

SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEM

NEUEN JAHRBUCH

FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.

Jahrg. 1915. Bd. I.

(S. 47—67.)

Die Bauformel der Ostalpen.

Von

Franz Heritsch in Graz.



STUTTGART 1915.

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
Nägele & Dr. Sproesser.

Die Bauformel der Ostalpen.

Von

Franz Heritsch in Graz.

In der Zeit des heftigsten Kampfes für und gegen die Deckentheorie schrieb STEINMANN den HEIM'schen Luftlinien der Glarner Doppelfalte einen geradezu suggerierenden Einfluß zu . . . „Wenn heute jemand, der nicht mehr unter dem faszinierenden Banne der zurückbiegenden Luftlinien der beiden Falten auf dem HEIM'schen Profile steht . . .“¹. Heute könnte man, wie ich meine, dieselben Worte auf die Deckentheorie anwenden; auch sie hat etwas so Überzeugendes, Bestechendes. Da sie überdies sich für viele Gegenden als höchst brauchbare und günstige Arbeitshypothese bewährt hat, so wurde alles — auch wenn es nur recht widerstrebend ging — in das Schema dieser Theorie eingepreßt; die Einwände der Zweifler und Gegner verhallten, und es war tatsächlich ein Siegeszug, den die Deckentheorie antrat. Die ruhige Überlegung fehlte vielfach den Arbeiten, die auf dem Boden der Theorie standen, da sie geradezu auf Exkursionen entstanden, und es mußte den, der die Gesamtheit der Erscheinungen nicht kannte, die in so glänzender Form vorgetragene Theorie bestechen und eine Sicherheit der Ergebnisse vortäuschen. Die ersten Bedenken an der Richtigkeit der von der Deckentheorie aufgestellten Luftlinienführung kam dem Schreiber dieser Zeilen, der, in begrenzten Gebieten arbeitend, die Gesamtheit ostalpiner Tektonik erst später genauestens kennen lernte, in den Karawanken, als er, anstatt die ostalpine Wurzel zu finden, ein Faltengebirge sah. Daß aber ein Festhalten an der Deckentheorie unmöglich sei, hat der Verfasser bei der Abfassung des Abschnittes „Öster-

reichische Alpen mit Ausnahme der Südalpen“ für das Handbuch der Regionalen Geologie gesehen. Dort, sowie in einigen Artikeln in der Geologischen Rundschau² ist eine Reihe von Argumenten niedergelegt, welche gegen das bisherige Schema der Deckentheorie, das seinen schärfsten Ausdruck in L. KOBER's synthetischem Versuch fand³, sprechen. Die folgenden Zeilen sind im gewissen Sinne eine Fortsetzung der Ausführungen im Handbuche und in der Rundschau, auf welche hiermit verwiesen sei, und sollen den Versuch, eine neue Bauformel zu finden, enthalten.

I. Gründe für eine Ablehnung der Deckentheorie.

1. Der Versuch, eine zeitliche Trennung der alpinen Deckenbewegung durchzuführen, hat zu einer sehr bedeutenden Differenz in der Auffassung zwischen KOBER und mir geführt⁴. Nach KOBER ist das lepontinische System vorgosauisch von dem ostalpinen überschoben worden; seine Schlußkette ist — in sich betrachtet — ganz richtig. Es läßt sich aber nicht übersehen, daß der Auffassung KOBER's manche sehr schwerwiegende Bedenken entgegenstehen. Vollständig unverständlich vom Standpunkte der von KOBER vertretenen Form der Deckentheorie ist es, wenn er bezüglich der vorgosauischen Überschiebung des lepontinischen Systems durch das ostalpine (p. 24) sagt: „Höchstens die obersten lepontinischen Decken lagen noch zum Teil unbedeckt durch Ostalpin.“ — Das ist unverständlich, denn gerade auf den obersten lepontinischen Decken muß das Ostalpine wuchten, wie KOBER sagt. Diese oben zitierten Worte sollen wohl den Ausweg darstellen, um die im lepontinischen Systeme vorhandenen obercretacischen Bildungen für die Synthese KOBER's unschädlich zu machen.

Ein anderer bedenklicher Punkt sei angeführt. KOBER sagt (p. 58), daß „in den tieferen lepontinischen Decken bisher kein jüngeres Glied als höchstens Unterkreide bekannt geworden ist“. Dem ist entgegenzuhalten, daß im Bereiche des Prättigau unter den Quetschzonen an der Basis der Rhätikon-Trias Globigerinenschiefer, die in die Oberkreide gestellt werden, vorkommen, daß am Aufbau derselben Quetschzone sich couches rouges beteiligen⁵. Und bezüglich des Alters der Bündner Schiefer, sowie der Schistes lustrés der Tauern kann nur aus Analogien zu anderen Systemen

auf ein mesozoisches Alter geschlossen werden. Wenn man aber den Schistes lustrés ein Alter „Trias bis Unterkreide“ zuschreibt, so ist das Stratigraphie auf spekulativer Basis, denn diesem stratigraphischen Schluß liegt eine tektonische Hypothese zugrunde, über deren Wert — oder Richtigkeit — man recht verschiedener Meinung sein kann.

Nur gegen die vorgosauische Überschiebung des Lepontinischen, nicht aber gegen die vorgosauisch vollzogene Position der Kalkalpen dem Flysch gegenüber können Einwände erhoben werden. Daß Flysch und Kalkalpen innigst miteinander verknüpft sind, hat besonders G. GEYER gezeigt. — Bei Annahme einer nachgosauischen Überschiebung des ostalpinen über das lepontinische oder eigentlich besser zentralalpine System muß man die Bildungsstätte des Flysches in den Süden der Bildungsstätte des lepontinischen verlegen; damit sind, trotz der Trennung des Flysches von dem Helvetischen, bedeutende Unzutraglichkeiten verbunden.

Zweifellos besteht ein Konflikt der Auffassungen zwischen KOBER und mir. Der Schichtbestand des lepontinischen Deckenkomplexes ist besser zu erklären durch die Annahme einer nachgosauischen Überschiebung; dagegen ist die Position der Kalkalpen zum Flysch besser zu erklären bei der Annahme einer vorgosauischen Überschiebung des Lepontins durch das Ostalpine. Setzen wir die Richtigkeit der Deckentheorie voraus, so müssen wir uns für eine der beiden Möglichkeiten entschließen. Es ist aber wohl festzustellen, daß keine von beiden den Tatbestand restlos ausschöpft.

Es ist mir ganz klar, daß dieses Ergebnis der Anwendung der Deckentheorie auf die Ostalpen einen starken Stoß versetzt, wenigstens soweit als man die Kalkalpen aus dem Drauzug ableitet. Es muß daher nach einer anderen Führung der Luftlinien gesucht werden.

2. Eine Serie von Schwierigkeiten ergibt sich für die derzeit bestehende Form der Deckentheorie aus den Detailstudien in einer ganzen Anzahl von gut erforschten Gegenden. Wenn ich die Frage aufwerfe, was die Annahme des Deckenbaues der Ostalpen stützt, so betone ich, daß damit und mit den folgenden Erörterungen nicht die Überschiebungen angegriffen werden sollen, sondern nur die Hypothese, die Systematik der Überschiebungen,

die Luftlinienführung. Zwei Gebiete bilden die lebhafteste Stütze des Deckenbaues, nämlich das Unterengadiner Fenster und das Tauernfenster. Kein anderes Argument läßt sich als Stütze für den Deckenbau heranziehen, alle anderen tektonischen Phänomene der Ostalpen lassen sich restlos ohne Decken erklären; auch bei diesen beiden ist der Zwang zu einer Erklärung im Sinne der Deckentheorie nur scheinbar, wie die folgenden Zeilen (p. 53 ff.) zeigen werden.

In erster Linie ist die Wurzelfrage zu erwähnen. Nach der Auffassung der Deckentheorie wurzelt die Flyschzone unter den Kalkalpen; die Zentralgneisdecken sind noch relativ am meisten autochthon; die Zone von Matrei, die noch UHLIG als Wurzel des Radstädter Systems angesehen hat, ist nach KOBER keine Wurzel, sondern nur das Untertauchen der laminierten Decken; es sind nach KOBER nur die sekundären Wurzeln, die primären kennt man nicht. Für den entsprechenden Teil des Ostalpinen ist das Kristalline südlich von der Matreier Zone die Wurzel, während die Kalkalpen aus den Gailtaler Alpen und deren streichender Fortsetzung abgeleitet werden.

Zu der Wurzelfrage mögen nur einige Worte gesagt werden⁶. Das Gebirge, das als Wurzelgebiet des ostalpinen Kristallins betrachtet wird, zeigt meist einen ruhigen Faltenbau, der mit der Vorstellung von einem Wurzelgebiete unvereinbar ist; es seien da nur die ruhigen Falten der kristallinen Gesteine des Nordbachers (nördlich vom Granit), ferner die gegen Süden gerichteten Falten des Gebirges nördlich vom Pustertal erwähnt. Das Lienzer Gebirge, die Gailtaler Alpen, das Gebiet des Dobratsch, die Nordkarawanken bilden an keiner Stelle ein Profil, das als Wurzel gedeutet werden könnte; wenn man die vortreffliche Profilerie betrachtet, die F. FRECH und in Übereinstimmung mit ihm besonders G. GEYER aus den Lienzer Dolomiten und den Gailtaler Alpen gegeben hat⁷, dann ist die Unmöglichkeit, aus diesem Gebiet die Kalkalpen abzuleiten, ganz klar; es ist eben ein Faltengebirge im Drauzug vorhanden, keine Wurzel. — Die Fazies der nördlichen Zone des Drauzuges kann meines Erachtens nicht als kräftiges Argument für eine Deutung im Sinne der Deckentheorie herangezogen werden⁸. Es ist auch der fazielle Kontrast nicht so groß, wie die Gegenüberstellung von Alpen und Dinariden annimmt; es ist der Unterschied in der Fazies,

wie KOSSMAT sagt, zwischen dem Drauzug und den Südalpen nicht größer als zwischen einzelnen Gebieten der Südalpen selbst.

Auch andere Gebiete der österreichischen Alpen lassen sich nicht in das Schema der Deckentheorie einzwängen. Hier sei unter Verweisung auf die entsprechenden Abschnitte im Handbuche der regionalen Geologie nur angeführt, daß der Fenstercharakter der Hohen Tauern unsicher ist, da am Westende die Fenstertheorie scheidert; ferner sei erwähnt, daß in der oben zitierten Darstellung von einer Trennung in Alpiden und Dinariden abgegangen wurde.

3. Von größter Wichtigkeit sind die Ost—West-Bewegungen im österreichisch-schweizerischen Grenzgebiete⁹ und auch in anderen Gebieten. Auf ihr Vorhandensein hat zuerst A. ROTHPLETZ in gewichtigen Ausführungen hingewiesen, indem er auf sie sein System des Ostalpenbaues basierte. Dann haben mit größtem Nachdruck SPITZ-DYHRENFURTH und AMPFERER-HAMMER auf diese Bewegungsrichtung hingewiesen. Man kennt bis jetzt eine Anzahl von Bewegungen im Sinn von Ost nach West; hier seien erwähnt die Schuppen (Schollen) des Rhätikons, die gegen Westen derartig gerichtet sind, daß die Schuppen wie die Dachziegel gegen Osten einfallen, indem sie gegen Westen übereinandergreifen; im Lechtal hat AMPFERER nicht nur Verbiegungen in Ost—West, sondern auch ein Untersinken der tektonischen Einheiten gegen Osten festgestellt; weniger sicher ist eine Bewegung des Wettersteingebirges gegen Westen, eine Annahme, die AMPFERER zur Erklärung der eigenartigen Verhältnisse am Westende des Wettersteingebirges aufgestellt hat; eine Bewegung, an der sicher eine bedeutende Ost—West-Komponente beteiligt ist, ist die nordwestlich vom Achensee erfolgende Wendung der Mulde (Rhät-Neocom), die das Karwendelgebirge im Norden begleitet und dann nördlich von Unnutz-Guffert gegen Osten weiterzieht; weiterhin ist das Sonnwendgebirge zu nennen, in welchem nach WÄHNER im Gipfelaufsatz die Überschiebungsrichtung im südlichen Teile gegen Südwesten, im nördlichen Teile gegen Westen oder Westnordwest gerichtet ist; auch das Tertiär des Inntales zeigt Verbiegungen in Ost—West; die Tektonik des Tribulaungebietes ist wohl auch nicht ohne eine solche Bewegung zu erklären; HARTMANN hat im Tarntal Nord—Süd streichende

weitgespannte Gewölbe und andere Anzeichen einer Ost—West-Bewegung gefunden¹⁰.

In großartigem Maßstabe zeigen die ostalpinen Berge von Graubünden eine Ost—West-Bewegung an, worüber SPITZ-DYHRENFURTH berichtet haben. Im Ducan- und Plessurgebirge sind die Falten gegen Nordwesten überschlagen; mit der Annäherung an den Albula findet eine Umbiegung des Streichens über Nord—Süd nach Südost statt. SPITZ-DYHRENFURTH kommen so zur Aufstellung des Begriffes der „rhätischen Bögen“ und heben es als besonders bemerkenswert hervor, daß die Umbiegungsstellen aus der Nordost- in die Südostichtung beim Unterengadiner-, Ducan- und Plessurbogen in eine West—Ost verlaufende Linie fallen. Vielleicht reichen die rhätischen Bögen bis an den Nordrand der Kalkalpen; die Mittagsspitzmulde¹¹ ist ein gegen Westen bewegtes Stück, tektonisch wahrscheinlich dem Plessurgebirge gleichzusetzen; der Rhätikon ist nach SPITZ-DYHRENFURTH einem noch weiter außen liegenden Bogensystem zuzurechnen. Hierher ist wohl auch die von MYLIUS¹² beschriebene Überschiebung der Scheienfluhmasse auf die Sulzfluhmasse, ferner vielleicht auch der auffallende Verlauf des Kalkalpenrandes im Algäu zu rechnen.

Die rhätischen Bögen sind nach SPITZ-DYHRENFURTH aus Faltung hervorgegangen, hintereinander aufgestaut, nacheinander entstanden; sie überschieben sich in der Richtung gegen Westen treppenförmig. Diese Tektonik wurde mit Moränen verglichen¹³. Da nun das Streichen in der Silvretta zu dem der Bergüner Stöcke in einem großen Gegensatz steht, wurde die Frage aufgeworfen, welches das ältere ist. Nach ARBENZ¹⁴ ist die Bildung der Ost—West streichenden Falten jünger als die Deckenbildung, was ganz im Gegensatz steht zu dem Ergebnis AMPFERER-HAMMER's. Es ist sehr bemerkenswert, daß ARBENZ auch im Helveticum der Ostschweiz eine Divergenz zwischen dem „penninischen“ und „ostalpinen“ Streichen fand.

Als Kraftzentrum für die rhätischen Bögen kommt die südliche Ötztaler Gruppe in Betracht. SPITZ-DYHRENFURTH sagen aber auch, daß man mit einem räumlich so beschränkten Kraftzentrum für eine eventuelle größere Ausdehnung der rhätischen Bögen nicht auskommt.

Es sei dann noch aufmerksam gemacht auf die Ausführungen AMPFERER-HAMMER's¹⁵ über die Art des Grenzverlaufes zwischen

Ost- und Westalpen, über den Parallelismus desselben mit dem Verlaufe der Judicarienlinie. Es muß eine Beziehung zwischen dem Verlaufe der Grenze und dem Bauplan bestehen.

4. Aus dem bisher Gesagten bzw. Angedeuteten geht es klar hervor, daß man zur Erklärung des Aufbaues der Ostalpen nicht nur mit dem starren Nord—Süd-Schiebungsschema der Deckentheorie nicht auskommt, sondern daß auch die Ableitung der Kalkalpen aus dem Drauzuge auf ganz unüberwindliche Hindernisse stößt. Das rechtfertigt einerseits eine Ablehnung der Deckentheorie, andererseits legt es den Wunsch nahe, eine andere Bauformel zu finden, welche die Vorteile der Deckentheorie nicht zuschanden macht, die zahlreichen nachgewiesenen Überschiebungen, die Tendenz ganzer Regionen zur Nordbewegung unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt bringt, ohne mit Fernschub zu arbeiten.

Die Schwierigkeit, die in den allseits für die Decken fehlenden Wurzeln lag, haben AMPFERER-HAMMER durch die Verschluckungstheorie umgangen¹⁶; damit ist auch die mechanische Schwierigkeit, die Genese der von der Deckentheorie angenommenen Riesenfalten zu erklären, beseitigt.

II. Synthese.

Die Theorie der Verschluckungszone ist der Ausgangspunkt für die in den folgenden Zeilen gegebene Synthese der Ostalpen.

Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß durch die gebirgsbildenden Kräfte einzelne Zonen der Ostalpen in einer wesentlich intensiveren Weise zusammengepreßt worden sind als andere; ich kann da gegenüberstellen das Gebiet der Hohen Tauern mit seinen übereinandergeschobenen Schichtpaketen und das Gebirge im Süden der Tauern oder die steirisch-kärntnerischen kristallinen Gebiete. Wenn ich die nur wenig — im Vergleich zu den anderen — zusammengeschobenen Gebiete nenne, so sind in erster Linie die kristallinen Streifen im Norden und Süden der Tauern anzuführen. Das sind Gebiete, welchen in ihren jetzt oberflächlichen Teilen eine gewisse Stabilität gegenüber der Deckenbildung zukam; sie sollen der Ausgangspunkt für die folgende Betrachtung sein.

1. Die kristalline Zone im Süden der Tauern ist im Sinne der Deckentheorie die ostalpine kristalline Wurzel. Von einer solchen müßte man verlangen, daß ihr Schichtbestand

dem des ihr zugesprochenen Deckenlandes, d. i. dem Gebirge zwischen den Kalkalpen und dem Längstalstück des Salzachtales entspricht. Wie der Vergleich dieses nördlich und südlich der Tauern gelegenen Landes zeigt, entsprechen sie sich in keiner Weise, ihre Zusammensetzung ist total verschieden. Man müßte, um die Verhältnisse im Sinne der Deckentheorie deuten zu können, eine sehr ausgiebige Metamorphose zu Hilfe rufen, welche da gleichsam die Rolle eines *deus ex machina* spielen müßte.

Die Zone im Süden der Tauern hat zweifellos eine alte Tektonik. Jedenfalls ist in postvariscischer Zeit nichts anderes als Zusammenpressung von engen Falten auf ein höheres Maß und nur wenig selbständige Faltung eingetreten, wie die Trias von Villgratten zeigt; vielleicht tritt dazu vertikale Bewegung. Die Zone südlich der Tauern erscheint gegenüber den angrenzenden Regionen, welche lebhaft gefaltet sind, als eine relativ starre Scholle. Als Ganzes aber ist diese Zone gegen ihre Fortsetzung in den Ulntaler Alpen verschoben; diese Verschiebung erfolgt im Sinne der Judicarielinie. Wenn man das Streichen der Ulntaler Alpen mit in Betracht zieht, dann ergibt sich eine Beugung, dem Außensaume der Ostalpen gegen die Westalpen und der Judicarielinie entsprechend. — In der östlichen Fortsetzung liegt das große Areal kristalliner Gesteine, welches Steiermark und Kärnten zusammensetzt. Da ist eine sicher alte Tektonik, die wohl mit der variscischen Störungsphase zusammenhängt, vorhanden; das zeigt die Transgression des Stangalpen carbons, die Murauer- und Neumarkter paläozoischen Gesteine, dann die Unterlage der Trias im Krappfeld und bei St. Paul, ferner die Stellung der Trias auf dem Bacher; dieses östliche kristalline Gebiet hat aber auch zum großen Teile keine lebhaft postvariscische Störung mitgemacht; das Mesozoicum des Krappfeldes, des Lavanttales und besonders das des Bachers zeigt dies deutlich. Es hat eben, wie auch E. SUSS betont, dieses Gebiet in sehr bedeutendem Maße den Charakter einer alten Masse. Vielleicht wird man lernen, in absehbarer Zeit hier mit Sicherheit einen variscischen Anteil aus den Alpen herauszuschälen.

2. Die kristalline Zone im Norden der Tauern zeigt ein anderes tektonisches Verhalten. Während für das kristalline Gebiet im Süden der Tauern kein Anhaltspunkt besteht, eine Verschluckungszone anzunehmen, ist das bei der nördlichen Zone ganz anders. Zweierlei Überlegungen sind es, unter dieses nörd-

liche kristalline Gebiet eine Verschluckungszone zu legen; die Anhaltspunkte dafür sind die Tektonik des Kristallinen selbst und die Tatsache, daß von hier die Kalkalpen abzuleiten sind.

Die Tektonik dieser Zone nördlich der Tauern und ihrer Fortsetzung ist recht kompliziert. Ich brauche da als Beispiel nur auf die Störungen der Grauwackenzone hinzuweisen, welche einen gegen Norden fallenden Schuppenbau hat; diese Bauart ist sehr verständlich bei der Annahme einer Verschluckungszone. Legt man die Schuppen und Falten der Grauwackenzone auseinander, so bekommt man einigen Platz für die Kalkalpen.

Die Kalkalpen müssen, wie aus ihrem Bau hervorgeht, ein ungleich breiteres Ablagerungsgebiet gehabt haben, als jetzt ihre Breite beträgt. Allerdings fehlt die Möglichkeit, den Betrag der ursprünglichen Breite der Kalkalpen halbwegs genau zu bestimmen; doch muß der Ablagerungsraum ein Vielfaches der jetzigen Breite gewesen sein. — Wenn man die Schuppen der Grauwackenzone auflöst, dann bekommt man zwar einigen Raum für die Kalkalpen, wobei allerdings zu bedenken ist, daß die Kalkalpen ein Stück auf dem Flysch schwimmen, um welches mindestens der Nordrand ihrer Bildungsstätte gegen Süden zurückzulegen ist. Aber wenn wir auch versuchen, die Kalkalpen auf dem Raume der ausgeglätteten Grauwackenzone unterzubringen, so müssen wir doch feststellen, daß dieser Raum zu klein ist; diese Vorstellung führt zur Annahme einer Verschluckungszone unter dem nördlichen Teile der kristallinen Zone der Ostalpen.

Wir erhalten so im Norden und Süden der Tauern zwei Gebiete, in welchen postvariscisch keine Deckenbildung im gewöhnlichen Sinne vor sich gegangen ist. Es ist die südliche Zone überhaupt eine Zone großer relativer Stabilität ihrer Nachbarschaft gegenüber. Die nördliche Zone kann zwar Überschiebungsbau haben (Kitzbüchler Alpen; Grauwackenzone); dieser aber ist aus dem Vorhandensein einer Verschluckungszone zu erklären.

Ich bin der Überzeugung, daß man der Tektonik der Grauwackenzone, z. B. im Paltentale, in jeder Beziehung durch die Theorie der Verschluckungszone gerecht wird, indem man der tektonischen Deutung das Profil AMPFERER-HAMMER's (p. 700) unterlegt. Die Verschluckungszone muß man im jetzigen Grenzgebiete von Kalkalpen und Grauwackenzone annehmen; dann sind die gegen Norden blickenden Bauelemente die Kalkalpen

und der tafelartige Bau (Hochschwab) ist da sehr leicht zu erklären (Überschiebung und Aufpressung gegen Norden und Süden); und die gegen Süden gerichteten tektonischen Komponenten sind die Schuppen der Grauwackenzone und z. T. auch Bewegungen der Kalkalpen. Und südlich davon liegt als Massiv das kärntnerisch-steirische Kristallin, das auch die kühnste Deckentheorie nicht zu entwurzeln imstande war.

Zwischen den kristallinen Gebieten im Norden und Süden liegen die Hohen Tauern, die auch hier ganz im Sinne der Deckentheorie als ein Gebiet mit vorzüglicher Tendenz zur Bewegung gegen Norden aufgefaßt werden. Die Tauern werden im allergrößten Sinne als Synklinale aufgefaßt; der Zentralgneis ist relativ am meisten autochthon; ihn umfließt die Schieferhülle und das sogen. Tauerndeckensystem, so, wie es SANDER kurz skizziert hat¹⁷. Dabei kann zwischen den Zentralgneisen und dem sogen. ostalpinen Kristallin im Norden der Tauern ein synklinaler Verband bestehen, so ähnlich wie ein solcher auch im Süden der Tauern anzunehmen ist (SANDER's Gleichstellung der Tuxer- mit der Rensenzone).

Daß der Deckentheorie in ihrer jetzigen Form das Westende der Tauern die größten Schwierigkeiten macht, ist eine bekannte Tatsache¹⁸. Diese Schwierigkeiten der Lagerung werden erhöht durch die Tatsache, daß in den Kalkkögeln etc. echt ostalpines Kristallin vorhanden ist; dieses auch aus dem Süden zu beziehen, ist wohl nicht notwendig, wenn man die Verschluckungstheorie anwendet; denn dann braucht dieses echt ostalpine Mesozoicum nicht aus dem Zusammenhang mit den Kalkalpen gerissen werden; man braucht die Verschluckungszone nur unter den Rand von Kalkalpen und Kristallin zu legen. Das Tribulaunmesozoicum und seine Äquivalente brauchen nicht aus fernem Süden, aus der „Matreier Wurzel“ bezogen werden, denn mit SANDER¹⁹ kommt — neben anderem — wohl auch die Regel im Achsenfallen in Betracht, um für das Tribulaunmesozoicum den Bildungsraum zu finden.

Es ist überdies die Frage, ob die Tektonik des Tribulaun, die durch das gegen Westen sich vollziehende Anschwellen des dünnen mesozoischen Bandes zu gewaltigen Massen charakterisiert ist, ohne Ost—West-Bewegung erklärbar ist. Eine solche Ost—West-Bewegung kann wohl auch zur Erklärung der Stellung der Schlad-

mingen Masse zu den Radstädter Tauern herangezogen werden. Soweit es die Profile UHLIG'S²⁰ erkennen lassen, ist auch eine Verkehrung der Schubrichtung derselben im Sinne Nord—Süd möglich. Bei der Unsicherheit, welche auch in stratigraphischer Beziehung herrscht (fragliche Deutung der Rauchwacken als Mylonit), ist vorläufig ein fixes Urteil unmöglich. — Es ist möglich, daß diese Bewegung des „Schladminger Deckenmassivs“ mit der gegen Nordnordwest erfolgenden Ableitung der juvavischen Masse in einen Zusammenhang zu bringen ist²¹.

3. Im Osten der Tauern ist die große kristalline Masse des kärntnerisch-steirischen Gebirges, deren alte Tektonik und horst-artiger Charakter schon oft betont worden ist; denn hier hat die Deckentheorie tatsächlich Schiffbruch gelitten. Nur im Semmeringgebiete herrscht Deckenbau, aber als Grundlage des zentral-alpinen (= Tauerndecken-) Systems erscheint im Wechsel „ostalpinen Kristallin“. Der Deckenbau des Semmering und des Mürztales widerspricht in keiner Weise der Deutung, daß die Falten aus ganz kurzer Entfernung stammen, daß die höheren „Decken“ Abfaltung der nach Norden wandernden Falten sind, daß diese Decken von Norden her, von der Grauwackenzone und ihrer kristallinen Zone, von Süden oder Südwesten her durch die kristalline Basis des Paläozoicums von Graz ein ganz kurzes Stück überfahren wurde. Dieses und seine kristalline Unterlage wären dann das relative Autochthon, an dem die Semmeringdecken vorbeifahren. Dabei mag es vorläufig dahingestellt bleiben, ob im Gebiete des „Semmeringfensters“ nicht auch eine Schiebungsrichtung in Süd sich in kleinem Maßstabe geltend macht.

Bei jeder tektonischen Beurteilung der großen kristallinen Massen in Kärnten und Steiermark ist immer zu betonen, daß die Auflagerungen, wie der Trias des Krappfeldes und von St. Paul, die Gosau der Kainach bei Graz sich durchaus nicht mit der Annahme vertragen, daß über sie einmal eine Überschiebungsmasse hinweggegangen ist. Vielmehr macht die Trias von Eberstein und im Lavanttal den Eindruck, daß sie in Buchten des kristallinen Gebirges entstanden sei, so daß die Konfiguration des Bodens in den allgemeinsten Zügen schon sehr alt ist und erst nach Ablagerung des Mesozoicums durch Brüche bedeutend verschärft wurde.

Im Gebiete der Niederen Tauern deutet vielleicht das Einfallen der überdies vielleicht voralpinoischen Kalke und Marmore von

Brettstein unter die Sekkauer Gneise eine Störung, Überschiebung an; diese kann durch Bewegung in Nordost—Südwest-Richtung einfacher erklärt werden als im umgekehrten Sinne.

4. Ich lege in das Grenzgebiet von Kalkalpen und Zentralalpen, und besonders unter den nördlichen Teil der letzteren, eine Verschluckungszone. Rollen wir die Tektonik der Kalkalpen auf, so kommen wir, wenn wir den Nordsaum ihrer Bildungsstätte (d. h. die Schuppen der Randzone) in die mittlere Breite der jetzigen Kalkalpen legen, tief in die Zentralalpen hinein, wohl tiefer als in die Breite Jaggl—Brenner. Durch eine Verschluckungszone wurden die Sedimente der Kalkalpen nach Norden getrieben; die Tektonik ist dabei z. T. beherrscht durch einen Strukturtypus wie in AMPFERER-HAMMER'S Querschnitt, z. T. sind auch Massenübergleitungen vorgekommen (juvavische Schubmasse, Inntaldecke).

Die Erklärung mit Hilfe der Verschluckungszone hat für die Kalkalpen den Vorteil, daß nicht mit Decken gearbeitet werden muß, deren hautartig geringe Mächtigkeit der Vorstellung eines Ferntransportes die größten Schwierigkeiten macht. Mit Hilfe der Erklärung auf Basis der Verschluckungszone und gestützt auf die Vorstellung der aufgehängten Überschiebungsbögen²² ist es nicht notwendig, das Durchgehen der Kalkalpendecken auf lange Strecken anzunehmen; es bekommt dadurch die Tektonik der Kalkalpen einen einfacheren Charakter.

Dadurch, daß man nicht so, wie es die Deckentheorie tut, die Kalkalpen aus dem Drauzug bezieht, werden auch verschiedene fazielle Verhältnisse leichter verständlich, so z. B. die Lunzer Fazies der Trias²³, dann die Beziehungen der subalpinen Zone zu den Kalkalpen²⁴ etc.

5. Es ist noch kurz des Westendes der Ostalpen zu gedenken. Von den rhätischen Bögen war schon die Rede. Die Falten der als Mulde in die Silvretta eingesenkten Ducangruppe sind gegen Nordwesten überschlagen, biegen aber über Nord—Süd in West—Ost (Val Tisch) um²⁵. Biegungen im Streichen treten auch in der Silvrettagruppe auf²⁶. Ähnlich wie in der Ducangruppe ist der Bau im Plessurgebirge.

Ducan- und Plessurgebirge grenzen mit Überschiebungen (Albulalinie) an die Bergüner Mulde (Lias); die Fortsetzung der Albulalinie²⁷ ist vielleicht die Brauliüberschiebung.

Die Bögen der Engadiner Dolomiten haben SPITZ-DYHRENFURTH kurz dargestellt²⁸; es zeigt sich ein Umschwenken aus Nordost über Nord—Süd nach Nord—West. Nicht nur in diesen Bögen, sondern auch in der von Osten kommenden Schliniger Überschiebung tut sich die Richtung der gebirgsbildenden Kraft kund. Die Ableitung der Brauliodecke²⁹ aus dem Süden stößt auf bedeutende Schwierigkeiten, da keine Wurzel vorhanden ist. Dagegen sind alle Schwierigkeiten beseitigt, wenn sie aus dem Nordosten, aus dem Kraftzentrum der südlichen Ötztaler Alpen bezogen wird. Dasselbe gilt für die Chazforadecke. Es ist eben die ganze Tektonik des Gebietes zwischen Bormio und dem Unterengadin unter den Gesichtspunkt der Ost—West-Bewegung zu bringen, wie SPITZ-DYHRENFURTH gezeigt haben.

Im Gebiete von Bergün ist eine große Differenz zwischen der gegen Norden blickenden Aelastirn und dem gegen Süden blickenden Südflügel der rhätischen Bögen vorhanden. Die Deutung dieses tektonischen Phänomens³⁰ hängt ab von der genetischen Erklärung der Tektonik des Berninagebietes, bzw. von der Art und Weise, wie diese in Zusammenhang gebracht wird mit den rhätischen Bögen. Erschwerend wirkt der Umstand, daß die Herkunft der auf dem Bergüner Lias schwimmenden Aelastirne fraglich ist.

Die Fortsetzung des Bergüner Lias liegt im Val Trupchun; dort finden sich dieselben Profile³¹ wie in der Lias-Rhät-Mulde von Fraele und des obersten Addatales³². Die Fortsetzung in der Ortlergruppe ist eine Synklinale³³. Darüber liegt die Braulioüberschiebung am Stilfserjoch—Braulio—Schumbraida etc., die aus einem nördlichen Gebiete abzuleiten ist; die Fortsetzung der Störungslinie liegt wohl im Vintschgau, vielleicht bis Meran³⁴. In derselben Weise liegt die Trias der Quaternalsgruppe über dem Lias von Trupchun.

Es ist die Frage anzuschneiden, ob die Rhätmulde der Ortlergruppe, deren Fortsetzung über Fraele bis zum Spöl und zum Juno (Val Trupchun) streicht, autochthon ist. Die Mulde ist bei Scaufs einheitlich und teilt sich dann gegen Westen in die Albul- und Bergüner Liaszone, die unter der Aelatrias durchziehen. Der Dolomit der Aeladecke liegt am Westrande direkt auf der rhätischen Decke; diese „rhätische Decke“ dringt in die Basis der „Bergüner Decken“ gegen Osten vor³⁵; es muß daher auch für diese Fort-

setzung der Mulde von Fraele eine Verlagerung gegen Westen angenommen werden, nämlich über die untersinkenden Tessiner Deckfalten und die Schamser Decken, sowie auch über die „rhätische Decke“, die wohl anzusprechen ist als eine Zertrümmerungszone an der Schubbahn des Ostalpinen. Hier sei auch erwähnt, daß auch im Schams Antiklinalscharniere des Rofnaporphyes gegen Westnordwest vorkommen, wie auch Bewegungen gegen Süden (Piz Grisch)³⁶. Die Unmöglichkeit einer Parallele der Schamser Decken mit der Aufbruchzone des Rhätikon hat ZYNDEL dargestellt³⁷.

Über dem Albulalias liegt die Errdecke, zu welcher die Sedimentzone Piz Padella—Piz Bardella gehört; darüber liegt dann die Julier—Bernina-Decke³⁸. Wahrscheinlich besteht zwischen der Julier- und Errdecke unter der Padellazone ein synklinaler Zusammenhang^{38a}.

Auch auf der West- und Südseite der Bernina ist die Errdecke vorhanden³⁹ und unter dieser erscheint noch eine tiefere, die Selladecke. Jedenfalls fällt auch auf der Südseite, wie auf der Westseite, die rhätische Decke unter die Bernina ein. Über dem Serpentin von Malenco liegt nach STAUB die rhätische Decke, die Selladecke, die Errdecke, die Berninadecke. Alle stechen gegen Süden in die Luft.

Nach TRÜMPY⁴⁰ sinkt die Berninadecke gegen Osten unter die höhere Languarddecke, welche durch den Piz Alv-Zug von der Berninadecke getrennt wird. Durch den Sedimentzug des Piz Lagalb wird diese Decke von einer höheren getrennt, der der Corno di Campo zugehört; alle diese Decken fallen gegen Osten ein. SPITZ-DYHRENFURTH^{40a} haben gezeigt, daß unter dem Piz Alv-Zug, der eine gegen Westen geöffnete, einen Rhät-Lias-Kern aufweisende Mulde ist, die Bernina- und Languarddecke zusammenschließen. Die auf dem Kristallinen der Languarddecke liegende Trias der Zone Sassalbo—Gessi—P. Stretta ist auch im großen eine allerdings kompliziert gebaute Mulde, unter welcher die Languard- und Campodecke zusammenhängen. Auch Err- und Julier—Berninadecke hängen zusammen und es entfällt die Notwendigkeit einer Umdeutung der Lagerungsverhältnisse nach der Einwicklungshypothese im Sinne von TRÜMPY⁴¹. Es hängen also, wie SPITZ-DYHRENFURTH sagen, alle Oberengadiner Elemente miteinander zusammen.

Piz Alv und Piz Sassalbo steigen hintereinander, wie SPITZ-DYHRENFURTH auseinandersetzen, so auf, wie Plessurgebirge, Ducangruppe und die Unterengadiner Dolomiten. „So schließen sich diese . . . Puschlav-Livigno-Bogen als südliche Teilregion an die rhätischen Bögen des nördlicheren Graubündens an . . . An der Grenze von Ost- und Westalpen machen sich deckenbildende Längsschübe fast durch die ganze Breite der Alpen bemerkbar“^{41a}.

So zeigt sich allerdings ROTHPLETZ' Idee der Ost—West-Bewegung in wesentlich anderer, im Prinzip total verschiedener Form als Lösung der Tektonik des Grenzgebietes von Ost- und Westalpen. — Zweifellos ist das Grenzgebiet nicht unter das starre Schema der Süd—Nord-Bewegungen der Deckentheorie zu bringen. Ja, es läßt sich hier sogar, abgesehen von dem Angeführten, ein recht wesentlicher Grund anführen, der gegen die Deckentheorie spricht. Wie früher erwähnt wurde, stechen die Decken auf der Südseite der Bernina in die Luft; man muß also im Sinne der Deckentheorie an eine südlicher gelegene Wurzel denken. Südlich davon ist aber die Fortsetzung der „südlichen Gneise“⁴², über welche ruhig die Südalpen transgredieren. Wo ist da die Wurzel der ostalpinen Decke? Sie ist da ebensowenig vorhanden, wie zwischen Ortler und Adamello.

Ich erkläre die Tektonik des Westendes der Ostalpen derartig, daß die sonst Ost—West streichende Verschluckungszone, welche die nördlichen Kalkalpen entstehen ließ, gegen Südwesten hinabbiegt; es entstammen dieser Kraftzone die rhätischen Bögen; diese gehen in die Kalkalpen über. Aus der sich biegenden Verschluckungszone gehen hervor die nördlich bzw. nordwestlich, dann sich gegen Westen und schließlich über Südwest gegen Süden sich kehrenden Schübe, denen die entsprechenden Streichrichtungen in den Kalkalpen, die Schuppen des Rhätikon, die rhätischen Bögen, die gegen Süden sich kehrende Tektonik der Ortlergruppe etc. entsprechen. Der feste Pol, um den sich die Verschluckungszone herumdreht, ist die Gruppe der Ötztaler Alpen. Dagegen schwimmt die Silvretta, die, wie AMPFERER-HAMMER sagen, durch eine Bewegungsfläche oder durch ein Netz von solchen von ihrer Unterlage abgetrennt ist.

Auffallend ist der Parallelismus der Verschluckungszone, damit auch des Ostalpenrandes mit der Judicarienlinie⁴³; es ist

eine „Knickung des Alpenstranges im großen Stile“. Diesbezüglich läßt sich die folgende Vorstellung entwickeln.

Der Verschluckungszone steht als feste Masse der größte Teil des Ötztales gegenüber und südlich der gegen Süden gerichteten Tektonik der Ortlergruppe ist das kristalline Gebirge ein Gebiet relativer Stabilität. Dem festen kristallinen Gebirge gegenüber dringen die Südalpen als Ganzes lebhaft gegen Norden vor; die Neigung des Kristallinen über die Südalpen an der Judicarienlinie mag als Stauwirkung ausgelegt werden. Durch das Vordringen der Südalpen wird die kristalline Zone südlich von den Tauern und ihr Äquivalent stark gegen Norden bewegt, wo eine Zusammenpressung möglich ist (z. B. südlich der Tauern), und preßt die Tauern zusammen. An dem relativ autochthonen Ötztales Alpen- und am Ostrande des „Tauernfensters“ bewegen sich die Tauern vorüber; der Betrag, um den (durch die Tektonik der Tauern) das kristalline Gebirge im Norden und Süden der Tauern einander genähert wurde, ist im Gebirge westlich der Tauern nicht durch Zusammenpressung des kristallinen Gebirges ausgeglichen worden; daher bewegen sich die Südalpen an einer Rupturlinie, der Judicarienlinie, an den abbrechenden kristallinen Gesteinen der Ultentaler Alpen vorbei, in welchen das teilweise abnorme Streichen des Kristallinen⁴⁴ auf eine solche Torsionsbewegung zurückzuführen ist. Im Gebirge östlich der Tauern muß der oben angeführte Betrag eine Kompensation gefunden haben; wo dies der Fall ist, ist bei der geringen Kenntnis des Gebirges nicht zu sagen; vielleicht kommen die Schladminger Tauern in Betracht, welche vielleicht als eine ausgesprungene Überschiebung, analog den Verhältnissen der Julischen Alpen⁴⁵, zu deuten sind.

Durch die Gesamtbewegung des kristallinen Terrains im Süden der Tauern gegen Norden wurden die Tauern zusammengepreßt. Die westlich von Sterzing liegende Fortsetzung der Tauern wurde zu einer einfachen (?) Synklinale; diese Fortsetzung der Tauern zeigt, was jetzt sehr verständlich ist, Parallelismus mit der Judicarienlinie.

Durch die Bewegung des kristallinen Terrains wird der Umriss der „Dinariden“ hervorgerufen; es wird auch klar, warum eine Fortsetzung der „alpinodinarischen Grenze“ im Hochpustertal, Gailtal, Karawankengebiet nicht vorhanden ist, eben weil das Gebiete mit Pressung gegen Nord sind (Vellachprofil etc.).

Durch die Umbiegung der Verschluckungszone und das Vordringen der Südalpen wird tatsächlich eine Knickung des gesamten Alpenkörpers bedingt.

6. Es ist jetzt noch notwendig, die einzelnen Faziesgebiete auseinanderzulegen und die gebirgsbildenden Vorgänge zeitlich zu fixieren. Es wird bei dieser Betrachtung zwischen den West- und Ostalpen unterschieden in der Weise, daß zwei Schnitte, die im Meridian der Zillertaler Alpen und der Glarner Alpen liegen, einander gegenübergestellt werden. Es können folgende Gebiete einander gegenübergestellt werden:

a) Westalpen.

Helvetische Zone — ununterbrochene Sedimentation durch die Kreide bis ins Alttertiär.

Vindelizische Zone — deren Ablagerungsgebiet (Klippen- und Brecciendecke der Freiburger Alpen, des Chablais, Vierwaldstätter Gebiet) südlich vom helvetischen, von diesem durch einen breiten Streifen getrennt (Flyschbildungsstätte), und nördlich vom lepontinischen (= penninischen) Sedimentationsgebiet liegt. In dieser Zone fehlt⁴⁶ das Cenoman vollständig und auch der größte Teil höherer Kreidestufen. Das läßt sich mit einer Gebirgsbildung, wohl Deckenbildung, zur Zeit der mittleren oder oberen Kreide in Zusammenhang bringen. Dieses Gebirge⁴⁷ lieferte das Material zum Flysch, der zwischen ihm und dem helvetischen Sedimentationsgebiet entstand. Im Alttertiär wurde der Flysch von den vindelizischen Decken überschoben und alles über das Helvetische geschoben und mit diesem dann gestört, wohl so, daß die Freiburger Alpen etc. durch Abgleitung in ihre heutige Position kamen.

Lepontinische Zone — ungestörte Sedimentation im Mesozoicum, deren obere Grenze unsicher ist. Im Unterengadin sind vielleicht auch tertiäre Gesteine vorhanden. Das lepontinische Gebiet hat jedenfalls erst posteretacisch seine Tektonik (Simplon etc.) erhalten; es überschiebt die helvetischen Wurzeln im Rheintale.

b) Ostalpen.

Für die helvetische Zone gilt das früher Gesagte.

Die ostalpine Zone zeigt regelmäßige Sedimentation bis einschließlich der Unterkreide; dann folgt die vorgosauische Gebirgsbildung, die in bedeutendem Ausmaße nur die Kalkalpen betroffen hat. Vorgosauisch sind ferner die Faltungen in den Karawanken und wohl auch in deren Fortsetzung; daß die prägosauische Störungsphase ziemlich weit im Süden sich noch geltend macht, zeigt das Vorhandensein der Gosaudiskordanz nördlich von Laibach und Anzeichen cretacischer Störungen in den westlichen Südalpen. Vorgosauisch ist ferner eine in ihrem Ausmaße allerdings

geringe Störungsphase in den Zentralalpen, welche mehr oder weniger sich in der Gosaudiskordanz geltend macht (Krappfeld, Bacher, Kainach); einzelne Gebiete (Bacher) haben postcretacisch keine faltenden Bewegungen, höchstens vertikale Verstellungen durchgemacht.

In dem Raum zwischen dem Helvetischen und dem obercretacischen Gebirge der Kalkalpen wird der Flysch sedimentiert. Im Tertiär erfolgt der Aufschub der Kalkalpen auf den Flysch und diejenige des Flysches auf das Helvetische.

In dem zentralalpinen Gebiete der Tauern fehlen gewiß tertiäre Schichten. Wieviel von der Schieferhülle mesozoisch ist und wie sich dieser Anteil auf die einzelnen Teile des Mesozoicums verteilt, zeigen nur Analogien. Die Störungsphase, die wohl mit der Anlage der Südalpen in einen kausalen Zusammenhang zu bringen ist, ist jedenfalls postcretacisch.

Es ist jetzt der Lage der einzelnen Faziesgebiete zueinander zu gedenken. In den Westalpen folgen in der Unterkreide von Nord nach Süd folgende Gebiete aufeinander: Helvetische Zone; durch einen breiten Raum getrennt folgt im Süden das vindelizische Ablagerungsgebiet, dann das lepontinische Ablagerungsgebiet, dann die Zone der südlichen Gneise und dann das südalpine Ablagerungsgebiet.

In den Ostalpen liegen hintereinander: die helvetische Zone, durch einen breiten Raum vom ostalpinen Ablagerungsgebiete getrennt; das ostalpine Ablagerungsgebiet, das sich im Westen um Kristallin herumschlingt und tief in die Zentralzone oder eigentlich in den Westrand der Zentralzone eindringt; dann folgt südlich der Hauptverbreitung des Ostalpinen Kristallin, dann das zentralalpine Ablagerungsgebiet, dann wieder Kristallin und dann der Drauzug und die Südalpen. Das zentralalpine Ablagerungsgebiet steht mit dem lepontinischen in keiner Kommunikation.

Nach der vorgosauischen Störung treten folgende Änderungen ein: Zwischen dem Helvetischen und dem nun bestehenden Vindelizischen Gebirge und den bestehenden gosauischen Kalkalpen liegt die Flyschbildungsstätte, welche den ganzen Südrand des Helvetischen begleitet. Das Lepontinische des Tessiner Massivs ist von dem Ostalpinen noch durch einen breiten Streifen getrennt, denn das Unterengadiner Fenster ist noch unbedeckt vom Ostalpinen; dort findet Sedimentation statt, wie auch in dem freien Raum die mit dem Flysch verwachsenden Prättigauschiefer entstehen.

Nach der tertiären Störungsphase ergibt sich das heutige Bild: Das Helvetische ist überschoben von Flysch und vindelizischen Resten; die lepontinische Tauchdeckentektonik ist entstanden, das Lepontin überschiebt die helvetischen Wurzeln im Rheintal; die Südalpen sind gefaltet. Der Flysch der Ostalpen, die Prättigauschiefer, das Lepontinische ist durch das Ostalpine von Süden bzw. von Osten her überschoben. Die Bewegung, welche aus der sich umbiegenden Verschluckungszone hervorging, hat die Überschiebungen in Nord, West und Süd entstehen lassen. Dieser Knickung des Alpenstranges entspricht in der helvetischen Zone die bekannte Sigmoidale am Rhein. Es wurde durch die umbiegende Verschluckungszone eine Verkürzung der Alpen in West—Ost erreicht; die tieferen Teile der Erdhaut wurden verschluckt, so daß die äußersten Teile hinausfluteten, vielleicht auf listrischen Flächen aufsteigend, mit welchen ja auch die Deckentheorie arbeitet, in der Richtung gegen Westen bzw. dort, wo die Verschluckungszone umbog, gegen Nord. — Im Einklang mit diesen Vorgängen stand auch das Vorrücken der Südalpen.

Ich glaube, daß die obigen Ausführungen eher als die Deckentheorie mit den doch sehr weit abliegenden Bezugsquellen der Decken den Erscheinungen gerecht wird, da nur kurze, beobachtbare Horizontalverlagerungen zu dieser Erklärung notwendig sind. Der Mangel der Wurzeln und die sehr weitläufigen Luftlinien der Deckentheorie waren immer deren wundester Punkt, welcher eine gewisse Berechtigung gab, von einer „mechanischen Freibeuterlust“ der Deckentheoretiker zu sprechen.

Zum Schlusse meiner Ausführungen ist es mir ein Vergnügen, meinen beiden verehrten Kollegen Dr. ROBERT SCHWINNER und Dr. ERICH SPENGLER für viele Hinweise und zahlreiche Belehrung zu danken.

Anmerkungen.

¹ STEINMANN, Berichte d. naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B. 16. 1905. p. 20.

² HERITSCH, Geolog. Rundschau. 5. p. 95, 253.

³ KOBER, Mitteil. d. geol. Ges. in Wien. 5. 1912.

⁴ HERITSCH, Sitzungsberichte d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. 121. Abt. I. 1912. p. 615 ff. — KOBER, Mitteil. d. Wiener geol. Ges. 5. 1912.

⁵ Diese Quetschzone gehört nach KOBER z. T. der obersten lepontinischen Decke, der Radstädter Decke des Prättigau (= Klippendecke STEINMANN) an. In dieser nach KOBER prägosauisch überfahrenen Decke treten Couches rouges, also Bildungen aus tieferem Wasser auf, welche gleichsam in einer Lücke der ostalpinen Decke abgelagert wurden. — Wenn man dieser Annahme zustimmt, dann muß man einen postgosauischen, gegen Süden gerichteten Schub des südlichen Rhätikon annehmen.

⁶ Diesbezüglich sei auf den Abschnitt Österreichische Alpen . . . im Handbuche der regionalen Geologie hingewiesen.

⁷ Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1897. Verhandlungen. 1903.

⁸ Siehe zum Folgenden KOSSMAT, Mitteil. d. geol. Ges. in Wien. 5. 1913.

⁹ Zum Folgenden bes. SPITZ-DYHRENFURTH, Eclogae geol. Helvet. 1913. p. 476.

¹⁰ Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 367.

¹¹ v. SEIDLITZ, Berichte d. naturforsch. Ges. zu Freiburg i. B. 1906.

¹² Geologische Forschungen an der Grenze von Ost- und Westalpen. München 1913.

¹³ AMPFERER-HAMMER, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1911. p. 692.

¹⁴ Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Ges. in Zürich. 1913.

¹⁵ Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1911. p. 703.

¹⁶ Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1911. p. 700 ff.

¹⁷ SANDER, Verh. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 336.

¹⁸ Siehe dazu F. HERITSCH, Handb. d. regional. Geol., Österr. Alpen.

¹⁹ SANDER in Geologische Exkursionen durch die Tuxer Alpen und den Brenner. Leipzig 1913. p. 42.

²⁰ Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. 117. Abt. I. 1908.

²¹ HAHN, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1912. p. 342.

²² HERITSCH, Geolog. Rundschau. 5. 1914. p. 287.

²³ DIENER, Centralbl. f. Min. etc. 1904. p. 179.

²⁴ G. GEYER, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1909.

²⁵ SPITZ-DYHRENFURTH, Eclog. geol. Helvet. 1913. p. 481.

²⁶ L. SUESS, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. 114. Abt. 1. 1905. p. 710 ff.

²⁷ SPITZ-DYHRENFURTH, l. c.

²⁸ Anzeiger d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 1907, 1909.

²⁹ HERITSCH, Geolog. Rundschau. 3. 1912. p. 563.

³⁰ SPITZ-DYHRENFURTH, Eclog. geol. Helv. 1913. p. 497.

³¹ ZÖPPRITZ, Berichte d. naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br. 16. 1906.

³² SCHLAGINTWEIT, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1900.

³³ HAMMER, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1908.

³⁴ HAMMER, Geologische Spezialkarte Blatt Glurns—Ortler und Erläuterungen; SPITZ, Verh. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 211.

³⁵ ZYNDEL, Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz. N. F. 41.

³⁶ SPITZ, Mitteil. d. Wiener geol. Ges. 3. p. 497.

³⁷ Siehe SPITZ, Referate über WELTER und MEYER, Mitteil. d. Wien. geol. Ges. 3. 492 ff.

³⁸ ZYNDEL, l. c.

^{38*} SPITZ-DYHRENFURTH, Verh. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 414.

³⁹ R. STAUB, Vierteljahrsschrift d. Züricher naturforsch. Ges. 58. 1913.

⁴⁰ Vierteljahrsschrift d. Züricher naturforsch. Ges. 58. 1912.

^{40*} Verh. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 404 ff. Siehe diese Abhandlung auch zum Folgenden.

⁴¹ SPITZ, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 205. SPITZ-DYHRENFURTH, ebenda 1913. p. 414.

^{41*} SPITZ-DYHRENFURTH, Verh. d. geol. Reichsanst. 1913. p. 415.

⁴² SCHARDT, Verhandl. d. Schweiz. naturforsch. Ges. in St. Gallen. 1906.

⁴³ AMPFERER-HAMMER, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1911. p. 705.

⁴⁴ HAMMER, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1902, 1904.

⁴⁵ KOSSMAT, Mitteil. d. Wien. geol. Ges. 1913.

⁴⁶ SCHARDT, Geologie de la Suisse (in „La Suisse“), siehe die stratigraphische Formationstabelle.

⁴⁷ BECK, Eclog. geol. Helvet. 1912.