

## Einsendungen und Besprechungen.

**Tektonisches Gut aus dem Schlußbande des „Antlitz der Erde“.** Von E. Sueß. II. Die Alpen, posthume Altaiden und Analysen. Besprochen von V. Uhlig.

Gewisse Grundzüge des geologischen Baues der Alpen, besonders der Westalpen, sind aus den Forschungen und Erörterungen der letzten Jahre als feststehend hervorgegangen. Der Verfasser des „Antlitz der Erde“ fand sich hier einem gegebenen Stoffe gegenüber und eine Bereicherung im Gegenständlichen konnte daher von ihm im wesentlichen nicht erwartet werden. Nur die Art der Fassung bot ihm einen gewissen Spielraum und auch die offenen Stellen der Gedanken- und Beobachtungsreihen erlaubten ihm, seinen Tiefblick zur Geltung zu bringen. In den Ostalpen ist freilich die Zahl der offenen Fragen so groß, daß hier einerseits zwar mancher neue Gedanke ausgesprochen, mancher neue Hinweis gegeben werden konnte, andererseits aber infolge mangelnden Materials große Zurückhaltung geübt werden mußte. Diese Sachlage bestimmt naturgemäß auch die nachfolgende Besprechung der Alpen, die sich nicht so sehr eine zusammenhängende Darstellung des Stoffes als der Art der Fassung zur Aufgabe machen und besonders die neuen und abweichenden Anschauungen hervorheben will.

Ein Blick auf die Gesamtheit des Erdmeridians von Spitzbergen bis zum Kap der guten Hoffnung zeigt, daß der Rahmen der Alpiden der einzige Raum ist, in dem sich vom äußersten Norden bis zum äußersten Süden postpermische Faltung in größerem Maße geäußert hat. Innerhalb dieses Rahmens gelangt daher fast die gesamte seit dem Karbon eingetretene Kontraktion eines großen meridionalen Ausschnittes zur Auslösung. Der Rahmen der Alpiden ist nach Südosten und Osten offen. Hier tritt der südwärts gefaltete südliche Randbogen der Dinariden in den Rahmen ein und beeinflusst die Ausbildung der Alpiden so tief, daß die Breite der Alpen im Meridian von Innsbruck auf etwa 100 km eingeengt wird. „Die Kontraktion des Planeten äußert sich daher in diesem Raume auf zweierlei Art, nämlich durch die Gesamtbewegung der Dinariden, welche nicht aus Faltung hervorgeht, und durch die Häufung der verschiedenartigen Dislokationen, welche die Alpiden aufgebaut haben.“ Trotz der nahen Beziehungen zu Asien setzen die Alpiden im Osten im Balkan mit einem freien Ende ein, weitere freie Enden bilden der Sporn von Valeni in den Ostkarpathen, die Kistenbergfalte des Jura und die Balearen.

Drei Grenzlinien ermöglichen eine übersichtliche Gliederung der Alpen: die dinarische Grenze, die Grenze der Ostalpen gegen die Westalpen und die piemontesisch-helvetische Grenze.

Die dinarische Grenze vom Südrande des Bachergebirges bis zum Ortasee ist eine Linie der Pressungen und der Intrusionen. Die zweite Linie am Westrande des Rhätikons bis zur Disgrazia-Gruppe bezeichnet die Auflagerung eines höheren östlichen Gebirgs-gliedes auf tiefere westliche Glieder. Sie gilt nicht für die Flyschzone. Die dritte, am wenigsten ausgeprägte Linie scheidet innerhalb der Westalpen die piemontesischen von den helvetischen Alpen. Sie folgt an der Ostseite des Mercantour und Pelvoux der *Zone du Flysch* Termiers (Zone des Aiguilles d'Arves Haug) oder der inneren Flyschzone, so daß das eigentliche Briançonnais der Hauptsache nach den äußeren Teilen der piemontesischen Alpen zufällt.

Die nähere Beschreibung beginnt mit der Zone des Montblanc. Sie ist kurz gefaßt und lenkt die Aufmerksamkeit namentlich auf die Verschiedenheit der älteren vortriassischen und der jüngeren alpinen Synklinalen, die

Erscheinung der Verfaltung, die granitischen Intrusionen, das Auftreten von Protogingeröllen in den karbonischen Konglomeraten. Die Massive dieser Zone sind „heraufgetragene Teile des mitgefalteten Untergrundes der Alpen und bestehen selbst aus wiederholten parallelen Falten. Sie treten zutage, weil die Längsachsen einzelner Bündel von Falten gemeinsam auf- und absteigen (surélévation des axes).“

Der berühmte Karbonfächer zwischen Sitten und dem Meeresstrande von Savona wird als eine Zone der Stauung aufgefaßt. Die abweichende Natur der mesozoischen Sedimente des Karbonfächers und des Briançonnais wird besprochen und bemerkt, daß die abweichenden Glieder nicht gleichzeitig und an einer bestimmten Grenze sich einstellen, so daß Serien mit gemischten Merkmalen möglich werden. Am permotriadischen Sporn der Vésubie (Fortsetzung des Mercantour) überschieben die Briançonnaisfalten die helvetischen (delphinischen). Das Gebiet östlich vom Sporn der Vésubie ist eine Erweiterung der durch den Mercantour gestauten Falten. An der Innenseite des Mercantour aber tritt sehr rasche Verengung aller Faltenzüge ein, bis sich die breite Pforte zwischen Mercantour und Pelvoux öffnet und zum zweiten Male die inneren Gebirgsfalten im Klippengebiet von Barcelonnette nach außen vordringen. Mit Haug und Kilian betrachtet Sueß den Flysch des Embrunais als aus der inneren Flyschzone herbeigetragen. Helvetische Triasfetzen an ihrer Unterseite bilden abgerissene Grundschollen; über dem Flysch lagern mesozoische Deckschollen.

An der Ostseite des Pelvoux tritt neuerdings Verengung der inneren Zonen ein; erst jenseits des geschlossenen Walles der Belle Donne beginnen neuerdings die Ueberschreitungen der inneren Zonen und die Deckschollen, die von den Annes und Sulens bis zum Berglittenstein im Rheintal reichen. Die Bildung der Deckschollen ist jünger als der oligozäne Flysch, auf dem sie ruhen, es folgten aber noch Bewegungen nach, welche die Einfaltung der Deckschollen in Synklinalen, die „schräge Reichtung“ in den Hochketten, die „tektonische Treppe“ zwischen Dent des Morcles und Wildstrubel bewirkt haben. Sueß schließt sich ferner der oft geäußerten Anschauung an, daß die alten Massen der Montblanc-Zone eine nachträgliche Erhöhung erfahren haben mochten, wodurch die Vorstellung von der Ueberschreitung dieser hohen Zone einigermaßen erleichtert wird.

Die wohldurchforschten helvetischen Decken und die Zone des Piemont geben Sueß keinen Anlaß zu interessanterer Stellungnahme. Anders die Zone von Ivrea. Schön die Uebersichtskarte zeigt, daß Sueß auf Schweizer Boden die Dinariden unmittelbar an die Iepontinische Region angrenzen läßt. Die mesozoischen Sedimente der westlichen Dinariden lagern nach Sueß samt dem permischen Porphyry von Trompia und dem limnischen Karbon von Manno normal oder als versenkte Schollen auf einer Schale, die aus Tonglimmerschiefer, Glimmerschiefer mit Muskovitgneis, endlich biotitischem Stronagneis besteht. Hierauf erscheint das schmale, aber wohl 100 km lange Marmorband von Ornavasso. Aehnliche Kalksteinbänder sind sonst in den Dinariden nicht bekannt, wohl aber in den Alpen und somit beginnen hier die Alpen. Mit C. Schmidt und Argand nimmt Sueß einen Zusammenhang zwischen der berühmten Decke der Dent Blanche samt Mont Mary und Emilius mit dem Ivrea-Zuge an, während aber C. Schmidt mit den italienischen Geologen die Gesteine von Ivrea als von den Pietri verdi verschieden und weit älter ansieht und die Dent Blanche als ein Uebergreifen der Dinariden deutet, betrachtet Sueß die Dent Blanche als eine aus der äußersten, östlichsten Grenzregion der Alpen hervorgekommene Deckscholle, die tektonisch höchste dieses Alpenstückes, und hält mit Argand die Pietri verdi für identisch mit den mannigfaltigen basischen, nickelführenden Gesteinen des Jorea-Zuges. Diese Gesteine sind nach Sueß ein Teil der verdrückten und injizierten Grenznarbe. Als Kontaktgestein erscheint Kinzigitgneis. Der quer gestellte Streifen von Kinzigit nördlich von Varallo weist darauf hin, daß der Zug von Ivrea nicht ein Erguß, sondern ein intrusiver Lagergang ist. Sobald die basischen Intrusionen die Obergrenze des Gneises erreicht hatten, haben sie wahrschein-

lich die Orte geringsten Widerstandes in Triaskalk oder jurassischem Kalkschiefer, zumeist die Schichtfugen aufgesucht und sich darin ausgebreitet. Darum sind die Grünsteine in den mesozoischen Sedimenten oft mehrmals über einander eingeschaltet und darum ist im Binnatal der Kontakt der Gabbrolinsen mit jurassischem Kalkschiefer von Gesteinen begleitet, die Granat, Titanit und Zirkon führen. Die Grünschiefer sind aus der mechanischen Veränderung einer Gesteinsreihe hervorgegangen, die nach Preiswerk von Gabbro und Diorit bis Dunit und Pikrit reicht.

Unser Wissen von den grünen Gesteinen faßt Sueß in folgenden Sätzen zusammen: „Keine sicheren Aschen und Tuffe dieser Gesteine sind bekannt, wenn nicht die Einstreuung der Diabas-Tuffe in den Tavayannaz-Flysch als solche gelten soll. Blasige Laven oder Schlacken sind unbekannt. Gerölle der grünen Gesteine treten erst im oligozänen Flysch auf. Sie sind Lagergänge; aufsteigende Gänge wie am Mont Genève sind selten. Hornfels am Kontakt kommt vor, aber selten; auch Granaten, namentlich im Kalkschiefer, sind als primäre Kontaktbildung anzusehen.“

Aber nicht nur die Grünschiefer bringt Sueß mit dem Jvrea-Zuge zusammen, sondern er spricht auch die weittragende Vermutung aus, daß die Zone von Jvrea offenbar auch zu der Tonalitzone des Ostens in sehr nahen Beziehungen steht. Er erinnert an den Batholithen der Serra di Morignone bei Bormio, dessen Gesteine nach Stache von Tonalit bis Gabbro reichen, an den kleineren Lakkolithen von Brusio oberhalb Tirano, in dessen Kontakthof nach Stella Gesteine auftreten, die den Kinzigiten und Stronaliten von Jvrea gleichen. Er erwähnt ferner die Batholithen nördlich von Ponte und vom See von Mezzola und die junge Intrusion bei Bellinzona und vermutet, daß vielleicht auch die Gänge von Orlerit und Suldenit mit diesen Vorgängen in Zusammenhang stehen. Granit, Quarzdiorit und Tonalit, die gabbroiden Gesteine bis zum nickelführenden Peridotit, samt Serpentin und Prasinit sind vielleicht nicht gleichzeitigen, jedoch gemeinsamen Ursprungs und bilden durch die gesamten Alpen hin das, was man in Nordamerika mit einem Sammelnamen eine Zone von Granodiorit nennt.

Die grünen Gesteine und die Glanzschiefer des Piemont ziehen vom Monte Viso her nach OSO; sie treten dann in das ligurische Gebirge ein und reichen hier bis Sestri Ponente, westlich von Genua. Hier endet plötzlich längs des Torr. Chiaravagna die Glanzschieferzone an einem mehr als 20 km langen nordstüdlichen Zuge von Triaskalk und an ihre Stelle tritt die von ganz ähnlichen grünen Gesteinen begleitete große Kreide- und Tertiärzone des Apennin.

Die am ligurischen Strande versinkenden piemontesischen Alpen treten auf Kap Corse neuerdings wieder hervor. Gesteine vom Typus des Briançonnais und des Piemont setzen das nordöstliche Korsica in enger Pressung zusammen. Elba, dessen Granitkuppel am Monte Capanne jünger ist als die grünen Gesteine zeigt den Zusammenhang mit dem Apennin. Die Falten treten hier weiter auseinander und man kann eine tiefere Decke (Spezia, Apuanische Alpen, Catena metallifera), die nie von grünen Gesteinen durchbrochen wird und eine höhere mit basischen Intrusivgesteinen hauptsächlich in kretazischen, eozänen und oligozänen Schichten unterscheiden. Eine vom Oligozän bis in das jüngere Tertiär geschlossene Auflagerung umfaßt den Apennin nach außen, die jungen Faltungen von Turin bilden die abgelenkte Fortsetzung dieses Außenrandes und es war nicht eine örtliche Bewegung, sondern die jüngere Gesamtbewegung des Apennin, welche diese späte Faltung in das Gebiet der Senkung eintreten ließ.

Die Mitte und der Westen Korsikas samt der Mitte und dem Osten Sardiniens bilden dagegen eine alte Masse, mit einer Zusammensetzung, welche völlig dem Unterbau der gefalteten Zonen im äußersten Westen Sardiniens jenseits des Campidano gleicht, jedoch horizontale mesozoische Transgressionen mit außeralpinen Merkmalen, die mit dem Bath einsetzen, trägt. Sie gehört einem mächtigen, nach SSO streichenden Ast der Altiden

an, den Sueß als korsardinischen Ast bezeichnet. Das Streichen der jungen Falten des Ilesiente und der Nurra im Westen Sardinien, deren Trias bekanntlich an die germanische Entwicklung erinnert, stimmt mit dem allgemeinen Verlauf dieser westlichen Zone Sardinien überein.

Eine bedeutungsvolle, von Sueß kaum berührte offene Frage knüpft sich hier an den nach Osten gerichteten Schub der elbanischen und apenninischen Decken, die an die ostwärts gerichtete Bewegung der Falten östlich vom axialen Karbonfächer der Zone des Piemont erinnert.<sup>1)</sup>

Die Besprechung der Ostalpen leitet Sueß mit einer kurzen Betrachtung der dinarischen Grenze ein. Er hält fest an der Erkenntnis der Einheitlichkeit der Dinariden Griechenlands, Albaniens, Dalmatiens, Südtirols und der Lombardei. Es ist anzunehmen, daß die Alpen unter die Dinariden hinabsinken, aber es ist nicht nachweisbar, daß die dinarische Grenze sich je viel weiter gegen N befunden habe. Nur südlich von Waidisch treten die Dinariden eine kurze Strecke weit über die Alpen, da hier nach Teller dinarisches Oberkarbon auf alpiner Trias liegt. Bis zu den Bergen von Lienz herrscht in den Alpen nahe der Grenze Bewegung nach N, von hier an wendet sich die Bewegung nach Süden, was Geyer dem Rückstau zuschreibt. Druck und Abtragung bewirken, daß von der alpinen Trias nur schmale Wurzeln zurückbleiben, deren Zug bei Mauls am Eisack eintritt und von hier den „Kopf“ der Dinariden in der Richtung auf Meran umzieht. Der Granit von Brixen liegt zwischen dem dinarischen Quarzphyllit und dem phyllitischen Gneis der Alpen. Durch seine Lage und die verändernde Einwirkung auf das Dach erinnert er an den Zug von Jvrea. Erstarrt hat er selbst an nachfolgenden Bewegungen teilgenommen. Das Streichen der Alpen wird in der Nachbarschaft des Kopfes der Dinariden und der Iudikarienlinie beirrt und gegen NNO verschleppt, die Alpen selbst neigen sich hier über die Dinariden. Die ausstrahlenden Save- und Etschlinien bekunden das Anhalten der dinarischen Gesamtbewegung bis in sehr späte Zeit. Die Etschlinien erzeugen zwischen Iudikarien und Schio eine submeridionale Faltung quer zum normalen Streichen der Dinariden.

<sup>1)</sup> Es mag gestattet sein, hier einer Auffassung dieser Region zu gedenken, die P. Termier vor kurzem ausgesprochen hat (Compt. rend. Bd. 148, S. 1441, 1648, Bd. 149, S. 11; séance du 4 juin, 21 juin, 5 juillet 1909). Termier weist Elba als Deckenland nach, zusammengesetzt aus drei Decken. Die tiefste besteht aus Granit, Gneis, Glimmerschiefer und einer unvollständigen mesozoischen Serie, Eozän mit mikrogranitischen Intrusionen und ohne Grünsteine, die mittlere aus Glanzschiefer und Grünschiefer, die obere aus Silur, Karbon, Perm, Trias, Infralias, Lias und Eozän ohne Granit, aber mit Grünstein. Wie Sueß betrachtet auch Termier Elba gleichsam als Bindestrich zwischen Korsika und dem Apennin. Nach Termier scheinen es die beiden tieferen Decken von Elba zu sein, deren östliche Fortsetzung den nördlichen Apennin zusammensetzt. Die Glanzschieferdecke senkt sich an ihrem Westrande unter die korsische Granitmasse ein, welche den Charakter einer Wurzelzone hat. Sie entspricht der an die Glanzschiefer im Westen angrenzenden Zone des Briançonnais; daher auch der Briançonnais-Charakter des korsischen Mesozoikums. Die Fortsetzung der Briançonnais-Zone gehört somit hier zum apenninischen Regime und das alpine mit nach W überschlagenen Falten muß westlich im Meere gelegen sein. Die tektonische Achse (Zone axiale Termier), welche die Regionen der westlichen (bzw. nördlichen) und östlichen (bzw. südlichen) Ueberschiebung trennt, liegt in Piemont mitten in der Glanzschieferzone, hier aber in der Briançonnais-Zone. Sie wendet sich also von Ligurien an mehr nach Westen und setzt sich unter dem Meeresspiegel ein wenig westlich von Korsika nach Südwesten fort.

Wir begnügen uns hier mit diesem Hinweise auf diesen Kontrast der Anschauungen, dessen Lösung erst der Zukunft vorbehalten ist.

Porphyrite, Diorite und Kersantite durchsetzen als aufsteigende Gänge einen breiten südlichen Teil der Alpen; ihre Verbindung mit den großen Grenz-intrusionen ist nicht erwiesen, aber wahrscheinlich.

Sueß kommt sodann auf die lepontinischen Decken zurück und bespricht ihre Gliederung und Verbreitung. Es scheint Uebereinstimmung mit der Ansicht zu bestehen, daß die Brecciendecke von der Ostseite der Montblanc-Zone aus dem Briançonnais stammt und daß im allgemeinen jede höher liegende Decke entfernterer Herkunft ist. Damit harmoniert die namentlich von Lugeon und Argand vertretene Ansicht, daß die oberste Decke der grünen Gesteine von der äußersten dinarischen Grenze herkomme. Sodann wird die Umgebung der Selvretta mit den Spuren und Unterlagerungen der lepontinischen Gesteine betrachtet und gezeigt, daß Davos, Selvretta, Arlberg und die Kalkalpen über lepontinischen Decken schweben. Die Breite dieser Ueberdeckung beträgt vom Silser See im Engadin bis Oberstdorf im Algäu mehr als 120 km. Erst der nächste Abschnitt über die Muralpen dringt in das eigentliche Gefüge der Ostalpen ein. Sueß geht vom Zentralgneis der Tauern aus und zeigt, daß die Alpen namentlich östlich vom Zentralgneis einen bis zu einem gewissen Grade konzentrischen Bau besitzen. Die Gesteine der Tauern wiederholen sich aber im Semmeringgebiet. Südwestlich von den Tauern kommt der Entscheidung über das Alter des Marmorzuges von Laas zugleich die Entscheidung darüber zu, ob die große ostalpine Decke bis an die Adda ihrer ganzen Länge nach schräge von SW gegen NO mehr oder minder deutlich in zwei Hälften geteilt ist. Die Ostalpen können daher zur Erleichterung der Uebersicht jedenfalls in eine nördliche und eine südliche Hälfte zerlegt werden.<sup>2)</sup>

Sueß tritt nun von Osten an das Gebirge heran und zeigt, daß das Devon von Graz, die ganze Strecke vom Bacher bis zum Semmeringgebiet, die Muralpen, Kreuzeck, die Trias an der Drau und der schmale Zug alter Felsarten zwischen dieser Trias und den Dinariden zum südlichen Teil der ostalpinen Decke gehören.

Man sollte nun meinen, daß die paläozoischen Schichten der Muralpen unmittelbar mit jenen zusammenhängen, welche die Basis der nördlichen Kalkzone bilden, und daß die Triasschollen des Südens mit ihrer nördlichen Fazies sich unmittelbar in die nördlichen Kalkalpen fortsetzen. Es ist aber nicht so. Die nördliche Zone zerfällt in zwei verschiedene Glieder: Das tiefere besteht aus der kristallinen Unterlage und dem limnischen Oberkarbon, das höhere aus der kristallinen Unterlage, Silur, Devon, marinem Unterkarbon<sup>3)</sup> und der ganzen ostalpinen Trias. Das limnische Karbon trennt sich überall von der ostalpinen Trias. Auf der ganzen 480 km langen Strecke vom Rhein bis Gloggnitz hat man unter der Trias nirgends eine Spur von limnischem Karbon oder Graphit wahrgenommen. Dieses Karbon liegt am Semmering über der „fremden“ Trias, ebenso am Brenner. In dem langen obersteirischen Zuge (Bruck—Leoben—Trieben) ist es nicht von mesozoischen Schichten begleitet. Wie diese Region im Osten, gehören auch das Silur und Devon von Kitzbühl, der Phyllit im Süden von Innsbruck, Oetztal und das Gebiet des Ortler zur nördlichen Hälfte der ostalpinen Decke. Das Mesozoikum des Ortler wird man vielleicht einmal als eine nach N geöffnete Synklinale ansehen, in ihrem Innern geteilt durch sekundäre Faltungen und Wechselflächen.

Im Westen angelangt, bespricht nun Sueß den südlichen Teil der west-ostalpinen Grenze, der nicht so deutlich ausgesprochen ist, wie der nördliche am Rande des Rhätikon.

<sup>2)</sup> Diese Disposition stimmt im wesentlichen mit der in meinem Vortrage über die Tektonik der Ostalpen befolgten überein. Ich schrieb darin dem Zentralteil der Ostalpen eine Art Zwiebelschalenbau zu und unterschied ebenfalls eine südliche und eine nach Norden geneigte nördliche Hälfte.

<sup>3)</sup> In meinem Vortrage habe ich erwähnt, daß mir die von Heritsch vorgenommene Absonderung des Karbonkalkes von Trieben nicht genügend erwiesen erscheint.

Von den Splügener Kalkbergen, die der Hauptgrenze westlich vorgelagert sind, wird angenommen, daß sie nicht der typischen ostalpinen Decke (Braulio) angehören können, da sie mit den grünen Gesteinen unter sie hinabsinken.<sup>4)</sup> Jenseits des Septimer werden die Abgrenzungen unregelmäßiger. Grüne Gesteine dringen gegen Val Bregaglia vor, hier begleitet sie am Südabhange des Marcio auch Gips als sicheres Anzeichen der Trias. Piz Alv bleibt fraglich, dagegen ist das Disgraziagebiet und seine Fortsetzung in der Gegend südlich von Poschiavo und im Addatal bei Tirano als lepontinisch anzusprechen. Das Einfallen ist hier wie im Bernina nach Norden und Nordosten gerichtet. Dem Tonalitgürtel folgt eine Zone alter Gesteine, Glimmerschiefer und Schiefergneise mit Pegmatiten, die über das Etschknie bei Meran das Eisacktal zwischen Sprechenstein und Mauls erreichen und sich im Süden der Tauernkette mit den alten Granatenglimmerschiefern der Muralpen vereinigen. Neu und interessant ist in dieser Darstellung die Zustellung der Disgrazia und des Gebietes zwischen Poschiavo und Tirano, die bisher wohl durchaus als ostalpin angesprochen wurden, zum lepontinischen System. Die Grenze gegen die nach Süden geneigten alten ostalpinen Felsarten ist allerdings im Addatal zurzeit nicht näher feststellbar. Hier wäre eine große Lücke auszufüllen.

Eine zweite noch offene Frage von großer Bedeutung bietet der Marmor von Laas. Dieser berühmte Marmorzug erreicht gegen Westen nicht den Ortler, aber der ihn begleitende Staurolithglimmerschiefer gelangt in einzelnen Schollen bis in die Nähe von Suldern. Auch die Einschaltungen von Marmor in Phyllit südlich von Bormio (Sobretto) stehen nicht in unmittelbarer Verbindung mit Laas, könnten aber wohl gleichen Alters sein. Die Marmorzone von Laas ist bekanntlich von pegmatitischen Gängen und basischen als Amphibolit erscheinenden Lagergängen begleitet; hie und da kommen nach Hammer auch Quarzite vor. Die im Marmor gefundenen Crinoidenstiele, ferner das Vorkommen von Gips im Phyllit der Marteller Vertainen haben zweifellos eine große Bedeutung. Wir können uns dem Eindrucke nicht entziehen, daß dieser Gips als triadische Einfaltung anzusehen ist. Das Vorkommen von Crinoidenstielen, deren nähere Untersuchung sehr erwünscht wäre, besagt an und für sich, ohne nähere Bestimmung des Genus, nicht viel, aber die Möglichkeit der Zugehörigkeit zum Mesozoikum muß nicht nur selbstverständlich zugegeben werden, sondern es kann auch nicht übersehen werden, daß die große Häufigkeit von Crinoidenkalken gerade im alpinen Mesozoikum es nahelegt, bei derartigen Funden zuerst an Mesozoikum zu denken.

Wenn nun Sueß das Urteil ausspricht, daß sich die heute vorliegenden Erfahrungen dahin neigen, daß der Marmorzug von Laas die völlig marmorisierte Vertretung der lepontinischen Trias mit ihren als Amphibolit auftretenden grünen Gesteinen bildet, so können wir nicht behaupten, daß dieses Urteil zu wenig objektiv ist. Auf der anderen Seite können wir uns aber wiederum nicht verhehlen, daß genau so wie der Marmorzug von Laas, auch zahlreiche andere Marmorzüge in den „Muralpen“ von Amphibolit und Pegmatit begleitet sind und es wohl schwer fallen dürfte, diese letzteren irgendwie von den Laaser Marmoren zu sondern, soweit man die Sachlage heute überblicken kann. Von da wäre zu der Anschauung der westalpinen Geologen, die so gut wie jeden alpinen Marmor als triadisch auffassen, nur noch ein Schritt. Die Konsequenzen einer derartigen Anschauung wären aber weitgehend. Die Tektonik der Ostalpen würde dadurch eine intensive Komplikation erfahren. Da ähnliche Marmorbänder, wie das von Laas, begleitet von Amphibolit- und Pegmatitgängen, auch in den alten Gesteinen der Muralpen auftreten, welche das Radstädter Mesozoikum überlagern und zum ostalpinen System gehören, so ergäbe sich der merkwürdige Umstand der Ueberschiebung von hochmetamorphem Mesozoikum über wenig metamorphes.

<sup>4)</sup> Otto Welter hat diese Kalkberge kürzlich als ostalpin aufgefaßt (Eclogae X, Nr. 6).

Unter diesen Umständen ist es verständlich, wenn der Wunsch entsteht, es möchten das Rindnaun und die Gegend östlich von Sprechenstein einer näheren Untersuchung unterzogen werden. Denn in diesem Gebiete muß zu erkennen sein, ob die fragliche Marmorzone in der Tat mit der Trias der Wurzelregion von Windisch-Matrei zusammenhängt oder nicht.

Mit der Entscheidung über die wahre Natur der Marmorzone von Laas—Göflan—Ratschings hängt natürlich auch die Frage der südwestlichen Fortsetzung des großen Iepontinischen Tauernfensters innig zusammen. Wie immer sich schließlich das endgültige Ergebnis darüber gestalten wird, kann doch die Natur der Tauern als Iepontinisches Fenster im Sinne Termiers nach S u e ß nicht mehr bezweifelt werden.

Auf dem Boden dieser Anschauung entwickelt S u e ß originelle Betrachtungen. Der Zentralgneis ist zwar intrusiven Ursprunges, doch passiv in seine heutige Stellung gebracht. Die Zerteilungen des Venedigerkernes an seinem NO- und SW-Rande sind identisch mit den Verfaltungen an den Enden des Montblanc und Aarmassivs und sind durch einen nachträglichen bedeutenden Gebirgsdruck bewirkt. „Indem der Zentralgneis als ein längst erstarrtes Gestein durch aus S und SO wirkenden Seitendruck passiv in diesem Fenster nach aufwärts gedrängt wurde, hat er eine Umsäumung von Trias und Jura heraufgetragen und gegen W und NW über den Rahmen hinausgedrängt oder übergefaltet. Der Rahmen selbst beugt sich, wo er nicht überfaltet ist, von den Tauern nach außen.“ Diese sehr interessante Vorstellungreihe knüpft hauptsächlich an die Verhältnisse der Brennerregion an; man sieht an der Telfer Weißen dieselbe Gesteinsfolge wie in Schneeberg, doch in verkehrter Reihe; zugleich dreht sich an dieser Stelle das Streichen aus O gegen N und man gewinnt den Eindruck, wie wenn hier das Ende des schwebenden Vorlandes der Oetztaler Masse erreicht wäre, und wie wenn Trias und Glimmerschiefer über die Kante hinübergetreten wären. In dieser Weise ist das ganze Tribulaungebirge auf den Rand des Stubaigneises hinaufgeschoben. Die Reihenfolge der Vorgänge wäre also wohl die, daß zuerst die ostalpine Decke von der Wurzel abgerissen und nach N hinausgetragen wurde, worauf dann die Aufwölbung des autochthonen Zentralgneises im Rahmen des so entstandenen Fensters und die Ueberschiebung des Brennermesozoikum vor sich ging. Hierbei wirkte die schwebende Oetztaler Masse als stauendes Hindernis, als „schwebendes Vorland“.

Diese sinnvolle Erklärung hilft uns über die Schwierigkeit hinweg, welche uns vielleicht die Größe des Tauernfensters als reine Erosionserscheinung bereiten könnte. Sie ist auch den Verhältnissen am Nordwestrande des Fensters trefflich angepaßt, aber sie paßt nicht auf die Verhältnisse am Nordost- und Ostrand des Fensters. Dieses geht hier an der Lieser an einer Querlinie zu Ende, der Zentralgneis zeigt keine Verfaltung, wie man bei nachträglicher Zusammendrängung erwarten sollte, sondern fällt mit großer Gleichmäßigkeit in breiten Flächen nach Osten unter die kristallinen Felsarten der ostalpinen Decke ein und diese selbst zeigt keine Unterbrechung von Süden nach Norden. Endlich beweist die Lagerung der Kalke und Schiefer der sogenannten Silbereckscholle Beckes am Nordrande des Hochalmgneises, daß der Nordstreifen dieses Gneiskernes eine nach Norden überfaltete Decke bildet und diese Ueberfaltung läßt denselben Bewegungszug erkennen, wie die darauf liegenden höheren Decken. Wie dem auch sein mag, so bedeutet die von S u e ß gegebene Erklärung und besonders die Annahme eines schwebenden Vorlandes jedenfalls eine wertvolle Bereicherung unserer Vorstellungen und es zeigt sich an diesem Beispiel, welcher weite Kreis von Vorgängen im Rahmen des Deckenbaues zu berücksichtigen ist.

Die stratigraphischen Kennzeichen der Brenner- und Tauerndecken deutet S u e ß in folgender Weise: Die tieferen Horizonte, limnische Karbon, das sich schwer von halbkristallinen Schiefen trennen läßt, Quarzit der unteren Trias und grüne Gesteine sind piemontesische Kennzeichen, Gyroporellendolomit und Lithodendronkalk sind dem Briançonnais und der ostalpinen Decke gemein; die Pentacrinusbänke erinnern an ersteres. Die

rhätischen und Arietenschichten und der Jura können ebensogut dem ost-alpinen wie dem lepontinischen System zugerechnet werden.

Die Betrachtung der östlichen Kalkalpen läßt mehrere Umstände merkwürdiger Art erkennen. Vor allen anderen die geradlinige Begrenzung im Norden und Süden, welche öfters die hievon unabhängigen Dislokationen schneiden. Sodann den Umstand, daß nirgends, außer an dem südlichen Ende, die Unterlage des Werfener Schiefers, das ältere Paläozoikum, sichtbar wird. Es ist als ob alle Dislokationen der Kalkzone innerhalb des Werfener Schiefers und des Salzgebirges durch horizontales Verschleifen der Basis ihr Ende finden würden. Unter der Macht der Bewegung wurden lange Schlieren von reinem Steinsalz aus dem Ton geschieden und große Schollen verschleppt, wie der Lias in der Tiefe (125 m) der Berchtesgadener Saline und die Tithonblöcke im Salzgebirge von Hallstatt, 260 m untertags. Schwerer ist das Vorkommen von intrusiven Felsarten zu erklären, wie des Diabasporphyrts von Hallstatt und des Gabbros, Serpentins und Tonalits in der Umgebung des Wolfgangsees. Sie sind niemals von archaischen Grundschollen begleitet und sind als durch Gebirgsbewegung zerstückte, von fern herbeigetragene Reste von Intrusivgesteinen anzusehen.

Eine andere bemerkenswerte Erscheinung bildet die Gipfelfaltung, die namentlich am Sonnwendjoch so schön hervortritt; sodann die Deckenbildung der Kalkalpen, für die namentlich Ampferer Belege lieferte, und endlich die Zunahme terrigenen Sediments nach Norden und die Faziesverhältnisse des Salzkammergutes. Sueß unterscheidet hier mindestens zwei Entwicklungen: die Fazies Dachstein—Kallenberg—Osterhorn und die Fazies Hallstatt—Raschberg—Wolfgang; letztere mit Salz, Hallstätter Kalken und Fetzen von Grünsteinen und Tonalit. Während Lugeon und Haug die erstere Fazies in zwei Serien zerlegen, die Dachsteindecke zu oberst und die Osterhorn- oder bayrische Decke zu unterst und die Hallstätter- und Zlambach-Entwicklung dazwischenschieben, betrachtet Sueß erstere als größere Einheit, die in mehrere Teildecken zerfällt und ordnet die Hallstätter Entwicklung zu unterst an. „Die Hallstätter Decke würde, wenn sie am westlichen Rande der Ostalpen läge, wahrscheinlich wegen der intrusiven Spuren in die Decke der grünen Gesteine, das ist dem obersten Horizonte der lepontinischen Gruppe gleichgestellt werden.“

Das Kreidegebirge des Bregenzer Waldes, den Grünten und den schmalen Saum von Sängisgesteinen im Norden der Flyschzone erklärt Sueß für den stellenweise gänzlich verquetschten Rand einer von Süden her unter der Flyschzone hervortretenden Decke. Die Flyschzone selbst ist als ein selbständiges, von Süden her von der Kalkzone zum Teil überdecktes Gebilde anzusehen. Auf Grund des Vorkommens von Zementmergeln mit *Inoceramus salisburgensis* unterhalb Kufstein nimmt Sueß an, daß „Flysch“ auch getrennt von den Gosauschichten in den Kalkalpen vorhanden ist.<sup>5)</sup> Diese Sedimente sind dem Kalkgebirge diskordant aufgelagert und man kann aus ihrem Auftreten folgern, daß die Kalkzone als ein Ganzes vorwärts getragen wurde, nachdem sie gefaltet war und diese Faltung war älter als Zenoman, die Massenbewegung dagegen jünger als ein Teil der Tertiärformation. Die zenomane Transgression ist bekanntlich am Nordsaume der Kalkzone so ziemlich durch die ganzen Ostalpen bekannt. Auch ihr folgt senoner Inoceramenmergel. Daraus darf man aber nicht folgern, daß die südliche Grenze des Flysch nur durch Ueberfaltungen von beschränkter Erstreckung bezeichnet ist. Sie ist vielmehr eine Grenze erster Ordnung.

<sup>5)</sup> Diese Annahme ist durch die neueste Arbeit von Schlosser bereits überholt. Schlosser zeigt darin (Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt 1609), daß die Zementmergel unterhalb Kufstein doch in Verbindung mit echten Gosauschichten auftreten.

An dieser Grenze tritt auch der lepontinische Saum zutage. Auffallend sind hier die granitischen Grundsollen, ferner die Vereinigung von litoralen und abyssischen (Radiolarien-) Schichten. „Jeder Versuch, diese Umstände nach einem kleinen Maßstab zu messen, scheitert an dem Umstande, daß hier außerhalb des heutigen Nordrandes der Kalkzone Sedimente auftreten, welche eine Meerestiefe von 4000 bis 5000m anzeigen.“

In der Flyschzone der Alpen und Karpathen war bis zum Zenoman südlicher, von da an bis zum Ende der Kreide nördlicher, von da bis in die mediterranen Zeiten wieder südlicher Einfluß herrschend.

Der Abschnitt „Posthume Altaiden“ ist hauptsächlich der Fortsetzung der Alpen nach NO und O, nach S und SW, ferner den Provençalischen Falten und Pyrenäen gewidmet, enthält aber auch noch eine allgemeine Uebersicht der helvetischen, lepontinischen und ostalpinen Decken der Alpen und einige allgemeine Bemerkungen.

Besonders diese letzteren verdienen hier hervorgehoben zu werden. Wenn Sueß die Serie Silur—Devon—Unterkarbon vereinigt, so geschieht das auf Grund der Darstellung von Heritsch, von der schon die Rede war. Hier müssen jedenfalls weitere Untersuchungen abgewartet werden. Sicher kann man aber mit Sueß das Altpaläozoikum der ostalpinen Decke zuschreiben und dessen Fehlen in den helvetischen und lepontinischen Serien annehmen. Ebenso steht fest, daß den Alpen eine marine Ausbildung von Oberkarbon und Perm fehlt, während sie im Unterbau der östlichen Dinariden vorhanden ist.

Die zweite Bemerkung bezieht sich auf die verschiedenen tektonischen Formen der vorpermischen Granite und Gneise der Alpen. Bald gleichen sie tief abgetragenen autochthonen Massen und sind entweder völlig autochthon oder bilden tief liegende Gewölbe mitten im heftig bewegten Gebirge. Andere haben dem Seitendruck Widerstand geleistet und sind in parallele, an den Enden verzahnte Antiklinalen geteilt (Zone des Montblanc), wieder andere bilden völlig abgetrennte Decken oder schwebende Massen (Selvretta). Von gestreckten liegenden Falten oder Tauchdecken wie in der Schweiz hat man bisher in den Ostalpen kein Anzeichen erkannt.<sup>6)</sup>

Die dritte Bemerkung endlich bezieht sich auf den alten Untergrund. Die Fortsetzung der angesichts der Alpen verschwindenden Böhmisches Masse und des vorpermischen Vorlandes muß unter den Alpen liegen und ebenso muß die Fortsetzung der Alpen unter dem karnischen Gebirge und den Dinariden liegen. Der karnische Unterbau scheint aber nach W und SW an der Basis der Dinariden rasch zu verschwinden, denn er fehlt im Fenster von Recoaro und an der Cima d'Asta, aber an keiner dieser Stellen werden alpine Spuren unter den Dinariden sichtbar. Am Kopf der Dinariden, an der Brennerstraße, macht sich schiebender Einfluß geltend. Zeigt der Tonalitgürtel an, daß die Dinariden nie sehr weit über ihre heutige Grenze nach N gelangt seien, so folgt daraus nicht, daß nicht eine weitgehende unterirdische Bedeckung der Alpen durch die Dinariden bestehe.

Schließlich wollen wir noch eine Aeußerung über die Muralpen herausgreifen, die bekanntlich in der anfänglichen Diskussion über die Deckennatur der Ostalpen hauptsächlich wegen ihrer Gosautransgression über Paläozoikum als eine Hauptschwierigkeit für die neue Auffassung hingestellt wurden. Das Vorhandensein dieser Schwierigkeit anerkennt auch Sueß; er findet, daß die Muralpen gewisse Merkmale eines älteren autochthonen Landstriches darbieten. „Hier ist es, wo Zweifel gegen den deckenförmigen Bau die meiste Berechtigung finden. Vielleicht wird man einmal lernen, hier ein fremdes Stück aus den Alpen auszuscheiden.“

Den Anschluß der Karpathen und des Apennin können wir nur kurz erwähnen. Wir finden die tatrischen, pieninischen und beskidischen

<sup>6)</sup> Diese Bemerkung dürfte im allgemeinen wohl zutreffen. Nur am Nordrand des Hochalpmassivs bestehen deutliche Hinweise auf die Existenz einer Tauchdecke, deren nähere Beschreibung noch bevorsteht. Die schwebenden Massen sind von mir als Deckenmassive bezeichnet worden.

Decken besprochen. Die Annahme einer schräg von unten her aufsteigenden Bewegung steht im Einklang mit den Ergebnissen von Boryslaw. Vieles spricht für die nachträgliche Auffaltung einzelner Massen, wie der Tatra, Tatra-Krivan u. a. Die Analyse der apenninischen Halbinsel weist auf die Unterscheidung von zwei tektonischen Elementen hin. Das erste wäre ein alpines Gebirge, die von Korsika, Elba und dem Argentario herabstreichende Fortsetzung der Alpen, deren östlicher Teil der Apennin ist. Diesem Element gehören die in Menge über den Apennin ausgestreuten Granitblöcke an, ferner die Trias von Lagonegro und von Sizilien und als Ausläufer oder als vorgeschobene Deckschollen die Trias der Catena litorale. Das zweite Element wäre Kalabrien samt NO-Sizilien. Ohne eigentliches Vorland zu sein, scheint es im Apennin eine ähnliche Stellung einzunehmen, wie die Catena metallifera und wie die Masse von Mouthoumet vor den Pyrenäen.

Daß die Leitlinien vom Apennin zum Atlas ziehen, wird allseits zugegeben, aber wie sich im einzelnen der Uebergang vollzieht, bildet ein heute kaum mit Sicherheit zu lösendes Problem. Haug betonte den Gegensatz der Fazies in Afrika und Sizilien und die Unvereinbarkeit der NNO-Richtung in Tunis mit den sizilischen Streichrichtungen. Die Faziesdifferenz suchte er durch den Umstand, daß die von Lugeon und Argand angenommene sizilische Decke Afrika nicht erreicht habe, aufzuklären und den Gegensatz der Streichungen durch die Annahme einer Scherung, deren einspringendem Winkel die vulkanischen Inseln Pantellaria und Linosa entsprechen würden. Sueß glaubt, daß die Lösung des Rätsels schwieriger sein dürfte. Ohne auf das Detail der Betrachtung eingehen zu können, bemerken wir, daß Sueß namentlich auf die Beeinflussung des Baues durch die mannigfaltige Gestaltung des Vorlandes hinweist. Auf der Sahara-Tafel lockert sich und verklingt die Faltung des Atlas und das Meer verdeckt die Verbindungen. Vor allem wäre festzustellen, ob in Sizilien die pelagische Trias im Sinne von Lugeon und Argand wirklich nur als Decke vorhanden ist, worüber erst weitere Untersuchungen entscheiden können. Ferner wäre die Bedeutung der Trias auf dem Cocuzzo und bei Terranova zu erkennen und festzustellen, ob die Trias von Lagonegro im Süden abbricht oder gegen Westen einschwenkt.

Ueber den Verlauf der Leitlinien vom Atlas zur betischen Kordillere sind Meinungsverschiedenheiten nicht hervorgetreten; nur die Nordseite der Kordillere mit den von Nicklès und R. Douvillé nachgewiesenen großen Verfrachtungen bietet Neues und noch mehr vielleicht die Balearen. Mallorca gibt sich deutlich als Fortsetzung des betischen Baues zu erkennen; obwohl diese Insel mit ganzer Breite auf Menorka zustreicht, verhindert doch das Auftreten von Devon, die verschiedene Richtung der devonischen Antiklinalen und endlich die flache miozäne Kalktafel im Süden von Menorka die Annahme der Zusammengehörigkeit. Nicht auf Menorka, sondern schon auf Mallorca erreichen anscheinend die Alpiden ihre Ende. Anzeichen besonders junger Faltung, wie sonst an freien Enden, fehlen hier, vielmehr zeigen die horizontalen miozänen Tafeln, daß die jungen Bewegungen der Kordillere sich nicht hierher erstreckt haben.

Wie wenige Teile Europas, verlocken die rätselvollen Pyrenäen mit ihren großen Ueberdeckungen zu kühnen Spekulationen und weitgehenden Annahmen. Trotz der riesigen hier geleisteten Arbeit walten aber noch große Schwierigkeiten. In weiser Wertung dieser Sachlage sehen wir Sueß Zurückhaltung bewahren. Gerade deshalb bildet aber die Besprechung dieses Gebirges einen der lehrreichsten Teile dieses Abschnittes.

In bewährter Weise beschreibt Sueß zuerst den Rahmen und greift dann die älteren Bestandteile des Gebirges heraus. Die paläozoische Montagne noire bildet samt den Cevennen einen nach NW überschobenen Ast der Altiden und ist durch die Pyrenäen von einem ähnlichen Stück, den katalonischen Bergen zwischen Kap Bagur und der Mündung des Llobregat getrennt. Der Kern von Mouthoumet ist unter einer Auflagerung von Danien und Eozän mit der Montagne noire verbunden. Die provençalischen Falten (Trias, Jura, Kreide) umziehen von Narbonne aus den Ostrand dieses Kerns,

beugen sich in westlicher Richtung und vereinigen sich im Süden desselben mit den pyrenäischen Falten. Eine zweite fremde Masse ist im Westen die von Labourd.

An dem Aufbau der Pyrenäen nehmen die Altaiden, die „primäre Serie“, einen sehr bedeutenden Anteil. Die Pyrenäen liegen auch tiefer innerhalb des vorpermischen Aufbaues der Altaiden, als irgendeine andere jüngere Kette Europas. Mitten im Hochgebirge trifft man transgredierendes rotes Perm und helle Oberkreide auf alten Felsarten liegend, wie in Böhmen oder in Teilen des Hohen Atlas. Die mesozoische Schichtenfolge zeigt bis in die Kreide keine pelagischen Merkmale, womit einzig das Vorkommen von marinem Perm eigentümlich kontrastiert.

Auch die Tektonik, obzwar unzweifelhaft von Deckenbau beherrscht, läßt kaum nähere Analogien mit den Alpen hervortreten. Ohne hier in Einzelheiten eingehen zu können, heben wir nur die hauptsächlichsten Tatsachen hervor. Zunächst die Tatsache, daß die Pyrenäen eine gegen Norden und eine gegen Süden gerichtete Bewegung erkennen lassen. Die nördliche Bewegung reicht von Cannes durch das Provençalische Gebirge bis nach Oviedo; ihr gehören die großen Verfrachtungen der Nordseite der Pyrenäen, die Petites Pyrenées, die bis über Dax hinaus in die Ebene vordringenden Falten, der äußere Saum der Basses Pyrenées und der Norden Spaniens bis zu den Picos de Europa an. Die südliche Bewegung beginnt am Teck, an der Südseite des Canigou, greift tief in die Pyrenäen ein, umfaßt die ganze Breite des Hautes Pyrenées, beherrscht auch noch die Basses Pyrenées mit Ausnahme ihres nördlichen Saumes und endlich auch die vorliegenden südlichen kretazischen und tertiären Sierren. Sueß versucht diese, übrigens in anderen Teilen der Erde sich wiederholende Tatsache, mit der Annahme von Senkungen zu erklären. Auf stattgehabte Senkung läßt der Umstand schließen, daß das Untersilur der Oberkreide eine abgetragene Fläche darbot, denn es ist im berühmten Kessel von Gavarnie von Oberkreide autochthon überlagert und von Obersilur, Devon und Karbon überschoben. Man könnte sich vorstellen, sagt Sueß, daß eine in Bewegung gegen N dabei jedenfalls in Spannung befindliche Masse, durch eine Senkung unterbrochen, diese Spannung in der entgegengesetzten Richtung, d. i. gegen S auslösen würde. Andererseits erinnert Sueß an die asiatischen Karpinskischen Linien, deren Streichen in ähnlicher Weise nach WNW und deren Faltung gegen S gerichtet ist. Sollten hier asiatische Kennzeichen vorliegen? Die Prüfung dieser Frage wird nach Sueß vorzunehmen sein, wenn erst das Wesen dieser Linien genauer bekannt sein wird.

Lehrreich sind namentlich auch die Verhältnisse der jüngeren basischen Intrusionen. Nach Lacroix, der ihre Kontaktveränderungen nachgewiesen hat, sind zwei Gruppen derartiger Intrusionen zu unterscheiden: Die eine umfaßt die Ophite des Unterlias, die andere enthält neben Ophit auch Lherzolit, Serpentin, Diorit, Peridotit und Anorthosit und reicht bis in den Gault. Häufig sind diese Felsarten mit Gesteinen abyssischer Entstehung (Radiolarit) verbunden; „in den Pyrenäen, in S.-Spanien und in NW.-Afrika erscheinen sie aber in Sedimenten, die als solche der Tiefsee nicht anerkannt werden können“. „Man sieht in Europa diese grünen Intrusionen oder ihre zertrümmerten Spuren an hunderten von Stellen innerhalb der Gebiete großer Dislokation vom Wolfgangsee bis an den Rand der Sahara. Man sieht sie nicht im Vorland, weder im Norden noch im Süden und wir betrachten sie daher in Europa als Begleiter der tektonischen Bewegungen.“

Wir verlassen nun die Ketten der posthumer Altaiden Europas und wollen zum Schluß noch einige tektonische Ergebnisse des Abschnittes „Analysen“ besprechen.

Kettung und Scharung. Bogen treten entweder in Scharung zusammen oder ein Bogen kreuzt die Richtung des anderen. Für den letzteren, früher Durchschneidung genannten Fall, gebraucht Sueß jetzt

den Richthofenschen Namen Kettung und fragt sich, warum hier Kettung, dort Scharung entsteht.

Ein Beispiel von Kettung durch Ueberwältigung bieten die Karpathen in ihrem Verhalten zum Sandomirer Gebirge und den Sudeten; die jüngere Kette behauptet als Dominante ihre Richtung. Am Knie des Brahmaputra behaupten dagegen die älteren Mijuketten des burmanischen Bogens ihre Richtung. Die Mijuketten des Patkai waren zuerst zur Stelle, darum endet der Himalaya hier. Treffen zwei Ketten an der Begegnungsstelle ungefähr gleichzeitig ein, so entsteht Scharung, bleibt eine Kette zurück, so entsteht Kettung, wie an den bogenförmigen Sprüngen in der Asphaltdecke unserer Straßen erläutert wird. Daß sich die früher am Treffpunkt eingelangten Ketten als Dominante behaupten, ist in den asiatischen Inselkränzen der herrschende Fall. Die Aleuten zeigen ein Beispiel, wo die Kettung mit der Dominante (Kamtschatka) noch nicht erreicht ist.

Interessante und bedeutungsvolle Ausblicke in genetischer Hinsicht eröffnen die Ausführungen über die „Vortiefen“. Daß die größten Meerestiefen in Gestalt langgezogener Furchen vor dem Außenrande der Bogen von pazifischem Typus liegen, daß diese Vortiefen das Absinken des Vorlandes unter das Faltengebirge bedeuten und daß sie von Sueß zur Abgrenzung des asiatischen Baues benützt werden, haben wir schon im ersten Berichte (S. 519) hervorgehoben.

Gegen den nördlichen Teil des Pazifik dringen von drei Seiten gefaltete Ketten vor (Kamtschatka, Aleuten, Elias-G.) Denken wir uns hier die Hydrosphäre entfernt, so läge ein weites Vorland vor diesen Ketten, aber zwischen diesem Vorlande und den Ketten befände sich noch eine schmale, weit tiefere Furche, die um 2000 bis 3000, selbst 5000 m tiefer wäre als das neue Vorland. In ähnlicher Weise dringen die Kagebirge gegen die Karu, die Sindketten, Himalaya und burmanischer Bogen gegen die indische Halbinsel vor. Diese hat sich als ein Horst an einer Stelle erhalten, wo die heute durch große Flußtäler angezeigte Vortiefe vielleicht weniger tief war. Noch ausgedehnter blieb der afrikanische Horst vom nördlichen bis zum südlichen Faltenbaue erhalten.

Die Vortiefe muß also, wie eben angedeutet, nicht immer von der Hydrosphäre eingenommen sein. Am Außenrande der betischen Kordillere, des iranischen Bogens, des Himalaya ist sie teilweise von jungen Alluvionen erfüllt (Tal des Guadalquivir, Stromland des Euphrat und Tigris, Alluvien des Ganges); am Außenrande der Alpen und Karpathen ist sie von tertiären Tonen verhüllt. Bei letzterem Beispiele sind allerdings die besonderen Verhältnisse der Rahmenfaltung zu berücksichtigen.

Auf diese Weise schaltet sich also die Vortiefe zwischen Vorland und Ketten als ein neues tektonisches Element ein, das früher nicht gekannt und dessen tektonische Bedeutung nicht gewürdigt war. Der äußere Rand der Vortiefe ist der bogenförmige Rand einer Senkung der Lithosphäre und der innere Rand der Vortiefe ist der Außenrand des Faltengebirges, welches vom Lande her über diese Tiefe getreten ist. In der Vortiefe wurden nur selten, z. B. vor den Philippinen, vulkanische Gesteine angetroffen, als Regel gilt, daß die Vulkane niemals der Vortiefe, sondern stets der Kordillere angehören.

S u p a n sprach zuerst die Vermutung aus, daß die Vortiefen, damals noch Rinnen und Gräben genannt, mit Faltungerscheinungen in Verbindung stehen und nach Sueß trifft das augenscheinlich zu. Es läßt sich jetzt verstehen, warum Vortiefen dem indischen und atlantischen Ozean fehlen, beziehentlich nur da vorhanden sind, wo bogenförmige Ketten vordringen, nämlich im Bereiche der beiden Antillen.

Obwohl sich nun Sueß über die näheren Zusammenhänge nicht ausspricht, läßt sich doch kaum verkennen, daß die Ausbreitung einer gewaltigen Tiefe, gegen die neu gebildete Ketten vordringen, für die Faltungsvorgänge von maßgebender Bedeutung sein kann. Die Annahme liegt nahe, daß dadurch namentlich die Gleitung und Wanderung von Decken und die Ablösung der Stirnteile von der Wurzel befördert werden konnten. Es

scheint, daß in der Erkennung der Vortiefen ein neues Element in die Beurteilung der tektonischen Vorgänge eingeführt wurde, das sich vielleicht als sehr fruchtbringend erweisen wird.

Aus dem reichen und interessanten Inhalte des Abschnittes „Analysen“ greifen wir zum Schlusse nur noch die Analyse einzelner Querprofile heraus. S u e ß zieht namentlich folgende Profile zum Vergleiche heran: Grzybowski und Międzyński's Profil von Boryslaw, die Steinmannsche und H u e n e s c h e Darstellung der Rheingegend bei Basel, die Zone von Eriboll in Schottland, das belgische Kohlenrevier, die Glarner und Freiburger Alpen (H e i m, J a c c a r d) und mein generelles Karpathenprofil.

Drei Horizonte der Bewegungen lassen sich am deutlichsten in den Alpen unterscheiden: aus der Tiefe kommen die Decken auf einer flach ansteigenden Sohle herauf, übersteigen dann, nicht immer, aber oft, ein sattelförmiges Joch, bilden darüber eine Kuppel („carapace“ Lugeons), und gelangen jenseits des Joches auf eine fallende Sohle.<sup>7)</sup> Auf der letzteren Strecke mag die Schwerkraft im Sinne der Gleitfaltung Reyers beschleunigend wirken.

Jenseits der fallenden Sohle kann sich die Decke in einfache oder hochaufgebäumte Deckschollen zerlegen oder es mag die Bewegung der Decke an der Sohle ins Stocken geraten, während der höhere Teil der Schichtfolge sich fortbewegt, etwa so, wie in einem Lavastrom die Oberflächenteile sich rascher fortbewegen, an der Stirn unter den Strom geraten und sein Pflaster bilden. Das ist nach S u e ß die Drehfalte. Zuweilen liegen die Stirnteile der Decken in Pfannen, die teils ausgeschürft, teils nur durch Belastung erzeugt sein mögen. Von dem Joch, das ein fremder Körper oder die Häufung unterer Decken sein kann, ist spätere Auffaltung wohl zu unterscheiden. Noch tiefer liegen sehr ausgebreitete Sohlen, auf denen die mächtigsten Bewegungen, z. B. der Dinariden gegen die Alpen, sich vollziehen und von denen S u e ß vorläufig nur sagen möchte, daß sie in keinerlei Weise eine Entstehung aus Falten erkennen lassen.

In der Zone von Eriboll sind mehrere steigende Sohlen vorhanden, die „major thrusts“. Das Joch ist in den Profilen öfters durch eine punktierte Linie angedeutet. Im W sind typische Deckschollen vorhanden; in einer Pfanne liegt die Drehfalte des Ben More. Im belgischen Kohlenrevier spielt die Faille du Midi die Rolle der aufsteigenden Sohle. Die vor dem „Massif charrié“ gelegenen Schollen (lambeau de poussée, lame de charriage und retroussé) lasten auf der Hauptflözmulde und M. B e r t r a n d vermutete, daß sie durch ihr eigenes Gewicht nachgesunken seien. In manchen Profilen kann man nun deutlich erkennen, daß die Sohle dieser vorgelagerten Schollen, die eine verkehrte Schichtenfolge bilden, als Pfanne anzusprechen ist. S u e ß deutet nun die Verhältnisse folgendermaßen. Die Bewegung auf der steigenden Sohle geriet ins Stocken; die oberen Schichten (der produktiven Kohlenformation angehörig) der mächtigen Decke setzen die Bewegung fort und wurden über den nördlichen Rand der Decke als Drehfalte hinausgetragen und in die Pfanne eingelagert. Einen sehr interessanten Fall lassen die Arbeiten Fourmariers zwischen Lüttich und Verviers erkennen. Hier erscheint bei Theux, eingreifend unter die kambrischen und unterdevonischen Gesteine des überschobenen Nordrandes des Massivs von Stavelot, das Massif de Theux, dessen Schichtfolge bis in das produktive Karbon reicht. Man hielt es für versenkt. Nach Fourmarier aber ist es ein Fenster, u. zw. nicht ein Fenster der benachbarten Mulde von Dinant, sondern der weiter nördlich gelegenen Mulde von Namur. Die südliche Mulde von Dinant ist 15 bis 20 km vorwärtsgetragen und liegt als Deckscholle auf der nördlichen Mulde (Namur) und diese nördliche Mulde erscheint bei Theux als Fenster unter der südlichen (Dinant). Ueber dem Fenster von Theux lag

<sup>7)</sup> Eine ähnliche Nomenklatur stammt von Arnold Heim, der aber nicht die Bewegungsflächen, sondern die Deckenteile besonders bezeichnet.

das Joch, über das die Bewegung hinwegging, und so ergibt sich hier ein neues tektonisches Bild, das Fenster am Joch.

Die Hauptflözmulde Belgiens ist von schrägen, nach Süden geneigten und nach oben leicht konkaven Flächen durchschnitten. Sie zerfällt dadurch in Keile, die schräg übereinander liegen und gegeneinander nach N etwas verschoben sind. Diese Bewegung verrät das Bestreben, dem von der Faille du Midi her ausgeübten gewaltigen Drucke zu entweichen. Bewegungsflächen dieser Art, die nicht aus Faltung hervorgegangen sind, nennt Sueß *listrische Flächen*.

Die bestbekanntesten Beispiele bieten natürlich die Alpen dar. Wir sehen hier fallende und steigende Sohlen und können die helvetischen Hochalpen als Fenster am Joch ansprechen. Die aus steiler Striktur hervorgegangenen horizontalen Ueberfalten des Mont-Joly machen den Eindruck, als wäre ein mächtigerer Gebirgsteil darüber hingegangen. Jaccards bekannte tauchende Stirnfalten der Freiburger Alpen stellt Sueß zu den Drehfalten, bedingt durch die Beschaffenheit des Fylsches. Das Gegenteil der Drehfalten bildet die Ueberwurfsklippe Arnold Heims. Bei dieser (Mattstock) vollzieht sich die Bewegung von unten gegen auswärts und liegt das älteste Glied der Schichtenfolge nach außen. Bei der Drehfalte geht die Bewegung von oben nach abwärts und das voreilende jüngste Glied liegt an der Außenseite.

Das Gleiten der Decken auf fallender Sohle kann für die Länge des tektonisch verursachten Weges nicht in Betracht kommen; die Streckung der Gesteine ist zwar bei der Schätzung des Weges ohne Bedeutung, aber sie mindert die erforderliche Verkürzung des Erdumfanges herab. Andererseits erhebt sich die Frage, ob die lepontinischen Sohlen nicht durch die später folgende Auffaltung der helvetischen Hochketten beeinflusst wurden. So tritt klar zutage, wie schwierig und verwickelt nicht nur die genetische Deutung, sondern selbst die rein morphologische Unterscheidung der Alpenprofile sich gestaltet.

In den Ostalpen spielen die lepontinischen Tauern die Rolle des Joches, die in den Westalpen von der helvetischen Region übernommen ist. Das Tauernfenster am Joch ist nicht nur durch Erosion, sondern vielleicht auch durch Zerreißung der Decke entstanden. \*) Die Kalkzone mit ihrer konkaven Sohle gerät in die Stellung einer Deckscholle auf einer Pfanne. In den Karpathen werden die Wechselflächen der Sandsteinzone als *listrische Flächen* gedeutet. Wahrscheinlich sind auch die Klippen an *listrischen Flächen* hervorgetreten.

„Diese Analyse führt vorläufig nur zu dem Ergebnisse, daß die einseitige tangentielle Kraft sich hauptsächlich in zwei selbständigen Formen äußert, nämlich als Faltung und als Bewegung einzelner Stücke oder auch großer Massen auf schrägen, aus der Tiefe ansteigenden Flächen. Die *listrischen Flächen* liegen in zerdrückten Synklinalen und sind ein Teil davon. Ihre konkave Form ist vielleicht nur der Ausdruck der geringeren Belastung des vorderen Teiles. Die Sohlen der major thrusts, der Faille du Midi, der alpinen Decken sowie der Dinariden gehören einer anderen Ordnung der Dinge an. Alle diese Flächen sind ihrem Ursprunge wie ihrer Beschaffenheit nach verschieden von den *disjunktiven Flächen*.“

Mit diesen Worten des Meisters nehmen wir Abschied von dem großen Werke, von dessen überreichem Inhalte die vorstehenden Zeilen nur einen kleinen Teil wiedergeben konnten.

Zu der Bewunderung der großen, unerreichten Leistung gesellt sich der Wunsch, es möchte auch dieser Schlußband des „Antlitz“ unsere Wissenschaft in so reichem Maße fördern, wie die vorhergehenden und der Meister um sich herum das Gedeihen unserer Wissenschaft verfolgen, die

\*) In meinem schematischen Ostalpenprofil ist die Zerreißung nur für das ostalpine Deckensystem angedeutet, für die tieferen Tauern und echt lepontinischen Decken möchte ich die völlige Zerreißung nicht für wahrscheinlich halten.

er so nachhaltig und in so weitem Umfange wie kein zweiter zuvor befruchtet hat.

Ausgewählte Kapitel aus **E. Sues**, *Antlitz der Erde*, Bd. III, 2. Teil. (Die Tiefen, vulkanische Vorgänge, der Mond, Kompensation der Gebirge und der Kontinente, Kontraktion des Erdkörpers.)<sup>1)</sup>

Tiefen, Erdinneres. Den Ausgangspunkt der Betrachtungen über die Tiefen und über des Erdinneres bildet die bekannte Parallele *Daubrée's* zwischen der Gesamtheit der bekannten Meteoriten und der mutmaßlichen Zusammensetzung des Erdkörpers. Denkt man sich dieselben nach der Schwere zu einem Körper, der unserer Erde ähnlich sein soll, geordnet, so erhält man einen Kern von Nickeleisen, darüber Nickeleisen mit Einschlüssen von Magnesiumsilikaten (Olivin). Eine nächste Hülle sind Eisenmagnesiumsilikate, dann folgen die Plagioklas führenden Gesteine, die Eukrite, die sich den Tonerdesilikaten der Erdoberfläche nähern. Mit der äußersten, kieselensäurereichsten Hülle, welche den größten Teil der Erdoberfläche einnimmt, kann man die Glasmeteoriten oder Tektite vergleichen. So werden drei Zonen unterschieden: eine innerste, schwerste, die *Barysphäre*, aus Nickeleisen bestehend (*Nife*), dann die Hülle der Magnesiumsilikate (*Sima*) und die äußerste Hülle von Tonerde und Aluminiumsilikaten (*Sal* = Si-Al).

Vor zwei Jahren etwa haben wir an dieser Stelle einem hochinteressanten Vortrag von Prof. *Benndorf* aus Graz beigewohnt. Es wurde damals gezeigt, daß die Forschungen über Gewicht und Gestalt der Erde, die Abweichung der Rotationsbewegung, bzw. die Nutation, die Gezeiten der Erdoberfläche, vor allem aber die physikalischen Erdbebenforschungen zu dem Resultat geführt haben, daß höchst wahrscheinlich die Erde aus einem Eisenkern von etwa 5000 km Radius mit dem spez. Gewicht 7·8 besteht und einem durch eine schärfere Grenze getrennten Mantel von etwa 1500 km mit der Dichte von 3·0 bis 3·4. Ueber diesem würde erst die äußere Hülle der Tonerdesilikate mit der Dichte 2·5 bis 2·8 (Granit, Gneis u. a.) folgen.

Die Magnesiumsilikate, welche nicht selten im meteorischen Nickeleisen (*Pallaste*) schwimmen, besitzen die Dichte 3·2 oder 3·4; jene des umgebenden Nickeleisens ist 7·1 bis 7·8. Diese große Verschiedenheit der Dichte des durch Differentiation ausgezeichneten Magnesiumsilikats wird als ein Anzeichen für die scharfe Abgrenzung des äußeren Mantels angesehen, wie sie von den Physikern aus dem Gange der Erdbebenwellen erschlossen wird.

Nickel erscheint auf der Erde im allgemeinen in Verbindung mit Magnesiumsilikaten. So auch Platin und andere Schwermetalle. Die 2000 m mächtige Gesteinsfolge in dem Intrusivkörper von *Sudbury* in Kanada scheint im kleinen ein Abbild der planetarischen Differentiation zu geben. Im Hangenden hat sich Granit, darunter Quarzdiorit, ausgeschieden und noch tiefer folgt basischer Norit. Im tiefsten Teile des Intrusivkörpers liegt die reichste heute bekannte Lagerstätte von Nickel, in Begleitung von Eisen, Kupfer, Platin, Gold u. a.

Untersuchungen von Sir *Norman Lockyer* haben gelehrt, daß die Stoffe im Gefolge des *Nife* und der *simischen* Gesteine in den Spektren der Sonne und von *Alfa Cygni* auffallend hervortreten, die *salischen* Stoffe, welche die Hauptmasse der Erdoberfläche ausmachen, aber nur eine geringe Rolle spielen. Denkt man sich die Erde zu einem Feuerball aufgelöst, so wird das gleiche der Fall sein, wenn, wie andere Tatsachen annehmen lassen, die kieselensäurereiche Hülle nur einen dünnen Mantel bildet. Sie wird in der Mischung mit den *simischen* Gesteinen und den sie begleitenden Metallen zurücktreten.

<sup>1)</sup> Nach dem in der Versammlung am 4. Dezember 1909 gehaltenen Vortrage.

**Entgasung.** Nur kurz sei hingewiesen auf die bekannte Vorstellung von der juvenilen Herkunft der vulkanischen Gase. Vadose Wässer sind jene der Oberfläche; juvenile Wässer entstehen aus den vulkanischen Dämpfen.

So wie geschmolzenes Eisen große Gasmassen in sich aufnimmt und beim Erkalten wieder abgibt, so hat die Erde im geschmolzenen Zustande große Gasmassen in sich aufgenommen und jede vulkanische Eruption bringt einen Teil davon wieder zur Entbindung. Nur so wird die große Mannigfaltigkeit der Gase vulkanischer Exhalationen und Fumerolen verständlich. Sie stufen sich bekanntlich in der Reihenfolge ab, daß neben freiem Wasserstoff Chlor und Fluor dem heißesten, Schwefel und Arsen einem kühleren Stadium angehören und am längsten anhaltend bleibt als Rest der allmählich verarmenden Gasausströmung die Kohlensäure. Sie wird als das letzte Anzeichen vulkanischer Tätigkeit in vielen seit der Tertiärzeit erloschenen Eruptionsgebieten angesehen. Die Thermen von Karlsbad bringen jährlich eine Million Kilogramm Kochsalz zutage, das unmöglich aus dem Granit stammen kann. (Dies hat vor allem für das Chlor Gültigkeit.)

Bei jedem vulkanischen Ausbruch vermehrt sich die Menge vadosen Wassers. Die rhythmischen Pulsationen an Kratern werden mit jenen an Siedequellen verglichen. Die aufsteigenden Gase scheinen selbst Wärmebringer zu sein und Rekohte durch Umschmelzung von Laven hervorzubringen.

Es wird gefolgert, daß die Wässer der Ozeane ein Erzeugnis der Entgasung des Planeten sind. Die Sonne befindet sich in einem Zustande fast freier Entgasung. Am Monde scheint dieser Vorgang abgeschlossen zu sein.

**Batholithen.** Es wurde früher angenommen, daß die zumeist granitischen Massen der Tiefe, welche den geschichteten Massen der Erdrinde eingeschaltet sind, einen Hohlraum voraussetzen (etwa durch Abstau bei der Faltung erzeugt), in den sie sich ergießen konnten. Neue Beobachtungen lehren, daß diese Voraussetzung überflüssig ist und daß das Eindringen der Batholithen sich durch ein tatsächliches Aufzehren des Nebengesteines bewerkstelligt. Nur ausnahmsweise kann man aber eine chemische Beeinflussung des Intrusivmagmas durch das Nachbargestein nachweisen.

Manche der diesbezüglichen Beispiele, wie der von Michel Levy beschriebene Granit von Flanmanville in den Pyrenäen, in dem die dioritische Fazies nichts anderes vorstellen sollen, als die Reste aufgelöster Kalktrümmer, werden von anderen Forschern in anderem Sinne gedeutet. Dagegen scheint es, daß die Granite in manchen Fällen gewisse Gesteine bevorzugen, z. B. den Tonschieferzonen folgen. Allgemein ist man der Ansicht, daß einzelne benachbarte Granitkuppen, wie im Erzgebirge oder in Cornwales, in der Tiefe sich zu einem gemeinsamen Stocke zusammenschließen und, wie der Bergmann sagt, in die ewige Teufe fortsetzen.

Den Widerspruch zwischen dem allgemeinen Umriß der Batholithen, der das Schichtstreichen durchquert, und dem Mangel an chemischen Uebergängen zum Nachbargestein, sucht die Hypothese des Amerikaners Daly zu erklären. Er nennt den Vorgang nach einem Bergmannsausdrucke »overheadstopping« (Uebersichbrechen). Dabei liegt die Vorstellung zugrunde, daß durch die Temperaturdifferenz das Dach über den Batholithen gelockert wird. In die Fugen dringt das Magma ein, löst größere und kleinere Scherben los, welche dann vermöge ihres höheren spezifischen Gewichtes in das zähflüssige Magma hinabsinken und allmählich aufgezehrt werden.

Ein dichtes Netz pegmatitischer Adern durchdringt das aufgelockerte Dach der Batholithen. Die sogenannte primäre Verteilung der Erze in Gängen, welche Batholithen begleiten, verrät oft eine Anordnung, welche der Reihenfolge in den Emanationen tätiger Vulkane entspricht.

Von der heißesten Phase, den Bor-, Chlor- und Fluoremanationen, führt diese Reihenfolge zu den Emanationen von Schwefel und Arsen, endlich zu den am längsten anhaltenden Emanationen der Kohlensäure. Als Produkte der heißesten Phase sind die Zinnerze anzusehen, begleitet von der Metamorphose des Nachbargesteines zum sogenannten Zwitter im Erzgebirge; ferner von Flußspat und dem Fluortonerdesilikat Topas.

Darunter folgen Kupfer, Silber Blei u. a. in Schwefel- und Arsenverbindungen. Die Uranerze von Joachimstal sind von Dolomit begleitet und dürften der jüngsten Folge, den Karbonaten zugehören.

Verbindung der Batholithen mit Vulkanen. Irgendein turmalinierter Fleck im Gneis des Erzgebirges zeigt, daß die Boremanation, aber nicht das Magma selbst bis zur Höhe der heutigen Oberfläche emporgedrungen ist. Die pegmatitischen Adern in der Peripherie eines Batholithen scheinen die Vorbereitung des Uebersichbrechens anzuzeigen. Im weiteren Vordringen der Batholithen können sich die Verhältnisse sehr verschieden gestalten. Einige Beispiele werden hier herangezogen. Der Batholith von Marysville in Montana ist von pegmatitischen Adern und von Erzgängen umgeben und auch von Spalten, in welche geschmolzene Gesteine injiziert wurden. Diese Injektionen müssen rasch erfolgt sein, sonst wäre das Gestein erstarrt. Man kann sich vorstellen, daß manche unter ihnen die Oberfläche erreicht und Aufschüttungskegel erzeugt haben.

In einem anderen Falle kann es geschehen, daß das Dach eines Batholithen zusammenbricht und ein Netz von Spalten bis an den Tag reicht.

Aber noch andere Beziehungen zwischen Tiefen- und Ergußgesteinen lehren weitere Beispiele. In der Mitte des basaltischen Vulkanes von Duppau in Böhmen trifft man grobkristallinen Theralith. Der 5790 m hohe Vulkan Kenia in Afrika scheint seiner Aschen und Laven entkleidet zu sein und besteht bis zu seinem Gipfel aus einer dem Nephelinsyenit verwandten Felsart. Der große Batholith von Boulder in Nordamerika besteht aus Quarzmonzonit mit einer Decke von Andesit. Es wird die Frage aufgeworfen, ob der Andesit nur die vulkanische Fazies des Monzonites sei. Lacroix hat am Mont-Pelé gezeigt, daß Quarz unter ganz geringer Bedeckung zur Kristallisation gelangen kann und daß die zur Bildung holokristalliner Gesteine erforderliche Ueberdeckung weit überschätzt worden ist.

Allmählich dringt die Aufschmelzung aus der Tiefe vor, nimmt immer mehr Schollen der Dachgesteine auf, das Magma drängt zur Oberfläche. Es erfolgt Explosion, Aufschüttung von Aschen und Laven. Dauert das Nachströmen der Gase fort, so wird die Aufschüttung immer ausgedehnter und mächtiger. Der nachdrängende Batholith kann die eigenen Aufwurfsmassen angreifen und in holokristalline Felsarten umwandeln. Manchmal mag er noch ein Stück des zertrümmerten Daches zurücklassen, manchmal mag er sogar bis in den mächtigen Kegel eindringen.

Passive Injektionen. Bei diesen Vorgängen wird kein Anzeichen irgendeiner aktiv wirkenden vulkanischen Kraft angetroffen. Man kennt aus der Kapkolonie und aus Utah sehr lange Gangspalten, welche mit Sandstein injiziert sind. Solche Injektionen konnten nur auf passivem Wege, durch hydrostatischen Druck vor sich gehen. Salomon nimmt an, daß die Tonalitmasse des Adamello durch die sinkende lombardische Ebene emporgetrieben wurde. Brögger denkt sich den Granit des Fjords von Christiania an die Stelle einer versunkenen Scholle paläozoischer Gesteine emporgestiegen. Die eigentlichen Lakkolithen Nordamerikas, welche durch Gilberts Beschreibung bekannt wurden, sind Anschwellungen von seitlich eingedrungenen Lagergängen, nach dem Prinzip der hydraulischen Presse. Sie setzen daher nicht in die ewige Teufe fort, wie das bei den Batholithen der Fall ist. Die zur Tiefe reichenden Stiele oder Schlotte, welche man auf vielen Profildarstellungen sieht, wurden in der Natur nicht beobachtet.

Die grünen Gesteine. Höchst eigenartig und zu weiteren Studien anregend ist das Auftreten sehr basischer Gesteine in gewissen ausgedehnten Zonen der Kettengebirge. Die »pietre verdi« der Italiener sind solche Injektionen simischer Felsarten, in deren Begleitung Nickel, Chrom, Platin, auch Awaruit (Nickeleisen) und das ganze abyssische Gefolge angetroffen werden. Selten kann man sie von einem größeren simischen Batholithen ableiten. Sie liegen als lange Züge in den Faltengebirgen; so z. B. im burmanischen Bogen. Zuweilen erscheinen sie als lange Serpentinzüge, namentlich in Arrakan, in Guatemala auf Kuba u. a. a. O. Sie treten nie in das

Vorland über, Es sind die Begleiter großer Dislokationen, u. zw. Lagergängen, die bald den Schichtfugen, bald den Bewegungsflächen folgen.

Auf der Höhe des Balchdurapasses, an der tibetanischen Grenze im Himalaja, wird die mesozoische Serie des Himalaja nebst dem Flysch von Deckschollen der mesozoischen Serie von Tibet überlagert. Auf die Ähnlichkeit der letzteren mit ostalpinen Gesteinen hat Prof. Diener aufmerksam gemacht. Dazwischen liegt nach den Feststellungen von Krafft eine große Mächtigkeit basischer Eruptivgesteine, von denen keine Gänge in das Liegende hinabreichen; sie umschließen die Schollen und Blöcke der tibetanischen Serie. Hier ist die Gleichzeitigkeit der tibetanischen Verfrachtung und der Injektion der grünen Gesteine besonders deutlich.

Als eine Erscheinung ähnlicher Art wird auch die Zone der basischen Gesteine von Ivrea betrachtet. Sie ist an der Sohle der Dinariden an der Grenze zwischen alpinem und dinarischem Bau eingeschaltet und setzt sich in die Alpen fort, aber nicht in die Dinariden. Bis weit in die großen Dislokationsflächen im Fenster von Chatillon und Zermatt und im Fenster des Engadin werden die Massen eingepreßt und von diesen mitgeschleift. Die Zone von Ivrea scheint die injizierte und verdrückte Grenznarbe zwischen beiden Gebirgssystemen zu sein.

Der gleichen Grenzzone gehören die Tonalite vom Adamello bis zum Fuße des Bachergebirges an. Auch die südsteirischen Andesite scheinen mit dieser Eruptionzone, in deren Fortsetzung sie auftreten, im Zusammenhange zu stehen.

**Phreatische Explosionen.** Wenn z. B. an der Basis eines Kalkgebirges aufsteigendes Magma einen phreatischen, d. i. Grundwasser führenden Horizont erreicht, entsteht eine Explosion von eigener Art. Die aus Kalkstein bestehende Decke wird von ihrer wasserdichten Unterlage abgehoben, zersprengt, in großen Schollen beiseite geschleudert und so kann ein weiter kreisförmiger Kessel entstehen, wie z. B. der Rieskessel in Bayern, an der Grenze von Granit und auflagerndem Jurakalk. Früher wurde er für ein Einbruchsfeld gehalten. Oder es entstehen zahlreiche kleinere Explosions-schlote, oft erfüllt mit vulkanischem Tuff (Embryonalvulkane in Schwaben, Schußkanäle, Volcanetti vom unteren Vokturno bis zur Halbinsel Sorrent). Zahlreiche zylindrische Schußkanäle im östlichen Fife südlich von Dundee haben ihren Ursprung an der Grenze zwischen Old red und dem auflagernden Karbon. Sie haben nach Geickie nur Splitter karbonischer Gesteine, niemals Old red gefördert.

**Verbindung mit Gängen.** Wo sich tiefere Aufschlüsse darbieten, beobachtet man häufig Verlängerung des Querschnittes des röhrenförmigen Kanäle in einer Richtung und den Uebergang zu Gangspalten. Mt. Taylor (3471 m) ist ein Vulkan, aufgesetzt auf einer vulkanischen Mesa, die auf horizontaler Kreide liegt, nahe dem Südostrande des Coloradoplateaus. Ein bis zwei Hundert kleine Ausbruchstellen umgeben den Vulkan und sind über die Mesa ausgestreut. Die Schlote sind öfters bis tief in die Kreide sichtbar. Nach Dutton erscheint ihr Querschnitt in den hohen Horizonten kreisförmig; tiefer unten zeigen sie seitliche Verlängerung; noch tiefer ist die längere Achse, nach rechts und links in Gänge fortgesetzt.

Vulkanische Intrusivgänge enden öfters plötzlich mit stumpfem Ende, öfters auch durch Auskeilen gegen oben.

In Ostrau hat man in den tieferen Horizonten der Steinkohlengruben an vielen Stellen ziemlich parallele Basaltgänge angetroffen, die in höheren Horizonten nicht gefunden wurden. Nur an einer Stelle um Jaklowetz bei Poln.-Ostrau steigt ein solcher durch den tertiären Meersand auf bis an die heutige Oberfläche.

Die basaltische Injektion, welche durch mehrere 1000 m aus der Tiefe emporgepreßt wurde, hat hier anscheinend plötzlich 100 bis 200 m unter der heutigen Oberfläche gestockt. An irgendeiner Stelle mag ein Durchbruch eingetreten sein, der allgemeine Entlastung zur Folge hatte.

**Südafrikanische Schlote.** Die diamantführenden Schlote Südafrikas sind über 16 Breitengrade ausgestreut. Sie sind das Erzeugnis gewaltiger gasförmiger Ausbrüche. An mehreren von ihnen ist gegen unten Verengung, einseitige Verlängerung, endlich, z. B. in der St. Augustinmine bei Kimberley, der Uebergang in eine Spalte nachgewiesen. Das Gestein der Schlote ist der Kimberlit, sehr olivinreich, verwandt dem Glimmerperidotit, mit Pyroxen; in der Struktur an manche meteorische Chondrite erinnernd.

In dieser hochbasischen Felsart wird Nickel nicht erwähnt, dagegen tritt das Titaneisenerz, der Ilminit, örtlich in großer Menge auf. Es ist sonderbar, daß auch im Spektrum der Sonnenflecken, die man als die größten in Natur bekannten gasförmigen Eruptionen ansieht, Titan auffallend hervortritt.

**Verteilung der Vulkane.** Dieser Abschnitt steht in Beziehungen mit den allgemeinsten Fragen der Tektonik und mit den Hauptergebnissen der synthetischen Forschung über das Antlitz der Erde. In der atlantischen Region werden folgende Vulkangebiete unterschieden: a) diffuse vulkanische Felder (z. B. von Grönland bis Island und Sibirien; die Laven dieses Gebietes sind von verschiedenem Alter; an der unteren Tunguska permisch, im Franz-Josephsland jurassisch, auf Disko kretazisch und in Irland und Schottland tertiär, auf Island und Jan Mayen in Verbindung mit noch tätigen Vulkanen; ein zweites Beispiel sind die Basalttafeln des Dekkan). b) Vulkane auf disjunktiven Linien (das größte Beispiel ist der afrikanische Graben, Rudolfsee bis Syrien, ein zweites die Vulkane von Kamerun. Eine ähnliche Linie wie die afrikanischen Gräben ist der Rheingraben im Gebiete der variszischen Faltung). c) Gruppenvulkane (z. B. Azoren, Kanarische Inseln, Kap Verde).

Im pazifischen Gebiete werden unterschieden: a) diffuse Felder (nur insofern, als die sibirischen Basalte in die Mongolei und den alten Scheitel eingreifen). b) Vulkane auf disjunktiven Linien (hierher gehören alle Vulkane der ostasiatischen Inselkränze, z. B. Philippinen, Kurilen, ferner auch die Aleuten, die westamerikanischen Vulkane und jene der Antillen). c) Gruppenvulkane (nur im Osten des pazifischen Ozeans, Galapagos, Osterinseln). d) Die Vulkane der Alpiden mit jenen des Mittelmeeres.

Noch weitere Vorkommnisse fügen sich nicht in diese Zuteilung. So vor allem der quer über das westliche Nordamerika vom Yellowstonegebiete bis in die Flußgebiete des Snake in Kolumbia sich erstreckende Zug; dann die beiden Vulkangipfel Kasbek und Elburs auf dem Kaukasus, des Demawend auf dem südkaspischen Bogen u. a.

**Vulkanische Linien.** Drei Vorgänge scheinen für den gegenwärtigen Zustand der Lithosphäre insbesondere in Betracht zu kommen: Senkung, Einbruch und Faltung mit Zerreißen. Der mit Zersplitterung verbundene Einbruch wird wohl unterschieden von der ausgedehnten Senkung. Die Liparen liegen auf einem zur Tiefe gehenden Bruchfelde.

Aber nicht immer sind große Brüche von Vulkanen begleitet. Der 12 Breitengrade erreichende Bruch an der Westseite der indischen Halbinsel, welcher Gneis und die auflagernden Laven des Dekkan durchschneidet, der 10 Breitengrade lange Bruch an der Ostseite von Madagaskar, der Bruch der syrischen Küste, parallel der Jordanlinie, sind frei von Vulkanen. An diesen Strecken vor allem aber ist der Umstand bemerkenswert, daß die Vortiefen der pazifischen Gebiete, welche bis zu 8 und 9 km Tiefe absinken, nirgends Vulkane erwecken, obwohl diese in den parallelen Gebirgsbogen auftreten. Es zeigt dies, daß der örtliche Einsturz in Bruchfelder, die lineare Zerreißen an disjunktiven Linien und die große ozeanische Senkung selbständige, von einander verschiedene Erscheinungen sind.

Die ozeanische Senkung zerlegt sich in einzelne gestreckte Bogenstücke. Durch die Kontraktion, welche diese Senkung erzeugt hat, ist Ueber-

schoß in der äußeren Hülle des Planeten entstanden. Dieser Ueberschuß wandert in bogenförmigen Falten in und über die Vortiefen. Unter unermeßlichem Drucke drängen und überschlagen sich Falten und es trat Zerreißung annähernd nach dem Streichen der Bogen ein. Die Zerreißung erfolgt von oben her.

Im ersten Teile des dritten Bandes wurden die Disjunktivlinien eingehend behandelt, welche die innersten Teile Asiens durchschneiden. Bald folgen sie auf längere Strecken den Falten, bald auch weichen sie von diesen ab. Sie können Gräben bilden und der Baikalsee liegt, wie es scheint, in der Vereinigung zweier solcher Gräben. Der bis unter das Meeresniveau reichende Graben des Liuktschun und der Graben des Ebi-Nor sind weitere Beispiele. Oft sind diese Disjunktivlinien von vulkanischen Gesteinen verschiedenen Alters begleitet.

Es ist nicht denkbar, daß ursprünglich geradlinige vulkanische Klüfte durch die Faltung bogenförmig geworden sind und es muß angenommen werden, daß hier schon ursprünglich bogenförmige Klüfte vorhanden waren, vergleichbar den Sprüngen in einer nachsinkenden Asphaltdecke. Die Vulkanlinien stehen stets innerhalb der Vorfaltungszone, also im Gebiete der stärksten Inanspruchnahme durch die Faltung. Sie bleiben stets selbständig von der Vortiefe.

Sehr bezeichnend für die Autonomie der Disjunktion gegenüber der Faltung ist die Verlängerung der Vulkanlinien über die Faltungsbögen hinaus, wie das besonders in Japan deutlich wird. In der Verlängerung der Kurillenlinien quer über das Streichen von Hokaido und dem der Laukiulinie in das südliche Kiuschiu. Zwischen den bogenförmigen Vulkanspalten können Gräben entstehen, wieder von Vulkanen begleitet. So z. B. die Linien der Schischitovulkane in der großen Störung von Hondschu. In ähnlicher Weise ziehen Vulkane und Gräben durch die nordamerikanischen Anden und durch Mexiko.

Die Vulkanlinien der asiatischen Inselkränze sind dieselbe Erscheinung wie die bogenförmigen Zerrungslinien im Innern Asiens. Früher, bevor noch der innere Bau Asiens erkannt war, waren sie als Bruchränder angesehen worden. Zerrung und Faltung laufen hier nebeneinander und überall sieht man, daß die jungen Gebirge den lebhaftesten Vulkanismus zeigen. Freilich im einzelnen begegnen unsere Vorstellungen von dem Mechanismus des ganzen noch manchen Schwierigkeiten. Wie kommt es, daß sich die Straßen der aufsteigenden Lava in den gefalteten Gebirgen behaupten? Wird die Disjunktion abgelenkt in der Sole der Verfrachtung oder öffnen und schließen sich und verschieben sich die Falten in der Tiefe ähnlich wie die Querspalten bei einem Gletscher, indem sie sich durch Erneuerung behaupten. Auf letzteres scheinen wandernde Vulkane hinzuweisen.

In Mittelamerika (Guatemala) verschieben sich die Ausbruchstellen wie es scheint, auf Querlinien in der Richtung gegen den pazifischen Ozean. Deutlich verschiebt sich die vulkanische Tätigkeit auf einer Querlinie Iztakzihuatl-Popokatepetl, indem sie sich der mexikanischen Hauptzone nähert. Eine östliche Linie von erloschenen Vulkanen begleitet durch sechs Breitgrade die Andenvulkane vom Titikakasee bis Argentinien. Auf den Sandwichinseln vollzieht sich die Verschiebung nach SO, so daß die tätigen Vulkane auf Hawai stehen.

In Kamtschatka sieht man eine Menge erloschener Vulkane im Innern regelmäßig verteilt. Die tätigen stehen auf einer Linie in Osten. Die Hauptlinien scheinen keine plötzliche Bildung, sondern gleichsam nach und nach durch Drainierung der Umgebung entstanden. Nach den Beobachtungen am oberen Indus und am Zuge von Ivrea kann vielleicht auch von den Solen der Verfrachtung Injektion ausgehen.

Zurückblickend auf die verschiedenen kurz besprochenen Erscheinungen des Vulkanismus sieht man eine große Mannigfaltigkeit in der Natur. An einer Stelle eine Reihe getrennter Ausbruchstellen, dann wieder gerade parallele Spalten im alten Gebirge mit oder ohne Vulkane oder Vorschub

an Verfrachtungszonen in jüngeren Gebirgsketten; immer Abhängigkeit von Kontraktionserscheinungen und von der Tektonik im großen.

Atlantische und pazifische Laven. Becke und ebenso Prior haben die Ansicht geäußert, daß man zwei räumlich verschiedene Gruppen eruptiver Felsarten zu unterscheiden habe: eine tephritische, atlantische Sippe mit einem größeren Gehalte an Alkalien, namentlich Natrium und eine andesitische, pazifische Sippe, in der die Alkalien mehr zurücktreten, dagegen Calcium und Magnesium zunehmen.

Es ist besonders bezeichnend, daß die pazifischen Gesteine von den asiatischen Gebirgen her in die Dinariden, die Karpathen und die Alpen und daher mitten in atlantisches Gebiet hineindrängen, als sollte hier eine Bestätigung der tektonischen Ergebnisse hervortreten, denen zufolge die Alpen eine westliche Fortsetzung der asiatischen Ketten sind. Denn Becke sondert die Gesteine nicht nur nach ihrer geographischen Verteilung. Die atlantischen Laven gehören nach seiner Auffassung den Gebieten radialer Kontraktion an, die pazifischen Laven den Gebieten der Faltung durch tangentialen Zusammenschub und in den letzteren dürfte eine beträchtliche Aufzehrung von Sedimenten den höheren Gehalt von Calcium und Magnesium erklären. Vielleicht steht aber auch die ältere und tiefer gehende Erstarrung des atlantischen Gebietes mit dem Zurücktreten der genannten Stoffe in den Laven im Zusammenhang.

Der Mond. Der Vergleich soll helfen, unser Bild von diesen grundlegenden Vorgängen der planetarischen Gestaltung womöglich zu ergänzen. Sonne und Mond und auch die Meteoriten belehren uns über die Allgemeinheit der vulkanischen Erscheinungen an den Weltkörpern. Sie belehren uns zugleich über die außerordentlich verschiedenen Formen, welche dieses Phänomen unter verschiedenen Bedingungen annehmen kann. Auf der Sonne vollzieht sich, wie gesagt, die Entgasung frei und mit wechselnder enormer Intensität auf der ganzen Oberfläche. Auch die, wie es scheint, bereits abgeschlossene Entgasung auf dem Monde zeigt ihre Spuren reiner und in großartigeren Formen erhalten, als auf der Erde. Die vulkanischen Gestalten aller Epochen sind dort nebeneinander stehen geblieben, ohne der zerstörenden Wirkung der Atmosphäre zum Opfer zu fallen, ohne von Meeren und Sedimenten verhüllt zu werden. Zum Vergleich mit der Erde müßte man von dieser nicht nur die umhüllende Atmosphäre mit ihren Wolken, die Eismassen der Pole und die Schneemassen der hohen Gebirge, Pflanzenwuchs und Humusdecke und die Ozeane uns weggenommen denken, sondern auch die ganzen Folgen der Erosion und den Mantel sedimentärer Massen. Dann würden sich auch die sanften Formen der Erde zu steileren Gehängen verwandeln.

Auf unserem Satelliten verraten die Schlagschatten Höhenunterschiede bis zu 7000 m. Auf der Erde sind sie nicht geringer. Wer aus den tiefsten Tiefen der Meere heraufsteigen würde, würde nach den von H. Wagner vereinigten Ziffern in der Meerestiefe von — 4000 m bereits 39% der Oberfläche der Lithosphäre unter sich haben, dann in — 3000 m schon mehr als die Hälfte (52%.) Nur 28% bleiben trocken und 6% liegen höher als + 1000 m. So gering ist die summierte Oberfläche der Gebirge und so wenig sehen wir überhaupt von unserem Planeten.

Vom Gipfel des Lullaico fällt die Oberfläche 14 km tief zur Vortiefe der Anden hinab, vom Fusijama 11 km zur nächsten Vortiefe.

Meere und Wallkreise. Die auffallendste Erscheinung der Mondoberfläche sind die schon mit freiem Auge sichtbaren dunkeln Flächen, die sogenannten Meere. Es sind in der Hauptsache vertiefte, erstarrte Lavaflächen mit einer steil abfallenden, runden oder elliptischen Umrandung. Zuweilen sieht man, daß die Lava übergeflossen ist in benachbarte Tiefen. Loe wy und P u i s s e u x, die Herausgeber des photographischen Atlases des Mondes, heute die Hauptquelle solcher Studien, unterscheiden am Mare Nectaris fünf aufeinanderfolgende Senkungen. Die unregelmäßigen Umrisse entstehen anscheinend durch das Zusammentreten von Kreisen; bei einzelnen, wie bei den Mare Crisium, ist die rundliche Gestalt mit 450 bis

570 km Durchmesser wohl begrenzt erhalten geblieben. Wo zwei solche kreisförmige »Schmelzherde« sich treffen, entstehen keilförmige Horste, wie Cap Heraclides und Cap Laplace. Peripherische Senkungsbrüche umgeben z. B. das Mare Humorum.

An den irdischen Batholithen wurde gezeigt, wie eine Aufschmelzung von unten durch Nachströmung von Wärme hervorgerufen werden kann.

Im Monde würde, wenn das Dach nachbricht, ein mächtiger Lavaguß entstehen. Man sieht auch hier die untrüglichen Anzeichen des unregelmäßigen Ganges der Abkühlung, das neuerliche Eintreten höherer Temperaturen in bereits erstarrten Regionen, und vielleicht ist die Lithosphäre der Erde noch ähnlichen Angriffen von unten ausgesetzt.

Aber das Bild der Mondlandschaft wird in noch höherem Grade beherrscht durch die zahllosen Wallkreise. Dies sind nichts anderes als kleinere Schmelzherde. Clavius hat z. B. noch 228 km Durchmesser und diese größeren Wallkreise bilden Uebergänge zu den sogenannten Meeren. Nach außen fällt ihre Umgebung sehr flach, nach innen sehr steil ab. Die Aehnlichkeit dieser Gebilde mit den fast nur durch Lava gebildeten Riesenvulkanen von Hawaii hat bereits Dana (1840) hervorgehoben. Zwar sind die Dimensionen viel kleiner, aber die Vorgänge an diesen Bergen bringen doch den Mechanismus der Mondvulkane unserem Verständnis näher.

Eine häufige Eigentümlichkeit der Wallkreise sind kleinere Ringberge, die an den Rändern der großen aufgesetzt sind, sogenannte reitende Kratere. An irdischen Vulkanen wird zuweilen die Neigung bemerkt, am Fuße des Wallrandes gegen den Schlot oder vielmehr gegen seine erstarrte Obstruktion eine Randklüft zu bilden, welche den vulkanischen Emanationen den Weg weisen kann; z. B. an der Solfatara bei Puzzuoli. Die Ausströmung bohrt sich aus und ein kleinerer, neuer Krater entsteht, der auf dem Rande des alten reitet. Viele solcher reitender Kratere in den phlegäischen Feldern, im Albaner Gebirge am Braccianersee scheinen Wiederholungen im kleinen der am Monde so häufigen Gebilde. An lunaren Vulkanen kann man sogar zwei oder drei Generationen reitender Vulkane unterscheiden, die in der Regel immer kleiner werden und immer tiefer eingesenkt sind.

Von diesen auf dem Walle reitenden Kratern gehen die langen, weißen Strahlen aus, welche, über Höhen und Tiefen sich fortsetzend, zuweilen nicht radial, sondern tangential zum Hauptkrater stehen. Loewy und Puisseux haben gezeigt, daß sie, einem Hindernis begegnend, ihre weiße Farbe verdichten, während sie auf Ebenen ausflachen. Sie werden als zerstäubte Aschen angesehen.

Die grellen weißen Flecken in einzelnen Kratern aber, wie im Humboldt und Werner, dürften Bleichung durch Solfatarenwirkung sein. Auch Aufschüttungskegel, irdischen Vulkanen vergleichbar, werden vereinzelt von den genannten Autoren beschrieben. Nicht selten sieht man Spalten, an denen kleine, rundliche Oeffnungen aneinandergereiht sind (Explosionskratere), ähnlich der Lakyspalte auf Island. Außerdem kennt man auf dem Monde noch kreisförmige Oeffnungen mit 15 und mehr Kilometer Durchmesser und kegelförmig emporgezogenem Rande, vermutlich durch einzelne Explosionen gebildet und den südafrikanischen Diamantschloten vergleichbar.

So bietet der lunare Vulkanismus trotz der großen allgemeinen Verschiedenheit viele Vergleichspunkte mit den irdischen und untrügliche Zeugnisse für den ehemaligen Bestand juveniler Gase.

Es liegt die Frage nahe, ob man an der Oberfläche des Mondes Analogien finden kann, mit dem Unterbaue der Erde. Das Tal der Alpen ist ein 130 km langer, aber nur 9 km breiter, geradliniger Sprung mit 3000 m hohen Wänden. Wäre er an der Oberfläche von Gneis und Sedimenten überdeckt gewesen, so würde er durch Einsturz der Ränder ein ähnliches Bild geben, wie die langen irdischen Gräben: das Rheintal oder der afrikanische Graben. Die »Mauer« am Mond ist eine einfache Verwerfung.

Eine Anzahl gerader Linien machen den Eindruck einer gewissen Spaltbarkeit der Mondoerfläche. In ähnlicher Weise, wie auch im Umriss des indischen Ozeans und in Teilen Ostafrikas eine Neigung zu paralleler Spaltung besteht.

Anderes lehrt der Vergleich zwischen den lunaren und den irdischen Meeresbecken.

Die großen irdischen Senkungsfelder sind durch große, südwärts gewendete Horste getrennt (Grönland, Afrika, Ostindien). Auf Island, einem »vulkanischen Panzerhorste«, sind namentlich im Nordwesten und Westen kreisförmige Senkungen entstanden und zwischen diesen sind keilförmige Horste zurückgeblieben, die ganz jenen des Mondes gleichen. Die Vorgebirge des Sneffells-Jökull und von Reykjanes entsprechen dem genannten Cap Heraclides und Cap Laplace und die Lage des Saxafjord entspricht dem lunaren Sinus Iridium.

Die liparischen Inseln stehen in einem bogenförmigen Kesselbrüche und wenn ihre Laven über dem ganzen Boden sichtbar wären, so würde sich das Bild dem der lunaren Formen noch mehr nähern. Die geringere Menge der irdischen Ergüsse wird wahrscheinlich zu erklären sein durch die größere Mächtigkeit der äußeren sedimentären Hülle und dadurch, daß die Ergüsse alter Epochen zerstört, verdeckt und umgewandelt sind.

Loewy und Puisseux unterscheiden auf dem Monde drei Stufen oder Phasen der Verfestigung, je durch 3000 m in der Höhenlage der Laven getrennt. Es ist auffallend, daß die Tiefe des atlantischen, des indischen wie pazifischen Ozeans der Durchschnittsziffer, 4000 m, nahe steht. Die Vulkane von Hawai zeigen aber schon, daß die Höhenlage der erstarrten Lavaseen nur mit Vorsicht für ähnliche Vergleiche verwendbar ist.

Wallace meinte, daß die irdischen Meeresbecken so bedeutende Unterbrechungen der Oberfläche seien, daß es scheint, sie wären dem Planeten von jeher aufgeprägt. Ein Beobachter vom Monde aus würde sie vielleicht für eine Reihe von Erstarrungs- oder Absenkungsphasen halten. Man muß dagegen aber geltend machen, daß sich die tiefe Thetis in geologisch junger Zeit geschlossen hat durch Vordringen der pazifischen Falten nach Westen bis zum Bogen von Gibraltar; und die analoge Erscheinung tritt uns entgegen in dem Vordringen des jungen Antillenbogens auf der anderen Seite des atlantischen Ozeans. Diese Erkenntnis verwehrt es, die nahe Analogie der Durchschnittsziffern für Mond und Erde weiter zu verfolgen.

Abtrennung des Mondes. G. H. Darwin hat die älteste Geschichte der Erde analysiert und den bedeutungsvollen Nachweis erbracht, daß im Sinne der Theorie von Jacobi sich einst ein dreiaxiges Ellipsoid als Rotationsfigur bildete (Jacobisches Ellipsoid), daß eine Einschnürung sich vollzog (Jacobische Birne) und daß sich endlich ein kleiner Himmelskörper, der Mond, ablöste. Der Mond begann sich zu entfernen und hat seither seine Rotation verloren. Auch die Rotation der Erde nimmt ab, und zwar wie schon Kant wußte, unter dem Einflusse der Gezeiten. Wenn der Tag 55 Stunden lang sein wird, dann wird nach Darwin der Monat auch 55 Stunden lang sein und dann wird die Erde dem Monde immer dieselbe Seite zukehren.

Die eigentümlichen, in der Mitte eingeschnürten, hantelförmigen Körper, welche unter den Tektiten (Australiten) bekannt sind, hat bereits Walcott (1898) einer heftigen Rotation zugeschrieben und deren gelegentliche Zerreißen für wahrscheinlich gehalten. Referent hat sie 1900 dem durch See für die Theorie der Entstehung der Doppelsterne geforderten abgeschnürten Ellipsoid verglichen.

Der Mond mit der Dichte  $\frac{3}{4}$  ist leichter als die Erde und alle inneren Planeten und schwerer als alle äußeren Planeten. Der metallische Kern der Erde dürfte sich schon vor der Abtrennung des Mondes abgesondert haben und man kann demnach annehmen, daß er in der Hauptsache aus Magnesium-Silikaten besteht.

**Isostatische Kompensation der Gebirge.** Nachdem Pratt gefunden hatte, daß in Kaliána, 64 km südlich am Fuße des Himalaja, die Lotablenkung zu gering sei, folgerte er (1852), daß der Himalaja leichter sei als die Umgebung. Auch die Pendelmessungen ergaben in den Vorbergen wirklich einen Abgang an Schwere. Die einzige innerhalb des Hochgebirges gelegene Station Moré (4696 m) ergab einen besonders großen Defekt.

Aehnliche Ergebnisse schienen SternECKs Messungen in den Tiroler Alpen mit der von ihm erdachten zweckmäßigeren Form des Pendels zu liefern. An einer ringförmigen, 356 km langen Linie, von Innsbruck ausgehend über Oetz und Stubai, wurden 33 Punkte gemessen. Die von HelmerT ausgeführten Rechnungen ergaben gleichfalls negative Werte.

Auf solchen Erfahrungen beruht die vor allem von Dutton vertretene Lehre der Isostasie. Sie sagt, daß die Gebirge leichter seien und emporsteigen, während das Vorland, dessen Belastung durch die hinausgetragenen Sedimente immer mehr gesteigert wird, hinabsinke. Diese Lehre fand namentlich in Amerika großen Beifall.

Aber die weitere Verfolgung der Messungen ergab auch Unregelmäßigkeiten. Es zeigten sich z. B. beim Mauna Loa und Aetna höhere Werte am Gehänge und ein Defekt am Gipfel. Der wahre Durchschnitt gibt in diesen und anderen Fällen die wahrscheinliche Ziffer für die Dichte und das Profil der Schwerekurve, entspricht dem Negativ der Oberflächenkurve.

Von geologischer Seite wurden indessen Zweifel geäußert. Man konnte Hohlräume von großen Dimensionen unter den Gebirgen nicht zugestehen und die Dichte der gebirgsbildenden Gesteine schwankt bekanntlich nur in engen Grenzen. Das wichtigste aber war, daß Clarke und Faye die Richtigkeit der in Gebrauch stehenden Bougerschen Formel für Berechnung der Pendelmessungen bestritten. Bei Weglassung des bestrittenen Faktors in diesen Formeln verschwindet der Defekt unter der Höhenmessung Moré im Himalaja und ebenso jener Defekt, der unter Pikes Peak (4293 m, Rocky Mountains) in den nordamerikanischen Bergen getroffen wurde, so daß Gilbert folgern konnte, die Appalachien, Rocky Mountains und das Wahsatch Plateau seien aufgesetzte Lasten, welche von der Rieghheit der Erde getragen werden.

Bei den Tiroler Messungen kommt wahrscheinlich noch ein weiterer Umstand in Betracht. Viele Gipfel über 3000 m überragen die Linie. Ihre mittlere Höhe ist 790 m, die größte Höhe 1483 m. An den höchsten Punkten (Brenner und Reschen-Mals) wird der negative Wert geringer. Beim Eintritt in das umgebende Hochgebirge bei Pfelders (1636 m) sinkt er noch mehr. Die wenigen Messungen aus noch größeren Höhen sind alle positiv. Daher müssen weitere Messungen in größeren Höhen abgewartet werden und es hat bis jetzt den Anschein, als ob die überragenden Höhen eine nicht völlig ausgeglichene Attraktion gegen oben ausüben würden.

Es ist hier nicht möglich, ausführlicher die letzten Arbeiten Burrards über den Himalaja anzuführen und verweise ich daher für diese auf das Werk selbst.

**Kompensation der Kontinente.** Die Lösung dieser bedeutenden Frage gestaltet sich etwas anders. Hier mögen nur einige Worte über Heckers mühevollen Schweremessungen auf dem Meere gesagt sein. Sie wurden durch den Vergleich von Siedethermometer und Barometer ausgeführt. Auch hier wird als Ergebnis angeführt, daß die geringere Dichte des Wassers der Ozeane durch größere Dichte des Meeresgrundes kompensiert wird, daß die Kontinente keine Massenanhäufungen seien, sondern daß ihre Höhe durch Massendefekte kompensiert werde.

Vom Standpunkte des Geologen wird folgendes zu der Frage bemerkt:

Die wenigen (8) Messungen im Mittelmeere sind überhaupt negativ. Ganz im großen genommen, zeigt der pazifische wie der atlantische Ozean einen breiten, die Kontinente umgebenden positiven Saum, dann eine

neutrale oder negative Region und in dieser eine geschlossene positive Region. Diese fällt mit zwei Gebieten zusammen, deren Gesteine zu den schwersten auf der Erde gehören: nämlich den Sandwichinseln und St. Paul (Peridotit, 0°58' n. Br., 29° 15' w. L.). Weiter erstrecken sich die positiven Werte im atlantischen Ozean bis auf 140 km von dieser Insel, gleiches findet sich zwischen Madeira und Gettysburg, die als vulkanisch zu bezeichnen sind. Außerhalb dieser Zone wurden auch über dem Meere einige negative Werte festgestellt.

Im pazifischen Gebiete reiste Hecker nicht weit südlich der Kette der Sandwichinseln. Schon weit abseits in 29° n. Br. und 117° w. L. beginnen die positiven Werte. In der Richtung auf San Francisco fanden sich neben 3 positiven bereits 16 negative Werte.

In beiden Fällen ergibt sich, daß sehr schwere Felsarten vorhanden sind — im pazifischen Ozean dürfte sich eine Zone dieser Art über 10 Breitengrade und 22 Längengrade erstrecken. — Es sind aber wahrscheinlich doch örtlich umgrenzte Vorkommnisse auf einem vorherrschend negativen Gebiete.

Diese Messungen geben einen ersten Umriss des ozeanischen Untergrundes; wir können in der Zukunft noch weitere Vervollständigung erwarten.

Heckers größte positive Gebiete liegen in der atlantischen Erdhälfte. Im indischen Ozean dürfte die Versenkung des schweren Dekkan Trap in Betracht kommen, der durch 4 Breitengrade an der Westküste Indiens abbricht. Die über 300.000 km<sup>2</sup> ausgedehnte Tafel wurde, wie die Einschaltungen zeigen, auf dem Lande gebildet. Sie war lange Zeit der Abtragung ausgesetzt und das Gewicht des Golfes von Bengalen ist durch Zutragung von dieser Seite noch erhöht worden.

Auch die Basalttafeln Islands sind größtenteils auf dem Lande entstanden. Immerhin wird man an die dunkeln Laven des Mondes erinnert, welche dort die Meere erfüllen.

In den tiefen Teilen der Meere, wo keine Sedimente gebildet werden, legt sich Lava auf Lava. Keine Täler durchbrechen die großen Flächen. Auf dem Festlande werden die Tafeln zerstört und die Trümmer wandern ins Meer. Man könnte sich wundern, daß die Messungen über den Ozean nicht noch gleichmäßigere Schwere ergeben.

Nirgends aber findet man einen Nachweis, daß Kompensation stattgefunden hätte. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die indische Halbinsel ein Bruchstück ist. Man findet die gleichen Transgressionen wie in Ostafrika und Madagaskar, beginnend mit den ersten marinen Spuren in Lias über altem Grundgebirge. Man findet kein Anzeichen dafür, daß der Dekkan Trap gehoben worden wäre; die zwischenliegenden Gebiete gegen Madagaskar sind vielmehr abgesunken.

Im Stillen Ozean sieht man z. B. in den Neuhebriden und in Neukaledonien Anzeichen einer seitlichen Verfrachtung mitten im Meere; und es ist unter anderem wichtig, daß die große Tiefe vor den Tongainseln negative Werte gegeben hat.

Jede vom Meere kommende und gegen die Kontinente gerichtete Kraft würde wohl zuerst die pazifischen Vortiefen schließen.

Kontraktion des Erdkörpers. Es wird bekanntlich im allgemeinen angenommen, daß radiale (senkende) und tangentiale (faltende) Bewegungen aus der Zerlegung der Spannungen hervorgehen, welche die Verminderung des Volumens des Erdkörpers erzeugt. Es wurde dagegen eingewendet, daß das Ausmaß der Senkungen nicht jenem der tangentialen Bewegungen entspreche, Die mittlere Tiefe der Ozeane sei 4000 m, ihre Ausdehnung drei Viertel der planetarischen Oberfläche. Dies gebe eine Verminderung des Radius um 3000 m und eine Verminderung des Umfanges um nur 19 km, welche lange nicht genügt.

Hiebei sind zunächst die atlantischen Senkungen aus neuerer Zeit, die überhaupt nicht von tangentialen Bewegungen begleitet zu sein pflegen, zu unterscheiden von den pazifischen Ereignissen und ihren von Asien nach

West und Ost erdumspannenden Fortsetzungen. Vor den pazifischen Ketten, welche den Ozean berühren, liegen die großen Vortiefen, welche die doppelte Tiefe des Ozeans 7 und 8 km, ja selbst über 9 km erreichen. Selbst vor den kleinen Antillen liegt eine solche Tiefe. Das tief unter das Meeresniveau reichende Tal des Ganges ist von jungen Meeresbildungen erfüllt. Die mächtigen Karbonablagerungen in der Stirn der Altiden von Mährisch-Schlesien bis Wales und bis in die Vereinigten Staaten, der Flysch der Karpathen und der Alpen, das Miozän vor dem Außenrande der Alpen sind derartige ausgefüllte Vortiefen. Euphrat und Tigris arbeiten heute an der Ausfüllung einer solchen Vortiefe.

In diese Vortiefen und zuweilen wahrscheinlich über dieselben hinaus haben sich die Gebirgsketten bewegt. Die Senkung wird gleichsam im Gebirge selbst und vielleicht noch in den Vortiefen konsumiert. Fast scheint es, das Vorland würde durch die Gebirge erdrückt.

Haug war nahe an der Erkenntnis und seine Vorstellung der Geosynklinalen knüpft hier an. Aber die Vorländer sind keine Synklinalen im tektonischen Sinne. Die eine Seite der Vortiefe ist das gesenkte Vorland, die andere ist die Stirn des Kettengebirges. Ueberhaupt kennt man kein größeres Meeresbecken, das durch lateralen Druck als Synklinale entstanden ist. Wie Meeresbecken durch vereinigte Senkung entstehen können, zeigt am deutlichsten das Mittelmeer. Der pazifische Ozean überdeckt die sinkenden Vorländer der asiatischen Inselkränze.

Franz E. Sueß.

**Arnold Heim, Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen, Versuch zu einer Revision der alpinen Eozänstratigraphie. (Mit 8 Lichtdrucktafeln und 26 Textfiguren.) Abhandlungen der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft. 1908. XXXV. Jahrg.**

Die Schweizer Literatur ist durch ein verdienstvolles Werk bereichert worden. Es ist ein Versuch zu einer Revision der alpinen Eozänstratigraphie, der unter dem oben gegebenen Titel von Arnold Heim durchgeführt wurde.

Die Einleitung gibt einen Abriß über die bisherige Kenntnis und Einteilung des Tertiärs der Schweizer Alpen, gliedert ihr Paläogen nach allgemeinen Gesichtspunkten, nämlich in zwei Hauptabteilungen: eine untere, „die Pilatusschichten“, sowie eine obere, „die Flyschgruppe“, und definiert endlich den Begriff „Flysch“ für die Schweiz.

Der erste Teil des Werkes behandelt die Stratigraphie der Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen.

Das tiefste Glied ist Untereozän in Form einer Landbildung, die Bohnerzgruppe. Ihre Bildung gehört nicht einem gleichen, scharf begrenzten Zeitabschnitt an, sondern, wie der Autor schon betont, ist sie mehrfach in das Mitteleozän zu rechnen. Das erscheint recht glaubwürdig und es würden dann die Bohnerze und Terrarossabildungen der Westalpen in dieser Beziehung mit den alttertiären Terrarossa- und Lateritbildungen der damals unter einem fast tropischen Klima stehenden Mediterranprovinzen zu vergleichen sein. Auch hier im Untereozän Festland. Aber seine terrigenen Absätze reichen oft bis ins Mitteleozän und treten dann in engem Zusammenhange mit Nummulitenbildungen auf, wie beispielsweise im westlichen Ungarn.

Marines Untereozän der eogenen Bildungen der Schweiz fehlt sicher in den weitaus meisten Gebieten. Es wäre nach dem Verfasser höchstens in jenen südlicheren Fazieszonen denkbar, wo die Nummulitenbildungen (Pilatusschichten) fehlen und Flysch ohne scharfe Grenze in Kreide übergeht. Ein Beweis dafür, daß die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen in ihrem Hauptverbreitungsgebiet, nämlich in den gesamten nördlichen Schweizer Alpen und den Gebieten der helvetischen Fazies, wo Nummulitenbildungen diskordant auf Kreide lagern, nicht älter als Mitteleozän sein können, ist durch die Tatsache gegeben, daß Nummuliten als „primäre Einschlüsse“ inselartig und unregelmäßig in ihren Gesteinen allenthalben nachgewiesen worden sind. Von tektonischen Einfaltungen fossil-

führender Schichten in ältere Gesteine kann nach den sorgfältigen Ausführungen Heims nicht die Rede sein. Seine Angaben verdienen volles Vertrauen und mit den Nummuliten erscheint es mir erwiesen, daß Untereozän hier ausgeschlossen ist. Der noch vielfach in der Literatur verbreiteten Anschauung, daß die Nummulitenbildungen Europas bis in den ältesten Zeitabschnitt des Eozän zurückgehen, kann nicht entschieden genug entgegengetreten werden. Diese eigentümliche Protistenwelt entwickelte sich allerdings bereits im Untereozän in Indien explosiv, nach Europa dringen aber jene Formen erst auf einem langen Wege der Wanderung und erscheinen nun im Mitteleozän, wo die große Transgression der Thetis Südwesteuropa erobert.

Der folgende Abschnitt ist der Schilderung der ersten marinen Serie des Mitteleozän, den Pilatusschichten, gewidmet. Ihre ursprüngliche Einteilung (nach Kaufmann) erfährt einige Korrekturen. Heim unterscheidet nunmehr: untere Pilatusschichten (Bürgenschichten) und obere Pilatusschichten (Hohgantsschichten). Hieran schließt sich eine genaue Beschreibung einer großen Serie von Profilen der Pilatusschichten aus den verschiedensten Gebieten der Schweiz, u. zw. aus dem autochthonen Gebiete an der Nordseite des Aarmassivs und den helvetischen Decken der westlichen, zentralen und östlichen Schweizer Alpen.

Die zweite Hauptgruppe des Eozäns, die Flyschgruppe, wird eingehend dargestellt, wobei sich der Verfasser in einer einleitenden Gesamtcharakteristik dieser Schichten im wesentlichen auf die grundlegenden Abhandlungen Kaufmanns stützt. Die Schichtfolge in den Flyschbildungen wird nach Beobachtungen in der Glarner Flyschzone an der Hand von Profilen aus dem Sernftal und Kistenpaß-Linthtal ausführlich geschildert. Das oberste Glied im Glarner Flysch ist die Wildflyschzone, die nach Funden von Oberholzer primären Nummulitenkalk führt. Damit glaubt der Verfasser diese höchste Abteilung der Flyschgruppe dem Mitteleozän zuweisen zu können. Auf diese Auffassung wird man noch zurückkommen müssen. Eng im Zusammenhang mit dem Wildflysch steht die zweite Abteilung, die Blattengrattschichten, ebenfalls mit Nummuliten, eine Gruppe, die wohl vielfach den Wildflysch im Sernftgebiet unterlagert, mitunter aber vom Wildflysch ganz verdrängt erscheint, was nach dem Verfasser vielleicht mit einer Faziesvertretung durch Wildflysch erklärt werden kann. Darunter folgt die Abteilung der Dachschiefer und Sandsteine, die die bekannte reiche Fischfauna (Fischfauna der Glarner Schiefer) führen. Indem Heim annimmt, daß das Hangendgestein, der Wildflysch, bereits mitteleozänen Alters ist, stellt er auch diese bisher als Oligozän betrachteten Dachschiefer ins Mitteleozän. Das Liegende der ganzen Serie bildet das Taveyannazgestein mit Kleinforaminiferenschiefer als Basis. Es ist mit dem höheren Dachschiefer so innig verbunden, daß diese Bildungen zu einer unteren Abteilung der Flyschgruppe zusammengefaßt werden, denen die vorher geschilderten Dachschiefer und Sandsteine nebst dem Wildflysch als obere Abteilung gegenüberstehen. Dieser unteren Abteilung entsprechen auch die Stadschiefer im Schlierengebiet. Im Anschluß hieran wird eine große Zahl von Profilen der Flyschgruppe aus den verschiedensten Gebieten der Schweiz beschrieben, die schon bei der Schilderung der Pilatusschichten als Beispiele herangezogen wurden. Es ist hier nach Literatur und eigener Beobachtung eine große Anzahl von Details zusammengetragen, die vergleichend betrachtet werden. Alle diese Flyschbildungen werden zum oberen Lutétien gestellt. Nur der obere Flysch im Schlierengebiet südlich des Pilatus, der „Obwaldener Sandstein“ mit seinen Fukoiden, wird vom Verfasser als Obereozän gedeutet und ebenso ein mögliches Äquivalent dieser Bildungen, der „Aldorfer Sandstein“. Auf einer übersichtlichen Tabelle werden die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweiz in ihrer Gliederung und Fazies zusammengestellt und ist der Versuch gemacht, die Äquivalente der einzelnen Schichtgruppen aus den verschiedensten Gebieten vergleichend zu gruppieren. Es kann nicht geleugnet werden, daß diese Tabelle die Verwandtschaft bestimmter Gruppen deutlich zum Ausdruck bringt. Vor allem ist es die gleiche Fazies, die viele miteinander

in Parallele gestellte Komplexe verbindet. Die aufgeführten Fossilien scheinen, soweit es sich um Protisten handelt, ähnlich wie in manchen anderen Gebieten, auch in der Schweizer Eozänfazies der Mehrzahl nach indifferente Typen darzustellen, denen der Charakter von Leitfossilien für bestimmte Horizonte nicht zukommt. Sie begleiten die tiefsten Horizonte ebenso, wie sie in den obersten Abteilungen gelegentlich wiederkehren. Freilich scheinen die gewonnenen Resultate für das Gebiet der Westschweiz, die sich hier nur auf vorhandene Literatur aufbauen, noch recht unsicher und bedürfen wohl noch einer gründlichen Nachprüfung. Für die östlichen und zentralen Schweizer Alpen hat dem Autor aber Material vorgelegen, das sich auf eigene Beobachtungen stützt und lediglich durch die Arbeiten Kaufmanns erweitert wird. Auf dem Wege des Vergleiches und der Induktion werden hier anscheinend für die spezielle Gliederung dieses Gebietes vielleicht ganz wertvolle Ergebnisse in einigen wesentlichen Punkten gewonnen. Doch bleibt es noch dahingestellt, ob diese miteinander in Parallele gestellten Bildungen chronologisch genau einander entsprechen. Jedenfalls muß der Versuch des Verfassers, in die alpine Eozänstratigraphie einige Ordnung zu bringen, dankbar begrüßt werden, selbst wenn ihm noch manche Mängel anhaften sollten.

Manche Anschauungen des Verfassers können aber nicht immer geteilt werden. Dies betrifft besonders die von ihm in einem folgenden Kapitel näher begründete Meinung, daß die große Masse der Flyschbildungen der Schweiz, deren Mächtigkeit bis zu 3000 m steigt, der kurzen Epoche des Mitteleozän ihre Entstehung verdankt. Ein Vergleich mit den gleichartigen Sedimenten der Ostalpen, des Karpathenbogens oder der Flyschbildungen von Istrien zeigt schon die Unwahrscheinlichkeit dieser Auffassung. Die Flyschbildungen der Ostalpen stehen in der Mächtigkeit sogar hinter den gleichen Bildungen der Westalpen zurück, und dennoch sind sie unter ganz ähnlichen Sedimentationsbedingungen innerhalb eines viel größeren Zeitraumes, nämlich in der Zeit der Kreide (Turon, Senon) und des Eozän gebildet worden. Die Flyschbildungen der Karpathen, die ihnen so ähnlich sind, haben ebenso bedeutende Zeiträume (Eozän—Miozän) zu ihrer Bildung bedurft. In Istrien endlich entsprechen die alltertiären Flyschbildungen — eine Serie von nur 100 bis 200 m Mächtigkeit — dem ganzen Mittel- und Obereozän.

Erscheint es da schon etwas zweifelhaft, eine unter ähnlichen Verhältnissen abgesetzte Serie von Sedimenten auf einen ungleich kürzeren Zeitraum zu beziehen, so müssen sich solche Bedenken noch erheblich steigern, wenn man den Gründen nachgeht, die dem Autor hiezu Veranlassung gaben. Heim stützt sich wohl einerseits auf die reiche Fauna von Einsiedeln, die ganz sicher als Mitteleozän festgestellt worden ist, dann aber auch leider auf die Nummuliten. Nun bleibt gerade in dem berühmten Gebiete Linthtal-Einsiedeln, wo die Gasteropodenfauna aufgefunden wurde, der Fossilreichtum auf die unterste Zone des Flysches beschränkt. Diese Tatsache ist auch aus den Profilen des Verfassers (beispielsweise Steinbach) gut ersichtlich, wenn sie auch auf der vergleichenden Uebersichtstabelle leider nicht zum Ausdruck kommt, weil der Verfasser zu der Annahme neigt, daß man es hier mit einer verkehrten Schichtenfolge zu tun hat. Wir haben nur in den untersten Schichten der Flyschgruppe noch sicher Lutétien. Anders aber verhält es sich mit der großen Masse des Hangendgesteines, in der nur gelegentlich Nummuliten gefunden werden. Diese Nummuliten beweisen keineswegs, daß wir es noch mit Mitteleozän zu tun haben, da die Nummuliten keine Leitfossilien sind. Der Verfasser bekennt selbst, daß eine Reihe von Nummuliten zur Altersbestimmung unbrauchbar ist und kommt in einem späteren Kapitel, überschrieben: „Sind die Nummuliten gute Leitfossilien?“ zu dem sehr schönen Ergebnis: „Die Nummuliten erscheinen uns vorerst als Faziesfossilien.“ Nach eigenen Untersuchungen im ungarischen Mittelgebirge kann ich diese Anschauung nur bestätigen. Gerade die Tatsache, daß bestimmte Nummulitenformen besonderen Sedimenten eigentümlich sind, muß in jedem lokalen Gebiet den Anschein erwecken, als ob

hier einzelne Nummuliten gute Leitfossilien wären, weil sie für eine der nacheinander abgesetzten Schichten verschiedener Fazies bezeichnend sind. Erschien mir noch im ungarischen Mittelgebirge *Assilina spira* leitend für Lutétien und *Nummulina Tchihatcheffi* als gutes Leitfossil für das Obereozän, so hat mich das Studium der Nummulitenformation von Istrien zu dem Ergebnis geführt, daß solche Formen leider auch nicht bezeichnend sind, weil sie hier zusammen in dem gleichen Horizont vorkommen und sich sogar mit afrikanischen Typen wie *Nummulina gizehensis* mischen. Hier haben wir ein buntes regellooses Gemisch aller möglichen Nummulitentypen, das nur zeigt, wie wenig man auf ihren Wert als Leitfossil geben darf. Je weiter die Gebiete der Nummulitenbildungen erforscht sein werden, um so mehr wird sich wohl die Erkenntnis Bahn brechen, daß wir die Nummuliten als Leitfossilien nicht gebrauchen können.

Ist man sich aber erst einmal darüber selbst klar geworden, so fällt auch der vom Verfasser versuchte Beweis, daß die Hangendgesteine der Flyschgruppe mitteleozänen Alters sind. Diese Nummuliten, die ebenso wie in anderen Gebieten von dem Mitteleozän in das Obereozän hinübergehen, sind eben indifferente Typen und beweisen gar nichts. Somit wird es viel wahrscheinlicher, daß wir als typisches Lutétien der Schweizer Alpen zwei Abteilungen zu unterscheiden haben, einmal die Gruppe der Pilatusschichten selbst und weiterhin jene Basis der Flyschgruppe, die den fossilreichen Einsiedlerschichten im Gebiete des Linthtales zeitlich entsprechen. Die darüberlagernden nur noch gelegentlich nummulitenführenden Absätze der Flyschgruppe, in denen eben die mitteleozänen Typen weiter leben, gehören dann bereits der Bartonstufe an. Dort aber, wo, wie bei dem Altdorfer Sandstein und Obwaldner Flysch die Nummuliten verschwinden, scheint die Zeit des Oligozän einzusetzen, als jene Epoche, die mit einer Abkühlung einsetzt und die für Kälte so empfindliche Protistenwelt in ähnlicher Weise vernichtet, wie die Eiszeit der Dyas den ihnen in explosiver Entwicklung und raschem Vergehen so ähnlichen Wesen der Fusuliniden den Untergang bereitete.

Die Grundzüge der vergleichenden Lithologie, wie der folgende große Abschnitt lautet, versuchen einen Einblick in den mannigfaltigen lithologischen Wechsel und die Korrelation der Fazies zu geben. Es werden die einzelnen Fazies in den Pilatusschichten geschildert und die Veränderung der Fazies einmal innerhalb einer gleichen tektonischen Einheit weiterhin in drei Profilen quer zum Streichen der Alpen verfolgt. Der Verfasser denkt sich hierbei die Decken und Falten ausgeglättet und in ihr Ablagerungsgebiet zurückversetzt. Folgt man den Aenderungen der Fazies in diesem nach dem Ursprungsgebiet, also gegen Südosten abgewinkelten Deckensystem, so können wir folgendes beobachten: Die Bürgenschichten bleiben in ihrem Vorkommen auf das Gebiet der helvetischen Fazies beschränkt. Der nordwestliche Faziestypus erinnert an die Nähe der Küste und der Flußmündungen. Deutlich kann man auch verfolgen, wie die Fazieszonen schief durch die tektonischen Linien laufen.

Vergleicht man die klastischen Gemengteile nach ihrer Größe in den verschiedenen Faziesgebieten, so zeigt sich, daß die grobklastischen Bildungen im Nordwesten sich vorfinden und gegen Südosten immer feiner werden. Heim zieht daraus den Schluß, daß ihr Ursprung ein Küstengebiet im Nordwesten oder Westen gewesen ist, vermutlich das herzynische Gebiet von Schwarzwald, Vogesen und Zentralplateau. Zu demselben Ergebnis kommt er später bei einer Betrachtung der Verbreitung der Flyschsandsteine und der Herkunft ihres Materials. Tatsache ist, daß jene Konglomerate, die an der Basis der alpinen Tertiärbildungen liegen, wenn sie nicht, wie Heim annimmt, Pseudokonglomerate darstellen, allein auf alpines Ursprungsgebiet bezogen werden können, jene höheren Sedimente aber ihr Material außerhalb der alpinen Zone bezogen. Gewiß kommt für die Lieferung des Materiales das benachbarte alte herzynische Gebirgsmassiv in erster Linie in Frage. Aber nicht unwahrscheinlich bleibt es, daß auch weiter entfernte Gebiete (Karpathen?) Elemente zu diesen klastischen Bildungen lieferten, um so mehr,

wenn man in Betracht zieht, daß noch heute der Nil seine Sande weithin durch das Mittelmeer bis an die Küsten von Westeuropa getragen hat.

Nach Art und Tiefe der Ablagerung unterscheidet Heim innerhalb der Sedimentzone der Pilatusschichten einmal Süß- und Brackwasserschichten, regional über das ganze ursprüngliche Nordwestgebiet verbreitet, weiter marine-neritische Bildungen, Lithothaminenkalke und Komplanatakalk, ferner hyponeritische Bildungen, also Glaukonitschichten mit zahlreichen Nummuliten, endlich marin-bathyale Bildungen, Assilinengrünsand und Glaukonitkalk von feinstem Korn, geringer Mächtigkeit und petrefaktenarm.

Der Zusammenhang der verschiedenen Fazies nach Abrollung der Decken in das ursprüngliche Sedimentationsgebiet ist auf einer Tabelle zusammengestellt und zeigt, daß die Ostschweiz das bathyale Gebiet darstellt und von diesem westwärts nach den westlichen Schweizeralpen hin, neritische, Brack- und Süßwasserschichten an seine Stelle treten.

Das Fehlen der unteren Abteilung der Pilatusschichten in manchen Gebieten der Schweiz führt Heim zu der Hypothese, daß ihr Ausbleiben auf sanfte eustatische submarine Wellenbewegungen im Sinne von sekundären Geosynklinalen und Antiklinalen zurückzuführen ist, in deren Vertiefung die Bürgenschichten zum Absatz gelangten, während sie auf den Höhen beständig wieder abgetragen wurden oder überhaupt niemals zum Absatz gelangten. Von solchen negativen Wölbungszonen glaubt der Verfasser drei zu erkennen, eine Wölbungszone am Pilatus, die sich gegen das Thunerseegebiet fortsetzt, sich aber in entgegengesetzter Linie, also nach Nordosten verliert, eine weitere im Gebiete der zentralen Schweizeralpen, die umgekehrt gegen Südwesten verschwindet und endlich im Südosten, im Gebiete der Préalpes und Klippenfazies, eine ausgedehnte dritte Wölbungszone am Pilatus, die die gesamten Alpen überspannt und vielleicht bis zu den Dinariden reicht. Die Richtung dieser drei hypothetischen negativen Wölbungszonen fällt nach dem Verfasser mit dem Alpenstreichen zusammen.

Ein Vergleich der Faziesgefälle der Isopen (Linie geringfügigster Faziesveränderung im Sediment) mit dem der Piptusen (Linie schnellster Faziesveränderung) zeigt, daß die Faziesgefälle in der Richtung der Piptusen in den Schweizeralpen mehr als fünfmal stärker sind, womit nur die allgemein bekannte Tatsache wiederholt wird, daß die Fazies der Sedimente im Streichen des Gebirges wenig, quer zum Streichen des Gebirges aber sich rasch verändert.

Die zwischen dem Mesozoikum und Tertiär in den gesamten Schweizeralpen bestehende annähernde Konkordanz (Akkordanz nach Heim) erscheint, sobald der beiderseitige Kontakt übersichtsweise in überhöhtem Maßstab projiziert wird, als Diskordanz. Für diese Diskordanz prägt Heim das Wort Paenakkordanz. Diese Paenakkordanz zwischen Mesozoikum und Tertiär der Schweizer Alpen berechnet Heim auf 1% oder 1° im Gebiete des Kistenpaß-Liththal, am Tunersee hingegen mit 2%. Nimmt man an, daß die Ursache dieser Paenakkordanz eine vormitteloazäne Denudation war, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß dieses Festland im Nordwesten höher lag als im Südosten und gegen das Alpeninnere sich senkte. Infolgedessen mußte die Denudation im Nordosten naturgemäß heftiger sein als im Südwesten.

Ein Vergleich der Richtung der Isopen mit dem Alpenstreichen zeigt, daß die Sedimentationszone ihre Richtung von der Unterkreide bis zum Eozän um den Betrag von 20 bis 30° von Westen gegen Süden geändert hat. Die Nordwestgrenze der mesozoischen Schichte gegen den Eozänkontakt und die Richtung der Bürgenschichten in den östlichen und zentralen Schweizeralpen fallen zusammen, und es geht daraus hervor, daß sich die Denudation bereits vor Ablagerung der Bürgenschichten in eozänen Gesteinen bewegte.

Auch die Flyschgruppe wird von lithologischen Gesichtspunkten aus betrachtet. Bestimmte Faziestypen lassen sich hier kaum aufstellen. Heim unterscheidet nur zwei Hauptfazieszonen, eine nordwestliche mit Wildflysch, Taveyannazgestein und Dachschiefer, und eine südöstliche Hauptfazies, die

nur aus Wildflysch besteht. Eine Faziesveränderung der Flyschbildungen innerhalb der Längsrichtung der Alpen ist kaum zu beobachten, es sei denn, daß in den westlichen Schweizeralpen Nummuliten noch nicht nachgewiesen werden konnten.

Endlich werden auch die Flyschgesteine kurz charakterisiert. Hierbei wird auch die Frage nach der Herkunft der exotischen Blöcke im Wildflysch angeschnitten. Nach Heim wird die altbekannte und immer wieder zum Leben gebrachte Treibeishypothese den Tatsachen am ehesten gerecht. Tatsache ist, daß die exotischen Blöcke im Eozän eingebettet liegen. Da fragt es sich nur, ob jener Flysch wirklich noch Eozän ist. Wenn man sich vor Augen hält, daß die alpin-mediterrane Provinz zur Eozänzeit eine Flora und Fauna besaß, die heute nur tropische oder subtropische Gebiete charakterisieren, so erscheinen Eisberge, die in solchen südlichen warmen Gebieten, erratische Blöcke mit sich führen sollten, eben undenkbar, gleichviel, ob sie von Süden oder von Norden herbeigeführt wurden.

Auch nach Art und Tiefe der Ablagerung sucht Heim die Sedimente des Flysches zu gliedern. Die Lithothamnienkalke werden sehr richtig als neritisch-organogene Bildungen betrachtet. Die glaukonitischen Nummulitenkalke ohne Lithothamnien und Partien von Glaukonitkalk sind für Heim eine hyponeritische Bildung. Endlich bezeichnet er die Dachschiefer und globigerinenreichen Stadschiefer als bathyale Bildungen. Man mag gern zugeben, daß neritische und hyponeritische Sedimente die Flyschbildungen zusammensetzen. Aber mit den bathyalen Bildungen hat es gewiß seine Schwierigkeit. Schon die große Mächtigkeit scheint dagegen zu sprechen. Dazu kommt die Tatsache, daß Nummulitenkalke, also neritische Bildungen mit Globigerinenmergeln wechsellagern, d. h. mit Bildungen, die dann gerade einer bathyalen Sedimentation entsprechen sollten. Dazu kommt, daß wir vielfach marine Gebiete kennen, wo Globigerinen in außerordentlich geringen Tiefen, sowohl in rezenten wie älteren Ablagerungen zuhause sind. Gilt da nicht doch die Frage, ob alle jene globigerinenreichen Schichten in geringerer Tiefe abgesetzt wurden? Und dann jene Gleichförmigkeit der Sedimentation, kann sie nicht auch durch tote Zentren innerhalb der Meeresströmungen unweit einer Küste befriedigende Erklärung finden?

Die letzten Kapitel behandeln das große Gebiet der alpinen eozänen Geosynklinale. Sie bilden eine allgemeine große Zusammenfassung aller jener vielen Resultate, die der Verfasser in mühsamer Arbeit teils als Tatsachen, teils als Hypothesen gewonnen hat. Sie geben ein abgerundetes, wenn auch hypothetisches Bild von dem Werdegang jener Zeiten.

Wir treten ein in das Mitteleozän. Die alpine große mesozoische Synklinale lebt auf, und es senkt sich das alte herzynische Gebirge in die Tiefe, um erst im Neogen im Aarmassiv wieder aufzuerstehen. Tiefer senken sich die Massen im Osten, weniger im Westen. Nur der Schwarzwald und die Vogesen ragen nordwärts als tafelartige Festlandsstücke hervor. Es erfolgt nun die große mitteleozäne Transgression. Die Meeresbedeckung vollzieht sich sehr rasch. Nur im Westen ein Zögern und ein deutliches schrittweises Vorrücken von Südosten gegen Nordwesten, das die Richtung der Transgression ankündigt. Im Nordwesten dehnt sich der eozäne Meeresstrand aus, der unter dem heutigen Molasseland begraben liegt. Von diesem Rande des nordwestlichen Festlandes zieht sich eine 10 km breite Brackwasserzone zum östlichen offenen Alpenmeer hinüber. Nach dieser Richtung werden die Wasser immer tiefer und erreichen in der Ostschweiz, im Gebiete der Mürtchenfazies ihren höchsten Betrag. Hier haben wir das Zentrum einer großen tiefen Wanne, die weiter nach Westen von geringeren Tiefen umgeben wird. Mit Beginn der Absätze der Hohgantfazies rückt das Meer noch weiter gegen Norden vor und erobert selbst die ehemaligen Brackwassergebiete. Dennoch macht sich der Einfluß süßen Wassers an einigen Stellen immer noch geltend, wie im Gebiete des Sigriswylergrates, wo eine lokale Flußmündung nach Südost vorschreitet und Kohle, Süßwassermergel und Brackwasserschichten innerhalb der marinen Sedimente zum Absatz bringt. Mit dem Beginn der Flyschbildungen hat das Meer seine größte Aus-

dehnung erreicht. Wir haben es jetzt mit einem nach Südosten offenen Flyschmeer zu tun, das über das Aarmassiv, über die helvetischen Decken, die Klippenfazies, ja sogar vielleicht bis in die ostalpine Fazies hinüberreicht. Vielleicht waren dann die Alpen ganz unter das Meer getaucht.

Die ständige Sedimentanhäufung wird auch jetzt noch eine Zeit lang durch ständige Einsenkung des Untergrundes in dem Gebiet unserer Geosynklinale kompensiert. Später kommen die senkenden Tendenzen zum Stillstand. Langsam beginnt die Ausfüllung des Meeresbeckens, wo die marin sich ständig anhäufenden Elemente langsam die Trockenlegung herbeiführen.

Der paläontologische Anhang enthält recht bemerkenswerte Beiträge zur Paläontologie und Biologie der Schweizer Nummulithen. Der interessanten und wertvollen Kapitel sei nur aus Raummangel in kurzen Worten gedacht. Hervorzuheben ist besonders der Generationswechsel, die Frage nach Wanderung oder isoliertem Standort, Pygmaeensiedlungen, Evolution und Phylogenie sowie provinzielle Verbreitung dieser Protisten. Es mag den paläozoischen Fachzeitschriften überlassen bleiben, die Verdienste des Verfassers nach dieser Richtung hin klar zu legen.

Wir sind am Schluß und haben flüchtig ein Werk durchblättert, das in der Fülle der Gedanken und Anregungen aufrichtige Anerkennung verdient. Es war, wie der Autor am Schlusse selbst bekennt, ein schwieriges Stück Arbeit, dem auch noch zahlreiche Mängel anhaften. Aber solche Fehler können nicht Wege verdecken, die Fleiß und Individualität zu bahnen sich bemühen. Nur wer die Schwierigkeiten kennt, der gerade das Studium auf Schritt und Tritt im Alttertiär begegnet, wird solche Werke, trotz eines Mangels oder Fehlers, richtig zu werten wissen.

H. Taeger.

**Moritz Hoernes, Natur- und Urgeschichte des Menschen.**  
2 Bände. Mit 7 Karten, mehreren Vollbildern und über 500 Textabbildungen. A. Hartleben, Wien und Leipzig 1909. Preis 30 K.

Verfasser hat sich der ebenso mühevollen als dankbaren Aufgabe einer synthetischen Behandlung des gesamten derzeit vorliegenden Stoffes unterzogen, der auf dem Gebiete der Urgeschichte des Menschen durch die Fortschritte der Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten zusammengetragen worden ist. Seinem Wunsche gemäß soll das vorliegende Buch die Stelle seiner in dem gleichen Verlage 1892 erschienenen „Urgeschichte des Menschen“ einnehmen, eines seinerzeit mit gerechtem Beifall aufgenommenen, aber gegenwärtig ziemlich veralteten und vergriffenen Buches. Indessen sind weder Umfang noch Anlage des Buches dieselben geblieben. Während das ältere Werk im wesentlichen nur die prähistorische Archäologie Europas behandelt hat, strebt das neue eine Verbindung des naturwissenschaftlichen mit dem kulturgeschichtlichen Teile der Anthropologie an. Hier hat der Autor der Urgeschichte die Naturgeschichte des Menschen als gleichwertigen Teil der Anthropologie vorangestellt. Die körperliche sowohl als die geistige Beschaffenheit des Menschen werden von ihm in gleicher Ausführlichkeit, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Abstammung und der ersten Entfaltung der Formen, dargestellt.

Das Werk, das zwei Bände von je 35 Druckbogen umfaßt, gliedert sich in die nachfolgenden Abschnitte:

1. Geschichtliche Einteilung. Entwicklung und Begriff der physischen Anthropologie.
2. Beschreibung. Abriß der physischen Anthropologie mit bezug auf den Ursprung und die Entwicklung des Menschen.
3. Vergleichung. Mensch und Tierwelt. Die Stelle des Menschen in der Natur.
4. Abstammung. Alter und Urheimat der Menschheit.
5. Aeltere Entfaltung. Der Mensch im Quartär.
6. Jüngere Entfaltung. Die geologische Gegenwart.
7. Geschichtliche Einleitung zur Urgeschichte des Menschen.

8. Grundlage der Kultur. Kultur als Mittel und Zweck. Ungleichheit und deren Ursachen.

9. Sorge um Nahrung. Die Wirtschaftsformen und die Tragweite ihrer Bedeutung.

10. Die Sorge um Ruhe und Sicherheit. Feuer und Küche. Obdach und Siedelung.

11. Die künstlichen Organe. Werkzeuge und Waffe. Kleidung und Schmuck.

12. Der Zusammenschluß. Familie und Staat. Sitte und Recht.

13. Das Bedürfnis der Mitteilung und Darstellung. Sprache, Schrift und Kunst.

14. Die Mittel der geistigen Beruhigung. Religion und Wissenschaft.

Mit Recht darf der Verfasser sagen, daß die beiden Reihen von Zeugnissen, die wir über den Menschen als Natur- und Kulturwesen besitzen, bisher noch in keinem Werke in so umfassender Weise einander gegenübergestellt und mit einander verglichen worden sind. Während die bisherigen Darstellungen der physischen Anthropologie die Kulturlehre und die Darstellungen der letzteren die erstere nur sehr stiefmütterlich behandelten, betrachtet es der Verfasser als seine Aufgabe, beiden Richtungen in gleichem Maße gerecht zu werden, wie es deren enger natürlicher Zusammenhang erfordert. Obschon sein eigentliches Arbeitsgebiet die prähistorische Archäologie ist, hat er sich in die Naturgeschichte des Menschen, in die somatische Anthropologie soweit eingearbeitet und beherrscht die Literatur darüber mit solcher Gründlichkeit, daß sein Werk auch auf diesem Gebiete zu einer Quelle reicher Belehrung wird.

Für den Geologen bieten naturgemäß die Kapitel über das Alter der Menschheit und die Entfaltung des Menschen im Quartär das größte Interesse. Die zahlreichen Funde werden mit einer auf ein sehr gründliches Studium der einschlägigen Literatur gestützten Sachkenntnis kritisch erläutert. Die Bedeutung der Rassenmerkmale des Neandertaler Schädels und der verwandten Typen wird anerkannt. Selbst so neue Funde wie der Unterkiefer von Mauer-Heidelberg oder das Skelett von La Chapelle-aux-Saints werden noch in den Kreis der Betrachtung gezogen. Der Beweiskraft der Eolithen zugunsten eines tertiären Alters des Menschen gegenüber verhält sich der Autor durchaus ablehnend.

In allen Fragen der Urgeschichte des Menschen im Zusammenhang mit seiner physischen Beschaffenheit bietet das hier referierte Werk einen vorzüglichen Behelf für rasche Orientierung, aber auch für ein tiefer gehendes Studium. Dem Fachmann wird es ein hochwillkommenes Nachschlagebuch sein. Den gebildeten Laien wird es durch die bei aller Wissenschaftlichkeit gewährte Popularität und frische Lebendigkeit der Darstellung fesseln.

Die Ausstattung ist eine mustergültige. Die zahlreichen, korrekten, stets den Lehrzweck im Auge behaltenden Abbildungen sind vorzüglich gelungen.

C. Diener.

**M. C. Stopes and D. M. S. Watson**, On the present distribution and origin of the calcareous concretions in coal-seam, known as »Coal balls«. Phil. Transactions of the R. S. of London, Ser. B, Bd. 200.

Die beiden Autoren behandeln in dieser Arbeit die Fragen: Wo und wie sind jene Steinknollen entstanden, welche in meist ausgezeichnetem Erhaltungszustande versteinerte Pflanzenreste bergen und sowohl im Flöz als auch im Hangenden vorkommen. — Die Knollen sind meist calcitischer, seltener dolomitischer Natur, der Prozentgehalt an Ca- und Mg-Karbonaten steigt bis auf 90. Ein wichtiger Unterschied in der chemischen Zusammensetzung der Flöz- und Hangendeknollen ist, daß erstere nur ca. 0.2% Aluminiumsilikate enthalten, während letztere 1 bis 6% hiervon führen, eine Tatsache, die mit ihrem verschiedenen Entstehungsorte zusammenhängt. Stopes und Watson kommen auf Grund ihrer Beobachtungen zu dem Schlusse, daß alle diese Knollen in situ entstanden sind und führen etwa folgende Gründe für diese Annahme an:

1. Die Knollen haben sich nach Art von Konkretionen gebildet. Vielfach finden sich Stammstücke, Früchte etc. in ihnen, um die als Mittelpunkt eine Knolle sich ausgebildet hat. Oft verschmelzen dann mehrere kleinere Knollen zu einer großen; zwischen den einzelnen Zentren einer solchen großen Knolle liegende Kohleschichten weisen dann auch noch deutlich auf die Entstehung des Ganzen hin.

2. Die Kohle, welche die Knollen umhüllt, lagert in ungestörten, selbstredend aufgebogenen Schichten um die Knollen herum. In einem englischen Flöze, das nur 1 Fuß mächtig ist, wurde eine 4 Fuß hohe Knolle gefunden und auch um diese Knolle herum lagen die Kohleschichten völlig ungestört enge an. Es ist in diesem Falle besonders klar, daß das Flöz ursprünglich zumindest auch 4 Fuß mächtig war und später zusammengepreßt wurde, während der harte Steinkörper der Knolle der darüber lagernden Last widerstand. Es ist offenkundig, daß derlei große Knollen keine Gerölle sein können und die meist rundliche Gestalt der kleinen Knollen ist auch kein Beweis für ihre Geröllnatur, da die Knollen ebenfalls häufig eckig sind und oft ein Stammbruchstück aus der einen Knolle in einer direkt daneben frei liegenden anderen Knolle seine Fortsetzung hat. Ein weiteres Extrem der Knollenbildung ist das Vorkommen von ganzen Steinplatten (bis 3 m<sup>2</sup> groß und an 15 cm dick), die vollgepfropft sind mit kleinen, versteinerten Pflanzenbruchstücken. Diese Pflanzenreste sind durchwegs kleiner und minder gut erhalten als jene der Knollen und es ist leicht möglich, daß diese Reste eingeschwemmt wurden, die Versteinierung selbst fand aber in situ statt; derlei große Platten sind eben keine Rollstücke.

3. Im Hangenden werden die Knollen in gleicher Weise von den Schichten umhüllt, wie im Flöze von den Kohleschichten. Auch das ausschließliche Vorkommen von Wurzeln in einer Knolle, die an der Basis eines Flözes gefunden wurde, spricht für die in situ-Entstehung der Knollen.

Wie sind nun diese Knollen entstanden? Stopes und Watson konnten die interessante Tatsache feststellen, daß nur in Flözen mit mariner Ueberlagerung derlei Knollen oder deren Aequivalente vorkommen. Den tatsächlichen Beweis des Einflusses der marinen Ueberlagerung auf die Knollenbildung lieferten die zwei englischen Flöze »Upper foot seam« und »Gannister seam« der Lower coal measures.

Upper foot seam hat marine Ueberlagerung und ist besonders reich an Knollen. Das nächst tiefer liegende Flöz ist das Gannister seam und beide trennt ein Liegendes oder Hangendes von mindestens 12 Fuß Mächtigkeit. An einer Stelle nähern sich aber beide Flöze, um endlich ganz mit einander zu verfließen und von etwa der Stelle an, wo die Zwischenlage nur mehr 1 Fuß hoch ist, treten auch in dem Gannister-Flöz Knollen auf, das sonst nirgends, wo die Zwischenlage stärker ist, Knollen führt. Dies ist nun wohl ein sicherer Beweis, daß das Meer mit der Ausbildung der Knollen in Verbindung zu bringen ist.

Das Meer hat denn auch allem Anscheine nach die nötigen Substanzen für die Versteinierung, Ca und Mg im ganz besonderen, geliefert. Das notwendigste Ca-Karbonat ist zwar im Meerwasser auch, aber nur in geringer Menge (0.4%) enthalten: die Schalen der toten Meerestiere, die übrigens lebend selbst den Ca-Gehalt dem Meerwasser entnehmen, sind desgleichen eine viel zu geringe Quelle. Aber Ca- und Mg-Sulfate sind in großer Menge, an 8%, im Seewasser enthalten und durch den bei der Verwesung frei werdenden organischen Kohlenstoff werden diese Sulfate in Karbonate umgewandelt.

Die Großartigkeit der Erhaltung der Pflanzen verdanken wir weiters ebenfalls dem Meerwasser, wie wohl aus den außerordentlich günstigen Versuchsergebnissen der Autoren mit Seewasser im Verhältnis zu den Resultaten Lindleys mit Süßwasser zu ersehen ist. Das Meerwasser erwies sich als ein äußerst gutes Konservierungsmedium und in diesem oder zumindest in einer vom Meerwasser völlig durchtränkten Ablagerung (dem werdenden Flöze) lagen die Pflanzenteile, bis einzelne von ihnen zu Stein wurden.

So weit sich bisher feststellen ließ, sind alle Flöze, in denen pflanzenführende Knollen<sup>1)</sup> vorkommen, autochthon. Stopes und Watson weisen nun auf die Verschiedenheit der Floren hin, die wir von den Flözknollen und den Knollen des Hangenden kennen. Wohl mit Recht bemerken sie für diese Fälle, daß die Abdruckreste des Hangenden nicht die Mutterpflanzen des darunter liegenden Flözes sind, sondern gleich dem Materiale der Hangendknollen<sup>2)</sup> in das Meer eingeschwemmt wurden; nach der Struktur dieser Pflanzen kann man auch schließen, daß sie auf trockenen Standorten wuchsen, während die Pflanzen der Flözknollen auf eine Sumpfflora schließen lassen, die dann auch das Material der autochthonen Flöze geliefert hat.

Soweit die beiden Autoren. In unserem größten heimischen Kohlenbecken, im Ostrau-Karwiner Revier, haben wir auch ein Flöz,<sup>3)</sup> in welchem ebenfalls derlei, den englischen ganz gleichwertige Knollen vorkommen. Die Arbeit von Stopes und Watson bezieht sich hauptsächlich auf englische Verhältnisse, Ostrau wird nur ganz kurz erwähnt. Es ist daher vielleicht nicht überflüssig, dieses Vorkommens hier zu gedenken. Die Knollen kommen, soweit Stur bereits wußte und soweit ich heute trotz vielfachen Suchens weiß, einzig und allein im Koaksflöz vor. Das Koaksflöz ist ein autochthones Flöz mit mariner Ueberlage, was ja auch Stur erwähnt. Ich kann nach meinen Beobachtungen — bisher hatte ich ausschließlich Flözknollen — die Angaben über die konkretionäre Natur der Knollen vollauf bestätigen; ich habe desgleichen die Fortsetzung eines Stammstückes in der Nachbarknolle beobachtet, Momente, die ja auch für die in situ-Entstehung der Ostrauer Flözknollen sprechen. Auch Hangendknollen kommen vor, doch ist es mir bis heute nicht gelungen, solche zu erwerben. Nur selten führen diese, wie mir eben der frühere Betriebsleiter des Eugenschachtes, Herr Direktor Heinrich, mitteilt, Pflanzenreste und Stur hat denn auch in seinen Ton-Sphärosideriten (Hangendknollen) keine Pflanzen gefunden.

Die Angabe von Stopes und Watson über das völlige Anliegen der Kohleschichten an den Knollen erfährt noch eine Steigerung ihrer Beweiskraft für die in situ-Entstehung der Knollen durch die mir freundlichst von Herrn Dr. Petraschek zur Verfügung gestellte Beobachtung an den Granit, Gneis etc. Einschwemmungen der Flöze. Bei diesen legt sich die Kohle wohl auch in Schichten um die Gerölle herum, aber »in dem Winkel, den die Kohlenlamellen am Gerölle bilden, befindet sich keine Kohle, sondern sehr häufig schwarzer Schieferthon, eventuell mit kleinen, eingesprengten Gesteinsplättern, Substanzen, die wohl zusammen mit dem Geröll in das sich bildende Flöz eingeschwemmt wurden«, eine Erscheinung, die bei den pflanzenführenden Knollen nicht vorhanden ist.

Dr. Bruno Kubart, Graz.

---

<sup>1)</sup> Aber nur Knollen! Siehe unter 2 bei den Platten!

<sup>2)</sup> Diese Knollen bildeten sich am schlammigen Grunde des Meeres, daher 1 bis 6<sup>0</sup>/<sub>10</sub> Aluminium-Silikate!

<sup>3)</sup> D. Stur, Steinrundmassen und Torf-Sphärosiderite. Jahrb. der Geolog. Reichsanstalt Wien. Bd. 35. — B. Kubart, Untersuchungen über die Flora des Ostrau-Karwiner Kohlenbeckens: I. Die Spore von *Spencerites*. Denkschrift. d. kais. Akad. d. Wissenschaften, Wien, Bd. 85.