

Sitzung vom 4. Juli 1919.

---

## Die Grenze zwischen Ost- und Westalpen.

Von W. von Seidlitz.

Der Verlauf des Alpenbogens ist abhängig von der Begrenzung des äußeren Rahmens, sein Bau aber bedingt durch die Gestaltung des Untergrundes. Dieser wird gebildet durch die Reste der alten karbonischen Gebirgrümpfe im Norden (Zentralplateau, Masse von Dôle, Vogesen, Schwarzwald, Böhmisches Masse), während jener in den sogenannten Zentralmassiven (Aar- und Gotthardmassiv Montblanc und Aiguilles rouges, Belledonne und Grandes Rousses, Pelvoux, Mercantour), gleichfalls Resten einer alten varristischen Erhebung, erkennbar ist.

Abgesehen davon zeigt der Aufbau der Alpen auch sonst kein einheitliches Bild, da sehr ungleich gestaltete und verschiedenalterige Teile zu dem jetzigen Hochgebirgsbogen zusammengeschweißt sind. Es ist deshalb notwendig, die einzelnen Teile herauszugliedern und die trennenden Grenzen zu verfolgen. Neben der Abgrenzung zwischen den Alpen einerseits und Dinariden, Apennin und Karpathen andererseits ist die Grenze zwischen Ost- und Westalpen, die UHLIG einmal als das dunkelste Kapitel der Alpengeologie bezeichnete, eine der wichtigsten.

Die meisten Lehrbücher bezeichnen als die übliche Grenze die fast ganz gerade Linie vom Bodensee über den Splügenpaß zum Comersee. Nach dem Stande der heutigen geologischen Erfahrung ist es jedoch möglich, den Verlauf dieser Grenzlinie wesentlich genauer zu bestimmen. Ganz abgesehen von der Deckenlehre, die viel zur Klärung des Problems beigetragen hat, sind auch durch die grundlegenden Untersuchungen der letzten Jahrzehnte die stratigraphischen Fragen wesentlich geklärt worden.

Ost- und Westalpen zeigen geographisch, stratigraphisch und tektonisch wesentliche Unterschiede. Zuerst seien die Eigen-

tümlichkeiten der beiden Alpenhälften, sodann die des eigentlichen Grenzgebietes erwähnt.

Man hat sich daran gewöhnt, die Alpen als einen einzigen zusammenhängenden Bogen vom Ligurischen Meer bis zur Donau anzusehen, doch schon MOJSISOWICZ machte darauf aufmerksam, daß man bei Betrachtung einer guten Höhenkarte findet, daß das Alpensystem aus zwei einander ähnlichen Bögen besteht, welche sich zwischen Bodensee und Comersee schräg aneinander legen. Beide mehr oder weniger nach NW gerichtet, der eine um die Etschbucht, der andere um die Poebene gelegt, weisen in ihrer Mitte die größten Massenerhebungen (Montblanc, Monte Rosa—Oetzaleralpen, Ortler) auf. An der Nahtstelle finden wir eine auffallende Unterbrechung im Gebirgszuge zwischen Monte Rosa und Bernina, in der keine Gipfel über 3400 m und viele Pässe unter 2400 m anzutreffen sind. Auch die Durchschnittshöhe der beiden Teile zeigt gewaltige Unterschiede (West: viele Gipfel über 4000 m. — Ost: Ortler nur 3900 m, Bernina 4000 m); und zum Teil damit zusammenhängend sind auch die gletscherbedeckten Flächen im Westen von größerer Gesamtausdehnung. Je weiter wir nach Osten kommen, um so mehr nehmen, zum Teil wohl auch aus klimatischen Gründen, die glazialen Erscheinungen ab. Morphologisch von Wichtigkeit ist ferner, daß für die nördlichen und südlichen Kalkalpen im Osten kein Gegenstück im Westen vorhanden ist. Hat man auch die südlichen Kalkalpen als fremdartiges Stück (Dinariden mit flacherer Lagerung, stufenweisem Absinken nach Süden und Überschiebungen nach Süden) vom Alpenzuge zu trennen, so bleibt doch der eigentümliche Unterschied zwischen der bayrischen und der Schweizer Kalkzone bestehen, die, aus ganz verschiedenem Gesteinsmaterial zusammengesetzt, auch andere Oberflächenformen zeigen.

Wichtiger sind die Verschiedenheiten des Schichtenbaus in Ost und West. Die Ostalpen zeigen eine mannigfaltige Folge von Triasschichten in ozeanischer Ausbildung, mit reicher Fossilführung, sowohl im Norden wie im Süden. In der Schweiz sind nur einige Reste in den Klippen des lepontinischen Gebietes, in den helvetischen Falten sogar nur der Rötidolomit und ein Teil des Verrucanos als Äquivalente vorhanden, von denen der erstere mit seiner geringen Mächtigkeit eher an die germanische Ausbildung erinnert. Das westalpine Ablagerungsgebiet muß daher zur Triaszeit größtenteils Festland gewesen sein. Auch Jura und Kreide zeigen Sedimentationsverschiedenheiten in beiden Hälften. Für die Riffbildungen der Hochgebirgskalke in der Schweiz gibt es im Osten kein Gegenstück, dagegen finden wir dort den unteren Jura meist als Ablagerung tieferen Wassers und erst im oberen Jura gleichfalls Riffausbildung (Tithon). In gleicher Weise trennend wirkte die Rheintallinie während der Kreidezeit. Im Westen ist die reich ausgebildete untere und obere Kreide untereinander konkordant gelagert, während die untere Kreide im Osten zurücktritt und erst die obere Kreide (Gosauschichten) sich weit übergreifend in den Randzonen ausbreitet.

Besondere Aufmerksamkeit wurde in den letzten Jahrzehnten den Flyschablagerungen entgegengebracht, die eine Sammelgruppe

tieferer Meeresablagerungen in den Geosynklinalen von der Trias bis zum Tertiär darstellen. Während sie im Osten die nördlichen Kalkalpen als Saum begleiten und im Westen sowohl vor der Kalkzone als auch innerhalb der Falten auftreten, springt ein Zweig dieser Flyschbildungen an der Rheintallinie mit scharfem Bogen nach Süden ab und vereinigt sich im Gebiet der Bündener Schiefer des Hinterrhodans mit dem vom Westen kommenden Zuge der gleichfalls flyschartigen aber älteren und stärker umgewandelten Glanzschiefer (Schistes lustrés). Das Problem der Bündener Schiefer (die besonders dem Grenzgebiet eigentümlich sind), das so lange der Klärung entbehrte und erst in den letzten Jahren der Lösung nähergeführt wurde, wird durch diese Vermischung einer außeralpinen mit inneralpinen (penninischen) fast gleichartigen Ablagerungen bedingt.

Schließlich muß auch noch des kristallinen Kernes gedacht werden. Im Westen haben wir die schon oben erwähnten Zentralmassive (mit einer älteren mittelkarbonischen und jüngeren permischen Faltung), im Osten fehlen sie dagegen gänzlich. Nur in den Karnischen Alpen finden wir ein karbonisch gefaltetes Gebirgsstück. Dagegen treten im Grenzgebiet junge tertiäre Granite (Disgrazia, Adamello) und weiter im Südosten des ostalpinen Bogens jüngere Ergußgesteine auf, die dem Westen völlig fehlen.

Auch der Gebirgsbau ist zu beiden Seiten des Rheins ein verschiedener. Sind auch die Ostalpen ebenso wie die Westalpen durch weitreichende Deckenschübe entstanden, so treffen wir doch in den tiefer abgetragenen Ostalpen auch tiefere Deckenteile (Decken erster Ordnung) als in den Westalpen. Dadurch erklärte es sich, daß wir im Westen klar zu überblickende oberflächliche Überfaltungerscheinungen, im Osten aber nur die tiefliegenden Schubflächen der Deckenmassen erkennen können. Die Tatsache, daß der Deckenbau der Ostalpen viel später erkannt wurde als der der Westalpen und heute sogar zum Teil noch angezweifelt wird, hängt damit zusammen. Die Ostalpen liegen nicht neben den Westalpen, sondern, wenigstens in den westlichen und nördlichen Randgebieten, über denselben; deshalb treffen wir die gleichen tektonischen Elemente im Westen als Klippen auf den Gipfeln der Berge, im Osten aber als Fenster, nur in den Tälern oder in einigen Erhebungsgebieten (Unterengadin, Tauern, Semmering) aufgeschlossen. Auch die Richtung der Bewegung zeigt Unterschiede. In der Ostschweiz nordwärts gerichtete, im Osten mehr nordwestliche bis westliche Überschiebungen, die im Grenzgebiet, wenn auch nur als sekundäre Erscheinung, zum Teil sogar ostwestliche Richtung annehmen. Auch sonst kann man wohl als die Regel annehmen, daß jede Decke oder Teildecke ihre eigene Schubrichtung aufweist, wenn auch nur mit geringen Ablenkungen, ebenso wie die Decken auch im Streichen auskeilen und nur wenige (wie die Decken erster Ordnung) gleichbleibend auf weite Strecken von West nach Ost zu verfolgen sind. Eine Einheit der Zeit, der Ablagerung und der Richtung gibt es beim Deckenbau nicht.

Dem Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen prägen alle diese Erscheinungen ihren Charakter auf, die Grenze selbst ist durch sie bedingt. Betrachten wir deshalb das Grenzland, welches hauptsächlich Voralberg (Bregenzer Wald) und Graubünden (Rhätikon, Plessurgebirge, Albulagebiet, Engadin, Bergell und Veltlin) umfaßt, genauer, so ergibt sich folgendes:

Im Westen versinken die Zentralmassive (Aar- und Gotthardmassiv) mit ihrem helvetischen Sedimentmantel an der Rheinlinie. Sowohl die Falten der Glarner Alpen (Calanda) und des Fläscherberges zeigen ein deutliches Abbiegen (und dadurch erklärt sich ihre Deutung als Ostschub — ROTHPLETZ — oder Glarner Bogenüberschiebung — LORENZ) als auch das Säntisgebirge, das im Bregenzer Wald nur eine teilweise Fortsetzung findet. DIENER spricht von einer Sigmoide des Rheintals und versteht darunter das Absinken der Säntisfalten und ihr Ausbiegen nach Norden; das gleiche ist an der ostalpinen Trias des Rhätikons, an der Flysch- und Glanzschieferzone des Südens und am Adulagebirge festzustellen, dessen annormale Streichrichtung (DIENER) mit dem Absinken der Decken an der Alpen Grenze zusammenhängt. Auch die Richtung der Täler und Flußläufe im Grenzgebiet ist nicht ganz unbeeinflusst davon geblieben. (Inn, Albula, Julia, Hinterrhein, Landwasser).

Stratigraphisch zeigt das Grenzgebiet vor allem eine weite Ausdehnung der mittleren der großen alpinen Deckensysteme. Wir haben die helvetischen, lepontinischen, penninischen und ostalpinen Deckensysteme (Decken erster Ordnung) zu unterscheiden, die etwa den tiefsten Überschiebungen (Maximum Thrusts) der schottischen Geologen entsprechen und ihrerseits wieder in eine große Zahl mehr oder weniger selbständiger Teildecken (Decken zweiter und dritter Ordnung) zerfallen. In Graubünden ist vor allem das lepontinische und im Süden das penninische System breit entwickelt mit seinen basischen Eruptivgesteinen (vor allem Serpentin, Diabesporphyr, Gabbro mit Nephrit usw.) und den flyschartigen Ausbildungen verschiedener Zeitalter. Breccienbildung zeichnet fast alle Formationen der lepontinischen Serie aus und weist auf ein nahes Festland. Wenn stratigraphische Übergänge vorhanden sind, von der lepontinischen sowohl zur helvetischen oder ostalpinen Fazies, so sind sie nur hier in Graubünden zu verfolgen. Gleichartige Schichten und Decken sind im Westen nur in den Klippen und der Voralpenzone der Nordschweiz, im Osten nur in den großen Fenstergebieten des Unterengadins, der Tauern und des Semmering entwickelt. Ihre Basis liegt im Osten und Westen freilich verschieden hoch: an den Mythen bei 1500 m, während im Unterengadin die Basis der Schichten bei 700 m noch nicht erreicht ist. Die Herkunft dieser Massen aus Süden ist nur in dem Grenzstreifen zu verfolgen, auf dem man bei einer Wanderung von Maloja zum Rhätikon feststellt, daß die Metamorphose der Schichten nach Süden zu, die Auflösung der Decken in ihre Teilbestandteile aber nach Norden zunimmt. Ihr Übergang in die Wurzelgebiete ist nur hier deutlich zu erkennen.

Das ganze Graubündener Land zeigt außer dem regionalen Deckenbau noch eine sehr ausgeprägte lokale und wohl zum Teil sekundäre Tektonik. Es ist nicht zu leugnen, daß die meisten Schollen gegen Osten zu einfallen (SPITZ, MYLIUS), weshalb auch vielfach die Überschiebungen aus Osten abgeleitet wurden (ROTHPLETZ, MYLIUS, auch LORENZ: Glarner Bogenüberschiebung). Im Engadin zeigen sich sogar deutlich nordsüdlich verlaufende gegen Westen gerichtete Gebirgsbögen (rätische Bögen, SPITZ und DYHRENFURTH) und in der Umrandung des Engadiner Fensters eine lokale Schubrichtung der Teildecken gegen die Fensteröffnung (PAULCKE). An anderen Stellen, besonders am Westende der Ostalpen ist ein steiler nord-südgerichteter Denudationsrand, der nach Westen ausstreichenden ostalpinen Schichten erkennbar. Wie es einem solchen Zwischensystem wie den lepontischen Klippendecken zukommt, zeigt es alle Anzeichen der Zertrümmerung zwischen Unter- und Auflage in der Form von Mischzonen mit kartenspielartiger Durchstechung der Schichten, Riesenbreccien und Trümmerbildungen im großen (Arosa), Myloniten, Überschiebungsapophysen, exotischen Blöcken (Oberstdorf), und kristallinen Schubspähnen, die zum Teil in Schollenfenstern (Rhätikon) wieder zutage treten. Es sind diese Trümmerbildungen ein Zeichen für Druckentlastung am Außenrande des Gebirgsbogens, da die ostalpine Masse des Hangenden am Ostalpenrande ihr Ende findet.

Das ganze Voralberg-Graubündener Grenzland zeigt so die Eigentümlichkeiten von Ost und West vermischt, sowohl stratigraphisch wie tektonisch. Der vollständige Bau der Decken von den Wurzeln bis zum Stirnrand mit Klippen (Piz Toissa, Splügener Kalkberge, Berglittenstein) und Fenstern (Gargellen, Unterengadin); der autochthone Untergrund (Aarmassiv), wie die schwimmenden Deckschichten, tertiäre Eruptiva (Granit der Disgrazia) und Ophiolotische Gesteine, (Oberhalbstein) Schubfetzen (Rhätikon) und Riesenreibungs- und Mischungszonen (Arosa) bis zu den exotischen Blöcken und Quetschzonen des Allgäus, alles dieses läßt sich auf dem schmalen Streifen beobachten. Kein Wunder, daß die geologische Erforschung Graubündens besondere Schwierigkeiten bereitet hat; in ihr liegt aber der Schlüssel der Erkenntnis und von hier ist die Forschung trotz mancher Irrwege, nach Osten und Westen hin, immer wieder befruchtet worden, wie neuerdings auch wieder die Arbeiten von R. STAUB und TRÜMPY zeigen.

---

Die Erklärung aller Anomalien des Grenzgebietes ist in der Gestaltung des Untergrundes zu suchen, die nach B. G. ESCHER wichtiger für den Bau des Gebirges ist als der äußere Rahmen. PAULCKE hat durch seine Experimente gezeigt, wie der Gebirgsbau im allgemeinen und die Deckenstruktur im besonderen durch Belastung und Entlastung einerseits und durch Hebung und Senkung der Basis andererseits beeinflußt wird. Das Grenzgebiet ist nur dadurch zu erklären. ARBENZ zeigte, daß der Bau, besonders der Schweizer Alpen,

im Streichen Erhebungs- und Senkungszone (Querfalten) aufweist, und auf ARGANDS Profilen ist zu sehen, wie sie zum Teil mit der Gestaltung des karbonischen Untergrunds zusammenfallen. Die Zentralmasse wirkte als Widerstände gegen die von Süden herandrängenden Decken und die zwischen ihnen liegenden Depressionen haben die Bahn für die sedimentären Massen geöffnet (z. B. Wildstrubel-Diablerets). So ist auch das Graubündener Land mit seiner reichen Deckengestaltung letzten Grades dadurch zu erklären. Der Untergrund ist durch das Absinken des Aarmassivs gestaltet, die Decken andererseits durch das Ausstreichen der ostalpinen Decke (Obere ostalpine Decke — Staub), die mit der Rheinlinie ihr Ende findet, entlastet; selbst die benachbarte Ostschweiz (ARBENZ) wird noch durch das Ausklingen der Senkung betroffen.

Die Ostalpengrenze müssen wir uns daher als eine Rheintalflexur im Großen vorstellen, durch die alle tektonischen Anomalien ihre Erklärung finden. Sowohl die sigmoide Beugung der Trias- und Kreideschichten, als das Eindringen des Flysch in das Innere des Alpenkörpers, die Lage der Klippen, im Westen, der Fenster im Osten und nicht zuletzt das Ausweichen der ostalpinen Schubmasse gegen Nordwesten und Westen und die lokalen Überschiebungen aus Osten, die ebenso wie die wechselnden Schubrichtungen in der Umrandung des Unterengadiner Fensters und die räthischen Bögen im Engadin als eine Kompensationserscheinung gegen die tiefgreifende Veränderung des Untergrundes anzusehen sind. Ob die Rheintalflexur mit dem Versinken des vindelizischen Gebirges (GÜMBEL, LANG), welches gleichfalls karbonischen Alters war, in Zusammenhang steht, ist nicht zu erweisen, dagegen mag aber das Aufdringen des Disgraziagranits davon nicht unabhängig sein.

Aber auch die Erscheinung, die von MOJSISOWICZ seinerzeit mehr morphologisch hervorgehoben wurde, daß im Streichen der Ostalpen eine Schwenkung um die Etschbucht, in den Westalpen um die Poebene festzustellen ist und daß es sich demnach um zwei verschiedene Gebirgstheile handelt, ist hier nicht zu vergessen. Nicht nur die stratigraphische Verschiedenheit, sondern auch die Lage der eruptiven Massen auf der Innenseite des Bogens weist darauf hin.

Die ost-westwärts gerichtete Bewegung der Schichten findet aber an der Ostalpengrenze noch nicht ihr Ende, sondern prägt sich nach ARBENZ auch im Bau des Gebirges zwischen Linth und Rhein noch aus (daher ROTHPLETZ, Ostschub der Glarner Alpen), während der penninische Deckenbogen, der unter dem ostalpinen hervorkommt nur in seinem östlichen Teil von der Senkung beeinflußt wurde und sonst rein westalpinen Charakter zeigt.

Die eigentlichen Ostalpen finden ihr Ende mit der ostalpinen Decke (untere ostalpine Decke — STAUB), während die lepontinischen Klippendecken (räthische und ein Teil der unteren ostalpinen Decke — STAUB), das tektonische und stratigraphische Bindeglied bilden zwischen Ost und West, zwischen helvetischen und penninischen Decken einerseits und den eigentlichen (STAUB) ostalpinen Decken andererseits, die ihrer Entstehung und Faltungszeit nach verschiedenes Alters zeigen.

Ein großer Teil der Ostalpen ist älter gefaltet (Vorgosaufaltung), die Flexur des Rheintales ist älter als die Überschiebung der ostalpinen Decke, mag aber nachjurassisch sein, da nach den beträchtlichen Konglomeratbildungen verschiedenen Alters bis zur Jurazeit (Falknisbreccie) noch ein altes Zentralmassiv in Graubünden (in der Berninagegend?) oder wenigstens im Ablagerungsgebiet der lepontinischen Decken angenommen werden muß.

Sind auch die Ostalpen älteren Faltungsdatums als die Westalpen, so sind sie doch in einer späteren Bewegungsphase zur jüngeren Tertiärzeit als einheitlicher Block über den Westalpenrand bewegt worden; nicht die höheren Deckeneinheiten sind als die jüngeren anzusehen, sondern die tiefer gelegenen. Ebenso wie die Einwicklung älterer Decken in jüngere im Westen längst bekannt ist, mag auch ein Teil der ostalpinen Decken von Gosauschichten eingewickelt sein.

Die Grenze zwischen Ost- und Westalpen fällt somit zusammen mit der ostalpinen Decke im alten Sinne. Ihr westliches Ende, der steile Denudationsrand gegen das Rheingebiet zu, zeigt den genaueren Verlauf an. Die Wurzeln dieser Decke haben wir an oder, nach STAUB, jenseits der Narbe der Dinariden zu suchen. Damit wird ein neues Problem und eine weitere wichtige Grenzfrage angeschnitten, die besonders an Bedeutung gewinnt, wenn man STAUBS Profile nach Osten fortzusetzen versucht, da es sich dann zeigen muß, wieweit die tatsächliche fazielle Verwandtschaft zwischen nördlichen und südlichen Kalkalpen geht und ob TERMIERS Auffassung zu Recht besteht, daß sich ein Teil der Dinariden über die Ostalpen bewegt hat.

Der Verlauf der Grenze kann also gegenüber der alten Auffassung einer Linie vom Bodensee über Splügen zum Comersee genauer angegeben werden. Sie verläuft etwa von Oberstdorf im Allgäu nach den Drei Schwestern und über die Scesaplana zum Aroser Rothorn; über Piz Aela, Piz Julier, Maloja, Piz Corvatsch, Piz Roseg nach Poschiavo und endigt an der Fortsetzung der Ivreazone bei Tirano im Veltlin.