfts- oder Wurzelregion der leptontinischen Decken liegt südlicher als die der helvetischen, und noch weiter südlich liegt die Wurzelregion der ostalpinen Decken. Die helvetischen Decken wälzen sich über das autochthone helvetische Land, die leptontinischen über die helvetischen, die ostalpinen über die leptontinischen Decken. So ist das ganze große Alpensystem von einem einheitlichen Bewegungszuge beherrscht.

Den Beweisen, welche von Westen her für diesen Bauplan geliefert wurden, wohnt so viel Nachdruck und zwingende Kraft inne, daß sie uns nicht nur für die Rheingrenze, sondern auch für die Ostalpen als bindend erscheinen. Der geologische Bau der Westalpen ist

eben in den Grundzügen zugleich der der Ostalpen. Indessen muß die Deckennatur doch auch in den Ostalpen in besonderen Verhältnissen zutage treten, und diesem wollen wir jetzt unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Östlich der Rheinlinie fesselt unseren Blick ein Gebirgszug, der in den Westalpen eine nur geringe Rolle spielt und größtenteils sogar gänzlich fehlt: die südlichen Kalkalpen. Reichtum an basischen Eruptivgesteinen in der mittleren Trias, eine eigenartige Entwicklung des Oberkarbon und Perm und manche anderen Merkmale verleihen der südalpinen Schichtenfolge eine Sonderstellung. Die Tektonik ist beherrscht von schiefen Falten und Überschiebungen, die an Schubweite mit den ostalpinen wetteifern, aber in schroffem Gegensatz zur nordalpinen Schubrichtung durchaus nach Süd und Südwesten gerichtet sind. Die Südalpen enthalten ferner gewaltige Intrusionsmassen von eugranitischer Struktur und tertiärem Alter. Eine Strecke weit laufen sie dem Hauptstamme der Alpen parallel, in den Julischen Alpen und im Karstgebiete aber schwenken sie von den Alpen ab nach Südosten, während der Nordstamm der Alpen die nordöstliche karpatische Richtung einschlägt. Zwischen beide Stämme aber schiebt sich in den karnischen Alpen und Karawanken ein schmales, steil gefaltetes Band silurisch-devonischen Gebirges wie ein Fremdkörper ein. Seine Schichtenfolge und namentlich sein ungewöhnlicher Fossilreichtum sind im Hauptstamme der Alpen bisher unbekannt.

Erst wenn man dieses seltsame Gebirge am Gailflusse überschritten hat, betritt man echt alpinen Boden. Hier erhebt sich zwischen Gail und Drau ein Kalkgebirge, dessen völlige Übereinstimmung hinsichtlich Facies und Schichtenfolge mit den nördlichen Kalkalpen und dessen Kontrast zu den unmittelbar benachbarten oder selbst anstoßenden Südalpen schon seit Jahrzehnten das Staunen der Geologen hervorgerufen hat. Somit ist hier am Gailflusse die scharfe Grenze des Hauptstammes der Alpen gegeben, die nördlich von hier einheitlich wie aus einem Gusse erscheinen. Auf diesem Tatbestande beruht der Vorschlag von E. SUËSS, die Südalpen mit den Dinariden zu vereinigen und von den eigentlichen Alpen zu trennen.

Selbstverständlich wird sich die Geologie mit dem merkwürdigen Gegensatz der Schubrichtung in Alpen und Dinariden und mit der Stellung der karnischen Alpen auseinanderzusetzen haben, aber die Tektonik der Alpen werden wir besser überblicken, wenn wir vorerst von den Südalpen absehen.

Nachdem wir so das Gebiet der Ostalpen im Süden begrenzt haben, wenden wir uns ihrem Nordrande zu. Wir treffen hier am Fuße des Gebirges ein schmales Band von kretazeischen und alttertiären, vorwiegend sandigen Ablagerungen an, das man wegen dieser Zusammensetzung als Sandstein- oder Flyschzone bezeichnet hat.

Man hat diese orographisch nur wenig hervortretende Zone früher vielfach für eine autochthone jüngere Anlagerung an die geologisch ältere Kalkzone gehalten. Aber die Berührungsfläche zwischen Kalk- und Flyschzone entspricht keinem regelmäßigen Ablagerungs-, sondern einem anormalen Dislokationskontakt. Auch fallen die Sandsteine der Flyschzone stets nach Süden, zwar meistens sehr steil, aber doch deutlich unter die ostalpine Kalkzone ein. Die frühere Auffassung konnte daher nicht richtig sein. Heute haben wir in diese Verhältnisse einen besseren Einblick gewonnen. Im Westen sieht man die ostalpine Sandsteinzone über den Rhein hinweg mit den helvetischen Decken des Säntis zusammenhängen. Daher ist also die Sandsteinzone keine autochthone, sondern eine überschobene Ablagerung. Da aber der Säntis nur der Aufbrandungszone der großen Glarner Decke entspricht, so haben wir in der ostalpinen Sandsteinzone im wesentlichen wohl auch nur die äußersten nördlichen Ausläufer der helvetischen Decken vor uns, die sich eben noch unter den Kalkalpen hervordrängten. Scheitelteile und Wurzeln dieser Decken liegen unter der ostalpinen Decke verborgen, unter die sie sich in Graubünden, wie wir schon bemerkt haben, herabsenken. Daher enthält auch die Sandsteinzone nur die geologisch jüngeren kretazeischen und alttertiären Glieder der helvetischen Schichtenfolge, die geologisch älteren blieben mit Ausnahme des Tithons der Canisfluhe, wie in der Schweiz in den südlicheren, hier aber verborgenen Teilen der Decken zurück.

Im Bregenzer Walde, dem westlichsten Teile der ostalpinen Flyschzone, setzen die bezeichnenden helvetischen Gesteine, besonders neokomer Schrattenkalk, Gaultgrünsand, Seewenkalk, eisenreicher Nummulithenkalk und mit Granitfragmenten und -geschieben beladener Flysch, in vier Hauptfalten gelegt, ein ansehnliches Gebirge zusammen. Der geologische Bauplan dürfte sich hier noch an die Verhältnisse der helvetischen Decken der Schweiz anlehnen. Nach Osten hin erfährt aber die Tektonik der Flyschzone gewisse Abänderungen. Wohl werden da und dort auch Faltungen angegeben, aber im wesentlichen erscheint doch die Flyschzone aus einer Folge von parallelen, isoklinalen, südlich geneigten Schuppen zu bestehen, die in ziemlicher Einförmigkeit übereinander geschoben sind. Vielleicht entspricht jede dieser Schuppe einer stark verlängerten, zerrissenen, schräg aufsteigenden Falte. Die älteren Bildungen blieben im Untergrunde zurück, nur einzelne Fetzen wurden als Klippen bis auf den Außenrand vorgezogen. Wir haben bis jetzt keine Anhaltspunkte dafür, daß sich in dem verborgenen Teil der helvetischen Region der Ostalpen ähnliche Aufragungen des autochthonen Untergrundes vorfinden, wie sie die Massive der Zone des Mont Blanc in den Westalpen vorstellen. Die tiefsten Decken waren vermutlich durch die gewaltige Last des ostalpinen Deckensystems stärker niedergehalten und zusammengedrückt.

Die echt helvetischen Gesteinstypen schrumpfen östlich vom Brenzener Walde zu immer schmäleren Streifen ein. Man kann sie aber mehr oder minder vollständig bis nach Mattsee an der Grenze von Salzburg und Oberösterreich verfolgen. Wohl zeigen sich schon gewisse Änderungen der Facies, aber im ganzen und großen ist doch ihre helvetische Natur unverkennbar. Im Hangenden der echt helvetischen Zone stellt sich ein breites Band von Inoceramen führenden hellgrauen und grünlichen Fucoidenmergeln und grobbankigen Sandsteinen ein, das sich in großer Mächtigkeit und beständiger Ausbildung bis an den Ostrand der Alpen und von hier in die Karpathen verfolgen läßt.

Wiederum im Hangenden dieser Schuppe schiebt sich noch weiter im Osten, und zwar östlich vom Traisental, neuerdings eine breite Flyschregion ein, die zwischen Stollberg und Wien da und dort Fetzen von Tithon und Neokom-Aptychenkalk mitführt. Sie bedingt die große Verbreiterung der Sandsteinzone im Wiener Walde, bildet mit der Kalkzone an der Traisen einen Winkel und scheint gleichsam schräg unter dieser hervorzukommen.

Es scheint also, wie wenn dieser östliche Teil der ostalpinen Sandsteinzone eine reichere Gliederung aufzeigte, als der westliche. Neue Teildecken schieben sich ein, deren Verwandtschaft mit den beskidischen Decken der Karpathen unverkennbar ist. Wir werden in diesem Teile der Ostalpen, dessen Streichen schon in die nordöstliche karpathische Richtung einlenkt, mit Recht von beskidisch-helvetischen Decken sprechen können. Noch steckt die Analyse des Wiener Waldes in den ersten Anfängen, es geht aber wohl schon aus diesen Andeutungen hervor, wie viel Interessantes dieser, vordem so wenig geschätzte, ja gemiedene Teil der Alpen enthält, das unter dem befruchtenden Einflusse der neuen Synthese der Alpen zutage treten wird.

Im Algäu kommen, wie schon angedeutet wurde, zwischen dem helvetischen Sockelgebirge und der ostalpinen Decke vereinzelt Fetzen von leontinischen Gesteinen hervor, von denen man annimmt, daß sie von der ostalpinen Decke an ihrer Basis nach Norden mitgeschleppt wurden. Ostwärts verlieren sich zunächst die Spuren dieser Erscheinung. Aber etwa von Gmunden angefangen bis an das Ostende der Alpen ist neuerdings eine Zwischenzone zwischen der ostalpinen und der helvetisch-beskidischen Decke nachweisbar. Auch sie enthält zahlreiche größere und kleinere Schollen von mesozoischen Gesteinen (tektonische Klippen), liegt einerseits über der helvetisch-beskidischen Sandsteinzone und senkt sich andererseits unter die ostalpine Decke ein und nimmt sonach eine ähnliche Stellung ein, wie die leontinischen Decken des Westens. Es handelt sich aber hier nicht um spärliche, von der ostalpinen Decke nur mitgenommene Fetzen, wie im Algäu, sondern um eine fast ununterbrochene, stellenweise mehrere Kilo-

meter breite selbständige Zone, deren Klippen von eigenartigen Flyschbildungen umhüllt sind.

Gewisse Gesteine dieser Klippenzone erinnern hinsichtlich ihrer Facies an die lepontinischen Bildungen des Westens, so der Zoophycos-Dogger von St. Veit in Wien, die Acanthicusschichten und das Tithon von Waidhofen a. d. Ybbs, teilweise auch die Grestener Schichten. Vereinzelt auftretende Fetzen von Serpentin und anderen basischen Gesteinen bilden ein Seitenstück zu den basischen Gesteinen der rhätischen Teildecke STEINMANN'S. Andere Gesteine, wie namentlich die Hornsteinkalke und Radiolarite des Oberjura und Neokom und die Posidonienschiefer, sind ersichtlich identisch mit den pieninischen Klippenkalken der Karpathen. Für andere Gesteine, wie z. B. die roten Granitschollen des Pechgrabens, fehlt es vorläufig noch an Anknüpfungspunkten. Aber alle diese Gesteine sind teils gänzlich, teils in einzelnen Merkmalen verschieden von den geologisch gleichalterigen Bildungen der ostalpinen Decke.

Die Tektonik der Klippenzone der Ostalpen zeigt im wesentlichen denselben Grundzug wie die Sandsteinzone; sie besteht aus isoklinalen, vorwiegend nach Süden einfallenden Schichtenpaketen, Schuppen und isolierten Schubfetzen, die zwischen gleichgerichtete Flyschbildungen eingeschaltet sind, nur ist hier der jurassische Anteil weit stärker vertreten als in der Sandsteinzone. Die Erklärung dieser merkwürdigen Tektonik muß sich daher auch an die Deutung der Sandsteinzone anschließen. Die Bewegung erfolgte vermutlich unter der mächtigen Last der ostalpinen Decke und führte zu einer völligen Laminierung, einer Zerlegung und Zerreißung der einzelnen Teildecken in isolierte, von lepontinischem Flysch umhüllte Schubschollen.

Die Zusammensetzung der ostalpinen Klippenzone, ihre Tektonik, ihr selbständiges Auftreten erinnern so lebhaft an die pieninische Klippenzone der Karpathen, daß man sie geradezu als pieninisch bezeichnen könnte. Es besteht hier dasselbe Verhältnis, wie wir es schon beim östlichen Teile der Sandsteinzone bemerken konnten. Die östlichsten ostalpinen Klippen, die von St. Veit, entfernen sich schon beträchtlich vom Nordrande der Kalkzone, und auch hierin zeigt sich eine zunehmende Annäherung an karpathische Verhältnisse. Sowie das pieninische Deckensystem der Karpathen in mindestens zwei Teildecken zerfällt, so wird man auch in der pieninisch-lepontinischen Decke der Ostalpen gewiß noch zwei oder selbst mehrere Serien nachweisen. Ähnlich wie die Sandsteinzone bildet auch die pieninisch-lepontinische Klippenzone der Ostalpen ein weites, man könnte fast sagen, jungfräuliches Forschungsfeld. Die Klippen selbst sind nur zum kleineren Teile bekannt, die Flyschbildungen dieser Zone mit ihren eigenartigen Geröll- und Blockbildungen fast gänzlich verkannt. Die Erkennung der geologischen Besonderheit dieser Zone

und ihre zutreffende geologische Analyse hätte auch ganz unabhängig von der Deckenlehre vor sich gehen können, ähnlich, wie es ja auch in den Karpathen der Fall war. Die Deckenlehre verleiht aber auch dieser Zone neues und tieferes Interesse und wird die Ausfüllung dieser Lücke sicherlich beschleunigen.

Während das helvetische System in den Ostalpen ausschließlich am Nordrande der ostalpinen Decke hervorblickt, kommt das lepontinische nicht nur am Nordrande, sondern in seiner metamorphen Ausbildung auch an drei Stellen der sogenannten Zentralzone der Alpen zum Vorschein. Diese Stellen entsprechen Regionen, in denen sich die lepontinischen Decken besonders stark aufwölben. Die auf diesen Wölbungen gelegene Partie der ostalpinen Decken wurde abgetragen, so daß die tieferen Decken in „Fenstern“ sichtbar wurden. Wir bezeichnen diese Stellen als das Unterengadiner und das große Tauern-Fenster. Die dritte Region bildet das Semmeringgebiet.

Im Unterengadiner Fenster kommen die Bündner Schiefer, die in Graubünden unter den kristallinen Schiefern und den Kalken der ostalpinen Decke verschwinden, wieder zum Vorschein. Sie nehmen von Ardetz bis Prutz eine ungefähr elliptisch begrenzte Region zu beiden Seiten des Inn ein, um sich ostwärts neuerdings unter die ostalpine Decke und zwar unter die archaische Ötztaler Masse zu versenken. Die steil auftauchenden lepontinischen Bildungen des Unterengadiner Fensters sind nur wenig metamorph und lassen da und dort Spuren von Versteinerungen erkennen. Manche Partien sind ungezwungen als Flysch anzusprechen. Im Hangenden mehren sich abgerissene Schubsetzen und isolierte Schollen von Liaskalk, von Gips und Triasdolomit, von Serpentin, Grünsteinen, Quarziten und Verrucano und bilden mit mechanischen Breccien verschiedener Art einen laut sprechenden Hinweis auf die gewaltigen Bewegungen, die hier die lepontinische Serie zerrissen und selbst völlig aufgearbeitet haben. Auf einzelnen Spitzen, wie besonders am Mutterspitz, sind kleine Deckschollen der ostalpinen Decke der Denudation entgangen und erleichtern so die Feststellung, daß ehemals das ganze Fenster von der ostalpinen Decke überzogen war. Noch harret dieses merkwürdige Gebiet näherer Erforschung, aber die Haupttatsache, daß wir es hier mit einem Hervortreten der tieferen Decken zu tun haben, kann wohl nicht mehr zweifelhaft sein.

An der Linie Sprechenstein-Sterzing-Steinach am Brenner tauchen die lepontinischen Gesteine neuerdings hervor und setzen nun in Form eines ostwestlich gestreckten, nach Norden leicht konvexen und bis zum Katschbergpaß im Osten reichenden Rechteckes das große Tauernfenster zusammen. P. TERMIER hat zum ersten Mal den kühnen Versuch unternommen, diese Region, welche mit die gewaltigsten Stücke unserer Zentralalpen, die Zillertaler-, Tuxer-, Venediger- und Granat-

spitzgruppe, Großglockner, Sonnblick- und Hochalmmassiv umfaßt, als lepontinisches Fenster hinzustellen und darauf die großen Hauptzüge der ostalpinen Tektonik aufzubauen. Man kann wohl heute sagen, daß dieser Versuch im wesentlichen als gelungen zu betrachten ist.

Die Kernteile des großen Fensters nehmen Orthogneise und Granite ein, darüber liegen ringsum verschiedene mehr oder minder stark metamorphe Schiefer. Wegen dieses geologischen Verhaltens hat man diese als Schieferhülle, jene als Zentralgneis und Zentralgranit bezeichnet. Wir müssen es uns leider versagen, hier auf eine nähere Gliederung der so merkwürdigen, fossilfreien Schieferhülle einzugehen, sondern beschränken uns auf die Bemerkung, daß gewichtige Wahrscheinlichkeitsgründe für das mesozoische Alter des jüngeren Teiles der Schieferhülle und die Gleichstellung mit der Trias und den Bündner Schiefen der Westalpen sprechen. Dieser jüngere Teil der Schieferhülle setzt mit Quarziten und verrucanoartigen Gesteinen, Dolomit- und Kalkmarmoren (Angertalmarmor, Hochstegenkalk) ein, darüber liegen Kalkphyllite und Kalkglimmerschiefer in Wechselagerung mit Grünschiefern.

Die Lagerung ist eine scheinbar kuppelförmige, da die Schichten im nördlichen Teile des Fensters nach Norden, im südlichen nach Süden einfallen. Verschiedene Umstände, besonders die Verhältnisse in der nördlichen Partie des Hochalmmassivs, zeigen, daß nur die südliche Zone der Gneise im Untergrund wurzelt, die nördliche dagegen kurze, von der Schieferhülle umzogene und nach Norden überschlagene Tauchdecken bildet. Verfolgt man nun die Struktur der Ostalpen von den zentralen Gneiskuppeln einerseits nach Norden, andererseits nach Süden, so sieht man beiderseits eine Reihe von ungefähr parallelen Gesteinsbändern des ostalpinen Systems auftreten, die an der Nordseite nach Norden, an der Südseite nach Süden einfallen. Da aber der Untergrund dieser Bänder im Norden, die lepontinische Schieferhülle, nicht autochthon, sondern bereits nach Norden überschlagen ist, so ist es klar, daß auch alle folgenden ostalpinen Gesteinszonen bis an den Nordrand der Kalkzone ebenfalls überschoben sein und große Decken bilden müssen. Wir können diesen Schluß um so sicherer aussprechen, als ja die Wurzellosigkeit der ostalpinen Decken auch an ihrem Nordrande durch das Hervortreten der lepontinisch-pieninischen und der helvetisch-beskidischen Decken beglaubigt ist. Die nach Süden geneigten Gesteinsbänder an der Südseite der scheinbaren Zentralgneiskuppeln aber erscheinen als Wurzeln jener nach Norden übergeschobenen Decken.

Decken und Wurzeln des ostalpinen Systems stehen um das große lepontinische Fenster herum miteinander in Verbindung. Je weiter im Norden eine Teildecke gelegen ist, um so weiter im Süden befindet

sich die zugehörige Wurzel. Die aus den Wurzeln schräg nach Norden aufsteigenden Decken erreichen ungefähr in der Mitte der sogenannten Zentralalpen ihren Scheitel, um sich sodann nach Norden zu senken. Diese allmähliche Absenkung nach Norden ist noch in der Kalkzone erkennbar, erst im nördlichen Teile dieser Zone beginnt sich die Decke zu einer Art Aufbrandungszone aufzubiegen und konform der Klippen- und Sandsteinzone nach Süden einzufallen. Am Nordrande müßten die Stirnwölbungen des ostalpinen Deckensystems gelegen sein; sie werden aber wohl vielfach zusammengedrückt und zerrissen gewesen sein und sind wohl größtenteils der Denudation verfallen.

Das ostalpine Deckensystem zeigt demnach gewissermaßen eine Zwiebelschalenstruktur. Die einfache Gesetzmäßigkeit dieser Tektonik erfährt aber mancherlei Abänderungen und Verdunkelungen. Die Ausbreitung der Decken geht nicht überall gleichmäßig vor sich, einzelne Teile bleiben zurück oder sind eingeengt und gehemmt, andere breiten sich weithin aus. Gewisse Zonen sind streckenweise zerrissen, in Schubfetzen und Schollen zerlegt, ausgewalzt, in Breccien umgewandelt oder selbst gänzlich unterdrückt; an anderen Stellen können sie zu übergroßer Mächtigkeit angestaut sein. Keine geringen Schwierigkeiten bereiten ferner nachträgliche steile Senkungsbrüche, ferner die untergeordneten Undulierungen und lokalen Gegenfalten der Decken. Die Wurzeln können örtlich steil gestellt oder selbst invers nach Norden geneigt sein, und Ähnliches gilt von den Absenkungsteilen der Decken. Jene Zentralgneiswurzel, die wir als Sonnblickmassiv bezeichnen, zeigt in ihrem Hauptteil südliches, in ihrem verschmälerten südöstlichen Ausläufer dagegen nördliches Einfallen. Im westlichen Teil der Ostalpen senkt sich die ostalpine Decke nicht flach, sondern sehr steil nach Norden ein, und schließlich stellen sich hier selbst inverse Überkipnungen der Decke nach Süden ein. Durch das intensive Vordringen der Dinariden nach Norden im südöstlichen Tirol erscheint hier ferner der Hauptstamm der Alpen stark eingeschnürt oder verdeckt, während er sich im Osten breit und ungehindert ausdehnt. Endlich sind in diesem Zusammenhange wohl auch noch die älteren Denudationsvorgänge zur Zeit der Oberkreide und des Alttertiärs zu erwähnen; sie waren ja teilweise so intensiv, daß hierdurch selbst das ganze Mesozoicum entfernt werden konnte, wie das bekannte Gosauvorkommen des Kainachbeckens bei Graz lehrte. Schon in der Oberkreidezeit setzte die Faltung mächtig ein, und der Anteil dieser älteren Faltung ist von dem der jüngeren schwer zu sondern.

Durch alle diese überaus variablen Verhältnisse wird die Gesetzmäßigkeit des Aufbaues natürlich stark beeinträchtigt und die Erkennung dieser Gesetzmäßigkeit ungemein erschwert. Es ist daher wohl begreiflich, wenn die Analyse des ostalpinen Deckensystems und

seine Zerlegung in Teildecken noch nicht weit gediehen ist. Wir überblicken heute nur wenig sichergestellte Zusammenhänge, andere erscheinen nur in unsicheren Umrissen und können nur tastend und mit Vorbehalten angedeutet werden.

Über der tief lepontinischen Schieferhülle erscheint zunächst das Tauerndeckensystem, dem die großen Decken des Brennergebietes und der Radstädter Tauern, ferner die Zone der sogenannten Klammkalke, die Diploporen-Dolomite von Krimml angehören. Im äußersten Osten der Alpen vertreten die mesozoischen Bildungen des Semmering dieses Deckensystem.

Das Mesozoicum der Tauerndecken wurde von einer Seite schon als tiefste Teildecke des ostalpinen Deckensystems angesprochen. Aber sowohl die Ausbildung der Formationen, wie auch die geologische Stellung unterhalb der archaischen Kerngesteine der eigentlichen ostalpinen Decke sprechen für die enge Angliederung an das lepontinische System. Die Gesteine der Tauerndecken sind metamorph, wenn auch in etwas geringeren Grade als die eigentliche Schieferhülle; die schieferigen Bildungen sind gefältelt, sämtliche Gesteine stark gestreckt und von einer sehr gleichmäßigen, ungefähr nordsüdlichen Klüftung durchsetzt. Besonders in den tieferen Zonen sind die Gesteine gewalzt und häufig in Schollen zerlegt. Die Detailarchitektur zeigt große liegende Falten, bisweilen von einer fast unauflösbaren Komplikation. Alle diese Erscheinungen vereinigen sich zu einem tektonischen Typus der der eigentlichen ostalpinen Decke völlig fremd ist.

Die mesozoischen Bildungen der Tauern- und Brennerdecken transgredieren nicht über die darunter liegende „Schieferhülle“, wie man früher angenommen hat, sondern ihr Kontakt ist ein anormaler Diskontinuitätskontakt. Mächtige Reibungsbreccien an ihrem Grunde bezeichnen ihren Weg. Nach Norden hin fließen die Tauerndecken namentlich in der Gegend des Brenner und der Radstädter Tauern unter sekundären Wellungen weithin ab. Eine kaum unterbrochene Folge von Schollen der Tauernfacies verbindet diese Decken im Norden des Tauernfensters mit der Wurzelzone im Süden. Isoklinale, zerrissene und zusammengepreßte schmale Schollen von reduzierter Mächtigkeit der verschiedensten Tauerngesteine in wenig regelmäßiger Anordnung verraten den eigenartigen tektonischen Charakter der Wurzelregion deren Verlauf ungefähr der Linie Sprehenstein-Windisch-Matrei-Kals Moharspitz-Makernispitz entspricht.

Im Süden lagern auf der Wurzelzone des Tauernsystems alte granatenführende Glimmerschiefer und Gneise in Verbindung mit kristallinen Kalken, Amphibolithen und Pegmatiten. Ähnlich breiten sich auch im Norden über den Tauerndecken alte kristalline Gesteine weithin aus, wie die Gneise des Schladminger Deckenmassivs, die Gneise und granatenführenden Glimmerschiefer des Ötztaler Decken-

massivs und die Pinzgauer Phyllite. Diese alten kristallinen Gesteine sind es, welche die Basis und den Kern des ostalpinen Deckensystems bilden, und welche beim Deckenvorschub im inneren, südlicheren Teile des Alpenstammes zurückgeblieben sind und als kristalline Zentralzone bezeichnet wurden, während die mesozoischen Gesteine, die sogenannte Kalkzone, auf eigener Gleitfläche weiter nach auswärts vordrangen.

Daß die alten kristallinen Deckengesteine im Norden mit den gleichnamigen Wurzelgesteinen im Süden zusammenhängen, ist durch den Übergang der Wurzel in die Decke zu beiden Seiten der großen lepontinischen Aufwölbung verbürgt. Während sich aber dieser Übergang an der Ostseite, östlich vom Katschbergpasse, in breiter Zone vollzieht, scheint im Westen die lepontinische Region in den Marmorbändern des Ridnaunertales, westlich von Sterzing, eine schmale, aber ziemlich weit ausgedehnte Fortsetzung nach Westen aufzuweisen, so daß erst im westlichen Tirol eine völlige Verschmelzung der alten kristallinen Felsarten der Decke und Wurzel eintritt.

Im Norden der großen lepontinischen Aufwölbung ist der Zusammenhang der einzelnen Deckenteile mehrfach unterbrochen, wie wenn beim Vorschube einzelne Massen ungleich weit vorgedrungen, wohl auch zerrissen wären. Auf den undulierten alten kristallinen Deckengesteinen östlich der lepontinischen Aufwölbung sind paläozoische und triadische Gesteine in mehreren isolierten, zum Teil weit ausgedehnten Partien aufgelagert, wie das Palaeozoicum von Murau und Graz, die Gosaulmulde der Kainach, das Mesozoicum und Alttertiär von Eberstein und St. Pauli in Kärnten. Leider ist die Erforschung dieses Teiles der Alpen noch nicht weit genug gediehen, um ein gut begründetes Urteil über die Beziehungen dieser Gebirgsteile zueinander zu gestatten. Dagegen läßt eine andere, als Grauwackenzone zusammengefaßte Formationsfolge schon jetzt eine sehr merkwürdige gesetzmäßige Teilung erkennen. Die tiefere Partie dieser Zone besteht aus Phylliten, Quarziten und einer mächtigen Entwicklung von Gesteinen der Kohlenformation, und zwar sowohl von teilweise in Magnesit umgewandelten Kalken mariner, wie auch von Konglomeraten, Sandsteinen, pflanzenführenden Schiefeln und Graphitlagern terrestrischer Entstehung. Dazu kommen isolierte Serpentinstöcke und nach oben Porphyroide (PERM?), vereinzelt auch Werfener Schiefer der Untertrias. Diese tiefere Serie ist nun stets in deutlicher Weise von silurischen und devonischen Kalken, Dolomiten und Schiefeln überschoben, die sowohl durch ihre Erzführung, wie auch durch vereinzelte Fossilfunde Berühmtheit erlangt haben. Diese Teilung der Grauwackenzone läßt sich von Semmering am Ostende der Alpen parallel dem Mürz-, dem Liesing- und dem Paltental bis in das Ennstal verfolgen, und es liegen Anhaltspunkte dafür vor, daß diese Art der Anordnung auch

weiter im Westen zwischen Dienten und Kitzbühel besteht. Während nun die höhere silurisch-devonische Schubmasse mit der Kalkzone der Ostalpen, speziell der Riffkalkfacies durch ein Grundkonglomerat eng verbunden zu sein scheint und diese trägt, liegt die tiefere Carbonserie auf den Granit- und Gneiskernen des Bösenstein und der Gleinalpe.

Westlich der großen lepontinischen Aufwölbung der Hohen Tauern nimmt der kristallin-archaische Rücken des ostalpinen Deckensystem eine etwas einfachere Gestaltung an. Im Ortlergebiet ist er vom Mesozoicum überspannt, das an seinem Ostrande Anzeichen eines sekundären Ostschubs und im ganzen Gebiete eine gewisse, wohl nur unter geordnete Deckenbildung erkennen läßt.

Bedeutungsvoller treten die Teilungen des ostalpinen Deckensystems in der mesozoischen Kalkzone hervor. Für den westlichen Abschnitt der Ostalpen geht diese Tatsache aus den Arbeiten der bayrischen Geologen und den erschöpfenden Aufnahmen AMPFERER deutlich hervor. Gestützt auf Faciesdifferenzen und auf auffällige früher als rätselhaft empfundene Überdeckungen, von denen die Deckschollen am Roßfeld bei Hallein, in Berchtesgaden und im Lammergebiete am bekanntesten sind, haben M. LUGEON und E. HAUG in Salzkammergut vier Teildecken unterschieden, und Anhaltspunkte ähnlicher Art gewährt auch der östliche Abschnitt der Kalkzone in Niederösterreich. Noch ist das Detail dieser Gliederungen genauer zu ermitteln, aber daß gewisse Teilungen bestehen, ist nicht zweifelhaft.

Der Südrand der Kalkzone ist ein Abwitterungsrand. Seine mauerartig zu Ende gehenden Kalkwände weisen auf eine ehemalige Fortsetzung über alle die lepontinischen Decken hinweg zur Wurzelregion im Süden, die wir in dem oft besprochenen Gailtaler Kalkgebirge zu suchen haben. Sowohl die nordalpine Facies dieses merkwürdigen Gebirges, das sich in schmalem, aber geschlossenem Zuge von Sillian in Tirol zur Villacher Alpe und von hier über den Hochobir und die Petzen bis an den Südrand des Bachergebirges verfolgen läßt, wie auch dessen vorwiegend isoklinale, steile Lagerung, dessen enger Anschluß an die altkristalline Wurzelregion lassen über die Berechtigung dieser Auffassung keinen Zweifel zu. An seinem Westende verschmälert sich der Wurzelzug, er geht schließlich in eine Reihe von kleinen zwischen die alten Gesteine steil eingezwängten Schollen von diploporführendem Triasdolomit, Rhät und Lias über, die namentlich bei Wimbach, Bruneck, Kalchstein, endlich in Mauls im Eisacktal und am Penserjoch hauptsächlich durch F. TELLER nachgewiesen sind.

Auf dem langen Wege durch die Ostalpen, den wir mit der eben besprochenen Wurzelzone beschließen wollen, haben wir manche Erscheinungen wahrgenommen, die sich befriedigend in den Rahmen der Deckenlehre einfügten. Von anderen können wir erwarten, daß sich eine solche Einfügung später zwanglos ergeben werde. Wir haben

aber auch gesehen, daß die Deckentektonik, wie in den Westalpen, so nicht minder auch in den Ostalpen eine wahre Flut von neuen Vorstellungen, neuen Zusammenhängen und tieferen Einblicken eröffnet.

Wir wußten von manchen Erscheinungen, wie von der nordalpinen Facies und der abweichenden Tektonik der Gailtaler Alpen, seit langer Zeit, daß sie eine besondere Bedeutung haben müßten, aber erst die Deckentektonik hat ihren wahren Inhalt bloßgelegt. Scheinbare Gegensätze der Tektonik, wie die südliche Neigung der Sandstein- und Klippenzone und die nördliche des Kalkhochgebirges, sind als Äußerungen eines und desselben tektonischen Vorganges erkannt. Anscheinend unwesentliche Randteile der Alpen, wie die Sandsteinzone und die früher fast völlig übersehene Klippenzone, haben sich als wesensgleiche und sehr interessante Glieder des Gesamtbaues erwiesen. In den Klippen erblicken wir nunmehr nicht nur stratigraphisch wichtige Zwischenglieder, sondern auch untrügliche Anzeichen tektonischer Gliederungen. Die früher als Besonderheit empfundene, aber unverständene Schieferhülle der Hohen Tauern ist nun durch die Anknüpfung an die Westalpen aufgeheilt und bildet einen Angelpunkt der Tektonik.

Die Stratigraphie konnte vordem fast nur so viel Interesse bieten, als durch die fossilen Floren und Faunen bestritten wurde. Heute ist sie von neuen geologischen Gesichtspunkten belebt. Da und dort in der Kalkzone zum Vorschein kommende Lappen von Oberkreide nötigten vordem zur Annahme von Fjorden der Oberkreidezeit, Schollen von Hallstätter Kalken in der Nachbarschaft von Dachsteinkalk zeitigten gar die Annahme von besonderen Kanälen, in denen sich die Hallstätter Kalke abgesetzt haben sollten. Dieses Nebeneinandervorkommen der Formationen ist jetzt als eine tektonische Erscheinung erkannt, und die erwähnten unbefriedigenden Hilfsvorstellungen sind entbehrlich geworden. Wir können nunmehr den Übergang der Oberkreide der helvetischen und der lepontinischen Region mit ihren nordischen Faunenanklängen in die Gosauformation der ostalpinen Decken und die Wandlungen ihrer Faunen in zutreffender Weise überblicken und gelangen zu besseren Vorstellungen über die Herkunft und Bedeutung der mannigfaltigen Blöcke der Oberkreide und wohl auch des Alttertiärs.

Zur Erklärung des nicht zu übersehenden faunistischen und lithologischen Kontrastes des alpin-karpathischen und des außeralpinen Mesozoicums griff M. NEUMAYR vor Jahren zur Aufstellung einer Meeresströmung, die beide Gebiete getrennt haben sollte. Diese Hypothese mußte aber an Stellen versagen, wo sich beiderlei Gesteine bis auf wenige Kilometer nähern und daher für eine Meeresströmung keinen Raum lassen; sie konnte auch die Verhältnisse der Westalpen nicht erklären, wo das außeralpine Mesozoicum in das alpin-helvetische allmählich übergeht. Heute wissen wir, daß auch hier eine reine tektonische Erscheinung vorliegt: In den Westalpen gewährt die Denu-

dation der höheren alpinen Decken vollen Einblick in den Übergang des außeralpinen in das alpine Mesozoicum, in den Ostalpen liegt diese Übergangsregion unter den ostalpinen Decken begraben, die fast bis an den Rand des Gebirges vorgeschoben sind und so den Kontrast zwischen alpin und außeralpin besonders schroff erscheinen lassen. Ebenso wie die NEUMAYRSche Hypothese ist auch das Vindelizische Festland GÜMBELS überflüssig geworden.

Allerdings ist es richtig, daß die geologischen Erscheinungen der Ostalpen nicht so eindrucksvoll und laut für die Deckenauffassung sprechen, wie in den Westalpen. Ist doch in den Ostalpen vorwiegend nur ein Deckensystem ausgebreitet, dessen Sockelgebirge sich nicht unmittelbar der Betrachtung aufdrängt. In solchen Fällen wird es immer schwer bleiben, ein übergeschobenes Deckengebirge von einem autochthonen zu unterscheiden. Vergebens sucht man in den Ostalpen ein Gebiet, in dem die obersten tertiären Schichten eines Sockelgebirges durch ein mesozoisches Deckgebirge in so unbezweifelbarer Weise überlagert sind, wie etwa die helvetischen Decken von den lepontinischen in der Ostschweiz, in Savoyen oder in Embrunais. Kein Teil der Ostalpen erschließt gigantische Überschiebungen in so überwältigender Klarheit wie die Glarner Alpen, die Diablerets oder der Mont Joly. Auch jene erstaunlichen, von oben herabkommenden und von unten her sich teilenden Steinkaskaden, wie wir sie am Urner See oder im Diablerets-Wildhorngebiet bewundern, wird man hier ebensowenig finden, wie die meilenweiten Überdeckungen der Dent Blanche und anderer Deckenmassive. Es ist daher auch wohl zu verstehen, warum die Deckenlehre in den Westalpen ausgebildet wurde, obgleich der erste Anstoß dazu von den Ostalpen ausgegangen ist.

Jetzt aber, da die neue Einsicht gewonnen ist, wird auch die plumpere und in jedem Belang verschlossenerere Masse der Ostalpen der Forschung neue Errungenschaften nicht versagen. Wohl stehen wir heute noch zahlreichen Rätseln gegenüber, aber wir haben die beglückende Gewißheit, daß sich der Schlüssel zu ihrer Lösung in unserer Hand befindet, und daß ihre Lösung nur noch eine Frage der Zeit ist. Schon treten früher verkannte Gesetzmäßigkeiten und neue Verbindungen klar hervor, das bisherige Wirrsal der tektonischen Elemente beginnt sich zu lichten und sich zu neuen Leitlinien gesetzmäßig anzuordnen. Es wäre natürlich verfehlt, die endlich erstandene Synthese der Alpen als letztes und definitives Bild dieses Gebirges zu betrachten; das hieße das Wesen der Wissenschaft gänzlich verkennen. Aber gegenwärtig hat diese Zusammenfassung unseren Einblick wie nie zuvor gesteigert und eine heuristische Kraft bewährt, die unsere Forschung noch für lange hinaus befruchten wird.

Man wird später gewiß noch weit vollständigere und an die Wirklichkeit mehr angenäherte Bilder des Alpenbaues erlangen, als es

das heutige ist. So wie französische Forscher vor wenigen Jahren bemerkten, daß von dem stolzen Westalpenbilde CH. LORYS kein Stein mehr auf dem anderen geblieben sei, so wird es unzweifelhaft auch dem jetzigen Bilde ergehen. Aber eine Errungenschaft wird sicherlich erhalten bleiben: die Erkenntnis, daß weit ausholende flache Überschiebungen eine große Rolle im Aufbau unserer Erdkruste spielen. Eindringlicher als jede theoretische Erwägung spricht die weite Verbreitung dieser Erscheinung und ihre Wiederholung in verschiedenen Epochen für die fortdauernde Schrumpfung und Verdichtung unserer Erde.

Wie auch immer man sich diese großen seitlichen Bewegungen physikalisch zurecht legen wird, so wird man sie doch immer zu den intensivsten Äußerungen der endogenen Kräfte unserer Erde zählen müssen, die man kennt. Sie konnten sich kaum vollziehen, ohne wiederum auf die gesamten physikalischen Verhältnisse unseres Planeten zurückzuwirken. Indem die Geologie diesen Fragen immer näher treten und ihre Forschungen auf die ganze Erdkruste ausdehnen wird, mag es ihr wohl gelingen, Beziehungen zu erschließen, deren Bedeutung heute noch nicht abzusehen ist. So wird die Wissenschaft ihrer vornehmsten und letzten Aufgabe, an dem Beispiele unserer Erde die Entwicklung eines Gestirns mit fester Kruste aufzuzeigen, allmählich näher zu kommen suchen.

Auf diesem langen, langen Wege wird die Deckenlehre nur eine Episode, aber gewiß keine unrühmliche bilden.

---