

# Geologische Beobachtungen in den Alpen.

Von

**G. Steinmann.**

---

## II.

### Die SCHARDT'sche Ueberfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolithischen Massengesteine.

Wenn eine neue Theorie eine kaum übersehbare Masse von bekannten Tatsachen unter einem wesentlich geänderten Gesichtswinkel erscheinen lässt, stehen sich ihre Anhänger und Widersacher gewöhnlich zunächst schroff und ohne Verständnis gegenüber. Denn es fehlt noch der gemeinsame Boden gut beglaubigter Tatsachen, auf den die Theorie sich aufbaut. Erscheinungen, die der Anhänger für zwingend erachtet, dünken dem Gegner verschiedener Auslegung fähig, und erst in dem Masse, wie diese allseitig richtig gewürdigt werden, kann sich die Anerkennung oder Abweisung der neuen Auffassung vollziehen.

Die Theorie der Alpenüberfaltung befindet sich augenblicklich in dem kritischen Stadium — überschwängliche Begeisterung auf der einen, mehr oder minder schroff ablehnende Haltung auf der andern Seite. Die meisten und mit die besten Kenner der Westalpen haben sich rasch oder zögernd der neuen Auffassung angeschlossen, wenn sie auch zum Teil jahrzehntelang eine abweichende Erklärung mit zündender Begeisterung vertreten oder mehr oder minder offen gegen die aufkeimende Idee Stellung genommen haben. Die meisten ostalpinen Geologen erblicken dagegen, wie es scheint, auch jetzt noch darin nicht nur eine unnötige Komplikation, sondern in ihren Folgerungen für die Ostalpen einen grundsätzlichen

Irrtum, weniger ein Ergebnis wissenschaftlicher als vielmehr phantastischer Forschungsmethode.

Bei dieser Sachlage halte ich es für den Fortschritt der Alpengeologie förderlich, auch meinerseits das Wort zu ergreifen und gewisse Tatsachen hervorzuheben, an denen die Brauchbarkeit und Richtigkeit der Theorie erprobt werden kann. Es würde mir nicht schwer fallen, in ähnlicher Weise, wie es DIENER getan hat, Einwürfe gegen die Theorie aus den tektonisch und teilweise stratigraphisch vielfach so unvollständig bekannten Gebieten der Ostalpen beizubringen. Ich unterlasse das nicht etwa nur deshalb, weil ich mich mit der Mehrzahl der französischen und Schweizer Geologen in der Rolle des Paulus befinde, sondern weil ich eben der Ansicht bin, dass für die Prüfung der Theorie in erster Linie solche Gebiete herangezogen werden sollten, die wenn auch nur bruchstückweise genauer durchforscht, kartiert und daher kontrollierbar sind, was für den grössten Teil der Ostalpen schon wegen des Fehlens einer geeigneten topographischen Unterlage so gut wie ausgeschlossen ist. Dagegen eignen sich die Alpen der Ostschweiz ungewöhnlich gut zu einer kritischen Prüfung, einmal, weil hier die Verbindung zwischen West- und Ostalpen liegt, und dann, weil wir aus jüngster Zeit für verschiedene Teile Bündens Spezialaufnahmen, wenn auch nur beschränkter Gebiete, besitzen und diesen in nächster Zeit weitere folgen werden. Zugleich ist es dasjenige Gebiet, aus dem mir die grösste persönliche Erfahrung zu Gebote steht.

Denjenigen Fachgenossen, die den Problemen der Alpengeologie hinreichendes Interesse entgegenbringen, die aber weder durch Autopsie noch durch eingehendes Literaturstudium die einschlägigen Punkte voll übersehen können, glaube ich ferner einen Dienst zu erweisen, wenn ich bei dieser Gelegenheit die wichtigsten Etappen auf dem Wege zu markieren suche, den das moderne Alpenproblem gegangen ist. Dabei glaube ich, auf ausführliche Literaturnachweise verzichten zu dürfen<sup>1</sup>.

### 1. Geschichtliches.

Als Ausgangspunkte zur Einführung in das Alpenproblem eignen sich in den Westalpen am besten die „Glarner Doppelfalte“, anderseits die Klippen.

Nach den Deutungen von HEIM haben die **Lagerungsverhält-**

---

<sup>1</sup> Ich führe nur am Schlusse eine kleine Liste derjenigen Arbeiten, speziell über Graubünden an, auf die ich häufiger Bezug genommen habe.

nisse in den Glarner Bergen bis vor kurzem fast allgemein als die Folge einer doppelten Faltung gegolten. SUSS sowohl wie BERTRAND vertraten zwar die Ansicht, dass eine einheitliche Südfalte den Tatsachen besser gerecht werde, aber sie verliehen ihrer Meinung keinen weiteren Nachdruck und zogen auch die bedeutsamen Folgerungen nicht, die sich daraus ergeben. Sowohl ROTHPLETZ wie LORENZ gelangten auf Grund von Spezialuntersuchungen zu Ergebnissen, die mit der Doppelfalte HEIMS nicht vereinbar sind. Ersterer fasste schliesslich die Glarner Decke als eine von O gekommene Schubmasse auf, letzterer kam zur Annahme einer Bogenfalte aus S, O und N. Beide Deutungen lassen sich nur begreifen, wenn in Wirklichkeit eine südliche Schubmasse vorliegt, die sich nach N und zugleich nach O senkt. Denn weder die eine noch die andere Deutung wäre möglich, wenn die Nord- und Südfalte gegen O sich zurückzögen und austönten. Es begreift sich daher leicht, dass HEIM, dem als dem besten Kenner der Gegend diese und andere Schwierigkeiten am deutlichsten gegenwärtig waren, seine lang vertretene Ansicht schliesslich aufgab und die einheitliche Südfaltung annahm, die sich als notwendige Folge aus den Forschungen der Westschweiz herausstellte. Wenn heute jemand, der nicht mehr unter dem faszinierenden Banne der zurückbiegenden Luftlinien der beiden Falten auf dem HEIMSchen Profile steht, und den Ueberschiebungen im Betrage von 40—50 km nicht prinzipiell schrecken, bei klarem Wetter den *Kisten-* oder *Panixer Pass* überschreitet, so wird ihm kein Zweifel daran aufkommen, dass eine einheitliche Südüberfaltung vorhanden ist. Denn die am weitesten vorgeschobenen Punkte der beiden Falten sind so nahe zusammengerückt und einander im Aufbau so ähnlich, dass ohne suggestive Mitwirkung der Gedanke an eine doppelte Faltung nicht gut entstehen kann. Von einem „Kampf um den Platz“ zwischen den beiden Falten ist erst recht keine Rede, wie schon BERTRAND bei der gemeinsamen Begehung im Jahre 1888 ausdrücklich bemerkt hat.

Die „Glarner Doppelfalte“ gehörte bis vor kurzem zum eisernen Bestande der Schweizer Alpengeologie. Sie hat insofern einen unheilvollen Einfluss ausgeübt, als sie dazu verführte, beträchtliche gegen S gerichtete Faltungen und Ueberschiebungen nicht als abnorm, sondern als selbstverständlich zu betrachten. Jetzt, wo sie wohl endgültig begraben sein dürfte, muss man auch die Folgerungen aus der einfachen Natur der Glarner Schubmasse ziehen: was auf ihr liegt, ist ebenfalls von S hergeschoben und wurzellos.

Das **Klippenphänomen** ist Anfang der neunziger Jahre von QUEREAU und SCHARDT in Angriff genommen worden. Die sorgfältige Untersuchung der *Iberger Klippen* durch ersteren ergab, dass hier eine bunte Serie der verschiedensten mesozoischen Gesteinsarten in wirrer Lagerung und stark gequältem Zustande beieinander liegen, wie sie in ähnlicher Entwicklung teils in den *Freiburger Alpen*, teils in der nördlichen Kalkzone der *Ostalpen* vertreten sind. Zugleich konnte QUEREAU unwiderleglich feststellen, dass diese Klippen nicht, wie SCHARDT vermutet hatte, von den nach N darübergfalteten helvetischen Ketten aus der Tiefe aufgeschürft seien, sondern dass sie im Gegenteil der ruhig gefalteten helvetischen Unterlage aufliegen und dass weit und breit weder im S noch im N ähnliche Gesteine zu finden sind. Dagegen stellt eine Reihe ähnlich zusammengesetzter und gelagerter Klippen in der Streichrichtung eine Verbindung mit den *Freiburger Alpen* her. Diese galten damals unbezweifelt als anstehendes Gebirge, und da QUEREAU zugleich nachwies, dass auch sie über die nach SO folgenden helvetischen Ketten auf mehrere Kilometer überschoben sind, so festigte sich im Anschluss an die früheren Vermutungen von ESCHER und STUDER die Vorstellung, dass die *Freiburger Alpen* und die *Chablaisregion* der jetzt noch sichtbare anstehende Rest einer Zone seien, die von N her über die helvetische Region geschoben wäre, dass die Hauptmasse dieses „*vindelicischen*“ Gebietes unter der Molasse vergraben liege und dass die Klippen im NO und S der *Chablaisregion* die Erosionsreste der Deckscholle darstellten. Eine ausgedehnte Nordüberschiebung anzunehmen, konnte ja nicht weiter befremden, wo die *Glarner Nordfalte* und in ihrer westlichen Fortsetzung gleich gerichtete Faltungen unbeanstandet blieben. Zur gleichen Zeit stellten RENEVIER und LUGEON das jurassische Alter der Chablais-Breccie endgültig fest und nahmen, um ihr allseitiges Uebergreifen über den Flysch der *Chablaisregion* zu erklären, die Pilzfalte zu Hilfe, was nur dazu dienen konnte, die Autochthonie der *Chablaisregion* zu stützen. Auch die Untersuchungen SARASINS, die in dem Nachweis gipfelten, dass die exotischen Gesteine der *Chablaisregion* aus den *inneralpinen Ketten* abzuleiten seien, bewegten sich innerhalb der gleichen Vorstellung.

Diesen Vorstellungskreis suchte Ende 1893 SCHARDT mit der Hypothese zu durchbrechen, dass nicht allein die *Chablaisbreccie*, sondern die ganze *Chablaiszone* eine weit von S her überschobene Decke über den helvetischen Alpen bilde, dass die Klippen die

Reste dieser Decke in der Nordschweiz seien und dass ihre Fortsetzung im *Rhätikon* liege, d. h. also, dass die nördliche Kalkzone der Ostalpen ebenfalls nicht dort wurzele, wo sie sich heute befindet. Damit legte SCHARDT den Grund für die heutige Ueberdeckungs- oder Ueberfaltungstheorie, die er nicht nur auf die Alpen, sondern auf alle Gebiete ausgedehnt wissen wollte, wo Flysch mit exotischen Breccien, Klippen u. dgl. vorhanden ist. Wir sind um so mehr verpflichtet, „das Rühmliche von dem Gerühmten reinlich zu scheiden“ und im Interesse der geschichtlichen Wahrheit diese Theorie an den Namen ihres Urhebers zu knüpfen, als SCHARDT sein Kind bis zum Jahre 1895 auch gegen LUGEON und bis zum Jahre 1901 gegen HAUG und die meisten übrigen Alpengeologen hat verteidigen müssen. Es begreift sich freilich leicht, dass die SCHARDTsche Theorie nur schwer Anklang fand. Denn mag der Urheber einer neuen Auffassung auch noch so fest von ihrer Richtigkeit überzeugt sein, für eine allgemeine Anerkennung bedarf es des exakten Nachweises, dass wenigstens für ein beschränktes Gebiet eine andere Deutung ausgeschlossen ist. Eine detaillierte kartographische Aufnahme der *Rubli-Gumfluhkette*, etwa nach Art der QUEREAUSchen Arbeit über die Iberger Klippen, die es evident gemacht hätte, dass die Chablaisbreccie tatsächlich wurzellos dem Flysch der Voralpen aufruht wie die Klippen der Nordschweiz den helvetischen Ketten, oder die genaue Verfolgung der Sattelzone der *Freiburger Alpen* in das Walliser Gebiet, wie sie später von LUGEON in Angriff genommen ist, hätten auch dem Nichtspezialisten eine Kontrolle ermöglicht, während die bis auf eine Tiefe von 2—3 km unter dem Meeresspiegel mit allen Einzelheiten durchgezeichneten Profile eher geeignet waren, Misstrauen an der Richtigkeit der Beobachtung und den daraus gezogenen Folgerungen zu erwecken. Auch heute noch stehen ja die exakten kartographischen Nachweise gerade für die massgebende Region der *Chablaiszone* fast ganz aus, aber es hat sich durch das eifrige Zusammenwirken der Schweizer und französischen Geologen in den Westalpen eine Fülle von Tatsachen ergeben, die gebieterisch eine einheitliche Auffassung des Baues der Westalpen auf Grund der Wurzellosigkeit der *Chablaiszone* fordern. Mag man von den *Klippen* und der *Chablaisregion* oder von der „*Glarner Doppelfalte*“ und ihrer westlichen Fortsetzung ausgehen, auf beide Arten gelangt man zu der Ueberzeugung, dass die SCHARDTsche Theorie allein die Möglichkeit bietet, die mannigfaltigen und zum Teil so ungemein verzwickten tektonischen und

faciellen Verhältnisse unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zu begreifen. Gerade die Versuche LUGEONS (in gewissem Grade auch die weniger glücklichen Versuche TERMIERS), die SCHARDTsche Theorie im einzelnen auszubauen und auf die inneralpinen Zonen und die Ostalpen auszudehnen, lassen deutlich erkennen, dass hier ein Fortschritt von weittragender Bedeutung angebahnt ist.

## 2. Die Westalpen.

Im Laufe dieses Sommers habe ich nun einige Punkte der Westalpen, die mir zum Teil nur durch Begehung in früherer Zeit, zum Teil noch gar nicht bekannt waren, besucht zu dem Zwecke, die Richtigkeit der SCHARDTschen Theorie zu prüfen; von meinen Beobachtungen möchte ich einiges mitteilen, selbst auf die Gefahr hin, zumeist nur Tatsachen zu wiederholen, die dem Kenner dieser Gebiete nicht neu, und die auch in der Literatur, wenn auch nur andeutungsweise, niedergelegt sind.

Leichter als im *Chablais* selbst kann man sich in den *Freiburger Alpen* von der Wurzellosigkeit der Chablais-Breccie, der (bisher) obersten Decke dieser Region, überzeugen. Auf der Exkursion der französischen geologischen Gesellschaft, die im Jahre 1901 unter LUGEONS Führung das *Chablais* durchzog, vermochte ich mich den Deutungen unseres Führers in Bezug auf die Wurzellosigkeit der Breccie nicht anzuschliessen, da die immerhin erhebliche Breite (4 km) der Breccienzone an ihrer schmalsten Stelle eine Auffaltung an Ort und Stelle keineswegs auszuschliessen scheint.

In den *Freiburger Alpen* tritt die wurzellose Natur der Hornfluh-(Chablais-)Breccie am deutlichsten hervor, weil das schmale Band hier vielfach über dem Flysch im Streichen verschwindet, wo es, wenn wurzelnd, unbedingt fortsetzen müsste. Für den Zweifelnden ist besonders der Besuch der *Rubli-Gumfluhkette* mit Abstieg gegen *Saanen* zu empfehlen, wenn auch für dieses Gebiet eine Spezialkarte noch fehlt. Aber auch das nördlich daran anstossende Gebiet der *Spielgerten* und die Umgegend von *Zweisimmen* ist für diese Frage in hervorragendem Masse instruktiv. Ein Teil dieses Gebiets ist zuerst von KEIDEL, später von F. JACCARD im Massstabe 1 : 50 000 kartiert worden. Ogleich die beiden Karten in keinem wesentlichen Punkte voneinander abweichen, so sind doch die Deutungen der Profile entgegengesetzt. KEIDEL lässt die Profile da endigen, wo die Sichtbarkeit aufhört, JACCARD zieht überall den Flysch unter dem Mesozoikum durch, was natürlich an den meisten Pro-

filen gar nicht direkt sichtbar ist. Dem einen Beobachter erscheint autochthone Schuppenstruktur nicht ausgeschlossen, dem andern, der auf einer weiteren Basis arbeitet, ist die Wurzellosigkeit unbezweifelbar. Aber wie selbst bei monographischer Bearbeitung eines solch komplizierten Gebietes wichtige Beziehungen unerkannt bleiben können, zeigt uns JACCARD; er hat gänzlich übersehen, dass über der Brecciendecke noch eine jüngere Decke vorhanden ist, deren wichtigste Elemente Spilit und Radiolaritkalke des Malm sind<sup>1</sup>.

Wenn man, auch ohne eine persönliche Anschauung von den Verhältnissen in der *Chablaiszone* zu besitzen, alle die Argumente zusammenhält, die SCHARDT, LUGEON und JACCARD für die Wurzellosigkeit der Chablais-Breccie (und damit auch für die der Spilit-Radiolaritdecke) und für ihren südlichen Ursprung zusammengebracht haben, so kann man sich der Ueberzeugung kaum verschliessen, dass hier eine durchaus sichere Basis gewonnen ist. Wer gar in der Lage ist, das ausgesprochen klippenartige Auftreten der Breccie in den *Freiburger Alpen* mit den unbezweifelt wurzellosen Klippen der *Nordschweiz* zu vergleichen, wird die Gleichartigkeit beider in tektonischer Beziehung anerkennen müssen. Wenn nun aber die Breccienmulde nicht als „Pilzfalte“, nicht als „Schuppenfächer“ erklärt werden kann, sondern nur als klippenartiger Rest einer südlichen Deckscholle, dann fallen auch die Gründe fort, die für die Autochthonie der Chablaiszone überhaupt beigebracht werden können. Dann wird man den von SCHARDT besonders betonten faciiellen Eigenarten innerhalb der *Freiburger Alpen* die gebührende Bedeutung nicht absprechen dürfen. Ebenso wird man den Nachweis LUGEONS, dass im Rhonetale, jenseits der Wildstrubelkette, die gleiche Facies vorhanden ist wie diesseits der Kette unter den mittleren Voralpen, nur dahin ausdeuten dürfen, dass selbst die tiefsten Lagen der *Freiburger Alpen* und damit alles, was sie tragen, nur die Reste wurzelloser Deckschollen südlicher Herkunft sind. Auch die Untersuchungen SARASINS, die dargetan haben, dass die altkristallinen Massengesteine, die in Form exotischer Blöcke der *Chablaiszone* eigen sind, durchweg auf südliche Herkunft weisen, gewinnen in diesem Zusammenhange erst ihre richtige Bedeutung.

Als das Ergebnis einer diesjährigen Durchquerung sämtlicher

---

<sup>1</sup> Näheres darüber im Anhang, S. 47.

Zonen der *Freiburger Alpen* möchte ich hervorheben, dass mir keine einzige Erscheinung aufgestossen ist, die sich nicht zwanglos mit der SCHARDTschen Ueberfaltungstheorie in Einklang bringen liesse. Ich habe sogar manche bisher nicht beachtete Tatsachen gefunden, die diese Deutung noch weiterhin festigen. So liegen im Tobel der *Veveyse* bei *Châtel-St. Denis* viele grosse exotische Blöcke eines auffallenden Gesteins, die aus dem Flysch der *Gurnigelzone* stammen. Es ist das eine Breccie oder ein Konglomerat aus grossen Brocken ausschliesslich altkristalliner Gesteinsarten, unter Ausschluss jeglicher mesozoischer Bestandteile. Die bis über kopfgrossen Brocken sind bald ohne sichtbares Zement, bald mit Hilfe einer spärlichen grauen oder rötlichen, aber ebenfalls ganz kalkfreien Zwischenmasse miteinander verbunden, förmlich verschweisst, ein Gestein, das man sofort wiedererkennt, wenn man es einmal gesehen hat. Wir finden diese vormesozoische, wahrscheinlich altpermische „kristalline Breccie“ wieder im *Casannagebirge* bei *Klosters*, wo sie JENNINGS entdeckt hat, und im *Plessurgebirge* bei *Arosa*, von wo sie durch HOEK beschrieben ist, hier aber nur als fetzenartige Schollen innerhalb der Aufbruchzone. Nur eine einzige Gegend ist mir bekannt, wo dies Gestein anstehend vorkommt: in dem grossen Verrucanomassiv des *Vorderrheintals* zwischen *Truns* und *Ilanz*. Dort ist es durch die Strasse zwischen *Brigels* und *Waltensburg* angeschnitten und erscheint als eine Art Grundkonglomerat in dem dort herrschenden gneissartigen Verrucano. Also im Rücken der Glarner Decke ist der Ursprungsort dieses eigenartigen Gesteins zu suchen!

Die **Autochthonie der Chablaiszone** bildete den Grundpfeiler für die Vorstellung von dem Vorhandensein eines *vindelicischen Gebirges* zwischen Alpen und Jura. Mit ihr steht und fällt die Möglichkeit, die nordschweizer Klippen von N herzuleiten. Ist aber die Klippendecke eine Schubmasse südlichen Ursprungs, so können auch die scheinbar gegen S gerichteten Faltungen der helvetischen Ketten, i. B. auch die sog. Nordfalte der „Glarner Doppelfalte“ nur irrtümlich so gedeutet sein, und für eine gegen S gerichtete Faltung bleibt in der Nordschweiz kein Raum mehr.

### 3. Bünden.

Wenn nun die nordschweizer Klippen samt der *Chablaiszone* weither aus S gebracht sind und sie zugleich den obersten Verzweigungen der grossen Glarner Schubmasse aufrufen, was folgt daraus

für die Ostalpen? SCHARDT hat in folgerichtiger Auswertung seiner Ergebnisse in der Schweiz schon 1893 den *Rhätikon* für eine Fortsetzung der nordschweizer Klippendecke erklärt, d. h. zu einer Zeit, als noch keine neueren und eingehenderen Untersuchungen für diese Gegend und für Bünden vorlagen. Inzwischen haben wir einige genauere Stichproben aus diesen wichtigen Gebieten erhalten, durch LORENZ für die *Falknisregion*, durch HOEK für das *Plessurgebirge*. Dazu kommen die kursorischen Begehungen durch ROTHPLETZ und mich, die neben vielem Unzutreffenden oder gar Phantastischem manche wichtige Tatsache ergeben haben. Es ist zwar wenig im Verhältnis zu dem, was wir wissen müssten, um vollständig klar zu sehen, aber es genügt, wie ich meine, um zu entscheiden, ob die SCHARDTsche Theorie auf die Ostalpen ausgedehnt werden darf oder nicht.

---

Drei grosse Faciesgebiete schälen sich im westlichen Bünden heraus.

Die **Facies der Bündner Schiefer**, welche anscheinend die Fortsetzung der Glarner Decke gegen O bildet, vielleicht aber als eine nächsthöhere Deckenverzweigung aufgefasst werden muss. Welche Formationen sie enthält, wissen wir auch heute noch nicht mit Sicherheit; aber ausser Lias ist neuerdings ältere Kreide (PAULCKE) und jüngere Kreide<sup>1</sup> darin nachgewiesen worden. Wahrscheinlich sind Jura, Kreide und Oligocän darin in vorwiegend schiefriger, fossilärmer Fazies enthalten, während die Basis von unvollständiger Trias gebildet wird.

Die „**vindelische Facies**“, die als schmaler Streifen das Gebiet der Bündner Schiefer gegen N und O umgürtet und sich im *Plessurgebirge* und südlich davon stellenweise stark verbreitert. Sie ist durch meist unvollständige und sehr wechselnde Entwicklung der Trias, durch vielfach konglomeratische oder riffartige Facies des Malm, durch Couches rouges, besonders auch durch ophiolithische Eruptiva ausgezeichnet. Ihre komplexe Natur ist durch HOEKs Untersuchungen im *Plessurgebirge* schon festgestellt und diese tritt durch weitere Untersuchungen immer deutlicher hervor. Fetzenartig

---

<sup>1</sup> Globigerinenschiefer als ein jüngeres Glied der Bündner Schiefer und wohl sicher der oberen Kreide zugehörig, sind neuerdings durch v. SEIDLITZ an verschiedenen Stellen unmittelbar unter der Ueberschiebung der *Sulzfluhzone* aufgefunden worden, nachdem ich sie zuerst im *Plessurgebirge* nachgewiesen hatte, wo sie in gleicher Stellung unter der Aufbruchzone hervortreten.

verteilte Schollen des kristallinen Grundgebirges inmitten der Sedimente bilden ein bezeichnendes Merkmal der „Aufbruchzone“.

Die **ostalpine Facies** mit vollständiger Triasentwicklung bildet den *Rhätikon*, die höheren Teile des *Plessurgebirges* und ihre Fortsetzung in die *Unteringadiner Dolomitzone*.

Nun wissen wir, dass diese drei Faciesbildungen auf der ganzen Strecke vom *Falknis* bis *Tiefenkastel*, sowie im *Oberhalbstein* und *Schams* sich überall in einem gesetzmässigen Lagerungsverhältnis zueinander befinden, derart, dass die Bündner Schieferfacies durch die „vindelicische“, und diese durch die ostalpine überschoben ist. Stets fallen mit den Faciesgrenzen grosse tektonische Schubflächen zusammen. So trennt ein scharfer Schnitt das Schiefervorland von der „Aufbruchzone“ und diese von der Zone normaler ostalpiner Faltung. Daneben wird der Bau der mittleren oder „Aufbruchzone“ von zahlreichen kleineren Ueberschiebungen und Verquetschungen beherrscht, vielfach so sehr, dass eine vollständige Uebereinstimmung mit dem wirren Bau der nordschweizer Klippen entsteht, und dass selbst bei einer Kartierung im Massstab 1 : 25 000 vielfach nur „Quetschzonen“ ausgezeichnet werden können, die fast die Bezeichnung Reibungsbreccie im Grossen verdienen. Schon vor acht Jahren konnte ich darauf hinweisen, dass neben dieser auffälligen Aehnlichkeit in den Lagerungsverhältnissen auch eine weitgehende Uebereinstimmung in der Zusammensetzung zwischen der „Aufbruchzone“ und den nordschweizer Klippen, i. B. den östlichsten derselben besteht, ein Ergebnis, das durch die Spezialuntersuchungen von LORENZ und HOEK bestätigt und präzisiert worden ist. Als auffälligstes Glied, das beiden Gebieten gemeinsam ist, aber dem Schiefergebiete wie der ostalpinen Region fehlt, sind die ophiolithischen Eruptiva jüngerer Datums hervorzuheben. Sucht man daher auf Grund facieller Uebereinstimmungen und Aehnlichkeiten nach einer Fortsetzung im W, so kann nur die nordschweizer Klippenzone und das System der Chablaisdecken in Frage kommen. Lässt sich nun auch ein tektonischer Zusammenhang zwischen beiden wahrscheinlich machen oder haben wir vollständig getrennte, aber facieell wesentlich übereinstimmend entwickelte Zonen vor uns?

Wollen wir diese Frage zu entscheiden versuchen, so empfiehlt es sich, zunächst darüber Klarheit zu gewinnen, in welchem Verhältnis die lokale und die regionale Tektonik zueinander stehen in einem Gebiet, das aus übereinandergeschichteten Deckschollen aufgebaut ist. Durch mehrfaches Uebereinanderschichten von Ueber-

schiebungsdecken entsteht ein System von Schichtkomplexen vom allgemeinen Charakter einer einfachen Schichtfolge. An den Verschiedenheiten der Facies in den einzelnen Decken, sowie an den nie fehlenden Verquetschungen, Auswälvungen, Aufpressungen und Verschleppungen wird die zusammengesetzte Natur des Schichtkomplexes und damit der regionale Deckenbau erkannt. Wird nun ein solches System übereinandergestapelter Decken später gefaltet oder von Brüchen betroffen, so wird der regionalen Tektonik eine lokale aufgesetzt, und diese ist es, welche vielfach zunächst in die Augen springt, da sie vor allem in der Orographie zum Ausdruck gelangt. Sie muss daher auch in erster Linie studiert werden. Ergeben sich nun liegende Falten oder Ueberschiebungen, so ist das nächstliegende, diese als Aeusserungen der Lokaltektunik zu betrachten, wie das auch bis in die jüngste Zeit im Alpengebiete allgemein geschehen ist und vielfach noch geschieht. Hiernach sucht man den Ausgang einer Ueberschiebung naturgemäss in der Richtung, nach der die Ueberschiebungsfläche und die Schichten allgemein einfallen, und denkt sich den Schub aus dieser Richtung gekommen. Demgemäss konnte man auch für die oben bezeichnete Strecke *Falknis-Tiefenkastel* nach dem parallel laufenden Wechsel der Fallrichtungen in der Aufbruchszone, im hangenden ostalpinen Gebirge und im überschobenen Schiefervorlande lokale Ueberschiebungen aus OSO, SO, O, NO und N annehmen, und solange für die Westalpen nicht nur S—N, sondern auch N—S gerichtete Schubrichtungen sichergestellt schienen (Glarner Doppelfalte), konnte darin auch keine besondere Abnormität erblickt werden. Ich persönlich habe diese Vorstellung von Ueberschiebungen, deren Richtung mit dem Verlauf der Faciesgrenzen wechselt, und die ein bescheidenes Mass von wenigen Kilometern nicht überschreiten, besser vereinbar gefunden mit einem allgemein einheitlichen Baue des Alpengebirges, als die Annahme tiefer und ausgedehnter Ueberdeckungen aus O, d. h. in der Richtung des Streichens des Gebirges (ROTHPLETZ).

Es ist nun das besondere Verdienst LUGEONS, in Verfolgung der SCHARDTschen Theorie den Unterschied zwischen regionaler und lokaler Tektonik scharf betont und gezeigt zu haben, dass die vorwiegende Auswertung der Lokaltektunik zu schwer verständlichen Annahmen von Faltungen und Ueberschiebungen in verschiedenen Richtungen führt, dass sich dagegen unter gleichzeitiger Verwertung der regionalen Deckentektonik ein einheitliches und relativ ein-

faches Bild sowohl des Baues als auch der Verteilung der Faciesgebiete ergibt. Auf Grund der sorgfältigen Kartenaufnahmen und Profilierungen, die LORENZ vom Falknisgebiete gegeben hat, war es ihm möglich zu zeigen, dass hier eine ähnliche Umdeutung nicht nur möglich, sondern sogar geboten ist, wie er sie für die westlich gelegene, von BURCKHARDT untersuchte Region doppelter Faltung erfolgreich versucht hatte.

Wenn nun aber für die Westalpen eine einheitliche, S—N gerichtete Bewegung aller Falten und daraus sich ableitenden Decken festgestellt ist, wenn weder die „Glarner Doppelfalte“ noch die Chablais-Klippenzone eine andere Bewegung zulässig erscheinen lassen, so ist man vor die Frage gestellt, ob die Ueberschiebungen in Bünden nicht auch durch die Annahme einer einheitlichen S—N Ueberdeckung besser erklärt werden können, als auf Grund lokaler Ueberschiebungen von wechselnder Richtung. Ich muss jetzt diese Frage auf Grund meiner persönlichen Erfahrungen, sowie der in der Literatur niedergelegten Beobachtungen bejahen. Denn wenn es das charakteristische Merkmal einer fruchtbaren Hypothese oder Theorie ist, dass sich aus ihr heraus viele Erscheinungen sofort einwandfrei erklären, die nach den bisherigen Vorstellungen nur schwer und gekünstelt zu deuten waren, so verdient die SCHARDTSCHE Hypothese nicht nur für die Westalpen, sondern auch gerade für Bünden zum mindesten die Bezeichnung einer berechtigten Arbeitshypothese.

Es war mir beispielsweise nie recht verständlich, warum am Nordrande des *Rhätikon* und seiner Fortsetzung in die *Lechtaler Alpen* nur so spärliche und isolierte Fetzen der „Aufbruchzone“ hervortreten. Die Couches rouges bei *Liebenstein* und *Oberstdorf*, die verdrückten Spilitvorkommnisse bei *Hindelang* und *Oberstdorf*, die Aptychenkalke und altkristallinen Gesteine in der Gegend des *Bolgen* erscheinen als gänzlich unzureichende Reste einer Zone, die hier anstehen und aus der Tiefe herausgepresst sein sollte, und zwar um so mehr, als der südliche Aufbruch des *Rhätikon* doch eine kontinuierliche und stellenweise, wie in der Gegend der *Sulzfluh*, auch mächtige Zone gezeitigt hat. Eine mindestens ebenso breite und vollständige Aufbruchzone hätte man am N-Rande erwarten sollen.

Dagegen wird die Zerfetzung leicht begreiflich, wenn man sie auf die Ausdünnung des Stirnrandes der „vindelicischen“ Decke zurückführt, die unter dem *Rhätikon* durchziehend zu denken ist.

Es ist schon von SCHARDT und LUGEON als ein wesentlicher Vorzug der neuen Ueberfaltungstheorie betont worden, dass sie die Annahme einer sehr komplizierten und schwer vorstellbaren Fjordstratigraphie entbehrlich macht. Das gilt i. B. für den Verlauf der Bündner „Aufbruchszone“. Die bisherige Deutung der „Aufbruchszone“ beruhte auf der Vorstellung, dass die ostalpine Meeresregion ursprünglich durch eine gewundene Linie von der Region der Bündner Schiefer getrennt gewesen wäre und dass eine abweichend zusammengesetzte Randfacies die ostalpine Region längs dieser Grenzlinie begleitet hätte, die sog. „vindelicische“ Facies, die durch unvollkommene Entwicklung der Trias, durch die ophiolithischen Eruptiva jüngeren Datums und durch verschiedene Arten von Uebergangsbildungen zwischen ostalpinen und helvetischer Entwicklung von Jura und Kreide ausgezeichnet gewesen wäre. Ein Rücken aus altkristallinen Gesteinen hätte während der mesozoischen Zeit die Grenze zwischen der vindelicischen einerseits und der helvetischen und Bündner Schieferregion andererseits gebildet. Durch die von der ostalpinen Region ausgehende Faltung sei die „vindelicische“ Zone herausgepresst und über die benachbarten, facieell abweichenden Regionen hinübergeschoben worden; und ebenso habe eine allseitige Ueberschiebung der vindelicischen Region durch die Gesteine der ostalpinen stattgefunden. Für die mesozoischen Sedimente erschien eine derartige Verteilung der Faciesgebiete wohl vorstellbar; schwer zu erklären ist aber, dass auch schon die altkristallinen Gesteine, i. B. die granitischen Elemente des, wie der Verrucano zeigt, zur Permzeit eingeebneten altkarbonischen Faltengebirgs eine Verbreitung besessen haben sollen, die genau dem gewundenen Verlaufe dieses Rückens entspricht. Denn der gut gekennzeichnete Juliergranit erscheint in grossen Massiven im Oberengadin, in vereinzelt Schollen in der Aufbruchszone und als Gerölle in den jurassischen Konglomeraten und Breccien derselben Zone bis zum Falknis nach N (ausserdem als Gerölle in der *Ormonds-Breccie* der Freiburger Alpen!). Unter der Annahme einer lokalen Aufpressung der Aufbruchszone würde diese Tatsache eine derart detaillierte Präformation der quer zum Streichen des Gebirges laufenden mesozoischen Faciesgrenzen und tertiären Dislokationen schon zur Karbonzeit voraussetzen, wie sie bisher noch nirgends in ähnlicher Weise festgestellt ist. Nach der Theorie der Ueberfaltungsdecken ist diese Schwierigkeit gehoben: die Fjordstratigraphie der mesozoischen Absätze und die wunderbare Verbreitung der Julier-

granite wird durch sie auf axial verlaufende Zonen im Innern des Gebirges zurückgeführt.

Sind nun schon diese und noch viele andere Erscheinungen in der westlichen Bündner „Aufbruchszone“ geeignet, der Ueberfaltungstheorie einen Vorzug vor den bisherigen Ansichten zu sichern, so trifft das noch in viel höherem Grade für die Verhältnisse im *Unterengadin* zu, besonders wenn man sie mit denen des westlichen Bündens in Einklang zu bringen versucht.

Die früher mehr vermutete stratigraphische Uebereinstimmung der Bündner Schiefer des Unterengadin mit denen des westlichen Bündens ist durch die Untersuchungen PAULCKES schärfer präzisiert worden. Beide müssen als Absätze einer und derselben Meeresregion der mesozoischen und vielleicht auch alttertiären Zeit angesehen werden. Wo hat nun die Verbindung zwischen den beiden jetzt getrennten Gebieten bestanden? Entweder über die „Zentralmassivregion“ des *Fervall*, der *Silvretta*, *Pischa* etc. hinweg oder unter ihr durch, ein drittes gibt es nicht. In dem Masse als nun durch die Arbeiten von LORENZ, ROTHPLETZ, HOEK, v. SEIDLITZ, SCHILLER und PAULCKE die randlichen Teile dieser Zentralmassivregion bekannt geworden sind, hat sich mit bemerkenswerter Uebereinstimmung herausgestellt, dass weder die Bündner Schiefer, noch die Gesteine der Aufbruchszone über die trennenden Zentralmassive hinweg verbreitet gewesen sein können. Dagegen kehrt die vindelicische Aufbruchszone, wie sie im westlichen Bündens angetroffen wird, in der Umrandung der Unterengadiner Schiefer als überschobene Decke wieder, und über sie breitet sich allseitig die ostalpine Decke mit ihrer kristallinen Unterlage aus. Die Verbindung zwischen den Unterengadiner Schiefen und der sie bedeckenden Aufbruchszone mit den facieell gleichen Gebieten Westbündens kann also nur unter den Zentralmassiven hindurch gedacht werden. Nur so begreifen wir, dass im *Inntale* zwischen *Ardez* und *Martinsbruck* wieder Schollen von Juliergranit über dem Schiefer erscheinen, nur so verstehen wir, dass PAULCKE an der schwer begeharen Stammerspitze inmitten der Unterengadin-Schiefer den Schiefersockel von ophiolithischen Eruptiva der Aufbruchszone und von alpiner Trias bedeckt finden konnte. Kein „Kampf um den Platz“ zwischen konzentrisch zusammenschlagenden Ueberschiebungen ist hier, wo er auf keinen Fall fehlen dürfte, beobachtet worden.

So schälen sich gerade aus den Verhältnissen in Bündens, wo

eine Anzahl exakter Arbeiten die genaue Prüfung gestatten, mit die wichtigsten Argumente für die SCHARDTSche Theorie heraus, und es begreift sich leicht, dass LUGEON und TERMIER auf dieses Gebiet mit besonderem Nachdruck abheben. Denn wie wichtig und notwendig auch die Feststellung der Lokaltektomatik ist, — sie bildet die unentbehrliche Grundlage für jede weitere Forschung — so führt sie allein doch eben nur zum Verständnis der sekundären Vorgänge der Gebirgsbildung, nämlich einerseits der Unregelmässigkeiten, die bei der Uebereinanderschichtung der Decken in der ersten Phase der Alpenbildung (zur Oligocänzeit) hervorgetreten sind, anderseits der Längs- und Querwellen, die in dem Systeme übereinandergeschichteter Decken während der zweiten (jungmiocänen) Phase geworfen wurden, schliesslich der noch jüngeren Brüche, deren Bedeutung für den Gesamtbau aber sehr in den Hintergrund tritt. Die Lokaltektomatik allein hat zur Annahme von Aufbruchszonen, konzentrischen Ueberschiebungen, ja sogar zu Deckschollenschüben im Streichen des Gebirgs geführt; eine Erklärung dagegen, die nicht allein den lokalen Lagerungsverhältnissen vollständig gerecht wird, sondern die vor allem auch die Faciesverhältnisse und die Gesamttektomatik befriedigend auflöst, ist nur in der Ueberfaltungstheorie gegeben, wie sie von SCHARDT aufgestellt, von LUGEON, TERMIER, HAUG usw. aufgenommen und weitergebildet ist. Für mich besitzt diese Theorie, soweit Bünden (und damit natürlich auch die Ostalpen überhaupt) in Frage steht, nicht nur den Wert einer Arbeitshypothese, sondern ich erkenne ihr die Eigenschaft zu, dass sie die bis jetzt bekannten Tatsachen am besten und vollständigsten erklärt. Hoffentlich liegt auch der Zeitpunkt nicht allzufern, wo sich die ostalpinen Geologen weniger spröde gegen die neue Auffassung zeigen werden, und wo der Versuch, sie auf die Ostalpen zu übertragen und anzuwenden, wenigstens nicht mehr als unwissenschaftlich hingestellt wird.

Anderseits muss ich mich ausdrücklich dagegen verwahren, als ob ich alle den Folgerungen und Eingliederungen in das Ueberfaltungsschema, wie sie i. B. TERMIER für die Ostalpen versucht hat, zustimmte; im Gegenteil erscheinen mir viele davon zum mindesten verfrüht und unsicher, andere zweifellos unrichtig, wie ich weiter unten darlegen werde. Das wird auch jedem von vornherein verständlich sein, der die Schwierigkeit dieser Aufgabe und den unvollkommenen Stand unserer Kenntnisse richtig einschätzt.

#### 4. Ost- und Westalpen.

Zwischen Ost- und Westalpen existiert keine prinzipielle Grenze — das ist eine der wichtigsten Folgerungen aus der SCHARDT'schen Theorie. Orographisch bezeichnet zwar das Rheintal von Ilanz bis zum Bodensee einen deutlichen Schnitt, dessen geologische Bedeutung ich weiter unten versuchen werde klarzustellen. Wie gestalten sich nun die geologischen Zusammenhänge zwischen West- und Ostalpen? Die Chablaisdecken setzen nach SCHARDT und LUGEON in den *nordschweizer Klippen* und diese im *Falknis* und *Rhätikon* fort, und es fragt sich nun, ob ein solcher Zusammenhang auch im einzelnen wirklich nachweisbar ist.

Nach diesen Autoren finden sich in der Chablaiszone übereinander drei unabhängige Decken, die von unten nach oben aufeinander folgen:

1. Die **Freiburger Decke**<sup>1</sup> (Zone externe und Zone des cols — SCHARDT; Zone bordière und Zone interne — LUGEON);
2. die **Klippendecke** (Préalpes médianes = Chaînes calcaires — SCHARDT).

Sie gliedert sich in

- a) eine nördliche Zone mit *Zoophycus dogger* und Neokom,
  - b) eine südliche Zone mit *Mytilus dogger* und ohne Neokom.
3. Die **Brecciendecke** (Brèche du Chablais, Hornfluh-Breccie).

TOBLER hat nun versucht, diese Zonen in den nordschweizer Klippen zu verfolgen und hat nachgewiesen, dass hier die Freiburger Decke — wie er meint infolge von Erosion — fehlt, dass die Klippendecke fast ausschliesslich vertreten ist, und zwar in beiden Unterabteilungen, der nördlichen und der südlichen, und dass auch noch Spuren der Brecciendecke wenigstens in einzelnen Blöcken vorliegen. Nach SCHARDT und LUGEON würde nun die Klippendecke im *Falknis*, d. h. in der „vindelicischen“ oder „Aufbruchzone“, die Brecciendecke im *Rhätikon* fortsetzen. Ersteres kann man in dieser allgemeinen Fassung gelten lassen, letzteres aber auf keinen Fall, wie sich ohne weiteres aus folgender Zusammenstellung der wichtigsten mesozoischen Horizonte aus den beiden Faciesgebieten ergibt:

<sup>1</sup> Es erweist sich als notwendig, die einzelnen Decken mit kurzen Namen zu bezeichnen. Ich wähle solche Namen, die an bekannte Gegenden und gebräuchliche Bezeichnungen möglichst enge anknüpfen.

	Brecciendecke	Rhätikon
Kreide	Couches rouges <sup>1</sup>	Unbekannt
Jura	Obere Breccie (blaugraue Kalke mit feinen Breccien) Dachschiefer (schwarze, rote und grüne Schiefer)	Radiolarit
	Untere Breccie (grobe Kalkbreccien und <i>Crinoiden</i> -Kalke, nebst unteren Schiefeln und Kalken. <i>Pentacrinus tuberculatus</i> , <i>Belemniten</i> )	Algäuschiefer Rote Cephalopodenkalke
Trias	Rhätische Kalke und Schiefer mit <i>Avic. contorta</i> usw. Graue und blaue dolomitische Kalke (fossilleer) Rauchwacke (Gips) Quarzit	Oberer Dachsteinkalk Rhätische Schichten mit reicher Fauna Hauptdolomit Raibler Schichten Arlbergschichten Partnachsichten Muschelkalk mit reicher Fauna Buntsandstein
Perm	Verrucano	Verrucano

Wie man sieht, steht der ganz unvollständigen und, mit Ausnahme des Rhät, fossilleren Trias in der Brecciendecke die vollständige und fossilführende ostalpine im *Rhätikon* gegenüber und der Jura des *Rhätikon* mit seinen roten Cephalopodenkalken und dem typischen Tiefseeabsatz des oberjurassischen Radiolarits zeigt nicht die geringste Ähnlichkeit mit den konglomeratischen Flachseebildungen der Brecciendecke. Der Nachweis, dass die westalpine Brecciendecke im ostalpinen *Rhätikon* fortsetzt, muss demnach als durchaus misslungen bezeichnet werden. Entspricht denn nun die Klippendecke der Falkniszone? Auch diese Gleich-

<sup>1</sup> Dass die Couches rouges zur normalen Serie der Brecciendecke in den Freiburger Alpen gehören, hat KEIDEL nachgewiesen (vgl. S. 48).

stellung bietet auf den ersten Blick grosse Schwierigkeiten. Lias und Dogger sind im Falknisgebiete bisher noch nicht nachgewiesen, und der Malm ist in der eigenartigen Facies der Falknisbreccie entwickelt. Diese hat mit der Chablaisbreccie nichts weiter gemein, als dass auch sie eine Jurabreccie ist. Schon allein das massenhafte Auftreten von Geröllen kristalliner Gesteine, i. B. des „Juliergranits“, scheidet sie ebenso streng davon, wie die koralligene Tithonfauna, die LORENZ darin nachweisen konnte. Wohl aber bestehen Beziehungen zu gewissen Vorkommnissen der Klippen, wie LORENZ nachgewiesen hat. Denn die Klippe des *Berglittensteins* bei *Buchs* besteht zum Teil auch aus „Châtelkalk“ mit Einschlüssen kristalliner Gesteine<sup>1</sup>, und dieser sowie der dort auftretende oolithische Jurakalk führen dieselbe Protozoe, *Calpionella alpina*, die in den Kalken der Falknisbreccie verbreitet ist. So darf man denn die Falknisbreccie als ein lokal modifiziertes Aequivalent des Malm der Klippendecke betrachten, dessen brecciöse Ausbildung nicht auf Bündlen allein beschränkt ist, sondern auch auf den östlichen Teil der nordschweizer Klippen übergreift. Der „Flysch“ der Unterkreide (Tristelschiefer und -breccie) mit *Algen*, *Orbitulinen* und *Diploporen*, der die Falknisbreccie überlagert, ist aus der Klippendecke in dieser Form nicht bekannt geworden, weder in den nordschweizer Klippen selbst, noch in der Chablaisregion. Aber da er sich, wie die mächtigen grauen Mergelkalke der Unterkreide in der nördlichen Zone der Klippendecke (*Freiburger Alpen*), zwischen Tithon und Couches rouges einschiebt, so tritt doch hierin eine bemerkenswerte Aehnlichkeit mit der Nordzone der Klippendecke hervor, und die Unterschiede beschränken sich auf eine mehr litorale Entwicklung der Sedimente der Unterkreide (wie des Tithons) im O des Rheins.

Verfolgen wir nun die „Falkniszone“ weiter gegen O, so treten uns im Zuge der *Kirchlispitzen—Drusenfluh—Sulzfluh* die Gesteine der südlichen Zone der Klippendecke entgegen: tithonischer Korallenkalk mit der Fauna von *Wimmis* und darauf klebend meist ohne Zwischenschaltung von Unterkreide die Couches rouges, genau wie an der *Grossen Mythe*, die TOBLER ebenfalls der südlichen (inneren) Zone zurechnet und wie bei *Wimmis* in der südlichen Zone der Préalpes médianes. Mit Unterbrechungen lassen sich beide Zonen, die nördliche in der Form der Falknis-

<sup>1</sup> Auch im Geschwendtobel bei Iberg habe ich solche Gesteine gesammelt.

breccie, die südliche als koralligener Pretschkalk (HOEK) in das *Plessurgebirge* hinein verfolgen. In den *Schamser Bergen* ist die erstere in der Form der Taspinitbreccien HEIMS, die letztere wahrscheinlich in der Form der reinen Kalke und Marmore noch vertreten.

Wieviel nun auch an Einzelheiten in diesem ungemein schwierigen Gebiete noch zu ergründen ist<sup>1</sup>, das eine lässt sich schon jetzt mit Sicherheit feststellen: an der Basis der „Aufbruchszone“ kann man im westlichen Bünden die Aequivalente der Klippendecke verfolgen, und zwar treten die älteren Glieder (Trias, Lias, Dogger) hier im O allgemein zurück gegen die jüngeren (Malm und Kreide). Zugleich ist die Bündner Ausbildung der nördlichen Zone durch konglomeratische und sandige Facies (Falknisbreccie, Taspinitkonglomerat, Tristelbreccie) gekennzeichnet. Unter ihren Komponenten heben sich die „Juliergranite“ besonders hervor. Es wäre weiterhin darauf zu achten und festzustellen, ob wirklich, wie ich nach eigenen Beobachtungen und nach den Angaben von LORENZ und HOEK glaube annehmen zu dürfen, überall, wo die beiden Zonen der Klippendecke zusammen vorkommen, die nördliche (äussere) unter der südlichen (inneren) liegt.

Nach der Ueberfaltungstheorie von SCHARDT und LUGEON dürfte man vermuten, dass die Klippendecke im „Fenster“ des *Unterengadins* wieder erscheint. SCHILLER und PAULCKE haben festgestellt, dass das nicht der Fall ist, und letzterer hat aus dem Fehlen aller Gesteine, die für die Klippendecke als bezeichnend gelten können, i. B. des tithonischen Sulzfluhkalkes und der Falknisbreccie mit Recht geschlossen, dass der *Rhätikon* nicht als eine vom *Antirhätikon* ausgegangene Schubmasse aufgefasst werden kann, wie es ROTHPLETZ sich gedacht hat. Wir müssen daher wohl annehmen, dass die Klippendecke unter den kristallinen „Massiven“ der *Silvretta* und *Pischa* nach S zurückweicht, bis etwa neue Beobachtungen uns eines andern belehren.

Die Brecciendecke findet, wie wir gesehen haben, im *Rhätikon* ihre Vertretung nicht. Dennoch lässt sie sich auch in Bünden verfolgen. An verschiedenen Stellen der Aufbruchszone treten Breccien auf, die nur aus sedimentären Komponenten bestehen (Trias und Lias), und die auch in ihrer sonstigen Beschaffenheit der

<sup>1</sup> Die Herren LORENZ, HOEK und v. SEIDLITZ sind mit der genauen Kartierung der Strecke *Falknis—Tiefenkaasel* beschäftigt.

Chablaisbreccie durchaus gleichen, wie ich mich durch erneute Begehung der Chablaisregion überzeugt habe. Sie sind bisher teils als Liasbreccie bezeichnet, teils von der Falknis- oder Tristelbreccie nicht getrennt worden. Wenn sie auch nur sporadisch auftreten, so ist doch ihr Vorkommen als solches schon von Bedeutung, noch mehr aber ihre Stellung innerhalb der „Aufbruchzone“. Wo ich sie gesehen habe, wie am *Grubenpass* und am *Aroser Weisshorn*, lagen sie stets auf dem Triasdolomit oder auf dem Tithonkalk der Klippendecke und stets unter den Gesteinen der gleich zu besprechenden Serpentin-Radiolaritdecke, die, wie wir sehen werden, auch in den Westalpen gleich darüber folgt<sup>1</sup>. Auch HOEKS Beobachtungen im Plessurgebiete bestätigen dies Lagerungsverhältnis. Es erscheint demnach die Brecciendecke noch spurenweise in den nordschweizer Klippen sowie im südlichen *Rhätikon* und im *Plessurgebirge*. Im *Untere Engadin* ist sie bisher ebensowenig gefunden wie die Klippendecke, weshalb anzunehmen ist, dass beide unter den vorerwähnten kristallinen „Massiven“ nach S zurückweichen. Beide scheinen demnach wesentlich gleiche Erstreckung nach O zu besitzen. Gegen SW zu lassen sich beide bis zum *Arvetal*, die Klippendecke aber noch darüber hinaus bis zum *Isèretal* (Klippen von *Les Annes* und *Sulens*) verfolgen. Als

4. **Rhätische Decke** bezeichne ich die nächsthöhere Ueber-schiebungsdecke, die als solche im *Chablais* und in den *nordschweizer Klippen* noch nicht erkannt und ausgeschieden ist. Ueber ihr Auftreten in der Chablaiszone ist zu vergleichen, was im Anhang (S. 47) darüber gesagt wird. In der nordschweizer *Klippenregion* scheint sie infolge von Erosion zu fehlen mit Ausnahme der östlichsten Klippen von Iberg—Mythen. Dort treten die bezeichnenden Gesteine dieser Faciesregion lokal reichlich auf. Es sind einerseits Serpentin, Ophicalcit, Spilit, Diabasporyphrit, Variolit und Gabbro, die sich ausschliesslich zwischen dem Roggenstock und den Schynen im Bereiche von *Lauchern—Mördergrube* vorfinden, andererseits die mit ihnen eng verknüpften und ebenfalls sonst nirgends

---

<sup>1</sup> Nachdem ich Herrn Dr. LORENZ von dem wesentlichen Inhalte dieser Zeilen Kenntnis gegeben und ihm die Gesteine der Chablaisbreccie gezeigt hatte, konnte er mir eine wertvolle Bestätigung der Reihenfolge der Decken im *Falknisgebiete* mitteilen. Hiernach finden sich zwischen der *Grossen* und *Kleinen Furka* im NO des *Tschingels* unter der ostalpinen Decke Spilit und Radiolarit, sodann Chablaisbreccie und unter dieser erst die Schichtfolge der eigentlichen Falknisdecke, d. h. die Gesteine der Klippendecke.

wiederkehrenden Radiolarite und rotbraunen Tiefseetone<sup>1</sup>. Was sonst noch dieser Zone zugehört, lässt sich bei dem fragmentären Zustande dieser Decke in den Westalpen nicht gut, wohl aber in Bünden feststellen. Im südlichen *Rhätikon*, östlich vom Falknis, besonders aber im *Plessurgebirge* erscheint diese Zone stets über der Klippenzone, doch oft noch durch die Breccienzone davon getrennt. Hier zeigen sich folgende Gesteinsarten assoziiert: die ophiolithischen Eruptiva, Altkristallin, Casannaschiefer, (?) Verrucano, Buntsandstein, Dolomit (Hauptdolomit?), Rhät, Liasschiefer<sup>2</sup>, Radiolarit des Malm, Cenomanbreccie. Wir verfolgen die rhätische Decke bis tief ins *Oberhalbstein*, stets in der normalen Lage zu den andern, tieferen Decken, d. h. über ihnen, und stets unter der nächsthöheren, der ostalpinen. Doch scheinen gegen S die jüngeren Glieder der Decke mehr zurückzutreten, die älteren, unter diesen der Casannaschiefer nebst den Ophiolithen, mehr zu dominieren. Im *Unterengadin* erscheinen, wie SCHILLER und PAULCKE kürzlich gezeigt haben, die Gesteine dieser Decke in der Form der Ophiolithe, als fossilführende Triasgesteine, als glaukonitische Krinoidenkalke unbestimmten Alters, ferner damit verknüpft die Granite vom Juliertypus, alle stets über den „Engadinschiefern“, welche den Bündner Schiefern des westlichen Bündens gleichwertig sind, und unter der Decke typisch ostalpiner Sedimente oder ihrer kristallinen Basis. Wie im westlichen Bünden durchbrechen die Ophiolithe weder die Schieferunterlage, noch greifen sie in die ostalpine Decke hinauf, sondern sie sind an die meist nur wenig mächtige, vielfach stark verdrückte rhätische Decke zwischen beiden gebannt.

Die rhätische Decke lässt sich vom *Unterengadin* bis hart an den Nordrand der Alpen heran verfolgen. Die Spilitvorkommnisse der Gegend von *Oberstdorf* liegen sämtlich unmittelbar unter der ostalpinen Decke, aber noch tiefer als sie treten vereinzelt Gesteine der Klippendecke auf, wie die bekannten Couches rouges von *Liebenstein* bei *Hindelang* und von den Trettachanlagen bei *Oberstdorf*. Eine genaue Untersuchung der Flyschgrenze gegen das ostalpine Gebiet auf der Strecke *Oberstdorf*—

<sup>1</sup> Wahrscheinlich gehören hierzu in den *Iberger Klippen* noch Triasdolomit und als Aequivalent des Radiolarits gewisse Vorkommnisse von Aptychenkalk.

<sup>2</sup> Welchen Horizonten die sog. „Liasschiefer“ der Aufbruchzone etwa sonst noch angehören, bleibt aufzuklären.

*Vaduz* dürfte wohl noch mehr solcher verdrückter und zerrissener frontaler Lappen dieser beiden Decken zu Tage fördern.

Die rhätische Decke verdient ihren Namen deshalb mit Recht, weil ihre Hauptentwicklung in *Bünden* liegt. Sie hat nach SW zu zum mindesten bis zum *Arvetal* gereicht, wie die Vorkommnisse bei *Morzine* und *Taninges* zeigen, aber einigermassen typisch beginnt sie erst in den *Iberger Klippen*. Ueber ganz Bünden hat sie sich ausgedehnt, aber östlich vom *Unterengadin* verschwindet sie unter der ostalpinen Decke. Sie erweist sich als die wichtige Leitzone durch die Beteiligung der ophiolithischen Eruptiva, da diese leichter und schärfer als die Sedimente es ermöglichen, die Zone zu bestimmen, in der diese Decke wurzelt. Es verdient von diesem Gesichtspunkte aus noch einmal ausdrücklich betont zu werden, dass diese Eruptiva überall in den nördlichen Alpenketten streng an die eine rhätische Decke geknüpft erscheinen, dass sie zweifellos jünger als Malm und dass sie nirgends an Ort und Stelle hervorgebrochen, sondern überall nur mit den sie begleitenden Sedimenten dieser Decke verschleppt sind. Die

5. **Ostalpine Decke**<sup>1</sup> ist die oberste; überall in Bünden verschwinden unter ihr die Bündner Decke und die tieferen. Vollständige Entwicklung der Trias, grosse Mannigfaltigkeit der triadischen und jurassischen, namentlich der liasischen Sedimente, verbunden mit reichlicher Fossilführung, zeichnen sie aus. Die ophiolithischen Eruptiva jüngeren Datums, welche die rhätische Decke so scharf charakterisieren, scheinen ihr ganz oder doch fast ganz<sup>2</sup> zu fehlen. Dagegen teilt sie ein wichtiges Merkmal mit der rhätischen Decke: die ausgesprochenen Tiefseeabsätze der jüngsten Jurazeit in der Form von Radiolarit und Aptychenkalk. In allen tieferen Decken tritt der Malm in der Form normaler, vielfach koralligener, zum Teil sogar brecciöser Kalke auf, die in geringen und mittleren Meerestiefen zum Absatz gelangt sind; in der rhätischen und ostalpinen Decke fehlen solche Sedimente ganz, Tiefseeabsätze treten an ihre Stelle.

Die jetzige Ausdehnung der ostalpinen Decke umfasst

<sup>1</sup> Ich behandle sie hier als einheitliche Decke; welche Komplikationen sie enthält, können wir heute noch nicht übersehen.

<sup>2</sup> Es wäre wichtig festzustellen, ob die vereinzelt Vorkommnisse dieser Eruptiva in den nördlichen Kalkketten der Ostalpen wirklich mit Gesteinsarten der ostalpinen Decke verknüpft sind, oder ob die rhätische Decke an diesen Stellen etwa in der Form von Fenstern sichtbar wird.

die ganzen nördlichen Kalkalpen westlich bis zum Rheintal; aber es erscheint mir keineswegs ausgeschlossen, vielmehr wahrscheinlich, dass sie auch auf die Westalpen übergreifen hat. Zwei Gründe lassen sich dafür anführen, ein stratigraphischer und ein tektonischer. QUEREAU fand auf der *Zweckenalp* zwischen Iberg und Mythen fossilreiche Gesteine des unteren Muschelkalkes mit der *Brachiopodenfauna* des Muschelkalkes im *Rhätikon*, ferner *Diploporella* führenden Wettersteinkalk. Die gleichen Gesteine sind von HUGI an den *Giswyler Stöcken* beobachtet. An beiden Orten liegen nur isolierte Gesteinsblöcke umher, so dass nicht zu ermitteln ist, ob sie der inneren Zone der Klippendecke oder etwa einer gesonderten Decke angehören. Nun sind aber Muschelkalkfossilien meines Wissens nie in der Klippendecke der Chablaisregion beobachtet worden und die bei *St. Triphon* und *Muraz* im unteren Rhonetal von LUGEON gefundenen „*Gyroporellen*“kalken werden von diesem dem Hauptdolomit gleichgestellt (?), und ebenso figurieren bei SCHARDT die schwarzen *Gyroporellen*kalken über dem Hauptdolomit (!). Es ist zwar keineswegs ausgeschlossen, dass Muschelkalk und Wettersteinkalk in der Chablaisregion fossilfrei, in den nordschweizer Klippen dagegen fossilreich entwickelt wären, aber mit mindestens dem gleichen Rechte lassen sich die älteren fossilführenden Horizonte der Klippentrias als Reste der ostalpinen Decke deuten.

Die rhätische Decke ist im W des Rheins, wie wir gesehen haben, nur in der Form einzelner Blöcke und verdrückter, lappenartiger Fetzen vorhanden, wonach angenommen werden muss, dass sie ursprünglich noch von einem „*traineau éraseur*“ bedeckt war. Als solcher kann natürlich nur die ostalpine Decke in Frage kommen. Auch ist es wohl berechtigt, die Frage aufzuwerfen, was hat früher über den nordschweizer Klippen und über der Chablaiszone an den Stellen, wo jetzt die Klippendecke oder die Bündner Decke die Oberfläche bildet, noch gelegen? Müssen nicht auch hier, wie überall in den nördlichen Kalkketten im W des Rheins, sehr beträchtliche Abtragungen stattgefunden haben, bis der heutige Zustand hergestellt war? Was sich aber darüber befunden hat und jetzt entfernt worden ist, kann doch zunächst nur der ostalpinen Decke angehört haben. Für eine ursprünglich weitere Ausdehnung dieser Decke gegen W spricht auch der Umstand, dass im Lichtensteinschen, wo sie jetzt endet, keine Spuren seitlicher Ausdünnung beobachtet werden, wie man wohl erwarten dürfte, wenn sie hier ihr natürliches Ende gefunden hätte.

Somit erscheint es keineswegs ausgeschlossen, ebensowenig freilich ganz sichergestellt, dass die ostalpine Decke sich gegen SW bis zum *Arvetal* und vielleicht noch darüber hinaus erstreckt hat. Sie besitzt wohl die grösste Längs- und Querausdehnung (Tiefe) von allen Decken; nächst ihr kommt die rhätische, die vom *Unteringadın* bis zum *Arvetal* verfolgt ist. Die Breccien- und die Klippendecke stehen dagegen, soweit wir jetzt wissen, an Ausdehnung zurück. An Stelle der zwei von LUGEON angenommenen Decken mit innerer Wurzel habe ich jetzt deren vier aufgedeckt; drei davon lassen sich vom *Arvetal* bis nach *Bünden* hinein verfolgen, die vierte ist zweifellos nur für die Ostalpen erwiesen, fehlte aber wahrscheinlich auch in den Westalpen nicht. Diese vier Decken mit innerer Wurzel gesellen sich paarweise in zwei Gruppen, eine tiefere (nördliche) und eine höhere (südliche).

Die **tiefere Gruppe**, welche die Klippendecke und die Brecciendecke umfasst, besteht nur aus Sedimenten und kleinen, mitgeschleppten Blöcken des kristallinen Grundgebirges; die geringe Grösse der Blöcke gestattet nicht einmal von Schollen zu sprechen. Dagegen erreichen schon die Granitmassen von *Les Gets* bei *Taninges*, die zusammen mit Porphyritbreccien von ophitischer Struktur in dem Flysch über der Brecciendecke erscheinen und der rhätischen Decke angehören, nach LUGEON eine Ausdehnung von ca. 1 km. Noch beträchtlicher werden manche Schollen altkristallinen Gesteins in der von Serpentin durchsetzten Zone des *Aroser Weissorns* und die an Serpentin geknüpften Vorkommnisse von Juliergranit des *Unteringadins*. An der Basis der ostalpinen Decke erscheinen aber grössere Schollen, förmliche Gebirgskörper, wie der Gneisskeil der *Gaisspitze* im südlichen *Rhätikon*, und diese leiten hinüber zu den mächtigen „Zentralmassiven“ der *Silvretta*, *Pischa* usw., die auf der rhätischen Decke schwimmen.

Man kann daher die **höhere Gruppe**, welche die rhätische und die ostalpine Decke enthält, durch die umfassendere Beteiligung der altkristallinen Unterlage gegenüber der verschwindenden Beteiligung dieser Unterlage an den Decken der tieferen Gruppe definieren. Aber nur in der obersten Decke, der ostalpinen, sind so erhebliche Massen des kristallinen Grundgebirges mitgeschleppt worden, dass es zur Bildung wurzelloser „Zentralmassive“ kommen konnte.

Auf Grund dieser Erscheinungen können wir nun auch die Bedeutung der Rheinlinie als einer Grenze zwischen West- und

Ostalpen erst richtig würdigen. Diese Linie ist vor allem bedingt durch das Untertauchen der autochthonen Zentralmassive und der Decken mit äusserer Wurzel, i. B. der Glarner Decken gegen O, zugleich durch den oft betonten Facieswechsel, den die mesozoischen Sedimente dieser Decke an der Rheinlinie erfahren (Bündner Schieferfacies). Im W dieser Linie liegt die maximale Entwicklung der beiden unteren Decken mit innerer Wurzel, der Klippen- und Brecciendecke, an deren Zusammensetzung die kristalline Unterlage in kaum nennenswertem Masse beteiligt ist. Oestlich von dieser Linie fällt die Hauptentwicklung der beiden oberen Decken mit innerer Wurzel, von denen die rhätische durch massenhafte Einschaltungen jüngerer ophiolithischer Eruptiva und kleinerer Schollen der altkristallinen Unterlage, die ostalpine durch das Fehlen(?) der Ophiolithe, dagegen durch die erhebliche Beteiligung der altkristallinen Unterlage bis zur Ausgestaltung mächtiger „Zentralmassive“ ausgezeichnet ist. Die Lücke, welche zwischen den untertauchenden autochthonen „Zentralmassiven“ des Westens und den sich gegen O einstellenden allochthonen Massiven entsteht, und die zugleich durch die hier gegen O untertauchende Glarner Decke von vorwiegend schiefriger Beschaffenheit ausgefüllt ist, hat dem grossen Quertale des Rheins den Weg vorgezeichnet. Es existiert in der äusseren Kalkzone zwar keine grundsätzliche, aber doch eine tatsächliche Grenze zwischen Ost- und Westalpen, und sie führt auf Unterschiede zurück, die im regionalen Deckenbaue des Gebirges, im Facieswechsel, sowie in dem Auftreten einer jüngeren Querflexur in der Richtung des Rheintales begründet liegen.

---

Ich habe den Versuch gemacht, die SCHARDTsche Theorie der Alpenüberfaltung an den Ostalpen zu prüfen, i. B. in demjenigen Gebiete, das sich dazu am besten eignet, Bünden. Denn hier sind die einzelnen Decken durch die Zuflüsse des Rheins bis in das Herz des Gebirges quer angeschnitten, was sich an keinem zweiten Punkte der Alpen in ähnlicher Weise wiederholt. Ich glaube gezeigt zu haben, dass zwar die von SCHARDT und LUGEON versuchte Gleichstellung der Decken zwischen W und O nicht zutrifft, dass aber nichtsdestoweniger die in den Westalpen bisher unterschiedenen Decken nach Bünden hinein mit nur untergeordneten Abänderungen und in gleichbleibender gegenseitiger Stellung verfolgt werden können. Weiterhin war es möglich, die beiden höheren Decken, die rhätische

und die ostalpine, nicht nur als gesonderte stratigraphische und tektonische Einheiten der Ostalpen auszuscheiden, sondern auch nachzuweisen, dass sie, wie die rhätische, jetzt noch bis zum *Arvetal* verfolgt werden können oder doch, wie die ostalpine, sich früher wahrscheinlich weit nach W hin erstreckt haben. Eigene Erfahrungen, i. B. aber die sorgfältigen Spezialuntersuchungen, welche von mehreren jüngeren Kräften auf meine Anregung ausgeführt worden sind und die von ihnen und andern noch fortgesetzt werden, haben dabei als Grundlage gedient. Allen diesen Arbeiten hat aber nicht die Vorstellung von einem regionalen Deckenbau zu Grunde gelegen, sondern sie haben der Erforschung der Stratigraphie und der Lokaltektonek gegolten. Dass sich die Ergebnisse verschiedener unabhängig arbeitenden Alpengeologen nicht nur ohne Schwierigkeit der Theorie einfügen lassen, die aus der Erforschung der Westalpen entsprungen ist, sondern dass nun sogar andererseits von den Erfahrungen in Bünden aus wiederum manche bisher unvollständig erkannten und nicht erklärten Verhältnisse in den Westalpen haben aufgehellet werden können, ist gewiss ein Beweis für die — vorsichtig gesagt — Brauchbarkeit, — enthusiastisch gesprochen — Richtigkeit der Theorie. Sie ändert und erweitert unsere Auffassungen, zugleich beginnt aber der wirkliche Aufbau des Gebirges sich zu klären. Die Methode der weiteren Forschung wird aber dadurch nicht wesentlich geändert, die Parole lautet nach wie vor: exakte Untersuchung und Kartierung auf hinreichender topographischer Unterlage, denn nur mit Hilfe der Spezialkarte ist eine wirkliche Kontrolle der Beobachtungen möglich.

Wenn ein gemeinsamer Bauplan die West- und Ostalpen miteinander verknüpft, so muss er am klarsten in der nördlichen Kalkzone zwischen *Arvetal* und *Inntal* zu Tage treten, da hier Schicht- wie Massengesteine zumeist nur eine mechanische, aber nicht zugleich eine tiefgreifende chemisch-mineralogische Umwandlung erfahren haben, wie in den südlichen Ketten. Um mit gleicher Sicherheit den Zusammenhang in den inneren, mehr oder minder metamorphosierten Zonen der Alpen aufzudecken, muss erst noch das Unterscheidungsvermögen für die Faciesverschiedenheiten in den umgewandelten Sedimenten und Massengesteinen geschärft werden. Einen Zusammenhang, wie ihn SCHARDT geahnt und prophezeit, LUGEON ihn auszuführen versucht hat, habe ich, wesentlich gestützt auf dankenswerte Spezialarbeiten über Bünden, im einzelnen klarlegen können. Wer die Ueberfaltungstheorie für

die Ostalpen verwirft, dem fällt zunächst die Aufgabe zu, nachzuweisen, dass entweder die Beziehungen zwischen den verschiedenen „Zonen“ (Faciesgebieten oder Decken) des Ostens und Westens nicht in der Weise existieren, wie ich sie dargelegt habe, oder dass sich diese Beziehungen ebensogut oder noch besser in einen andern Bauplan einfügen lassen. Bis dies geschehen ist, darf die Ueberfaltungstheorie den Anspruch erheben, dass sie die verwickelten Verhältnisse des Alpenbaues am besten (ja allein) erklärt, und dass sie den zahllosen faciellen und tektonischen „Wunderlichkeiten“ am vollständigsten gerecht wird.

### 5. Die geologische Bedeutung der Tiefseebildungen und der ophiolithischen Eruptiva.

Ich habe schon früher dargelegt, und spätere Untersuchungen in Bünden haben es bestätigt, dass die ophiolithischen Eruptiva der Aufbruchszone angehören und für diese leitend sind. Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass wir jetzt mit grösserer Präzision sagen können, diese Gesteine gehören einem bestimmten Faciesgebiete und tektonisch gesprochen einer bestimmten Decke, der rhätischen, an, nicht nur in *Bünden*, sondern auch in den *nord-schweizer Klippen*, in den *Freiburger Alpen* und im *Chablais*. Ueberall wo die Ophiolithe in der rhätischen Decke erscheinen, erweisen sie sich als jünger als Jura, vielleicht jünger gar als manche Kreideschichten, aber sie sind entschieden älter als der Oligocänflysch<sup>1</sup>; zusammen mit den übrigen Gesteinen der rhätischen Decke sind sie aufs intensivste disloziert und verquetscht. Ebenso habe ich früher dargetan, dass die „Grünschiefer“, denen wir in den südlichen Teilen Bündens begegnen, nur ein dynamometamorphes Aequivalent der wenig veränderten ophiolithischen Massengesteine der äusseren Zonen darstellen<sup>2</sup>. Seither habe ich dem geologischen Auftreten dieser eigenartigen Gesteinsgruppe andauernd meine Aufmerksamkeit zugewendet, nicht nur in den Alpen, sondern auch in andern Gebirgen, und jetzt, wo wir wenigstens für die Alpen ihre

<sup>1</sup> Was schon hinreichend durch die Existenz des Taveyanaz-Sandsteins des Flyschs festgestellt ist.

<sup>2</sup> Allen diesen Feststellungen hat ROTHPLETZ (Geol. Alpenforschungen I 1900, S. 56 ff.) widersprechen zu müssen geglaubt. Eine weitere Diskussion darüber ist so lange gänzlich unfruchtbar, bis ROTHPLETZ seine Kartenaufnahmen publiziert hat, auf die er sich beruft. Die seither erschienenen Spezialarbeiten über Bünden (LORENZ, HOEK, SCHILLER) haben meine Auffassungen lediglich bestätigt.

geologische Bedeutung einigermaßen übersehen können, glaube ich auch gewisse Gesetzmässigkeiten andeuten zu können, die ihre eigenartige Verbreitung in den jüngeren Faltengebirgen, sowie die Art ihres geologischen Auftretens betreffen. In dieser Richtung hat sich auch vor einiger Zeit E. SUESS geäußert, wenn auch nur in der Form einer aphoristischen Mitteilung. Wenn ich diese kurzen Ausführungen richtig verstehe, will SUESS betont wissen, dass die Ophiolithe in ihrem Auftreten keineswegs an die sog. kristallinen Axen der jungen Faltengebirge geknüpft sind, sondern dass sie sich vielmehr häufig in den aus Ueberschiebungsdecken aufgebauten Aussenzonen (aber auch in inneren, durch Ueberfaltung gekennzeichneten Teilen) vorfinden, und dass wohl ein genetischer Zusammenhang zwischen den grossen Ueberschiebungen oder Ueberfaltungen und dem Hervorbrechen jener Eruptiva besteht. Aber wie ist ein solcher Zusammenhang vorzustellen? Und was lehren uns die neuesten Fortschritte der Alpengeologie, auf die SUESS ebenfalls hindeutet?

Allgemein existiert keine Beziehung zwischen dem Auftreten der Ophiolithe und den grossen Ueberfaltungsdecken. Die jungen Massengesteine sind den westalpinen Ueberfaltungsdecken mit äusserer Wurzel bis hinauf in die Glarner und Freiburger Decke ebenso fremd, wie den Decken der *Basse Provence*. Auch die Klippendecke führt solche Gesteine nicht; wenn sie in der ostalpinen wirklich auftreten, so sind sie doch jedenfalls ungemein spärlich und unbedeutend. Einzig in der rhätischen Decke gewinnen sie eine erhebliche Bedeutung und zwar in ihrer ganzen jetzt bekannten Breite vom *Arvetal* bis zum *Untere Engadin*. Wir werden nun vor die Frage gestellt: gehören die Massengesteine dieser Decke nur als passive Elemente an oder stehen sie in genetischer Verknüpfung mit dem Ueberschiebungsvorgange selbst, derart, dass sie erst während oder unmittelbar nach der Dislokation der Sedimente und der altkristallinen Unterlage dieser Decke heraufgedrungen sind? Ich kenne so ziemlich alle wichtigeren Vorkommnisse ophiolithischer Gesteine zwischen dem *Arvetal* und dem *Engadin* und habe überall besonders darauf geachtet, in welchem geologischen Verbands sie erscheinen. Ich habe aber auf dieser ganzen Strecke nicht eine einzige Stelle gefunden, die ein ophiolithisches Massengestein ausserhalb des Verbandes mit der rhätischen Decke zeigte, an der es Gesteine, sei es der liegenden, sei es der hangenden Decke durchsetzte. Das müsste doch bei den zahlreichen und vielfach aus-

gezeichneten Aufschlüssen irgendwo sichtbar sein, wenn das Hervorbrechen nach oder während der Dislokation und an den Punkten selbst stattgefunden hätte, an denen es jetzt ansteht. Vielmehr konnte ich stets nur feststellen, dass die Massengesteine in dem gleichen Masse von der Dislokation betroffen und beeinflusst sind wie die Sedimente der rhätischen Decke, mit denen sie sich unwandelbar im (zuweilen deutlich primären Kontakt-) Verbands befinden. Wie ganz anders gestaltet sich dagegen die Erscheinungsweise wirklich junger Massengesteine, die nach der Alpenfaltung emporgedrungen sind. Mauerartig durchziehen die Ortlerite und Suldenite des *Ortlergebietes* die altkristallinen Gesteine, die gefalteten Kalkphyllite und Marmore, sowie den Triasdolomit. Sie lassen keine Beziehung zur Faltung erkennen und schon der Vergleich eines Handstücks dieser unveränderten tonalitischen Ganggesteine mit dem eines Spilits oder Variolits aus Bünden führt uns den gleichen Gegensatz in der Erhaltung beider vor Augen, wie er zwischen dem Tonalit des *Adamello* und einem beliebigen alpinen Serpentin oder Gabbro besteht. Bedürfte es ausser dem geologischen Nachweise SALOMONS, der eine umgewandelte Sedimentmulde in die Masse des *Adamello* eintreten sah, noch eines weiteren Beweises für das jungtertiäre Alter der periadriatischen Eruptiva (die aus den „Dinariden“ in das Alpengebiet übergreifen), so würden die Erscheinungsweise und der Erhaltungszustand der Ganggesteine des Ortlergebietes wohl jedermann überzeugen, wenn er sie mit den vor der letzten Alpenfaltung entstandenen Ophiolithen vergleicht.

Ich komme also zu dem Schlusse, die Gesteine der Gabbro-Peridotitreihe innerhalb der rhätischen Decke sind passiv mitgeführte Glieder derselben, allochthone Massen und nicht autochthone Aufbrüche, wie die tonalitischen Gesteine der jüngeren Tertiärzeit. Ihr Ursprungsort gehört einer inneren Zone des Alpengebietes an, und als solche kann wohl nur die Amphibolitzone von Ivrea in Frage kommen; sie sind vor der Alpenfaltung hervorgebrochen, also auch älter als die Ausbreitung der Decken. Mit der Ueberfaltung haben sie direkt nichts zu tun. Warum finden wir sie aber ausnahmslos nur der einen Decke eingeschaltet? Ist das ein Zufall oder liegt hier eine Gesetzmässigkeit zu Grunde? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir alpine und ausseralpine Verhältnisse zu Rate ziehen.

Schon bei meinen ersten Untersuchungen der *Iberger Klippen* im Jahre 1889 fiel mir die Tatsache auf, dass dort zwei sonst aus

der Nordschweiz gänzlich unbekannte Gesteinsarten streng lokalisiert und gesetzmässig miteinander verknüpft auftreten: die ophiolithischen Eruptiva einerseits, die Radiolarien-Hornsteine oder Radiolarite, sowie braunrote Tiefseetone anderseits. QUEREAU hat durch eingehende Untersuchungen diese Verknüpfung in jenem Klippengebiete allgemein bestätigt gefunden. Als ich bald darauf das berühmte Vorkommen des Serpentin von *Prato* bei Florenz besuchte, war ich überrascht, den braunroten Radiolarit, sowie kompakte Tiefseekalke des Malm in engster Verknüpfung damit anzutreffen, und die innige Vergesellschaftung der beiden Gesteinsgruppen habe ich an verschiedenen Punkten des ligurischen Apennins (so bei *Sestri Levante*, *Lévanto*, bei *Gabbro* in den Bergen *O. Livorno* usw.) wiederkehrend gefunden. Uebrigens wurde diese Erscheinung ja durch zahlreiche italienische Forscher als allgemein bestehend schon lange ermittelt, nur blieben die wahren Beziehungen so lange verborgen, als man den Radiolarit nicht für ein Sediment von besonderer Entstehung und von bestimmtem Alter, sondern für ein Kontaktprodukt der Massengesteine ansah. Auch die in der Küstenkordillere *Californiens* in Gesellschaft ophiolithischer Eruptiva weit verbreiteten „Phthanite“ waren von BECKER für Umwandlungsprodukte erklärt, ebenso wie die Ophiolithe selbst. Als ich im Jahre 1891 nach dem Kongress in *Washington* teils allein, teils unter Führung des Herrn LAWSON einige Exkursionen in der Umgebung von *San Francisco* machte, fiel es mir nicht schwer, die Radiolaritnatur der „Phthanite“ und ihre gesetzmässige Verknüpfung mit den Ophiolithen zu erkennen. Die späteren Untersuchungen von LAWSON, PALACHE, FAIRBANKS, RANSOME und HINDE haben beides vollauf bestätigt. In der Bündner Aufbruchzone begegnete ich der gleichen Erscheinung; besonders deutlich liegen die Beziehungen im *Plessurgebirge* zu Tage, wo sie HOEK genau verfolgt hat, aber auch im *südlichen Rhätikon* kehrt die Erscheinung wieder (LORENZ), ebenso in den Freiburger Alpen. Zieht man nun die Literatur über andere Gegenden zu Rate, wo Serpentin, Gabbro und die sie gangartig begleitenden Diabase, Spilite, Variolite usw. in jüngeren Faltegebirgen erscheinen, so findet man trotz der i. A. dürftigen Angaben vielfache Bestätigungen der Gesetzmässigkeit, die in den genauer untersuchten äusseren Ketten des alpinen Gebietes klar aufgedeckt liegt. Ich erinnere nur daran, dass im Bereiche der dinarischen Ketten von *Bosnien* bis nach *Kleinasien* die Vergesellschaftung der Serpentine usw. mit Radiolarit durch ältere und

neuere Beobachter festgestellt ist. Der „ältere Flysch“ umschliesst beide Gesteinsarten in ermüdender Wiederholung, ganz wie es im *Apennin* die „argille scagliose“ tun. PHILIPPSON sagt von den Serpentin der Schieferformation von *Lygorio*: „Sie sind meist innig verbunden mit den roten massigen Hornsteinen dieser Schichten“, und ebenso stimmen verschiedene Beobachter darin überein, dass Jaspis und Serpentin (oder Gabbro und Diabas) in *Griechenland* und *Bosnien* engste miteinander verknüpft auftreten. Was aber in jenen Gegenden als Jaspis und Hornstein (als Gesteinsart) bezeichnet wird, gehört, wie mich die Untersuchungen zahlreicher Proben gelehrt haben<sup>1</sup>, fast ausnahmslos dem Radiolarit an. Das symbiotische Auftreten der beiden Gesteinsgruppen lässt sich bis nach *Kleinasien* hin verfolgen. Ueberall aber gelten die Eruptiva für jünger als die mesozoischen, speziell die jurassischen Sedimente, denen der Radiolarit hier wahrscheinlich ebenso wie in den Alpen angehört.

Im Bereiche der *Sundainseln* sind ophiolithische Eruptiva einerseits, Radiolarite andererseits weit verbreitet. Schon SUSS hat die einschlägigen Beobachtungen zusammengestellt. Viele Aufsammlungen von G. BOEHM und VERBEEK konnte ich selbst untersuchen. Wenn nun auch, wie VERBEEK mir mitteilt und andere Beobachter bestätigen, ein Teil der Serpentine und Grünschiefer dieses Gebietes zweifellos vormesozoischen Alters ist und zunächst für unsere Betrachtung fortfällt, so bekräftigen doch die Untersuchungen MOLENGRAAFFS über die „Danauformation“ Zentral-Borneos die in Europa angetroffene Gesetzmässigkeit. Hier sind mit typischen, bis 100 m mächtigen Radiolariten von vorcenomanem Alter Gabbro, Peridotit, Serpentin und Diabasporphyrit in durchgreifender Lagerung assoziiert.

Im *Antillenbogen* hat GABB schon vor langer Zeit auf *Santo Domingo* das Zusammenkommen von Serpentin mit bunten „Jaspissen“ und ihre gesetzmässige Verknüpfung innerhalb der „Sierra-Group“ registriert. Wenn auch keine mikroskopische Untersuchung der Hornsteine vorliegt, so ist es doch wichtig, dass GABB die gefundenen Gesteine und Assoziationen mit den ihm bekannten Verhältnissen am *Monte Diablo* in *Californien* vergleicht. Ebenso hat MARTIN auf *Curaçao* und *Bonaire* Kieselschiefer von bunten Farben,

<sup>1</sup> Dank dem Zuvorkommen des Herrn KATZER in Serajewo konnte ich zahlreiche Proben bosnischer Hornsteine untersuchen. Mit ganz wenigen Ausnahmen waren es typische Radiolarite vom gleichen Gesteinscharakter und mit der gleichen Fauna, wie die alpinen und ligurischen.

die nach KLOOS Radiolarien enthalten, als älteste fossilführende Sedimente aufgefunden und in Verbindung mit ihnen Diabase und Variolite, welche ihre Unterlage bilden, was aber mit einem jüngeren Alter der Eruption keineswegs unvereinbar ist.

Ich glaube, diese Hinweise genügen, um zu zeigen, dass an zahlreichen Stellen jüngerer Faltengebirge von alpinem Charakter auch ausserhalb Europas eine offenbar gesetzmässige Verknüpfung von Gesteinen der Gabbro-Peridotitreihe mit Radiolarit beobachtet wird; dieses Gesetz dürfte aber noch viel deutlicher hervortreten, sobald wir genauere geologische Untersuchungen über jene Gebirge besitzen. Denn offenbar wird der Radiolarit als eigenartiges und wichtiges Sediment fast ebenso häufig verkannt, wie die augenfälligen Serpentine usw. richtig erkannt werden. Wir müssen auch bedenken, dass der Natur der Sache nach diese gesetzmässige Verknüpfung in vielen Fällen nicht mehr direkt sichtbar sein kann. Denn wenn auch in höheren Niveaus eines Faltengebirges die Vergesellschaftung erkennbar bleibt, so verschwindet sie doch in den tieferen Niveaus, wo die Massengesteine mit älteren Gesteinen, vielleicht gar mit solchen des altkristallinen Untergrundes in Verband getreten sind. Wo die jüngeren Glieder eines solchen Gebirges durch Erosion entfernt oder durch Bildung von Schubmassen fortgeschoben worden sind, wird man die Ophiolithe zumeist mit andern Gesteinen vergesellschaftet finden und nur ausnahmsweise noch das wichtige Tiefseegestein in ihrer Begleitung antreffen. Das gilt wahrscheinlich schon für die südlichen, dem Ursprungsorte naheliegenden Teile der rhätischen Decke selbst, jedenfalls aber für die inneren Zonen, aus denen diese Decke stammt. Denn die schmalen, zwischen altkristallinen Backen eingeklemmten Sedimentzonen der Alpen enthalten naturgemäss nur die älteren Glieder der Sedimentdecke. Das zeigt uns das klassische und gut studierte Beispiel des *Mont Joly*, das sehen wir auch in den zentralmassivisch verquetschten Sedimentmulden des *Aarmassivs* und des *Tessins*. Es ist daher unbillig, zu verlangen, wie ich das selbst früher unter Ablehnung der SCHARDTSchen Theorie getan habe, dass man erst die bezeichnenden, besonders die jüngeren Sedimente der Ueberfaltungsdecken in den Ursprungszonen nachgewiesen haben müsse, bevor man ernstlich einen solchen Zusammenhang erörtern dürfe.

Sodann ist in Betracht zu ziehen, dass es ausser dem Radiolarit noch andere, weniger gut charakterisierte Gesteinsarten gibt, denen wesentlich die gleiche geologische Bedeutung zukommt, und die ich bis jetzt unter der Bezeichnung Radiolarit mit einbegriffen

habe. Es sind das tonige Tiefseeabsätze, die oft mit ihm vergesellschaftet auftreten. Da von mancher Seite bestritten wird, dass innerhalb der jetzigen Festländer echte Tiefseeabsätze aus früherer Zeit in grösserer Ausdehnung enthalten sind, so muss ich diese Frage hier erörtern.

Im Gegensatz zu MURRAY, ~~Freikie~~ HAUG u. a. habe ich mit HINDE, PHILIPPI u. a. stets die Ansicht vertreten, dass die reinen, kalkfreien Radiolariengesteine, wie sie uns in der Form gleichartiger Massen von mehr oder minder erheblicher Mächtigkeit aus mesozoischen und paläozoischen Formationen bekannt sind, echte Tiefseeabsätze darstellen, denen die gleiche geologische Bedeutung zuzuerkennen ist wie dem Radiolarienschlamm der heutigen Tiefsee. Um Missverständnissen vorzubeugen, will ich genauer darlegen, welche Gesteine ich als Tiefseeabsätze auffasse.

1. **Radiolarit.** Hierunter verstehe ich die praktisch ton- und karbonatfreien Anhäufungen von Radiolarienschalen, die zumeist von Kieselsäure ganz durchdrungen und daher kompakt und scheinbar homogen sind; sie treten als geschichtete Kieselgesteine von roter, brauner, grüner, grauer oder schwarzer Farbe auf und laufen als Jaspis, Hornstein, Kieselschiefer, Phthanit usw. in der Literatur. Wo diese Gesteine in irgendwie erheblicher Mächtigkeit (ich kenne sie von 1 bis ca. 100 m) rein auftreten, hat man in ihnen meiner Ansicht nach die Aequivalente des Radiolariensandes der grössten heutigen Meerestiefen zu erblicken. Ich wüsste wirklich nicht, welcher Einwurf berechtigterweise gegen diese Deutung erhoben werden könnte, solange nicht nachgewiesen ist, dass sich derartige karbonatfreie Absätze auch in geringer Meerestiefe bilden können. Dabei berücksichtige ich wohl, dass radiolarienreiche Kalkabsätze sich zweifellos auch in geringerer Tiefe bilden und nachweislich gebildet haben. Die Schichtung des Radiolarits wird zumeist dadurch hervorgerufen, dass sich zwischen den finger- bis handdicken Lagen reinen Radiolarits sehr dünne Lagen von Ton einschalten, der gewöhnlich die gleiche Farbe besitzt wie der Radiolarit selbst.

Die tonigen Zwischenlagen sind ebenfalls in der Regel karbonatfrei, nur selten enthalten sie Spuren von kohlensaurem Kalk, von Fossilien bemerkenswerterweise fast nur *Aptychen*, seltener *Belemniten*. Tritt der Radiolarit gegenüber dem Ton zurück, so entsteht als Uebergangsgestein ein toniger Radiolarit und schliesslich der reine

2. **Tiefseeton.** Diese Bezeichnung sollte man nur auf solche Tongesteine anwenden, die sich durch einen hohen Grad von Feinheit und Homogenität, sowie durch das Fehlen von makroskopisch erkennbaren klastischen Beimischungen und von irgendwie reichlichem Karbonat auszeichnen und die sich zudem in Gebieten finden, wo Tiefseesedimente anderer Art vorkommen und sie vertreten. Solche Tiefseetone besitzen gewöhnlich eine rötliche bis bräunliche, auch wohl gelbgraue, zuweilen grünliche oder schwärzliche Farbe. Wechsellagerungen mit gröberen klastischen Sedimenten sind ihnen fremd. Fossilien fehlen gewöhnlich gänzlich, doch habe ich gelegentlich Radiolarien beobachtet. Wenn sie mit Kalksteinen in Verbindung treten und wechsellagern, bleiben sie selbst doch meist kalkfrei oder -arm. Derartige Kalksteine sind dann aber entweder durch „Knollenstruktur“ und durch die angefressene Beschaffenheit der Schichtflächen (Aetzsuren) u. dgl. als Absätze aus sehr tiefem Wasser kenntlich oder es sind Aptychenkalke. Wenn anderseits der Radiolarit reichlich Karbonat aufnimmt, so entsteht ein Gestein, das man zweckmässig als

3. **Radiolaritkalk** bezeichnet. Wir sehen dann gewöhnlich die Lagen reinen Radiolarits dünner werden auf Kosten eines homogenen, kieselsäurereichen und meist von Radiolarien ganz durchspickten Kalksteins, der sich zwischen sie einschleibt. Weisse, graue oder rötliche Farben zeichnen den Kalkstein aus. Auch macht sich wohl ein schwacher Karbonatgehalt in den Lagen und Knauern von Radiolarit selbst bemerkbar (kalkiger Radiolarit). Ausser Radiolarien und vereinzelt andern Mikroorganismen erscheinen meist nur selten *Aptychen* oder *Belemniten*. Hieran schliessen sich dann ohne scharfe Grenze echte Aptychenkalke oder aptychenreiche Knollenkalke und weiterhin cephalopodenschalenführende Knollen- und Suturkalke, schliesslich wohl dichte massige Kalke, in denen nur wenig Radiolarien oder pelagische Foraminiferen, daneben zuweilen *Aptychen* erscheinen, wobei aber die welligen Suturflächen nicht fehlen. Radiolarienreiche Kieselknauer treten nicht selten darin noch auf.

• Bezeichnend für alle diese Gesteinsarten ist die teilweise oder vollständige Ausmerzung des Karbonats. In den Knollenkalken sind die *Ammoniten* und der Kalkstein, in dem sie eingebettet liegen, von oben her periodisch fortgeätzt, unter Bildung von Suturschichtflächen. In den Aptychenkalken fehlen die Ammonitenschalen, die man erwarten müsste. In den Radiolarien-

kalken fehlt das Karbonat teilweise, in dem eigentlichen Radiolarit und im Tiefseeton vollständig. Diese Gesteine vertreten sich in gewissen geologischen Horizonten, z. B. im Malm und im Neocom der ostalpinen Decke in mannigfacher Weise. Aptychen- und Knollenkalke werden ohne weiteres als solche erkannt, ein geübtes Auge erkennt aber auch den Radiolarit mit Sicherheit schon bei Betrachtung mit der Lupe; aber die tonigen Tiefseeabsätze, die man als Aequivalente des roten und grauen Tiefseetons der heutigen Meere betrachten muss, werden nur schwer als solche diagnostiziert. Erst mikroskopische Untersuchung in Verbindung mit chemischer Prüfung bringt ihren besonderen Charakter zu Tage. Wenn sie in der Literatur kaum je als solche erwähnt worden sind, so beweist das nur, dass man sie nicht erkannt hat. Meist hat man sie wohl einfach als Schiefer unbekanntes Alters, als FLYSCH oder, wenn sie bunt gefärbt sind, als „SERNIT“ angeführt.

Nach dieser Abschweifung wollen wir die nächstliegende Frage erörtern: In welchem Altersverhältnis stehen die Massengesteine zu den Tiefseeabsätzen, mit denen sie verknüpft sind? Wenn auch die Angaben über das geologische Alter der Ophiolithe für die bezeichneten Gebiete innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwanken (Trias-Oligocän), so weisen doch die wenigen gut beglaubigten Feststellungen durchgängig auf ein relativ junges Alter, zumeist auf mittlere oder obere Kreide hin, so dass wohl allgemein der Satz aufgestellt werden darf: sie sind durchgängig jünger als die Tiefseeabsätze. Diesen kann man aber wohl mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit allgemein ein oberjurassisches bis untercretacisches Alter zuweisen. Es hat zwar nicht an Versuchen gefehlt, die Radiolarite der Alpen und des Apennin als jünger oder als älter hinzustellen, aber das ist stets nur in solchen Gegenden geschehen, wo sie mit ophiolithischen Eruptiven verknüpft und in auffallend unklaren und verwirrten Verbandsverhältnissen auftreten, wie in der rhätischen Decke Bündens, in der Zone der Grünschiefer des Monte Genève und der Seealpen, in den argille scagliose des Apennin. So wurden sie von PARONA, JENNINGS und ROTHPLETZ wegen ihrer Farbenähnlichkeit mit dem Verrucano für permisch erklärt, aber PARONA kennt in seinem neuesten Lehrbuche der Geologie keine permischen Radiolarite mehr, sondern nur oberjurassische (fraglich auch tertiäre). Ebenso wird von verschiedenen italienischen Forschern nicht mehr ein tertiäres, sondern ein mittel- oder oberjurassisches Alter angenommen und SACCO hat sich schon

vor längerer Zeit, wie mir scheint mit vollem Recht, dahin ausgesprochen, dass die argille scagliose mit ihren heterogenen Einschaltungen in der Tertiärserie keinen Platz finden können, und er hat die von PANTANELLI für eocän erklärten Radiolarite der älteren Kreide zugewiesen. Wo die ophiolithischen Massengesteine fehlen und wo die Lagerungsverhältnisse weniger kompliziert sind als in der ostalpinen Decke, da lässt sich das Alter des Radiolarits und der ihnen nahestehenden Tiefseeabsätze leichter bestimmen. Hier kann kein Zweifel darüber aufkommen, dass sie jünger als Lias sind und höchstens in die älteste Kreide hineinreichen. Wenn ich sie der Kürze halber als oberjurassisch bezeichne, so geschieht das mit bewusster Vernachlässigung der Tatsache, dass manche Aptychenkalke neokomes Alter besitzen, und mit Betonung der andern Tatsache, dass in den Radiolariten der Alpen und des Apennins bisher nur oberjurassische Makrofossilien gefunden sind (*Aptychen*, *Belemniten*). Die Annahme, dass die Hornsteinfacies auch den Dogger vertrete, ist ja mehrfach gemacht, ein paläontologischer Beweis ist dafür aber meines Wissens nie erbracht worden.

In den bis jetzt genauer untersuchten Triasgebieten scheinen echte Tiefseeabsätze zu fehlen. Kieselknollenkalke des Muschelkalks oder der ladinischen Stufe enthalten zuweilen Anhäufungen von Radiolarien, aber Radiolarit als triadischen Gesteinshorizont gibt es in den Alpen nicht, ebensowenig in andern Teilen Europas, wenn auch in ungenügend untersuchten Gebieten jurassische Radiolarite gelegentlich der Trias zugewiesen sind. Im *Sundagebiete* dagegen treten, wie es scheint in weiter Verbreitung, radiolarienführende, zuweilen kieselige Kalksteine auf, die zwar Absätze aus ziemlich tiefem Meere, aber wohl nicht aus der eigentlichen Tiefsee sind. Sie führen nämlich konstant reichlich *Daonellen* und entbehren somit des wichtigen Merkmals, das ich für Tiefseeabsätze angegeben habe, der wenigstens teilweisen Auflösung des Karbonats. Denn die dünnen *Daonellaschalen* hätten wohl in erster Linie davon betroffen werden müssen<sup>1</sup>.

So glaube ich mich nach allem, was an gut beglaubigten Daten über das Alter der mesozoischen Tiefseeabsätze in Europa vorliegt, zu der Annahme berechtigt, dass sie im wesentlichen der jüngsten Jurazeit angehören und dass sie auch noch in die älteste Phase der

<sup>1</sup> Ich konnte eine Reihe von derartigen Gesteinen untersuchen, die mir teils durch meinen Kollegen G. BOEHM, teils durch Dr. VERBEEK zugänglich gemacht wurden.

Kreidezeit (etwa bis zur Barrême- oder Aptstufe), aber nur in der Form von Radiolarit- oder Aptychenkalk oder Schiefer hinaufreichen. Für viele Gegenden ausserhalb Europas lässt sich dasselbe, wenn auch nicht mit gleicher Sicherheit, behaupten. Im Sundagebiete, speziell auf *Borneo*, sind die Radiolarite nachweislich älter als mittlere Kreide mit *Orbitulinen* und HINDE erklärt sie auf Grund der faunistischen Uebereinstimmung mit den Jaspissen *Liguriens* und *Toscanas* für jurassisch oder untercretacisch. Die radiolaritreiche Kieselkalkformation von *Seran* hält MARTIN für ein Aequivalent der Danaufornation von *Borneo* und in dem ähnlich entwickelten Burukalkstein fand derselbe Forscher *Aptychen*. Mir liegt ein von Professor BOEHM auf *Buru* gesammelter schwach kalkhaltiger Hornstein mit Radiolarien und Spongiennadeln vor, in dem zwei *Belemniten* mit Bauchfurchen stecken, wie man sie aus dem Sundagebiete in weiter Verbreitung als Bestandteil der oberjurassischen bis höchstens neokomen Ammonitenfauna kennt. FAIRBANKS erklärt die Radiolarite der Küstenkordillere für Jura; sie sind älter als die *Aucellen*-führenden Kreidesedimente, und MARTIN fand die Radiolarite der holländischen Antillen als Gerölle in sicheren Kreidekalken.

Ehe ich nun weitere Folgerungen aus diesen Tatsachen ziehe, will ich noch eine andere wichtige Erscheinung registrieren. So ziemlich aus allen Gebieten, in denen die oberjurassischen Tiefseesedimente, sei es ohne ophiolithische Massengesteine, sei es mit solchen zusammen auftreten, kennen wir mittel- oder obercretacische Sedimente grobklastischer Natur, die zumeist das Hangende der Radiolarite usw. bilden. In den bayrischen Alpen sind cenomane Hornsteinbreccien weit verbreitet; sie kehren auch bei *Arosa* wieder. An die Konglomerate und Flachseeabsätze der Gosaufornation in den Ostalpen, als fast einzige Vertreter der jüngeren Kreide, brauche ich nur zu erinnern. Dagegen fehlen diesen Gebieten die *Foraminiferen*-reichen Absätze der Oberkreide aus tieferem Meere, wie wir sie als Seewenschichten, *Scaglia* und *Couches rouges* sowohl in der helvetischen und Klippen-Region als auch in den Südalpen kennen, soweit wir wissen, ganz. Umgekehrt treten in diesen Gebieten die oberjurassischen Tiefseeabsätze fast vollständig zurück. Für dieses Verhältnis ist wichtig zu bemerken, dass im östlichen Teile der südlichen Kalkzone, wo der obere Jura kalkig ausgebildet ist, die typische *Scaglia*-Entwicklung vorherrscht, die den *Couches rouges* ganz gleich steht, dass dagegen

im W des *Gardasees*, wo sich die Radiolaritfacies des Malm (und mit ihr auch Aptychenkalk) einstellt, die sich gegen den Langensee zu immer mehr akzentuiert, die Scaglia zugleich sandig und konglomeratisch wird, bei *Sirone* sogar durch mächtige *Hippuritenkonglomerate* vertreten ist. Diese Vorkommnisse liegen eben auch der Ausgangszone der rhätischen und ostalpinen Decke viel näher, als die Kalkzonen im O des Gardasees.

Flachseebildungen der jüngeren Kreide treten aber auch innerhalb des *Apennins* und der *dinarisch-taurischen Gebirge* in weiter Verbreitung gerade dort auf, wo die Radiolarite den oberen Jura kennzeichnen. Ebenso liegen die Verhältnisse auf *Borneo*, wo *Orbitulina* führende Sandsteine über den Tiefseeabsätzen folgen. In *Californien* sind es ebenfalls zum Teil grobklastische Gesteine mit *Aucellen* oder *Rudisten*, die als Hangendes der Radiolarite erscheinen; auch ist hier eine Diskordanz zwischen unterer und oberer Kreide wie in den Alpen vorhanden. Auf den *Antillen* wird der Radiolarit von Sandsteinen und Rudistenkalken überlagert, die den Radiolarit als Gerölle enthalten.

So tritt uns denn in weit voneinander abliegenden Gebieten mit auffallender Regelmässigkeit die Erscheinung entgegen, dass diejenigen Zonen der jungen Faltengebirge, die am Ende der Jurazeit in abyssische Tiefen versenkt waren, zur Kreidezeit verhältnismässig rasch in den Bereich des Flachwassers gehoben worden sind, so dass sich auf die ausgesprochenen Tiefseesedimente grobklastische ziemlich unvermittelt auflagern. Mögen wir für die Radiolarite die gleiche Absatztiefe annehmen, wie für den heutigen Radiolariensand der Tiefsee, oder mögen wir, um kritischen Gemütern voll gerecht zu werden, einige 1000 m davon absetzen, das tut nichts zur Sache: um eine Vertikalerhebung der oberjurassischen Tiefsee während der Zeit der Mittelkreide um einen Minimalbetrag von 5 km kommen wir nicht herum. Dieser Vorgang beschränkt sich, soweit wir das heute übersehen können, auf diejenigen Teile der grossen Geosynklinalen, welche am Ende der Jurazeit in abyssischer Tiefe lagen, also in den Alpen auf die Ursprungsgebiete der rhätischen und ostalpinen Decke, während die nördlich und südlich davon gelegenen Teile der alpinen Geosynklinale nicht davon betroffen wurden. In diesen dauerte vielmehr entweder der allmähliche Senkungsvorgang an, welcher ein konkordantes Uebereinanderschichten aller Kreideglieder gestattete, wie im Bereiche der helvetisch-jurassischen Region, oder es erfolgte nur ein

geringes Schwanken, verbunden mit vorübergehender Trockenlegung, so dass sich die Couches rouges als pelagischer Absatz mittlerer Meerestiefen auf Neokom oder Tithon ablagern konnte, wie im Bereiche der Klippendecke.

Der Gegensatz zwischen „Ost-“ und „Westalpen“ besteht bekanntlich nicht allein in der verschiedenen Entwicklung der mesozoischen Sedimente, sondern auch in dem verschiedenen tektonischen Verhalten dieser beiden Gebiete zur Kreidezeit. In den helvetischen Ketten liegen alle Glieder der Kreide vollständig und konkordant übereinander, in den Ostalpen stehen Trias—Unterkreide in normalem Verbands, die Oberkreide dagegen liegt diskordant zu der älteren Serie und ihre Konglomerate enthalten die Brocken der älteren Gesteine bis zur Trias hinab. Ein solch gegensätzliches Verhalten ist schwer zu verstehen, wenn man sich beide in dem einen zusammenhängenden Bogen entstanden denkt, den sie jetzt bilden. Nach der Ueberfaltungstheorie setzte sich die alpine Geosynklinale in der Richtung von N nach S aus der westalpinen helvetischen Facies, aus der Klippenfacies, aus der Breccienfacies, aus der rhätischen und ostalpinen zusammen, und das heutige Lagenverhältnis dieser Faciesgebiete ist nur sekundär. Hiernach hätten sich die inneren Zonen der Geosynklinale, die in abyssischer Tiefe lagen, anders verhalten als die äusseren; sie wären aufgestiegen, während die äusseren sich langsam weiter senkten oder stabil blieben. Dass ein solcher Prozess leichter zu begreifen ist als das gegensätzliche Verhalten zweier nebeneinander liegender und in einer zusammenhängenden Zone vereinigter Regionen, bedarf keiner weiteren Begründung. Selbst wenn die Ueberfaltungstheorie nichts weiter als diese eine Erscheinung unserem Verständnis näher rückte, würde sie schon ihre Berechtigung hinreichend dokumentiert haben.

Die von abyssischen Sedimenten des Oberjura erfüllte Mittelzone der alpinen Geosynklinale ist es also, welche eine vorzeitige Erhebung und Auffaltung erkennen lässt. Das Meer der jüngeren Kreidezeit bedeckte die aufgefaltete Region nur intermittierend mit ausgesprochenen Flachseesedimenten der cenomanen und turon-senonen Phasen, während die randlichen Zonen der Geosynklinale von vollständigeren und in tieferem Meere abgelagerten Sedimenten der Oberkreide ausgefüllt wurden. Auch das eocäne *Nummuliten*meer und das oligocäne Flyschmeer scheinen die zentrale Zone nicht mehr überdeckt zu haben, sondern nur noch die nörd-

liche und südliche Teilsynklinale. Doch lassen sich hierüber heute nur erst Vermutungen aufstellen, soweit das oligocäne Flyschmeer in Frage steht, während das Fehlen von *Nummuliten*absätzen mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit angenommen werden darf. Aus der Tiefseezone der alpinen Geosynklinale sind nun aber später die beiden ausgedehntesten und obersten Uberschiebungsdecken, die rhätische und die ostalpine hervorgegangen, von denen die letztere sich wahrscheinlich über den ganzen O—W streichenden Teil des Gebirges, vielleicht gar bis zum *Arvetal* ausgebreitet hat.

Die ophiolithischen Massengesteine sind in ihrem Auftreten an die Tiefseezone gebunden, scheinen aber, wie uns die Zusammensetzung der beiden Decken zeigt, sich nicht gleichmässig darin verbreitet zu haben, vielmehr sind sie auf den nördlichen Teil dieser Zone, der die rhätische Decke geliefert hat, ganz oder fast ganz beschränkt. Wenn sie auch in dem südlichen in erheblicher Menge injiziert worden wären, sollte man erwarten, sie, wenn nicht in den Sedimenten der ostalpinen Decke, so doch in ihrer altkristallinen Unterlage, die uns im *Silvretta-* und *Pischamassiv* usw. vorliegt, anzutreffen. Man hat sie aber bis jetzt nicht aus diesen Gebieten verzeichnet. So lassen sich denn die in den Alpen bis jetzt gewonnenen Erfahrungen zu folgenden Aussagen verdichten.

Die ophiolithischen Massengesteine sind in einer nördlichen Randzone der Tiefseezone der alpinen Geosynklinale eingedrungen, und diese zeichnet sich vor den übrigen Zonen durch ausgedehnte Tiefseeabsätze des mittleren Mesozoikums aus. Der Injektionsvorgang<sup>1</sup> hat Platz gegriffen, während oder nachdem die abysischen Sedimente in verhältnismässig kurzer Zeit um mindestens 5 km emporgehoben und dabei zumeist disloziert wurden. Durch spätere, sehr intensive Faltung zur älteren Tertiärzeit sind aus der lokal injizierten Tiefseezone Ueberfaltungsdecken von ungeheurer Breite (Tiefe) (80 bis 100 km) herausgepresst und dadurch sind auch die Massengesteine weit von ihrem Entstehungsorte entfernt worden. Sie sind mithin nicht bezeichnend für die alpinen Uberschiebungsschollen im allgemeinen, sondern nur für eine bestimmte Decke, die aus der Tiefseezone der alpinen Synklinale stammt.

<sup>1</sup> Ich spreche hier deshalb nur von Injektion, weil mir zweifellos effusive Massen von ophiolithischen Gesteinen bisher in den Alpen nicht aufgestossen sind. Damit möchte ich natürlich nicht behaupten, dass diese vollständig fehlen.

In dem nördlichen Teile dieser rhätischen Decke treffen wir die Massengesteine ungeachtet hochgradiger Verdrückungen und Ausquetschungen in nichtmetamorphosiertem Zustande, erst im S des *Plessurgebirges* gehen sie in Grünschiefer über und zugleich erfahren auch die sie begleitenden Sedimente eine nach S zu immer stärker werdende regionale Metamorphose. Daraus geht hervor, dass die Umwandlung erst nach der Ausgestaltung der Decken erfolgt ist und nicht vorher, wie **TERMIER** annimmt.

Es wäre mehr als gewagt, wollte ich behaupten, dass die ophiolithischen Gesteine in andern jüngeren Faltegebirgen stets unter ganz den gleichen Verhältnissen auftreten, wie wir sie in den Alpen finden. Vielmehr halte ich es von vornherein für wahrscheinlich, dass anderwärts die ophiolithführende Zone der Geosynklinale auch als überschobene und gefaltete, nicht nur wie in den Alpen stets als ausgequetschte Decke wiederkehrt. Es hat den Anschein, als ob in den Alpen die ostalpine Decke, der ich die Wirkung zuschreibe, die **TERMIER** für den (hypothetischen, nirgends sichtbaren) Verdrückungsschlitten (*traineau écraseur*) postuliert, überall die rhätische bedeckt und verdrückt hat. Das braucht aber nicht in andern Gebirgen von alpinem Typus ebenso zu sein; vielmehr glaube ich, dass im *Apennin* und in den *dinarischen Ketten* der Balkanhalbinsel die Ophiolithe stellenweise unter einfacheren, aber immerhin noch recht komplizierten Lagerungsverhältnissen erscheinen. Aber daran ist wohl kaum zu zweifeln nach der Uebersicht, die ich über das Auftreten der Ophiolithe in andern Gegenden gegeben habe, dass allgemein wesentlich die gleichen Beziehungen zu den Tiefseeabsätzen des mittleren Mesozoikums vorliegen<sup>1</sup> und dass auch eine wesentlich ähnliche Hebung der Tiefseezone zur jüngeren Kreidezeit in Verbindung mit der Injektion der Massengesteine stattgefunden hat wie in den Alpen. Dass anderorts auch eine spätere, intensive Faltung (und wahrscheinlich auch die Bildung grosser Ueberschiebungsdecken) eingesetzt hat, ist daraus zu ersehen, dass die Lagerungsverhältnisse überall sehr kompliziert und schwer erkennbar sind, wo die jungen Ophiolithe erscheinen. Ueber keines der andern Gebirge besitzen wir zwar zurzeit so eingehende Untersuchungen, dass sich erkennen liesse, ob die Tiefseezonen auch die gleiche Rolle im Gebirgsbau

---

<sup>1</sup> Was natürlich nicht ausschliesst, dass die Massengesteine auch über die Grenzen der eigentlichen Tiefseezone der Geosynklinale etwas hinausgreifen.

spielen wie in den Alpen, ob sie i. B. das Ausgangsgebiet für die ausgedehntesten und höchsten Ueberschiebungsdecken abgegeben haben. Ich kann nur meine persönliche Ueberzeugung, die auf einigen Beobachtungen im *Apennin* und gewissen Andeutungen in der Literatur basiert, dahin äussern, dass ich das für wahrscheinlich halte.

Es ist hinreichend bekannt, dass die unter der Bezeichnung Ophiolithe zusammengefassten Gesteine durch ihre Armut an Alkalien und das Ueberwiegen der Kalk-, Eisen- und Magnesia-silikate eine ungewöhnlich gut umgrenzte Reihe verschiedener Gesteinstypen darstellen, zumal wenn noch solche Gesteine ausgeschaltet werden, die nur extreme Glieder der Granit-Dioritreihe sind. In ermüdender Einförmigkeit kehren Serpentin<sup>1</sup> (und Peridotit) und Gabbro meist in stockartigen Massen, Spilit, Variolit, gewisse Diabase und Diabasporphyrite als gangförmige Gesteinskörper in bestimmten Zonen der jüngeren Faltengebirge wieder, während eine typisch effusive Facies kaum sicher bekannt ist. Es ist noch durch eingehende Forschung zu ermitteln, ob mit dem Hervorbrechen der Ophiolithe überhaupt eine echt vulkanische Tätigkeit verknüpft gewesen ist, ob durch die submarine Effusion eigenartige Erscheinungen wie die Kissenstruktur und peripherisch-blasige Beschaffenheit der Kissen hervorgebracht, oder ob und inwieweit die Gebirgsbildung ursprünglich effusive Merkmale verschleiert hat.

Durch den Nachweis, dass diese Gesteinsreihe unter besonderen Umständen emporgedrungen ist, die wesentlich verschieden sind von den Vorgängen, die bei der Injektion der granit-dioritischen Tiefen- und Ganggesteine mitgespielt haben, gewinnen wir ein gewisses Verständnis für ihre Eigenart. Wir können uns wohl vorstellen, dass unter den grossen Meerestiefen sich magmatische Massen von extremer Basizität ansammeln und dass bei der Auffaltung der abyssischen Regionen diese Massen mit aufsteigen und zur Injektion gelangen, während in den Festlandssockeln und unter flachen Meeresregionen sauerere Magmen emporsteigen. Das stimmt durchaus mit den Vorstellungen überein, die wir über die Verteilung der Magmen in verschiedener Tiefe des Erdkörpers von ganz andern, allgemeinen Gesichtspunkten aus gewonnen haben. Vielleicht lässt sich auch einmal der rätselhafte Serpentinisierungs-

---

<sup>1</sup> Serpentin pflegt an Masse alle übrigen Gesteine bedeutend zu übertreffen; Gabbro erscheint meist in der Form eines jüngeren Nachschubes.

vorgang als eine Folge der raschen Abkühlung des extrem peridotitischen Magmas in dem stark abgekühlten Untergrunde des Meeres unter gleichzeitigem Eindringen des unter starkem Druck befindlichen Meerwassers erklären.

Die chemische, lithologische und geologische Selbstständigkeit der „Ophiolithformation“ tritt innerhalb der jüngeren Faltengebirge von alpinem Charakter überall deutlich hervor, nicht minder ihre Verknüpfung mit Tiefseezonen der früheren Geosynklinalen, aus denen diese Gebirge emporgestiegen sind. Es lässt sich zurzeit nur ungenügend übersehen, ob diese Gesetzmässigkeiten auch schon in älterer, besonders paläozoischer Zeit vorhanden waren. Denn sobald wir versuchen, in älteren, eingeebneten Faltengebirgen derartige Beziehungen aufzusuchen, stossen wir noch auf viel grössere Schwierigkeiten als sie sich uns in den jüngeren Gebirgen entgegenstellen. Denken wir uns einmal das heutige Alpengebirge zu einer Rumpffläche erniedrigt, wird es da überhaupt noch möglich sein, den Deckenbau zu erkennen, den richtigen Zusammenhang der Decken und ihr gegenseitiges Verhältnis zu verfolgen? Würde nun gar der Gebirgsumpf von neuen Sedimenten überdeckt, die ganze Region zerstückelt, so dass nur einzelne Fragmente des Grundgebirges aus der Decke herausgeschält und in wenig tiefen und mangelhaften Aufschlüssen sichtbar wären, schiene es dann nicht ausserhalb des Bereiches aller Möglichkeit zu liegen, die Verwickelungen im Gebirgsbau und die Beziehungen zwischen den einzelnen Zonen der früheren Geosynklinalen und den Massengesteinen auch nur zu ahnen?

Schwerlich, wenn uns nicht die genaue Erforschung noch gut erhaltener jüngerer Faltengebirge von derart verwickeltem Bau zunächst die nötigen Gesichtspunkte geliefert hätte. Von einem wirklichen Verständnisse des Baues unserer vormesozoischen Faltengebirgsreste sind wir augenblicklich vielleicht noch viel weiter entfernt als wir es ahnen, und die Fortschritte der Alpengeologie werden hier noch für längere Zeit vorbildlich sein müssen. Dennoch schimmern schon heute gewisse Beziehungen durch, die mit den oben dargelegten Verhältnissen im Alpengebirge verglichen unsere Aufmerksamkeit verdienen.

RÜST und HINDE, sowie eine Reihe anderer Forscher haben uns mit typischen Radiolaritvorkommnissen, als echten Tiefseeabsätzen der paläozoischen Zeit, aus verschiedenen Gegenden in Europa und ausserhalb Europas bekannt gemacht. Zwei solcher

„Kieselschiefer“, d. h. Radiolarithorizonte, heben sich in Europa deutlich heraus, ein untersilurischer und ein altkarbonischer, ersterer älter als die kaledonische, letzterer älter als die karbonische Faltung. Grobe, terrigene Absätze in der Form der Kulm-grauwacken bedecken vielfach die altkarbonischen Kieselschiefer. Stellt man diese mit den alpinen Radiolariten in Parallele, so wird man jene mit den Konglomeraten der Oberkreide oder mit den flyschartigen Absätzen des Alttertiärs vergleichen dürfen.

Schon NAUMANN hat die Tatsache registriert, dass die Kieselschiefer in den deutschen Mittelgebirgen vielfach in inniger Verknüpfung mit Diabas und Grünschiefer zu finden sind. Mag auch ein kleiner Teil der „Kieselschiefer“ in Wirklichkeit ein Kontaktprodukt der Diabase (Ainolite) sein, an die er geknüpft erscheint, so gilt das sicherlich nicht für die Hauptmasse derselben, die nachweislich unter den Begriff des Radiolarit fällt. Aehnliche Beobachtungen sind von verschiedenen andern Autoren in *Deutschland*, aber auch in *Wales* und *Schottland* gemacht. Auch für den *Ural*, *Tianchan* usw. liegen vereinzelte derartige Angaben vor. Sind sie auch meist noch zu unvollständig, um daran die völlige Analogie zwischen den Verhältnissen zur mesozoisch-tertiären und jungpaläozoischen Zeit im Bereiche der grossen Faltengebirge von alpinem Typus zu erweisen, so verdienen sie doch unsere Aufmerksamkeit in hohem Grade, namentlich wenn wir berücksichtigen, dass sowohl die kaledonische als auch die armorikanisch-variscische Gebirgsbildung von Ueberschiebungs- oder Ueberfaltungsprozessen begleitet gewesen ist, die denen der alpinen Region vielleicht nicht nachgestanden haben.

Ich kann es mir nicht versagen, aus der Fülle zumeist nur unvollkommen studierter Gebiete auf ein Beispiel aus paläozoischer Zeit speziell abzuheben, das eine vollständige und ungewöhnlich klare Analogie zu den geschilderten Gesetzmässigkeiten aus jüngerer Zeit aufweist: die südlichen schottischen Hochlande, über deren geologische Verhältnisse die Monographie von PEACH und HORNE in ausgezeichnete Weise orientiert.

Dort werden die Arenig- und ein Teil der Llandeilstufe des Untersilurs durch Tiefseeabsätze von ungeheurer Ausdehnung gebildet, wesentlich aus buntem Radiolarit und „mudstones“, die nach den übereinstimmenden Deutungen von NICHOLSON und HINDE in Tiefen von über 4000 m abgesetzt worden sind. In innigster Verknüpfung damit finden sich keineswegs überall, aber

doch ebenfalls in weiter Verbreitung Gesteine der ophiolithischen Reihe: Diabase, Diabasporphyrite, Serpentin, Gabbro usw. Teils ruhen sie als (?) Ergussgesteine (Laven, Tuffe, Agglomerate) unter den Tiefseeabsätzen, teils sind sie mit ihnen verquickt und schliessen Brocken des schon verfestigten Radiolarits ein; Serpentin und Gabbro sind aber sicher jüngere Intrusionen und hier wie anderwärts ist der Gabbro das jüngste Glied. Im nordwestlichen Teile, in den die Hauptentwicklung der ophiolitischen Massengesteine fällt, werden diese und die Tiefseebildungen diskordant von groben Konglomeraten überlagert, über diesen folgen fossilreiche, zum Teil korallenführende Flachseebildungen. Im S des Gebiets folgen dagegen die höheren Glieder des Untersilurs konkordant über dem Radiolarit und den Massengesteinen. Eine mächtige Serie vorwiegend detritogener Sedimente wurde darüber bis zum Schluss des Obersilurs noch gebildet. Dann erst setzte die Hauptfaltung ein, die vor dem Absatz des Old red vollendet, alles Aeltere hochgradig disloziert hat: steilgestellte und enggepresste Falten erinnern ganz und gar an die Lagerungsverhältnisse der inneren alpinen Zonen. Nach der Hauptfaltung, aber vor Absatz des jüngeren Old red, erfolgt die Injektion von Graniten und Dioriten in den südlichen Distrikten; der tonalitische Charakter der Quarzdiorite ist hier bemerkenswert. Schon TEALL hat darauf hingewiesen, dass hier die Diabase mit „Kissenstruktur“ in Begleitung derselben Tiefseesedimente, i. B. des Radiolarits, zu finden sind, wie in *Cornwall*, *Sachsen* und *Californien*. Er hätte mit gleicher Berechtigung die übereinstimmenden Verhältnisse in *Bünden*, in *Ligurien* und an andern Orten herbeiziehen können.

Die Uebereinstimmung mit den geschilderten Verhältnissen der alpinen Gebirgszüge ist evident. Hier wie dort echte Tiefseeabsätze in Verknüpfung mit Ophiolithen, unter denen Serpentin und Gabbro die jüngsten, welche überall die Sedimente durchbrechen; Faltung und diskordante Auflagerung grober klastischer Sedimente; viel später erst die Hauptfaltung und grosse Ueberfaltungen; schliesslich Injektionen von granitischen und tonalitischen Gesteinen in den rückwärtigen Gebieten.

Jede Erscheinung wird erst durch ihren Gegensatz ins rechte Licht gerückt. So will ich denn zum Schluss mit wenigen Worten das gegensätzliche Verhalten des Kordillarentypus zum Alpentypus hervorheben. Auch die Kordillere Nord- und Südamerikas ist ein mächtiges Faltengebirge jüngsten Datums. An ihrem Auf-

baue beteiligen sich, wenigstens im W, mächtige und sehr vollständige Ablagerungen von mittel- und jungmesozoischem Alter, und aus der Kordillere Südamerikas kennen wir basische Massengesteine aus mesozoischer<sup>1</sup>, daneben auch Eruptiva aus tertiärer Zeit in der Form von Decken, Tuffen, Gängen und Stöcken von einer Mächtigkeit und Geschlossenheit, wie wir sie in den meisten andern Gebirgen vergeblich suchen. Trotzdem ich auf meinen Reisen, sowie bei der Durchsicht von Sammlungen und Literatur besondere Aufmerksamkeit darauf verwandt habe, ist es mir nicht gelungen, auch nur die Spur eines Radiolarits oder eines andern Tiefseegesteins aus mesozoischer oder tertiärer Zeit in der Kordillere Südamerikas zu entdecken. Vergeblich habe ich nach Erscheinungen gesucht, die eine Analogie zu den Ueberfaltungen der alpinen Gebirge oder auch zu dem raschen Facieswechsel der Sedimente in ihnen darböten. Ebenso wenig kennt man bis jetzt, obgleich weite Gebiete durchforscht und zahllose Gesteinsproben untersucht sind, irgend welche Vertreter der ophiolithischen Gesteinsreihe unter den mesozoischen oder tertiären Eruptivmassen, keine Serpentine, Spilite, Gabbros oder Variolite. Und doch stehen die häufigen Diabasporphyrite der Kordillere nicht nur habituell, sondern auch in ihrem Bestande den ähnlichen und mit dem gleichen Namen bezeichneten Gesteinen der ophiolithischen Reihe recht nahe, scheinen aber durchschnittlich reicher an Alkali und ärmer an Kieselsäure zu sein. Ein weiterer auffälliger Unterschied ist in der Verteilung jungvulkanischer Gebilde gegeben, wie schon SUESS im Antlitz der Erde angedeutet hat. Das ganze Gebirge wird durchschwärmt von Gängen tertiärer Eruptiva und breite und langgestreckte Zonen von Andengraniten und -Dioriten haben sich lakkolithenartig in die schwach gefalteten mesozoischen Sedimente der Westkordillere eingeschoben. Die diluvialen Vulkankegel stehen in geraden Reihen aufmarschiert und spiegeln den einfachen Verlauf der autochthonen Falten wieder — ein Bild, das grundsätzlich von den sich überdeckenden und einander ablösenden Uberschiebungsdecken der Alpen

---

<sup>1</sup> Es ist bewundernswert, mit welcher Konsequenz das doch längst bekannte Auftreten ganz ungeheurer Massen von Effusivgesteinen aus jungtriadischer, jurassischer und cretacischer Zeit in Südamerika ignoriert wird, wenn es gilt, kritische Perioden in der Geschichte der Erde zu erweisen oder Lieblingstheorien über die Ursachen der Eiszeit und dergleichen mehr auf die Intermitenz der vulkanischen Tätigkeit zu stützen.

mit stark gebogenem Rande abweicht. Das bezeichnende Merkmal der Deckschollengebiete liegt eben auch in dem Fehlen von Eruptivgesteinen aus jüngster Zeit; diese bekränzen nur die Innenseite, aber durchbrechen die Decken nicht, denn hier ist die Rinde nicht nur gedoppelt, sondern über weite Gebiete verdreifacht und mehr als das. Die ophiolithischen Massengesteine, die wir in solchen Gebieten antreffen, sind mit den höchsten und grössten Ueber-schiebungsdecken aus den inneren Zonen des Gebirges heraus-gepresst, und diese Tiefseezonen stellen als Gebiete geringster Be-ständigkeit und als Ausgangsregion für die grössten Ueberfaltungen gewissermassen die Leitzonen der Gebirge dar. Es hat den Anschein, als ob die Ausdehnung dieser Tiefseezonen in erster Linie massgebend für den Verlauf und die Ausgestaltung der späteren Faltengebirge gewesen ist. Die Gebirge vom Kordil-lerentypus sind dann vielleicht nur den randlichen Teilen der Geosynklinalen oder solchen von beschränkter Tiefe und Ausdehnung entsprungen.

#### Anhang: Die rhätische Decke im Bereiche der Chablaiszone.

Im Bereiche des oberen Simmentals und des oberen Saanetals finden sich zwei Gesteinsarten, die sonst in den Freiburger Alpen fehlen, Spilit (Ophit) und Radiolarit (richtiger Radiolaritkalk). Beide sind in ihrer Verbreitung streng an die Hornfluhbreccie gebunden, jedoch derart, dass sie nie mit ihr unmittelbar verknüpft auftreten, sondern stets durch Flysch davon getrennt sind. Dass beide innig zusammenhängen und einer und derselben Decke angehören, geht aus dem Funde hervor, den C. SCHMIDT an dem Steinbruch der Oeschseite gemacht hat und den ich bestätigen kann. Dort steht der Spilit nämlich in innigstem Kontakt mit Radiolarit. Eigenartige schwarze Schiefer und gelbgrüne Sandsteine, deren Alter noch unbestimmt ist, begleiten nach JACCARD in der Simmentalgegend den Spilit, und dasselbe ist nach LUGEON im Chablais der Fall. Es fragt sich nun, in welchem Verhältnis diese Spilit-Radiolarit-„Zone“ zu der „Breccien-decke“ steht. Sie erscheint in ihrer Verbreitung an letztere geknüpft, die Radiolaritkalke repräsentieren aber eine ganz andere Facies des Malm als die Breccie, und die Spilite treten nirgends in der Breccie selbst auf. JACCARD hat die Radiolaritkalke kartographisch ausgeschieden, aber nicht als Malm erkannt, was sie tatsächlich sind. Dagegen hat sie schon LORENZ als Châtelkalk ange-sprochen, und ich fand in dem Vorkommnis des Seitbachwaldes bei Weissenbach auch *Aptychendurchschnitte* darin. Die Spilit-Radiolaritdecke kann nun aber, da sie nicht zur Breccien-decke selbst gehört, entweder nur unter oder auf ihr liegen. Dass ersteres nicht zutrifft, beweist ihr Fehlen im höheren Hundsrückflysch zwischen den Vorkommnissen der *Préalpes médianes* und der Breccie. Sie kann demnach nur als eine höhere Decke als die Breccien-decke aufgefasst werden. Dann erklärt sich auch vollständig die Verbreitung der Spilitvorkommnisse zwischen den beiden grossen Breccienzügen zu beiden Seiten der kleinen

Simme: sie liegen in einer Flyschsynklinale auf der Breccienzone und dieser Flyschzug ist das Hangende und nicht, wie LUGEON und JACCARD es deuten, das Liegende der Breccie. Ebenso gehört dann der Flyschzug im W des westlichen Breccienzuges mit seinen Radiolaritkalken und dem Spilit des *Griesbachtals* in das Hangende der Breccie. Trifft das zu — und ich sehe nicht ein, welche andere Deutung den Vorzug verdienen könnte, so gehören natürlich auch die Couches rouges in das normale Hangende der Breccie und sind nicht aufgeschürfte Schollen der *Préalpes médianes*. Das hatte KEIDEL vor JACCARD schon festgestellt, und wenn JACCARD, statt die Arbeit seines Vorgängers in unwissenschaftlicher und durchaus ungebührlicher Weise zu missachten und herabzusetzen, die positiven Ergebnisse derselben benutzt hätte, so wäre er vor einer unrichtigen Deutung der Lagerungsverhältnisse behütet geblieben und hätte die Selbständigkeit der Spilit-Radiolaritzone erkennen können. Von welcher erheblicher Bedeutung gerade diese, bisher unbekannte Zone für die Parallelisierung zwischen West- und Ostalpen ist, habe ich S. 20 ff. erläutert. Uebrigens hätte JACCARD schon aus dem Auftreten des Spilits, Gabbros und Serpentin im Chablais, wie es LUGEON festgestellt hat, entnehmen können, dass sie einer über der Breccie gelegenen Zone angehören, denn LUGEON sagt ausdrücklich: „*Les affleurements sont tous, sauf un, disséminés dans le grand synclinal, qui recouvre la Brèche du Chablais du nord-est au sud-ouest, dans la partie comprise entre Taninges et Morzine*“. Die einzige Ausnahme bezieht sich aber nicht auf ein Gestein der Ophiolithgruppe, sondern auf einen Kersantit.

Es gibt also sowohl im Chablais wie in den Freiburger Alpen noch eine höhere Decke als die Breccie, die natürlich nur dort auftritt, wo die Breccie vorkommt. Sie ist gekennzeichnet durch ophiolithische Eruptiva und Radiolarit oder Radiolaritkalk, beides Gesteinsarten, die sowohl der Breccie als allen tieferen Decken der Chablaisregion fehlen. Weinrote und glänzende schwarze Schiefer, gelbgrüne Sandsteine und der Granit von La Rosière gehören ihr ebenfalls zu. Ueber die Fortsetzung dieser Zone in den Klippen und in den Ostalpen vgl. S. 20 ff.

Abgeschlossen Ende August 1905.

---

## Literatur.

Enthält nur die Titel einiger Arbeiten, die in der vorstehenden Mitteilung häufiger angezogen sind. Weitere Literatur ist in diesen Arbeiten zu finden.

- Haug, E.** Les Géosynclinaux et les Aires continentales etc. (Bull. Soc. Géol. France. 3<sup>e</sup> ser. **28**, 617—711. 1900.)
- Hoek, H.** Geologische Untersuchungen im Plessurgebirge um Arosa. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **13**, 215—270. 1903.)
- Jaccard, F.** La Région de la Brèche de la Hornfluh (Préalpes bernoises). — (Bull. du Labor. de Géol. etc. Université de Lausanne, No. 5. 1904.)
- Keidel, H.** Ein Beitrag zur Kenntnis der Lagerungsverhältnisse in den Freiburger Alpen. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **13**, 23—39. 1902.)
- Lorenz, Th.** Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. I. Fläscherberg. (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. N. F. **10**, 1900.) II. Der südliche Rhätikon. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **12**, 34—95, 1901.)
- Lugeon, M.** La Région de la Brèche du Chablais. (Bull. Serv. Carte géol. France **7**. 1896.)
- Lugeon, M.** Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. (Bull. Soc. géol. France. 4<sup>e</sup> ser. **1**, 723—825. 1901.)
- Paulcke, W.** Geologische Beobachtungen im Antirhätikon. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **14**, 257—298. 1904.)
- Peach, B. N., Horne, J. & Teall, H.** The Silurian Rocks of Britain I. Scotland. (Memoirs of the Geol. Survey of the United Kingdom. 1899.)
- Quereau, E. C.** Die Klippenregion von Iberg. (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. **33**. 1893.)
- Rothpletz, A.** Geologische Alpenforschungen I. Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und Westalpen usw. München 1900.
- Sarasin, Ch.** Die Konglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz (N. J. f. Min. etc. Beil. B. **8**, 180. 1893.)
- Sarasin, Ch.** De l'Origine des Roches exotiques du Flysch (Arch. sc. phys. et nat. Genève **31**, **32**. 1894.)
- Schardt, H.** Sur l'origine des Préalpes Romandes (Zone du Chablais et du Stockhorn). — Arch. Sc. phys. & nat. Genève **30**, No. 12. 1893.)
- Schardt, H.** Les Régions exotiques du Versant nord des Alpes suisses etc. (Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. **34**, 113—219. 1898.)
- Schiller, W.** Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin. I. Lischannagruppe. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **14**, 107—180. 1904.)

- Steinmann, G.** Geologische Beobachtungen in den Alpen. I. (Ber. Nat. Ges. Freiburg i. B. **9**, 245—263. 1895; **10**, 215—292. 1898.)
- Suess, E.** Sur la nature des charriages. (Compt. rend. Ac. Sc. Paris **139**, 714—716. 1904.)
- Termier, P.** Les Nappes des Alpes orientales et la Synthèse des Alpes. (Bull. Soc. Géol. France. 4<sup>e</sup> ser. **3**, 711—765. 1904.)
- Tobler, A.** Vorläufige Mitteilung über die Geologie der Klippen am Vierwaldstättersee. (Eclog. geol. Helvetiae. **6**, No. 1, 7—14. 1899.)

---

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Geschichtliches . . . . .	2
2. Die Westalpen . . . . .	6
3. Bünden . . . . .	8
4. Ost- und Westalpen . . . . .	16
5. Die geologische Bedeutung der Tiefseebildungen und der ophiolithischen Eruptiva . . . . .	27
Anhang: Die rhätische Decke im Bereiche der Chablaiszone . . . .	47
Literatur . . . . .	49

---