

IV. Geologische Vereinigung.

Über die geologische Bedeutung der Tiefseegräben.

Von E. Horn.

Vorgetragen in der Hauptversammlung in Frankfurt a. M. am 10. Januar 1914.

(Mit 9 Textfiguren und Tafel VIII.)

Inhalt.

Einleitung	422
1. Zerrungstheorie	423
2. Großfaltentheorie und Tangentialdruck	427
3. Geologisch-tektonische Skizze der Inselbögen mit Vortiefe	429
4. Sedimentation im Bereich der »Tiefseegräben«	431
5. Böschung und subaquatische Rutschungen	432
6. Vergleich mit alpinen Gebirgen	435
7. Niveaudifferenzen und spannungslose Niveaufläche	439
8. Beziehungen zum Vulkanismus	441
9. Schollenbau der Erdrinde	443
10. Entwicklungsreihe der Gebirge	446

Einleitung.

Am 10. Januar hatte ich auf der Versammlung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt a. M. in aller Kürze die wesentlichsten Punkte meiner Auffassung von der geologischen Bedeutung der Tiefseegräben dargelegt. An der baldigen erneuten Durcharbeitung des Manuskripts zur Drucklegung wurde ich durch andere Arbeiten verhindert, und schließlich veranlaßte mich das Erscheinen mehrerer neuer Abhandlungen über verwandte Fragen, die Veröffentlichung etwas hinauszuschieben.

Das Problem der Tiefseegräben hängt auf das engste mit den Fragen der Gebirgsbildung zusammen. Ein Eingehen auf die verschiedenen Theorien der Gebirgsbildung erübrigt sich an dieser Stelle, da in einer neuen Abhandlung von K. ANDRÉE¹⁾ diese Theorien übersichtlich und kritisch zusammengestellt sind. Für alle diejenigen, welche sich für diese Fragen interessieren, wird diese Arbeit ein willkommenes Handbuch sein.

Von den Theorien über Gebirgsbildung sind diejenigen, welche den Tangentialdruck gänzlich ausschalten wollen, in ihrer Bedeutung vielfach überschätzt worden. Ich stehe auf dem Standpunkt, daß zwar durch den Tangentialdruck allein sich nicht alle hierher gehörigen Erscheinungen erklären lassen, daß man aber ohne die Annahme von tangen-

¹⁾ K. ANDRÉE, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung, Berlin 1914.

tial wirkenden Druckkräften nicht auskommen wird, daß sie vielmehr bei den gebirgsbildenden Bewegungen stets die Hauptrolle spielen, und neben ihnen andere Kräfte, wie Isostasie, Unterströmungen, Volumschwankungen des Magmas usw., tätig sind und die Erscheinungen an der Erdoberfläche komplizieren können.

Von diesem Standpunkt aus will ich versuchen, das Problem der Tiefseegräben und benachbarten Inselbögen zu beleuchten. Die Anregung, mich mit diesen Fragen zu beschäftigen, verdanke ich hauptsächlich dem Umstande, daß ich auf Vorschlag der Deutschen Seewarte mit Erlaubnis des Reichsmarineamtes im Jahre 1912 an der Vermessungsreise S. M. S. Planet von Tsingtau nach der Südsee teilnehmen durfte. Während dieser Reise wurden östlich von Formosa und den Philippinen Tiefseelotungen vorgenommen und im Philippinengraben die größte bekannte Meerestiefe von 9788 m gefunden.

Das Problem der Tiefseegräben ist bereits mehrfach Gegenstand von Erörterungen gewesen, wie aus den Literaturangaben zu ersehen ist. Die bisher versuchten Deutungen finden ihren Ausdruck in zwei sich geradezu widersprechenden Ansichten. Die einen bringen mit EDUARD SUESS die Tiefseegräben in Verbindung mit den großen Faltungsvorgängen der Erdrinde, führen sie also auf Kontraktion der Erde zurück. Die anderen fassen sie im Gegensatz zu den alpinen Gebirgen mit F. VON RICHTHOFEN als Zerrungsgebilde auf, sehen sie also als Folgeerscheinung von Dehnung und Zerreißung der Erdrinde an.

Wie oben angedeutet, stehe ich auf dem Boden der ersten Auffassung und muß mich daher zunächst mit der zweiten, der Zerrungstheorie, auseinandersetzen.

1. Die Zerrungstheorie.

Ihren prägnantesten Ausdruck findet diese Auffassung in den Worten RICHTHOFENS: »Dort (bei den Gebirgen vom Alpentypus) ein Hinüberquellen und Überwallen über ein meist tief versenktes Vorland durch eine von der Rückseite nach der Außenseite gerichtete Kraft; hier (in Ostasien) die Tendenz zum Zurückweichen des Vorlandes durch eine Kraft welche von Osten jenseits des Außenrandes her zerrend wirkt«¹⁾.

Während man früher die ostasiatischen und australischen Inselketten mit den jungen Faltengebirgen Eurasiens und Amerikas als den großen Faltenzug der Erde zusammengefaßt hat, ist durch die RICHTHOFENSche Auffassung ein Gegensatz zwischen dem Bau der ostasiatischen Gebirge und Inselkränze mit Vortiefe einerseits und dem Bau der jungen Faltengebirge vom Alpentypus andererseits konstruiert worden, welcher später von FRECH²⁾ noch besonders betont worden ist.

¹⁾ Geomorphologische Studien aus Ostasien IV, S. 6. (872). Sitz-Ber. Kgl. pr. Akad. Wiss. 40, 1903.

²⁾ Erdbeben und Gebirgsbau. Peterm. geogr. Mitt. 53, 1907, S. 245.

Da aber die pacifischen Inselbögen durch den Malayischen Archipel und die Ketten von Birma mit den großen alpinen Gebirgsketten in Verbindung stehen, ja sogar deren Fortsetzung bilden, so enthält diese Auffassung in sich schon einen Widerspruch.

Prüfen wir zunächst einmal den RICHTHOFENSchen Begriff des »Zerrungsgebirges« an der Hand der neueren Beobachtungen in China. In dem Kitschonschau am Knie des Hoangho westlich der großen Ebene sind durch die Untersuchungen von B. WILLIS und BLACKWELDER schuppenartige Überschiebungen nach SO. nachgewiesen. In der NO.-Fortsetzung dieses Gebirges, im Nankou-Gebirge nordwestlich von Peking hat SOLGER dieselbe Art von Überschiebung erkannt. Bei einer gemeinsamen Exkursion von Peking aus über den Nankou-Paß Ende Februar 1913 habe ich unter SOLGERS Führung einen Einblick in die Lagerungsverhältnisse des Gebirges bekommen und mich seiner Auffassung angeschlossen. Auch die tektonischen Verhältnisse in Schantung lassen sich durch die RICHTHOFENSche Zerrungstheorie nicht erklären, meines Erachtens stehen sie sogar mit ihr vielfach in direktem Widerspruch. Von meinen Beobachtungen, die später veröffentlicht werden, sei nur das Folgende erwähnt: Südlich und südöstlich von Tsinanfu ist in den Sinischen Kalken eine ONO.—WSW. streichende Faltungszone zu beobachten, und die Lagerungsverhältnisse der kohlenführenden Schichten in Nordschantung, welche nördlich von Poschan durch das deutsche Kohlenbergwerk Hungshan erschlossen sind, sprechen durchaus nicht für Zerrung in diesem Gebiet. Die nach Nordwest einfallenden Kohlenflöze sind hier, wie Herr Direktor BRÜCHER von der Schantung Bergbau-Ges. mir freundlichst mitteilte, und wie ich mich beim Befahren der Grube überzeugen konnte, durch zahlreiche streichende, steil nach NW. fallende Überschiebungsflächen gestört, so daß ein Flöz nach dem Einfallen zu jenseits der Überschiebungsfläche stets in höherem Niveau wieder erscheint. Es ist also in jedem Falle eine Verkürzung der horizontalen Entfernung eingetreten. Diese Tatsachen sprechen nicht für Zerrung aus SO., sondern für tangentielle Zusammenschiebung der Schichten von NW. her. Die chinesischen Gebirge sind also keine Zerrungsgebirge, sondern verdanken ihre Entstehung denselben tangentialen Kräften wie die alpinen Gebirge, nur daß die Äußerung dieser Kräfte in Ostasien bei weitem nicht so intensiv war wie dort. Auch für die geologischen Verhältnisse von Japan ist nach OGAWA¹⁾ die RICHTHOFENSche Zerrungstheorie nicht mehr haltbar.

Wenden wir die tektonischen Verhältnisse der chinesischen Gebirge auf die ostasiatischen Randgebiete an, so werden wir das RICHTHOFENSche Schema der ostasiatischen Landstaffelbrüche²⁾ mit Zerrung von dem

¹⁾ OGAWA, On the geotectonic of the Japanese Islands. Verh. d. Intern. Geol. Kongr. Mexiko 1906, II, S. 1271.

²⁾ v. RICHTHOFEN, Geomorphologische Studien aus Ostasien IV. Sitz.-Ber. d. Kgl. pr. Akad. d. Wiss. 40, Berlin 1903, S. [887] 21.

pacifischen Ozean her so umzudeuten haben, daß wir die großen Landstaffelbrüche nicht nach O. oder SO. gegen den Ozean, sondern umgekehrt gegen NW. einfallen lassen, und wir erhalten im Großen dieselben tektonischen Verhältnisse wie sie im Kleinen das Kohlengebiet von Hungschan beherrschen, d. h. eine Reihe von gleichsinnig geneigten und seitlich zusammengeschobenen Schollen. Ein prinzipieller Unterschied zwischen der Wirkung der tektonischen Kräfte im Bereiche der ostasiatischen Randgebiete und der jungen Faltengebirge Eurasiens, wie FRECH behauptet, besteht also nicht, und die angeblichen Differenzen verschwinden, wenn wir die im folgenden zu skizzierenden großen Züge im geologischen Bau der pacifischen Inselbögen mit Vortiefe vergleichen mit denjenigen der jungen Faltengebirge wie Karpathen, Alpen usw.

Ehe wir die Diskussion der Zerrungstheorie beenden, muß ich noch auf eine neue Abhandlung von VOLZ¹⁾ eingehen, in der er mit RICHTHOFEN die Zerrung als Ursache des staffelförmigen Baues des ostasiatischen Gebietes ansieht. Er schreibt: »Die Tatsachen« ... »zeigen uns einen staffelförmigen Einbruch in mehreren Stufen von Norden, Westen und Südwesten her gegen das Zentrum des pacifischen Ozeans« (S. 52). »Die einzelnen Landstaffeln und Staffelblöcke sinken aber nicht senkrecht in die Tiefe, sondern führen beim Absinken eine Kippbewegung aus, derart, daß sie proximal stärker absinken, distal hingegen gebirgsartig gehoben werden. Aber es sind nicht nur Vertikalbewegungen, die hier ausgeführt werden, es spielen auch horizontale Bewegungen ein wenig mit hinein; das zeigen die distalen Stauchungen und Zusammenschübe, welche vollständig den Eindruck sekundärer Begleiterscheinungen machen.«

Mit dieser Charakterisierung der tektonischen Verhältnisse könnte ich mich im wesentlichen, bis auf die nebensächliche Bedeutung, die den horizontalen Bewegungen beigemessen wird, einverstanden erklären, doch nun kommt die Deutung: »FERDINAND VON RICHTHOFEN faßt das gesamte Phänomen als Zerrung auf« und weiter, daß nach RICHTHOFENS Ansicht als mechanische Ursache der Zerrung der Niveauunterschied zwischen Mongolei und Nordwestchina und der Tuskaroratiefe genügend sein dürfte.

Prüfen wir aber an der Hand der Zahlen, ob die Niveauunterschiede wirklich ausreichen, um eine Zerrung von den Tiefen des pacifischen Ozeans bis nach Zentralasien mechanisch als möglich erscheinen zu lassen, so tauchen doch erhebliche Bedenken dagegen auf. Der Höhenunterschied zwischen Mongolei und Tuskaroratiefe beträgt 10—11000 m, erstreckt sich aber über eine Entfernung von rund 2300 km, das entspricht einem Gefälle von rund 1 : 200 oder einem Böschungswinkel von 0°17'.

Nach VOLZ' Ansicht »erhöht sich nach den neuesten Tiefseeuntersuchungen diese Differenz noch beträchtlich insofern, als der Höhen-

¹⁾ W. VOLZ, Südchina und Nordsumatra. Mitt. des Ferdinand von Richthofentages 1913. Berlin 1914.

unterschied zwischen Tibet und den tiefsten Gräben annähernd 15 000 m beträgt.« Hier erstreckt sich aber die Niveaudifferenz (vom Philippinengraben bis zum östlichen Rande des tibetanischen Hochlandes) sogar über eine Entfernung von 4200 km. Das entspricht bei einem Verhältnis von 1 : 280 einem Winkel von etwa $0^{\circ}12'$. Das Gefälle ist also noch geringer als im ersten Falle. Wie soll bei so geringen Winkeln eine zerrende Wirkung mechanisch möglich sein? VOLZ scheint in dieser Beziehung selbst schon Bedenken gehabt zu haben, wenn er schreibt: »Ich glaube, die ganze Vorstellung wird erheblich einfacher, wenn man nicht die durch die Höhendifferenzen erzeugte Spannung einmalig¹⁾ über die gesamte Breite, also von Tibet an bis zu den Grabentiefen hin betrachtet — dann wird der Winkel tatsächlich ein ganz minimaler — und ebenso auch die kompensatorische Zusammenstauchung nicht nur einmalig für den am meisten distal gelegenen Abhang annimmt, sondern beides von Stufe zu Stufe bewertet.«

Darauf werden die Sprunghöhen der verschiedenen Stufen addiert und »die tatsächliche Summe der stattgehabten Senkungen« zu annähernd 50 000 m berechnet. Nehmen wir zunächst einmal dieses Exempel als richtig an, so ergibt sich bei gleichfalls 4200 km Horizontalentfernung ein Gefälle von rund 1 : 80, das heißt ein Winkel von $0^{\circ}43'$.

Auch dieser Winkel dürfte zur mechanischen Erklärung von Zerrungen vom Ozean bis Zentralasien noch viel zu gering sein.

Wenn VOLZ aber durch Summierung der Sprunghöhen eine Senkung von etwa 50 000 m herausrechnet und meint: »Das gibt einen Schluß auf die gewaltige Spannung, die tatsächlich herrscht«, so macht er einen Fehlschluß. Denn die Spannung entspricht immer nur dem tatsächlichen Höhenunterschied, der von Tibet bis zum Philippinengraben etwa 15 000 m und nicht mehr beträgt. Denn jede Absenkung des proximalen Teils einer Staffel wird durch die distale Hebung z. T. wieder ausgeglichen. Das Rechenexempel von VOLZ bedeutet so viel, als ob er z. B. in seinem Profil Abb. 1 S. 28 die Horizontale oder, was dasselbe ist, den Meeresspiegel schief stellt, parallel der Oberfläche der gekippten Staffelblöcke. Das ist aber nicht zulässig, und der Versuch durch seine vorgeschlagene Abänderung des Profils die RICHTHOFENSche Zerrungstheorie zu stützen, muß als mißlungen angesehen werden.

Wie paßt ferner zu der Zerrungstheorie die Tatsache, daß der staffelförmige, isoklinale Schollenbau der Erdrinde in gleichbleibendem Sinne jenseits der tiefsten Einsenkung im Philippinengraben nach Osten noch weit in den Ozean hinaus fortsetzt, in den Palau-, Yap- und Marianen-Inseln und -Gräben, und zwar mit ansteigender Tendenz? Soll hier auch noch Zerrung von Osten her wirksam sein, obwohl sich die beiden tiefsten Meerestiefen im Osten bei Guam mit 9636 m und im

¹⁾ »Das gibt ein schiefes Bild der bestehenden Spannung!« (Anm. bei VOLZ.)

Westen bei den Philippinen mit 9788 m fast die Wage halten, und die größere von beiden sogar im Westen liegt?

Doch VOLZ hält selbst die Vorstellung für schwierig, »daß der sinkende Meeresboden über viele Tausende von Kilometern seine zerrende Wirkung geltend machen soll«, und will deshalb eine »kleine« Modifikation des RICHTHOFENSchen Zerrungsprofils vornehmen, indem er die östlich gerichteten horizontalen Pfeile im wesentlichen durch vertikale ersetzt und nur noch ganz geringe und örtlich beschränkte Horizontalverschiebungen annimmt. Was hat das so umgedeutete Profil aber dann noch mit RICHTHOFENS Zerrungsidee gemein? Damit wird doch der RICHTHOFENSchen Zerrungstheorie sogar von einem ihrer Anhänger das schönste Sterbelied gesungen.

RICHTHOFEN hat die Zerrung stets als Äußerung tektonischer Kräfte aufgefaßt. VOLZ meint zwar: »Ob man nun diese (horizontale Bewegung) nach dem RICHTHOFENSchen Vorgange als »Zerrung« oder aber als Gleitung oder ähnliches bezeichnet, das spielt gar keine Rolle, das sind Kleinigkeiten.« Dem muß ich aber entgegenhalten, daß Zerrung und Gleitung zwei grundverschiedene Dinge sind. Wenn man über eine Sache disputieren will, muß man sich zuerst über die Begriffe im Klaren sein. Zerrung ist eine Äußerung tektonischer Kräfte, sie ist dasselbe, was ABENDANON neuerdings als Distraktion bezeichnet hat. Gleitung aber gehört nicht zu den tektonischen Bewegungen der Erdrinde, sondern als Äußerung der Schwerkraft auf einen aus seinem Verbande gelösten Gegenstand in dieselbe Rubrik wie Abtragung, Solifluktion, Bergstürze usw. Es kann also nicht gleichgültig sein, ob man die Horizontalbewegung »als »Zerrung« oder aber als Gleitung oder ähnliches bezeichnet.«

Die Diskussion der Zerrungstheorie ließe sich leicht noch weiterführen. Sie sei aber hiermit beendet, da sie unfruchtbar und wenig erfreulich ist. Diese Auseinandersetzung hielt ich aber für notwendig, um die inneren Widersprüche der Zerrungsidee zu beleuchten.

2. Großfaltentheorie und Tangentialdruck.

Als Großfalten bezeichnet ABENDANON¹⁾ ausgedehnte flache Aufwölbungen der Erdrinde²⁾ und erklärt ihre Entstehung durch das Absinken schwerer Schollen infolge der Schwerkraft und die damit verbundene Aufpressung leichterer infolge der Druckübertragung in dem plastischen oder flüssigen Magma. Alle Kettengebirge und pacifischen Inselketten sind nach ABENDANON solche Großfalten. Diese Theorie bedeutet unstreitig eine Bereicherung der geologischen Wissenschaft, die zur Erklärung mancher Erscheinungen auf der Erdoberfläche beitragen wird.

1) E. C. ABENDANON, Die Großfalten der Erdrinde. Leiden 1914.

2) In demselben Sinne ist der Ausdruck Großfalte bereits von O. WILCKENS: Grundzüge der tektonischen Geologie, Jena 1912, gebraucht worden.

Jedoch kann ich der Ansicht ABENDANONS nicht beipflichten, daß »der Begriff des Tangentialdrucks gänzlich aus der tektonischen Wissenschaft verschwinden« müsse, und daß Abkühlung und Schrumpfung allein ohne tangentialle Druckkräfte ausreichen, um die Entstehung von Großfalten zu erklären.

Nach der seine Theorie erläuternden Figur 1 Seite 27¹⁾ nimmt doch ABENDANON selbst den Tangentialdruck zu Hilfe, wenn er auch diesen Ausdruck sorgfältig zu meiden weiß. Oder was sollen sonst die beiden entgegengesetzten horizontalen Pfeile in der Figur bedeuten? Wie soll man sich den Mechanismus der Absenkung und Annäherung der beiden seitlichen Blöcke und das Hinausdrängen des mittleren Blockes in Fig. 2 denken, ohne jegliche Mitwirkung des Tangentialdruckes? Mir ist das nicht möglich, und ich glaube, daß es vielen so gehen wird. Die Annahme eines Tangentialdruckes steht vielmehr mit der Großfaltentheorie durchaus nicht im Widerspruch und macht den Großfaltenmechanismus viel verständlicher.

ABENDANON sagt, »daß die meisten der Großfalten nicht symmetrisch gebaut sind«, und bemerkt dazu: »so deuten diese Großfalten schon auf ihre eigene Überfaltung nach einer bestimmten Richtung hin«²⁾. Wie soll man sich aber den Mechanismus der Überfaltung einer Großfalte nach einer Richtung vorstellen ohne Tangentialdruck?

ABENDANON bemängelt, daß viele Autoren in Spezialabhandlungen den Begriff der tangentialen Kräfte gebrauchen, ohne eine Erklärung dafür zu geben.

Eine Erklärung und Begründung für einen seit langem in der Geologie gebräuchlichen und anerkannten Begriff darf man aber nicht in Spezialarbeiten suchen, wie ABENDANON es tut, sondern in Lehr- und Handbüchern. Und wenn ABENDANON behauptet, daß »man vergeblich versucht hat, ein kausales Verhältnis zwischen diesen zwei Begriffen (nämlich Schrumpfung und Tangentialdruck) festzulegen, so ist er im Irrtum, denn in KAYSERS Lehrbuch der Geologie lesen wir³⁾: »Die säkulare Zusammenziehung des Erdkerns mußte aber notwendig eine Runzelung der Erdrinde zur Folge haben. Verkleinert sich nämlich der Kern, so wird in der ganzen Rinde, die ja durch die Schwerkraft an ihn gekettet ist, das Bestreben entstehen, dem Kern zu folgen und nachzusinken. Es wird dadurch in allen Teilen der Kruste, entsprechend dem Gewicht der Rinde, ein allmählich immer wachsender zentripetaler Zug Platz greifen müssen. Da aber die Rinde nicht als Ganzes zu sinken vermag, weil sich ihre einzelnen Stücke (gleich den Steinen eines allseitig geschlossenen Gewölbes) gegenseitig stützen, so wird der vertikale Zug nach unten sich in horizontalen Druck der einzelnen Schollen gegeneinander umsetzen; es wird in der ganzen Erdschale (ähnlich wie in jedem Gewölbe) eine starke

¹⁾ Ebenda S. 176—177.

²⁾ Ebenda S. 165.

³⁾ Lehrbuch der Geologie I. 4. Aufl. 1912, S. 801.

tangentiale Druckspannung (Gewölbedruck) entstehen.« Hier wird also klar und logisch aus der Schrumpfung der tangentialer Druck abgeleitet, und die Ausführungen ABENDANONS vermögen mich nicht von dem Gegenteil zu überzeugen. Meines Erachtens begeht ABENDANON sogar einen logischen Fehler, wenn er Abkühlung und Schrumpfung als Grundursachen aller tektonischen Vorgänge annimmt und dabei den Tangentialdruck leugnet. Wie soll man sich eine Schrumpfung der kugelförmigen Erdrinde vorstellen, ohne daß tangentiale Pressungen entstehen?

3. Geologisch-tektonische Skizze der Inselbögen mit Vortiefe.

Die geographische Verbreitung der Tiefseegräben ist aus den neuen Tiefenkarten der Ozeane von GROLL¹⁾ zu ersehen, so daß ich auf diese verweisen kann. Worauf es mir hauptsächlich ankommt, das sind die Beziehungen der jungen pacifischen Gebirge und Inselbögen zu den Vortiefen und eine gewisse Gesetzmäßigkeit, die sich in ihrem Bau erkennen läßt.

Zuerst hat RICHTHOFEN²⁾ in seiner Abhandlung: »Die morphologische Stellung von Formosa und den Riu-Kiu-Inseln« auf die Zonengliederung aufmerksam gemacht, die sich im Bau der Riu-Kiu-Inseln erkennen läßt. Er unterscheidet hier eine innere Vulkanzone und eine äußere Sedimentzone. Diese wird wieder in zwei Unterzonen gegliedert:

1. in eine innere Kernzone, welche vorwiegend aus paläozoischen Sedimenten und alten Eruptivgesteinen besteht, und
2. in eine äußere Tertiärzone.

Die Gesteine der Außenzone sind stark gestört, gegen SO. aufgerichtet und gefaltet. RICHTHOFEN bemerkt dazu: »Der streng zonale Bau in dem Hauptteil des Bogens, die streifenförmige Anordnung der einzelnen daselbst sichtbaren Formationen, die Konformität ihres Schichtenstreichens mit dem Streichen der äußerlich sichtbaren Zone, das konstante Einfallen der Schichtgebilde nach der Innenseite hin — alles dies erweist klar, daß hier in der Tat ein bogenförmiges Gebirge mit allen Merkmalen tangentialer Schiebungen nach außen vorliegt. Ob Faltenbau oder schuppenartiges Überschieben älterer Gebilde über jüngere vorhanden ist, hat durch die Beobachtungen nicht festgestellt werden können. Das gleichförmige Einfallen auf Okinawa macht letzteres wahrscheinlicher«³⁾).

Diese Auffassung vom Bau der Riu-Kiu-Inseln läßt sich mit der später von RICHTHOFEN aufgestellten Zerrungstheorie nicht gut in Einklang bringen, stimmt dagegen mit der von SUESS geäußerten Ansicht

¹⁾ GROLL, Tiefenkarten der Ozeane mit Erläuterungen. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde. Berlin 1912. N.F. A. Heft 2.

²⁾ v. RICHTHOFEN, Geomorpholog. Studien aus Ostasien III. Sitz.-Ber. d. Kgl. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1902.

³⁾ v. RICHTHOFEN, Geomorpholog. Studien aus Ostasien III. Sitz.-Ber. Kgl. pr. Akad. d. Wiss. 40. Berlin 1902. S. 8 [951].

vom Vorrücken der Inselbögen gegen die Vortiefe überein. Der Außenseite des Riu-Kiu-Bogens ist im SO. der 7481 m tiefe Riu-Kiu-Graben vorgelagert, welcher erst 1905 entdeckt wurde und daher dem großen Chinaforscher noch nicht bekannt war.

In gleicher oder ähnlicher Weise wie bei den Riu-Kiu-Inseln lassen sich, soweit bis jetzt bekannt, auch bei anderen pacifischen Inselbögen und Küstengebirgen Anzeichen für eine tangential Schiebung, Faltung und Überschiebung, also die Äußerungen der gebirgsbildenden Kräfte nach außen gegen die Vortiefe feststellen, wie es SUESS im »Antlitz der Erde« ausgeführt hat. Ein schönes Beispiel dieser Art sind die Neuen Hebriden¹⁾. Sie werden im Westen von einer Vortiefe von 7570 m, dem Neuen Hebridengraben²⁾, begleitet. Die Neuen Hebriden setzen sich zusammen aus einer westlichen, vorwiegend aus tertiärem Lepidocyclinen-Kalk bestehenden Außenzonen und einer östlich davon gelegenen vulkanischen Innenzone. Das Tertiär der Außenzonen ist stark gestört und gegen Westen, also gegen die Vortiefe, steil aufgerichtet, gefaltet und überschoben³⁾. Die vulkanische Innenzone reicht von der Insel Santa Cruz (Königin Charlotte-Insel) im Norden bis zur Hunter-Insel im Süden, und ihr gehört auch die Insel Ambrym an, die am 7. Dezember 1913 einen gewaltigen Ausbruch hatte.

Im Bereich der sedimentären Außenzonen sind junge gehobene Korallenkalke nachgewiesen, welche im Westen bis zu 600 m ansteigen, im Osten aber sehr viel niedriger liegen. Die jüngste Erhebung ist also im Westen stärker als im Osten. Die häufigen heftigen Erdbeben und die großen jungen Strandverschiebungen lassen vermuten, daß auf den Neuen Hebriden die gebirgsbildende Bewegung heute noch andauert.

Alle diese angeführten Tatsachen lassen sich nur erklären, wenn wir die Westseite der Neuen Hebriden als die tektonische Außenseite ansehen. Die gebirgsbildende Bewegung ist hier also gegen den australischen Kontinent gerichtet. Dasselbe gilt für das südwestlich gelegene Neu-Caledonien, wo Überschiebungen von Trias auf Eocän gegen Westen, bzw. Südwesten nachgewiesen sind⁴⁾. Die Annahme von ED. SUESS, daß die Inselbögen der Ozeaniden sich konzentrisch um den australischen Kontinent ordnen und ihre Außenseite dem offenen Ozean, ihre Innenseite aber dem australischen Kontinent zuwenden, kann also ebenso wie seine Einteilung der Ozeaniden (III, 2) nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Auch bei dem Bogen der Kurilen mit Kamtschatka und der Aleuten mit Alaska- und Kenay-Halbinsel läßt sich ein entsprechender zonarer Bau erkennen, nur daß bei ihnen die (sedimentäre) Außen-

¹⁾ Vgl. SUESS, Antlitz der Erde III, 2, S. 353—354 (1909).

²⁾ Dieser Tiefseegraben ist erst 1910 vom deutschen Vermessungsschiff Planet entdeckt worden und war daher seinerzeit SUESS noch nicht bekannt.

³⁾ Nach MAWSON'S Untersuchungen.

⁴⁾ SUESS, Antlitz der Erde III, 2, S. 354—356 (1909).

zone zum größten Teil versunken und nur als untermeerischer Sockel zwischen der Vortiefe und der Vulkanzone nachweisbar ist. Bei den Philippinen, denen der tiefste Graben (9788 m) vorgelagert ist, ist diese Zonengliederung nicht so ausgeprägt, weil sie in mehrere nach Süden divergierende Gebirgs- und Inselzüge aufgelöst sind.

Andere Inselbögen mit Vortiefe, wie Neu-Pommern, die Salomonen usw., sind noch zu wenig bekannt, um auf sie näher einzugehen. Es hat aber den Anschein, als ob dort eine ähnliche Zonengliederung vorhanden ist. Jedenfalls liegt bei dem Bogen von Neu-Pommern ebenfalls eine Vulkanreihe auf der Innenseite, also im Norden der Insel, und eine Vortiefe auf der Außenseite im Süden.

Die gewaltigen jungen Strandverschiebungen und die häufigen und heftigen Erdbeben am ganzen Rande des pacifischen Ozeans beweisen, daß die tektonischen Bewegungen dort in der Jetztzeit unvermindert fortdauern. Die nach Westen ansteigenden jungen Korallenbildungen der Neuen Hebriden wurden bereits in Verbindung mit den gegen Westen gerichteten Faltungen und Überschiebungen in der sedimentären Außenzone erwähnt.

In Californien sind neuerdings jugendliche Strandbildungen in Höhen von 600—1000 m angetroffen worden¹⁾. Auf Neu-Guinea, im Bismarckarchipel und auf vielen anderen Inseln am Rande des pacifischen Ozeans sind ganz junge, um mehrere 100 m gehobene Korallenriffe bekannt.

Durch die Untersuchungen von MILNE in Japan und AGUILERA in Mexiko hat sich übereinstimmend ergeben, daß die Gebiete stärkster Erderschütterungen nicht die Vulkanzonen sind, sondern die nicht vulkanischen Außenzonen am Rande der Vortiefen, und weiterhin, daß die Erderschütterungen ausgehen von tektonischen Linien, welche an dem Abhang zur Vortiefe unterhalb des Meeresspiegels liegen. Diese tektonischen Linien dürften nichts anderes sein als das Ausgehende von Überschiebungsflächen²⁾.

4. Sedimentation im Bereich der „Tiefseegräben“.

Die geologische Skizze der Tiefseegräben mit den benachbarten Inselbögen bleibt aber unvollständig, solange die Faciesverhältnisse der jetzt in ihrem Bereich sich bildenden Sedimente unberücksichtigt bleiben.

Diese Sedimentationsverhältnisse glaube ich am besten in einem einfachen, schematischen Faciesprofil (Fig. 1) veranschaulichen zu können.

Der ganze steile Abfall von den Inseln bis in die Vortiefe hinab wird überschüttet mit terrigenem Material. Es wird in so großen Mengen von dem Festlande oder den Inseln an dem steilen Abhang hinabgeführt,

¹⁾ WITTICH, Über Meeresschwankungen an der Küste von Californien. Z. d. D. Geol. Ges. 1912. Monatsber. 505.

²⁾ Vgl. hierzu E. RUDOLPH und S. SZIRTES: Zur Erklärung der geogr. Verbreitung von Großbeben. Peterm. Mitt. 60, I, 1914, S. 126/7.

daß die Tiefe, der Druck, die Wassertemperatur und Kalkauflösung, welche sonst im offenen Ozean die Sedimentation beherrschen, fast ganz ohne Einfluß auf den Charakter des Sediments bleiben.

Wohl finden sich in den Ablagerungen oberhalb von etwa 5000 m häufig Globigerinen und andere Kalkschälchen, unterhalb wenig oder gar keine, aber der Charakter des Sediments ist auf dem ganzen Abfall bis in die größten Tiefen hinab ganz einförmig und gleichartig und kann nach der gebräuchlichen Klassifikation nur als grauer Schlick bezeichnet werden. Es sei hier nur nebenbei erwähnt, daß der Schlick aus der größten Tiefe von 9788 m im Philippinengraben Quarzkörnchen von 0,15 mm und darüber enthält.

In unmittelbarer Nähe der Küsten werden sich natürlich unter dem Einfluß von Brandung, Gezeitenströmungen und der Zufuhr der Flüsse besonders grobklastische Sedimente bilden, wie Breccien, Konglomerate und Sande, während das feinere Material weiter außerhalb bis in die größten Tiefen der Vortiefe hinabgeführt wird. Dieselben Einflüsse machen es auch wahrscheinlich, daß in diesen Ablagerungen häufiger Wechsel in der Schichtung eintritt. Neben den terrigenen Sedimenten werden wir Korallenbildungen (nur in warmen Meeren) und andere Kalkschlamm- und Mergelablagerungen finden. Dazu kommen vulkanische Bildungen verschiedener Art. Diese sehr verschiedenartigen Bildungen werden teils in Wechsellagerung, teils in mannigfaltigen Mischungsverhältnissen vorkommen. Wir haben also bei den Ablagerungen im Bereich der Inseln außer häufigem Schichtwechsel auch häufigen und schroffen Facieswechsel zu erwarten.

Erst jenseits der tiefen Einsenkung, wo der Meeresboden wieder allmählich zur mittleren Meerestiefe ansteigt, und wo terrigenes Material nicht mehr hingelangt, kann sich je nach der Tiefe tonig-kieseliges oder kalkiges Tiefseesediment, roter Tiefseeton oder Globigerinenschlamm, bilden.

Dieses kurz skizzierte Faciesprofil hat natürlich nur eine schematische Bedeutung. Es wird in jedem einzelnen Falle lokale Abänderungen erfahren, besonders dann, wenn die sedimentäre Außenzone unter den Meeresspiegel versenkt ist, wie es z. T. bei den Kurilen und Aleuten der Fall ist, oder wenn das Vorland außerhalb der Vortiefe sich bald wieder zu einer Insel über den Meeresspiegel erhebt, wie es für einen Teil der australischen Inselbögen zutrifft: z. B. für die Neuen Hebriden, deren Vorland zu der Insel Neu-Caledonien aufsteigt.

5. Böschung und subaquatische Rutschungen (Fig. 1).

Von großer Bedeutung ist ferner das unterseeische Bodenrelief. Der Abfall von der Küste zur Vortiefe ist außerordentlich steil. Ein Gefälle von 5—10° ist das Normale, und stellenweise z. B. beim Yap-Graben¹⁾

¹⁾ G. SCHOTT und P. PERLEWITZ, Lotungen I. M. S. »Edi« und des Kabeldampfers »Stephan« im westl. Stillen Ozean. Arch. D. Seewarte 29. 1906. Nr. 2.

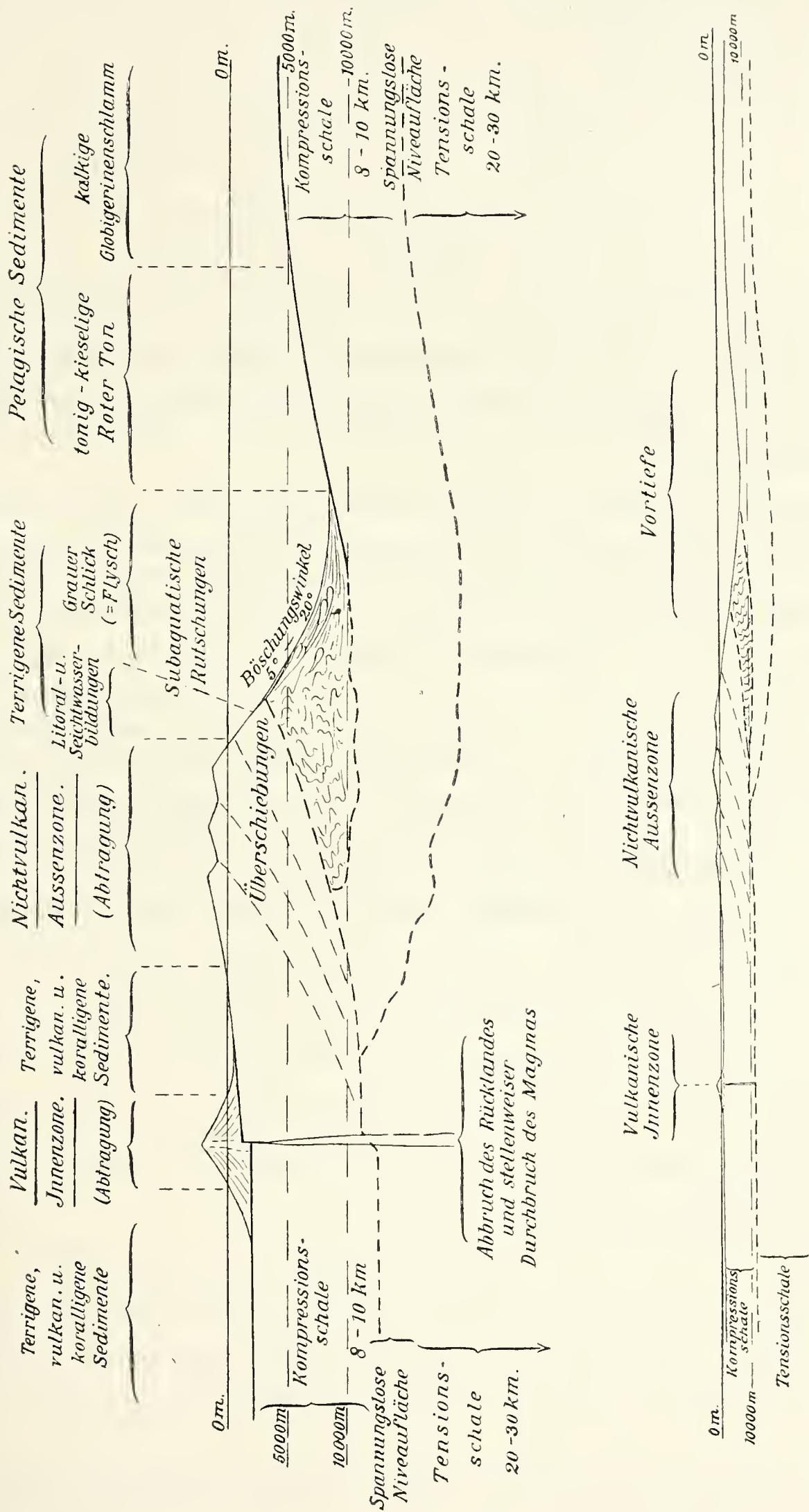


Fig. 1. Facielles und tektonisches Profilschema eines Inselbogens mit Vortiefe. Oben 5mal überhöht, darunter dasselbe Profil in gleichem Maßstab für Höhe und Länge.

ist ein solches von fast 20° nachgewiesen worden. Die größte Meerestiefe von 9788 m im Philippinengraben liegt nur etwa 75 km vom Land, das bedeutet also ein Gefälle von rund 1 m auf 8 m oder entspricht einem Böschungswinkel von $7\text{--}8^\circ$.

Da in Schweizer Seen subaquatische Rutschungen von jungen Ablagerungen bei einem Gefälle von nur 4° festgestellt worden sind¹⁾, so ist es nur eine selbstverständliche Folgerung, auch auf dem Abhang der Tiefseegräben subaquatische Rutschungen der Sedimente anzunehmen.

Schon durch die stärkere Anhäufung des klastischen Sedimentmaterials in der Nähe der Küsten würde eine fortwährende Vergrößerung des Böschungswinkels stattfinden, welche schließlich durch Abgleiten der Sedimente nach der Tiefe wieder ausgeglichen werden muß. Solche subaquatische Rutschungen werden durch tektonische Bewegungen, welche am Rande der Tiefseegräben sehr häufig und sehr heftig sind, noch wesentlich gefördert.

Der sichere Nachweis von Rutschungen dürfte zwar sehr schwierig zu erbringen sein, aber es gibt doch Anzeichen für plötzliche Verlagerung größerer Sedimentmassen an steilen Abhängen auch im Ozean. Als ein solches wird z. B. das wiederholte Brechen von transatlantischen Kabeln an steilen submarinen Abhängen angesehen.

Die Kabelbrüche bei Martinique während der Ausbruchsperiode des Mont Pelée 1902 werden von LACROIX nicht auf submarine Eruptionen, sondern auf Schlammströme zurückgeführt, welche sich von der Küste bis über 2500 m tief an dem submarinen Abhang hinabergossen haben. Den sichersten Beweis dafür, daß es sich hierbei um Schlammströme und nicht um submarine Lavaergüsse gehandelt hat, lieferte ein frischer Baumast, welcher sich in das Kabel verwickelt hatte und bei der Bergung desselben aus 2500 m Tiefe zutage gefördert wurde. Diese Schlammströme auf dem submarinen Abhang des Mont Pelée werden sich nur wenig von subaquatischen Sedimentrutschungen unterscheiden.

Es ist auch sehr wohl möglich, daß außergewöhnliche Flutwellen, welche nicht mit Erdbeben in Verbindung stehen, auf selbständige Rutschungen zurückzuführen sind, denn das plötzliche Abrutschen größerer Sedimentmassen dürfte sich auch an der Meeresoberfläche durch starke Wellenbewegung bemerkbar machen.

Auf diese Weise können im Bereiche der Tiefseegräben klastische Sedimente, sogar solche vom Charakter der Flachseebildungen bis in die größten Tiefen hinabgelangen, wo sie sich normalerweise nicht mehr bilden können. Zugleich mit den abgleitenden Sedimenten können natürlich auch Blöcke älterer Gesteine von beliebiger Größe, welche von

¹⁾ ARN. HEIM, Über rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung. Neues Jahrb. f. Min. 1908, II, S. 136. — S. auch: F. F. HAHN, Untermeerische Gleitungen bei Trenton Falls usw. N. Jahrb. f. Min. 1913. Beil. Bd. 36.

der Küste losgebrochen sind, in die Tiefe hinabrutschen. Sogar das Abwärtsgleiten ganzer Schichtpakete, welche durch tektonische Bewegungen losgelöst sind, auf den als Schmiermittel wirkenden jungen flyschartigen Sedimenten erscheint möglich, wie REYER, SCHARDT, PENCK, C. SCHMIDT, ABENDANON und andere es für die nordalpinen Decken annehmen.

6. Vergleich mit alpinen Gebirgen.

Am Schluß seines Vortrages: »Die Entstehung der Alpen,« weist PENCK¹⁾ auf die Beziehungen zwischen dem »Wulst« der »Inselgirlanden« des pacifischen Ozeans und dem »Vorlandgraben« und auf die steilen Böschungen zwischen beiden hin und wirft die Frage auf: »Haben wir es hier mit der ersten Phase der Entstehung eines Gebirges vom Typus der Alpen zu tun? Sollte uns die Tiefseeforschung ebenso neue Aufschlüsse über die ersten Anfänge der Alpenentstehung gewähren, wie das genauere Studium des heutigen Formenschatzes des Gebirges über die letzten Phasen seiner Entwicklung?« Die skizzenhafte Ausführung über den geologischen Bau und die Faciesverteilung der Sedimente im Bereich der Inselbögen mit Vortiefe berechtigen, glaube ich, schon jetzt dazu, diese Fragen mit »ja« zu beantworten.

In den Karpathen und Alpen ist ein ähnlicher zonarer Bau wie bei den Inselkränzen deutlich zu erkennen, und auch bei ihnen sind die vulkanischen Durchbrüche auf der Innenseite des Bogens erfolgt. Der graue Schlick am Abhang zur Vortiefe, der aus den Zerstörungsprodukten der benachbarten Inseln hervorgeht, ist nach meiner Überzeugung faciell identisch mit dem Flysch der Alpen und Karpathen, mit den Bündener Schiefern und den Schistes lustrés der Alpen, mit den Argille scagliose des Apennin und entsprechenden Bildungen anderer Gebirge, z. B. auch mit den Hundsrück- u. a. Schiefern des Variscischen Gebirges usw.

Zu der Zeit, als sich der Karpathensandstein und Flysch aus den Zerstörungsprodukten eines Inselbogens, der im Bereiche der jetzigen Zentralkarpathen gelegen haben mag, bildete, waren auch die Vulkane am Innenrande der Karpathen tätig. Die Karpathen scheinen also während der älteren Tertiärzeit ganz das Aussehen eines Inselbogens mit nichtvulkanischer Außenzone und vulkanischer Innenzone und mit Vortiefe an der Außenseite gehabt zu haben.

In den Alpen geht die Bildung flyschartiger Gesteine bis an das Ende der Trias oder den Anfang des Jura zurück, wie die Schistes lustrés und die Bündener Schiefer mit den »Breccien« (Brèche du Télégraphe, Chablaisbreccie, Falknisbreccie usw.) beweisen. Das setzt voraus, daß bereits während des Mesozoicums im Gebiet der Alpen Inseln aufragten, welche das Material für die mächtigen klastischen Ablagerungen lieferten.

¹⁾ Zeitschrift der Ges. für Erdkunde, Berlin 1908.

Aus den interessanten Ausführungen STEINMANN¹⁾ über die Sedimente und die Faciesgebiete der Alpen, ferner aus dem Faciesprofil der Sedimente der Alpen von C. SCHMIDT²⁾, den Darstellungen von DEECKE³⁾ und von KILIAN und PUSSENOT⁴⁾ läßt sich schon jetzt im allgemeinen erkennen, daß bereits im Mesozoicum im Alpengebiet beträchtliche Niveauunterschiede und eigenartige Sedimentationsverhältnisse bestanden haben müssen, welche sich am besten mit den oben skizzierten Verhältnissen im Bereiche der Inselbögen mit Vortiefen vergleichen lassen.

Ich will nur den folgenden Satz von C. SCHMIDT⁵⁾ zitieren: »Im alpinen Gebiet müssen sich vorerst infolge weit ausgreifender Einsenkungen und wohl auch infolge gleichzeitiger Aufstauungen namhafte Niveaudifferenzen herausgebildet haben, und das Ganze ist ergriffen worden von einer gewaltigen, lange Zeit andauernden, von Süd nach Nord⁶⁾ gerichteten tangentialen Schubkraft.«

Es läßt sich also jetzt schon deutlich erkennen und wird sich beim weiteren Analysieren der Faciesverhältnisse der alpinen Gebirge mit Sicherheit ergeben, daß diese nicht durch eine schnelle Auffaltung in kurzer Zeit entstanden sind, sondern daß sie im Laufe eines langen Entwicklungsprozesses, welcher mehrere geologische Perioden umfaßt hat, das Stadium der Inselbögen mit Vortiefe auf der Außenseite und Vulkanreihe auf der Innenseite durchgemacht haben.

Die Sedimentationsverhältnisse im Bereich der Tiefseegräben dürften auch »die Vereinigung von litoralen (rätischen) und abyssischen (Radiolarie) Schichten« in den Alpen, von der SUESS spricht⁷⁾, erklären.

Die Vorgänge am Außenrande der pacifischen Inselbögen scheinen mir auch, wie bereits angedeutet, geeignet, auf den Mechanismus der Deckenbildung und die Entstehung der Klippen ein Licht zu werfen. Hierbei spielen Rutschungen zweifellos eine sehr bedeutende Rolle. Gemäß der REYERSchen Gleitungstheorie nehmen SCHARDT, C. SCHMIDT und andere an, daß die nordalpinen Decken in eine präexistierende Depression (= Vortiefe) abgeglitten sind.

C. SCHMIDT schreibt⁸⁾: »Ein Moment erscheint mir von besonderer Bedeutung bei der Entstehung der Deckfalten zu sein: Die Bewegung

¹⁾ G. STEINMANN, Geologische Beobachtungen in den Alpen II. Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 26, 1905. — G. STEINMANN, Geologische Probleme des Alpengebirges. Z. d. D. u. Ö. Alpenvereins 37, 1906.

²⁾ C. SCHMIDT, Bild und Bau der Schweizeralpen. Basel 1907, S. 83, Fig. 79.

³⁾ W. DEECKE, Die alpine Geosynklinale. N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 33. 1902.

⁴⁾ W. KILIAN et CH. PUSSENOT, La Série sédimentaire du Briançonnais oriental. Bull. soc. géol. France. 4. Sér. T. XIII, 1913, S. 13.

⁵⁾ Bild und Bau der Schweizeralpen, S. 85.

⁶⁾ Im Text steht, wohl infolge eines Druckfehlers, »von Nord nach Süd«.

⁷⁾ Antlitz der Erde III, 2, S. 208.

⁸⁾ Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. Eclogae geol. Helvetiae, Vol. IX, 1907, S. 570—571.

fand statt im Sinne einer bereits vorgebildeten Neigung der Oberfläche der Erdkruste; immer rücken die Schollen vor gegen ein niedriges Vorland, sie setzen sich hinein in vorgebildete Depressionen. »

Dieses Abgleiten dürfte im wesentlichen unter dem Meeresspiegel erfolgt sein, während die zentralen Teile der Alpen als Inseln anstiegen und sich nach Norden gegen die Depression vorschoben. Die durch lange Zeiten bestehende Vortiefe wurde durch die von dem Inselarchipel abgetragenen Sedimente und die abrutschenden Gesteinsmassen z. T. ausgefüllt. TORNQUIST¹⁾ hat sich schon 1908 und 1909 für eine submarine Erhebung des Alpenzuges ausgesprochen, und drei Jahre später ist P. BECK²⁾ bei seinen Untersuchungen im Niesen-Habkerngebiet zu einer ähnlichen Auffassung gelangt, welche er in einer Serie von Profilen veranschaulicht hat.

In der Zone des Flysch, der helvetischen Decken und Klippen am Nordrande der Alpen hätten wir die ehemalige, jetzt ausgefüllte Vortiefe der Alpen zu suchen, wie SUESS es ausgesprochen hat, und wie es auf den Profilserien durch die Alpen von C. SCHMIDT: »Bild und Bau der Schweizeralpen, Taf. I, angedeutet ist. Wir bezeichnen sie am besten als die »helvetische Vortiefe«. An der Ausfüllung der ehemaligen Vortiefe hat neben der Sedimentation zweifellos die Abgleitung von Schollen auf dem steilen Gehänge einen bedeutenden Anteil gehabt, vielleicht sogar einen größeren, als man bisher im allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Aber die tektonischen Verhältnisse am Nordrande der Alpen lassen sich meines Erachtens keineswegs nur durch die REYERSche Abgleitungstheorie erklären, wie ABENDANON es will. Der Hauptfaktor bleibt immer das nach der ersten Aufwölbung (Großfalte) einsetzende Vorrücken der zentralen Teile der Alpen gegen die nördliche Vortiefe. Die damit verbundenen Überschiebungen werden sich am Rande der Vortiefe besonders intensiv äußern. Die Überschiebungsmassen werden hinaufgeschoben auf die frischen Sedimente am Abhang zur Tiefe und erhalten so eine schmierige Unterlage, welche das Abgleiten erleichtert. So können die helvetischen Decken auf der geneigten flyschbedeckten Unterlage noch lange in gleitender Bewegung gewesen sein, nachdem sie von ihren Wurzeln bereits losgelöst waren.

Ferner ist es nicht nötig, die Klippen in jedem Fall als Erosionsrelikte einer zusammenhängenden Decke aufzufassen, denn die Schollen können, nachdem sie aus dem Verbande gelöst sind, selbständig auf dem Abhange weiterrutschen und müssen doch schließlich alle in einer Zone, nämlich in der tiefsten Depression zum Stillstand kommen. Unter

1) A. TORNQUIST, Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehungen zu den ostalpinen Deckenschüben. N. Jahrb. f. Min. 1908, I, S. 63. — A. TORNQUIST, Die Annahme der submarinen Erhebung des Alpenzuges und über Versuche, Vorstellungen über submarine Gebirgsbildungen zu erlangen. Sitz.-Ber. Kgl. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1909.

2) P. BECK, Die Niesen-Habkerndecke und ihre Verbreitung im helvetischen Faciesgebiet. Eclogae geol. Helvetiae XII. 1912, S. 65—147.

diesen Gesichtspunkten werden sich vielleicht die tektonischen Verhältnisse der Voralpen (Préalpes romandes) und der Klippen am besten lösen.

Ich glaube, daß in den pacifischen Inselarchipelen auch Anzeichen für eine derartige Entstehung der Klippen vorhanden sind, und will in diesem Zusammenhange nur auf eine Inselgruppe im östlichen Malaiischen Archipel hinweisen, nämlich die Wajag-Inseln (auch Wiang- oder Wajang-Inseln geschrieben — Fig. 2 und Taf. VIII) östlich von Halmahera, welche ich im Juni 1912 von Bord S. M. S. »Planet« aus bei der Fahrt von Ternate, an der Westseite von Halmahera, nach Rabaul auf Neu-Pommern aufgenommen habe. Es ist die merkwürdigste Inselgruppe, welche ich auf der langen Seereise von Formosa durch die Philippinen, die Molukken und die Südsee gesehen habe. Der Nordwest-Südost streichende Inselzug besteht aus einem Gewirr von zahllosen, gegen Nordost aufgerichteten 100 bis höchstens 200 m über dem Meeresspiegel emporragenden Schollen eines gelblichweißen kompakten Gesteins, wahrscheinlich Korallenkalk, in dem an den senkrechten Abstürzen des Nordwestendes an wenigen Stellen mächtige Bänke eines etwas dunkleren, gelblichen Gesteins zu erkennen waren. Der Meeresboden scheint in der Umgebung der Inseln nicht unter 1000 m hinabzureichen. Da das Gebiet abseits vom Verkehr liegt, ist es noch garnicht vermessen.



Fig. 2. Die Wajag-Inseln östlich von Halmahera von Westen gesehen (vgl. Taf. VIII).

An eine Untersuchung war zu meinem größten Bedauern natürlich nicht zu denken, und so habe ich lange vergebens versucht, mir wenigstens dieses eigenartige und ganz außergewöhnliche Relief der Wajag-Inseln zu erklären, bis ich schließlich bei der Beschäftigung mit dem Problem der Tiefseegräben auf die Ähnlichkeit in der äußeren Erscheinung dieser Inselgruppe mit den Klippen am Nordrande der Alpen, z. B. Mythen oder Giswyler Stöcke aufmerksam wurde. Sollten die Wajag-Inseln vielleicht derartige Klippen sein, die jetzt im Begriff sind, gegen die Tiefe abzugleiten, nachdem sie durch tektonische Bewegungen von ihrer Wurzel losgelöst sind, oder die in früheren Zeiten in eine ehemals tiefere, jetzt wieder gehobene Depression hinabgeglitten sind? Auch wenn sich dieser Vergleich später als ein Irrtum erweisen sollte, so wäre es doch von größter Wichtigkeit, in Zukunft auf solche Erscheinungen zu achten. Ich verweise in diesem Zusammenhange auch auf die von J. WANNER von Westtimor beschriebenen Klippen¹⁾.

¹⁾ J. WANNER, Geologie von Westtimor. Geologische Rundschau IV, 1913. S. 136—150.

Außer der helvetischen Vortiefe am Nordrande der Alpen wäre aber noch eine andere von der ersten örtlich und zeitlich getrennte Depression anzunehmen, welche weiter südlich, und zwar im jüngeren Mesozoicum als Vortiefe vor dem aufsteigenden Alpenbogen bestanden hat. Sie ist erfüllt mit den Glanzschiefern (Schistes lustrés, Bündener Schiefer usw.) und mit den Gneisdecken des Simplon. Wir können sie vielleicht als die »Bündener Vortiefe« bezeichnen. Ich stelle mir den Hergang etwa folgendermaßen vor: Die mesozoische Depression wurde mit den flyschartigen Glanzschiefern und den Deckfalten des Simplon usw. teilweise ausgefüllt, während gleichzeitig (im Mesozoicum) die südlich davon gelegene Zone der Alpen aufstieg und gegen die Vortiefe vorrückte. Diese Vorwärtsbewegung ging in eine Überschiebung über, bis schließlich die Überschiebungsmasse, als *Traîneau écraseur*, am Ende des Mesozoicums über die Glanzschieferzone hinwegschritt bis an das Aar- und Gotthardtmassiv. Nach der Ausfüllung der Bündener Vortiefe bildete sich nördlich von den beiden Massiven eine neue Vortiefe, die helvetische, aus, welche im Tertiär ausgefüllt wurde. Es würde sich also für die Alpen ein zonares Wandern der Gebirgsbildung, das Angliedern immer neuer Ketten an die zentralen ergeben¹⁾, und zwar vom Mesozoicum bis in das Tertiär.

7. Niveaudifferenzen und spannungslose Niveaufläche (Fig. 1).

Eine bemerkenswerte Tatsache, auf die TH. ARLDT²⁾ hingewiesen hat, ist es, daß die Niveaudifferenzen zwischen den Tiefen der Tiefseegräben und den benachbarten Landerhebungen sich zwischen bestimmten Grenzen halten. Er kommt in seiner Zusammenstellung zu Höhenunterschieden von 8000—14000 m.

Dabei hat er allerdings vom rein morphologischen Gesichtspunkte aus die höchsten Landerhebungen ohne Rücksicht auf den geologischen Bau verwendet. Will man aber zu einem annähernd richtigen Werte der rein tektonischen Niveaudifferenz gelangen, so müssen die vulkanischen Aufschüttungen außer Betracht gelassen werden. Dann erhält man Werte von rund 8000—12000 m Differenz.

Bei einer so rohen Schätzung darf man unbedenklich den Betrag der Abtragung von der Landerhebung und der Sedimentanhäufung in der benachbarten Tiefe annähernd gleich setzen, also unberücksichtigt lassen. Der mittlere Wert der Niveaudifferenzen von 10000 m scheint mir, auch wenn er nach oben und unten noch um 2000 m schwankt, eine besondere Bedeutung zu haben.

Die neueren Forschungen über den Bau der Lithosphäre haben näm-

¹⁾ Vgl. STILLE, Zonares Wandern der Gebirgsbildung. Zweiter Jahresber. Niedersächs. geol. Ver. 1909, S. 34—48.

²⁾ TH. ARLDT, Über die geographische Lage der abyssischen Gräben. Globus 93. 1908. S. 60.

lich zu der Annahme geführt, daß die Erdrinde sich aus mehreren verschiedenartigen Schalen zusammensetzt¹⁾).

Die oberste, als Kompressionsschale bezeichnete Zone steht unter tangentialer Pressung und wird auf ungefähr 8000 m Dicke geschätzt. Darunter folgt eine 20 000—30 000 m mächtige Zone, in welcher dehnende Spannung herrschen soll; sie wird daher als die Tensionsschale bezeichnet. Diese beiden Zonen werden getrennt durch die spannungslose Niveaufläche, die man sich wohl als eine sehr wenig mächtige Zone vorzustellen hat, in der eine allmähliche Umkehrung von der Kompressions- in die Tensionsspannung stattfindet.

Daß die Niveaudifferenzen zwischen den Inselbögen und den Vortiefen annähernd mit der Tiefenlage der allerdings hypothetischen spannungslosen Niveaufläche übereinstimmen, scheint mir kein bloßer Zufall zu sein. Es dürfte vielmehr zwischen den großen Niveaudifferenzen der Erdoberfläche und der zonaren Gliederung der Erdkruste ein gewisses kausales Abhängigkeitsverhältnis bestehen, und der Absenkung in den Tiefseegräben scheint somit eine bestimmte untere Grenze gesetzt zu sein. Wie ich mir dieses kausale Verhältnis vorstelle, sei kurz angedeutet.

Bei der Faltung dürfte die Zonengliederung der Erdkruste im großen eine ähnliche Rolle spielen, wie die Schichtung bei dem faltenden Zusammenschub einer Sedimentserie, die aus abwechselnden, harten und weichen Schichten besteht.

Weiche plastische Schichten, die härteren zwischengelagert sind, werden hierbei an manchen Stellen zusammengestaucht und verdickt, an anderen ausgewalzt. Auf diese Weise nehmen die hangenden Schichten einen etwas anderen Faltenwurf an als die liegenden, wie es in den Alpen und im Schweizer Jura häufig beobachtet worden ist. (Disharmonische Faltung.)

Bei dem Vorhandensein einer sehr plastischen Schicht innerhalb der sich faltenden Serie kann es längs dieser Schicht zu einer vollständigen Abtrennung der hangenden von den liegenden Schichten kommen. Dieser Fall ist beim Schweizer Jura beobachtet und von BUXTORF als Abscherung bezeichnet worden²⁾. Die Abscherung ist erfolgt in den gipsführenden Schichten des mittleren Muschelkalks, und der Faltenwurf des Kettenjura hat nur die die Abscherungsdecke bildenden hangenden Schichten vom Tertiär bis zum Oberen Muschelkalk ergriffen. Wie die Unterlage sich verhält, ist nicht bekannt, es ist aber wahrscheinlich, daß sie in anderer Weise zusammengeschoben worden ist.

In der Erdrinde spielt nun zweifellos die spannungslose Niveaufläche bei der Faltung eine ähnliche Rolle, wie der gipsführende Mittlere Muschel-

¹⁾ F. VON WOLFF, Der Vulkanismus. I. 1913, S. 25—33. Vgl. hierzu auch E. RUDOLPH und S. SZIRTES: Zur Erklärung der geogr. Verbreitung von Großbeben. Peterm. Mitt. 60, I, 1914, S. 188.

²⁾ A. BUXTORF, Zur Tektonik des Kettenjura. 40. Vers. d. Oberrhein. geol. Ver. zu Lindau 1907. S. 29—38.

kalk im Schweizer Jura, d. h. sie wird eine Abscherung der Kompressionschale von der Unterlage und eine selbständige Faltung und Zusammenschiebung der ersteren veranlassen. In diesem Sinne sagt v. WOLFF, daß alle Faltungsvorgänge der Erde sich auf die Kompressionsschale beschränken¹⁾. Die tiefere Schale, die Tensionsschale, wird sich bei der Schrumpfung in anderer Weise falten oder zusammenschieben.

Wenn wir für das staffelförmig gebaute Gebiet Ostasiens nicht Zerrung im Sinne von RICHTHOFEN, sondern die Wirkung von tangentialen Druck wie bei den anderen Gebirgen annehmen, so ist leicht einzusehen, daß die Kompressionsschale des gehobenen Flügels einer Staffel sich nach und nach in ihrer ganzen Dicke auf den gesunkenen Flügel der Nachbarstaffel hinaufschieben wird. Und da die Dicke der Kompressionsschale auf etwa 10 000 m geschätzt wird, so müssen die so entstandenen Höhenunterschiede zwischen Gebirgs- oder Inselbogen und Vortiefe um diesen Betrag schwanken.

Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die spannungslose Niveaufläche nicht die einzige Abscherungsfläche ist, sondern daß sich innerhalb einer in Überschiebung begriffenen Scholle der Kompressionsschale mehrere Abscherungs- oder Gleitflächen bilden, etwa in der Weise, wie sie E. O. ULRICH für die Entstehung der Appalachen angenommen hat²⁾.

8. Beziehungen zum Vulkanismus (Fig. 3 u. 4).

Die Beziehungen der Inselbögen mit Vortiefe zu den vulkanischen Erscheinungen, die als eine Hauptstütze der Zerrungstheorie angesehen werden, beanspruchen eine besondere Besprechung.

Bei dem Mechanismus des Aufstauens und Hinaufschiebens des gehobenen Schollenrandes über den gesunkenen der Nachbarstaffel wird der erstere nach mehreren Richtungen von zahlreichen Brüchen zerstückelt werden in der Weise, wie VOLZ es für den Sundabogen³⁾ dargestellt hat. Die Bruchstücke des Schollenrandes werden sich gegeneinander verschieben, und dadurch werden besonders an den Stellen, wo zwei oder mehrere Bruchlinien sich kreuzen, Lücken entstehen, welche dem unter hohem Druck stehenden Magma den Durchbruch an die Erdoberfläche gestatten.

Im einfachsten Falle, bei einem sich rechtwinklig kreuzenden Sprungsystem, werden sich bei einer schrägen oder annähernd diagonalen Schubrichtung an den Schnittpunkten der Störungen einfache rechteckige Lücken bilden (Fig. 3), da die Schollen sich nicht gleichmäßig ver-

1) S. v. WOLFF, Der Vulkanismus. I. S. 19.

2) S. die Profile in K. ANDRÉE, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung 1914. S. 59.

3) W. VOLZ, Der Malaiische Archipel, sein Bau und sein Zusammenhang mit Asien. Sitz.-Ber. d. Phys.-med. Sozietät i. Erlangen. 44. 1912. S. 178—204 1 Taf.

schieben. Bei mehreren unregelmäßig sich kreuzenden Bruchsystemen, wie sie in der Natur vorkommen, wird die Lückenbildung natürlich viel komplizierter sein.

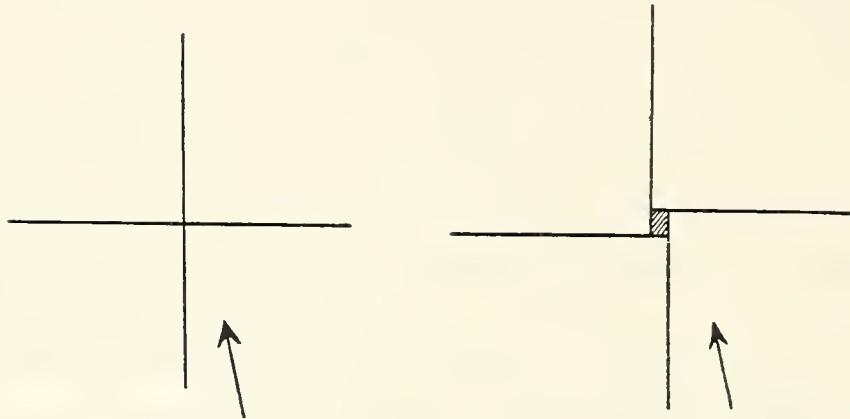


Fig. 3. Rechtwinkliges Sprungsystem vor und nach seitlicher Verschiebung.

Die Lücken werden in demselben Augenblick, wo sie entstehen, mit dem aus der Tiefe aufsteigenden Magma ausgefüllt. So bauen sich über den Lücken die Vulkane auf. Die vulkanischen Durchbrüche haben also nach unserer Auffassung mit Zerrung nichts zu tun, sondern entstehen dadurch, daß ein unter allseitigem tangentialen Druck stehendes zerstückeltes Schollensystem nach einer Seite ausweichen kann oder mit anderen Worten nach einer Richtung geschoben wird.

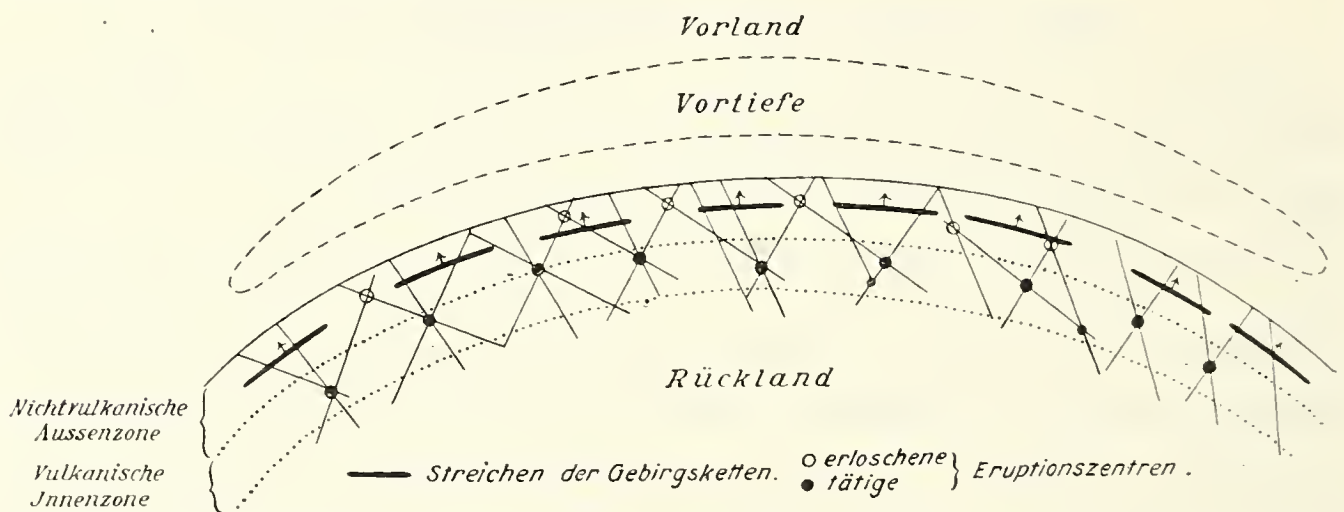


Fig. 4. Schema eines Inselbogens mit Vortiefe, die Beziehungen zwischen Spaltensystem und Vulkanismus veranschaulichend.

Die vulkanische Tätigkeit ist stets an eine bestimmte Zone gebunden, welche in der Regel, sobald mehrere Zonen entwickelt sind, auf der Innenseite des Bogens liegt. Das Fehlen von Vulkanen in der Außenzone würde sich nach unserer Auffassung durch die Überschiebung am Außenrande erklären. Hier liegt die oberste Erdrindenschale gewissermaßen doppelt und erschwert dem Magma den Durchtritt, während weiter innerhalb die durch die seitliche Verschiebung entstehenden Lücken das Magma leicht zur Oberfläche aufsteigen lassen. Bei fortschreitender Überschiebung müßte demnach die vulkanische Tätigkeit von außen nach innen zurückweichen, da den äußeren Vulkanen durch die Über-

schiebung die Zufuhrkanäle abgeschnitten werden. Bei den Alpen sind in der Tat die Eruptivgesteine umso weiter nach Süden, also nach der Innenseite gerückt, je jünger sie sind.

9. Schollenbau der Erdrinde (Fig. 5—8).

Eine Eigentümlichkeit der Tiefseegräben ist ihre Lage am Rande der Ozeane, bzw. in unmittelbarer Nähe von Gebirgs- oder Inselbögen. Sie sind genetisch aufs engste verbunden mit dem pacifischen Küstentypus.

Diese unmittelbare Nachbarschaft von Höhen und Tiefen wird am besten veranschaulicht durch Profile, die wir durch den ostasiatischen Kontinentalrand legen, z. B. von der Mandschurei bis zum Japanischen Graben (Fig. 5) und von den Philippinen bis zum Marianen-Graben (Fig. 6)¹⁾.

Die Profile lassen übereinstimmend erkennen, daß die Erdrinde im Gebiet von Ostasien und dem westlichen pacifischen Ozean sich aus einer Reihe gleichsinnig geneigter Schollen zusammensetzt. Wie bekannt, hat RICHTHOFEN diesen Bau in Ostasien zuerst erkannt und als staffelförmige Absenkung infolge von Zerrung gedeutet. Da die RICHTHOFENSche Bezeichnung mit dem Begriff der »Zerrung« eng verbunden ist, die wir in der RICHTHOFENSchen Auffassung durchaus ablehnen, so sei dafür »isoklinaler Schollenbau« gesetzt.

Bei den gleichsinnig geneigten Schollen ist stets, wie oben ausgeführt, der gehobene Schollenrand aufgewulstet, und die Gesteine sind gegen die Vortiefe zusammengestaucht, gefaltet und z. T. überschoben. Das Zusammentreffen von Kippung der Schollen und Aufstauen des gehobenen Randes läßt sich unter keinen Umständen durch Zerrung mechanisch erklären, sondern nur auf seitlichen Zusammenschub zurückführen. Dieser Zusammenschub ist zunächst als allseitiger Gewölbe- oder Tangentialdruck zu denken. Durch das Kippen der Schollen und durch die Abscherung längs der spannungslosen Niveauflächen von der Unterlage wird es den äußeren Erdrindenschalen ermöglicht, den Gegendruck zu überwinden und nach einer Richtung auszuweichen, wobei sich ihre Ränder übereinanderschieben. Auf diese Weise wird die Wirkung des Druckes gleich der eines einseitigen Schubes. Und da die Bezeichnung der Richtung nur eine relative Bedeutung hat, ist es gleichgültig, ob man von Überschiebung des gehobenen oder Unterschiebung des gesunkenen Schollenrandes spricht.

Die Betrachtung der Gebirgszüge der Erde lehrt uns, daß nicht überall auf der Erde der isoklinale Schollenbau in der Weise vorherrscht wie in Ostasien. In anderen Gebieten sind die Schollen nicht gleichsinnig, sondern wechselnd gegeneinander geneigt und aufgerichtet oder abwechselnd gehoben und gesenkt. Die erstere Anordnung, die als irregulärer oder

¹⁾ Die Profile Fig. 5—8 sind nach der neuen, vom Fürsten von Monaco herausgegebenen bathymetrischen Karte der Ozeane, 10mal überhöht, gezeichnet.



Fig. 5. Profil Mandschurei — Japanischer Graben.



Fig. 6. Profil Philippinen — Marianen-Graben.



Fig. 7. Profil Tien Schan — Himalaja.

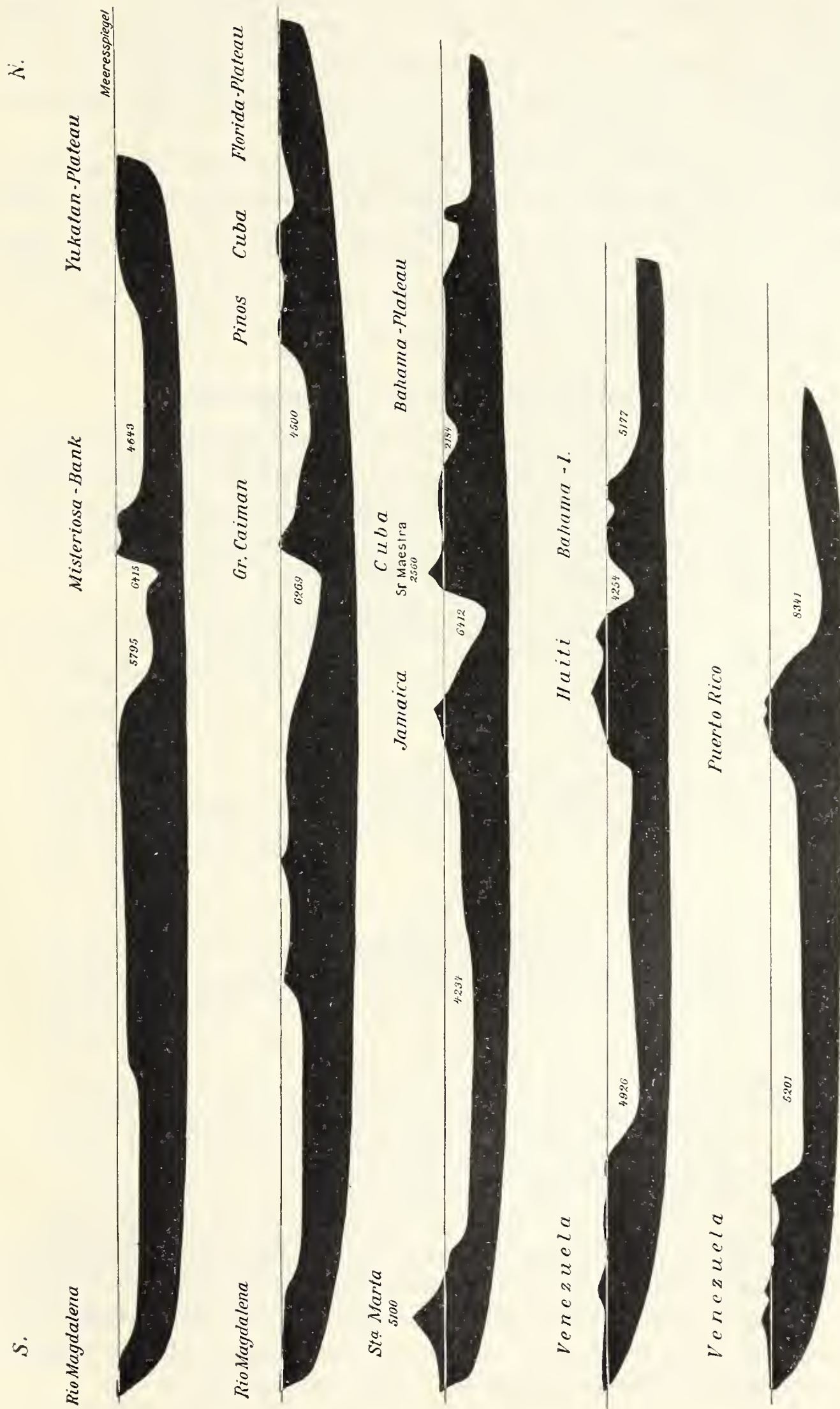


Fig. 8. 5 Profile durch die Großen Antillen und das Karailische Meer.

anisoklinaler Schollenbau bezeichnet sei, zeigt uns das Relief des Gebietes der Großen Antillen, das durch die fünf Profile, Fig. 8, veranschaulicht wird. Die letztere Art des Schollenbaus, die man als die schwebende oder horizontale bezeichnen kann, gibt ein Profil vom Tianschan bis zum Himalaja (Fig. 7) zu erkennen. Sie scheint im wesentlichen in Zentralasien vorzuherrschen.

Es braucht wohl kaum darauf hingewiesen zu werden, daß diese drei Arten des Schollenbaus, der isoklinale, der anisoklinale und der horizontale, sich nicht gegenseitig ausschließen, sondern oft nebeneinander vorkommen und ineinandergreifen. Ein Gebiet, in dem zwei oder alle drei Arten vorkommen, scheint mir der große Gebirgszug der Kordilleren, Rocky Mts. und Anden zu sein.

10. Entwicklungsreihe der Gebirge (Fig. 9).

Wenn wir nun unter den gewonnenen Gesichtspunkten versuchen, uns die Entstehung eines Inselbogens mit Vortiefe zu vergegenwärtigen und diesen auch wieder als etwas werdendes, sich weiter Entwickelndes betrachten, so gelangen wir zu der Aufstellung eines Schemas einer Entwicklungsreihe der Gebirge mit den folgenden vier Typen:

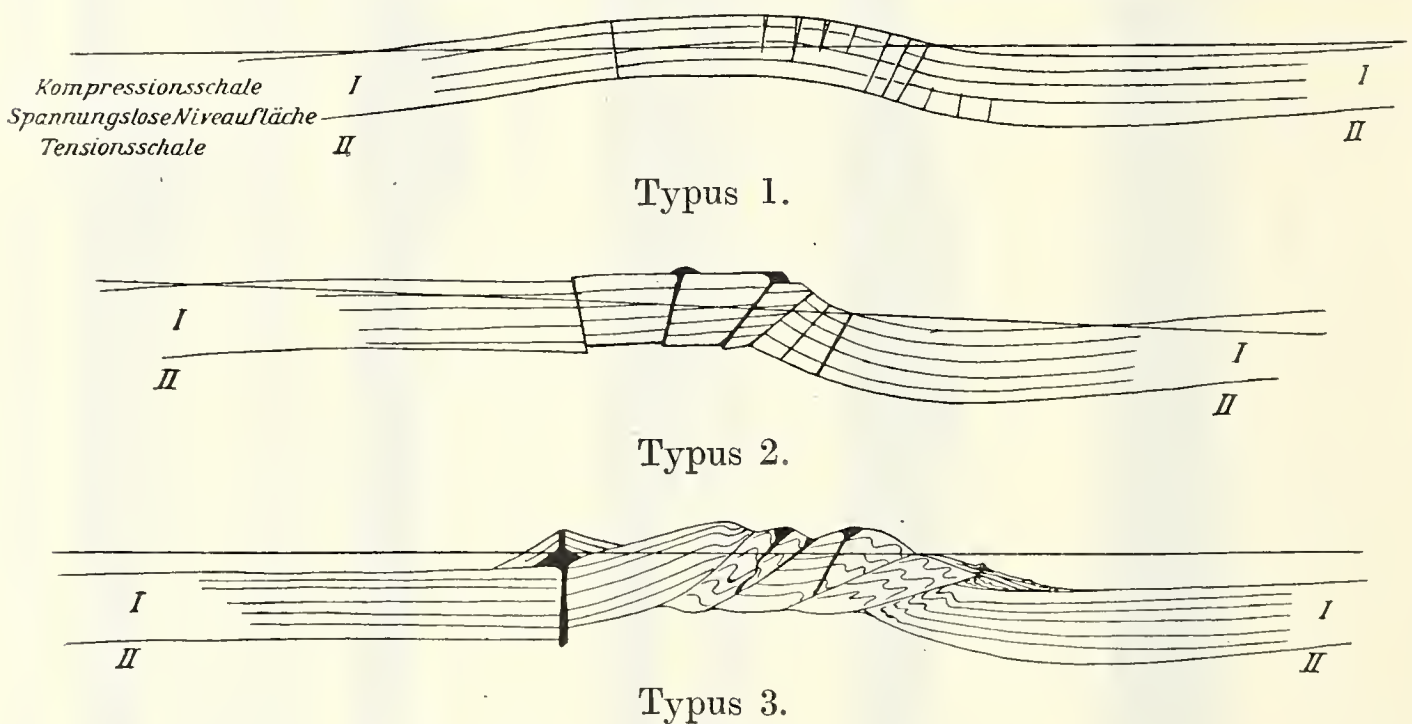


Fig. 9. Schemata zur Entwicklungsreihe der Gebirge.

Typus 1. Großflexur = einseitig gebaute Großfalte.

Typus 2. Ostasiatischer Typus.

Typus 3. Inselbogen mit Vortiefe.

1. Großflexur = Einseitig gebaute Großfalte (ABENDANON)¹⁾. Absinken einer Scholle von einer benachbarten, sich aufwölbenden längs einer Flexur, die durch mehrere parallele Verwerfungen abgelöst werden kann. Distraktionserscheinungen (Horste, Gräben, Vulkane) auf der Aufwölbung. (Fig. 9, Typus 1.)

¹⁾ E. C. ABENDANON, Die Großfalten der Erdrinde. S. 176—177.

2. Ostasiatischer Typus: Isoklinaler Schollenbau mit geringer Aufpressung des gehobenen Schollenrandes auf den gesunkenen der Nachbarscholle. Vulkanische Tätigkeit auf dem gehobenen Rande. (Vgl. hierzu die Darstellung DE LAPPARENTS von den Beziehungen zwischen dem Vulkanismus und den Dislokationen der Erdrinde¹.) In der Gegenwart gehören zu diesem Typus vielleicht die Aleuten und Kurilen, während die nordchinesischen Gebirge einen fossilen, wahrscheinlich im Mesozoicum auf diesem Stadium stehen gebliebenen Typus dieser Art darstellen. (Fig. 9, Typus 2.)
3. In mehrere Zonen gegliederter Inselbogen mit Vortiefe: Isoklinaler Schollenbau mit Überschiebung des gehobenen Schollenrandes (= Traîneau écraseur) über die Vortiefe. Gliederung des Inselbogens in eine nichtvulkanische Außenzone (Eruptionszentren erloschen) und eine vulkanische Innenzone. Riu-Kiu-Inseln, Neue Hebriden u. a. Subaquatische Rutschungen am Außenrande. (Fig. 9, Typus 3 u. Fig. 1.)
- 4) Typus der alpinen Gebirge: komplizierter Bau von Schollen und Deckenüberschiebungen; Überschiebung vollendet, Vulkane erloschen (Alpen, Karpathen usw.). Siehe die Profilserie durch die Schweizeralpen von C. SCHMIDT²).

Bei fortschreitender Erforschung des geologischen Baues der pacifischen Randgebirge und durch vergleichende Studien an den Gebirgen der Erde wird es möglich sein, diese vorläufige und naturgemäß noch sehr hypothetische Entwicklungsreihe der Gebirge zu berichtigen und durch eine vollständige zu ersetzen. In den pacifischen Inselbögen mit Vortiefe liegt nach meiner Überzeugung der Schlüssel für das Verständnis der alpinen Gebirge.

Das vornehmste Ziel der tektonischen Wissenschaft ist also, die Entwicklungsgeschichte der Gebirge von den ersten Anfängen bis zum alpinen Gebirge zu verfolgen. Dabei muß allerdings die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, daß es Gebirge gibt, welche auf dem Anfangsstadium stehen geblieben sind, genau so wie es in der organischen Welt primitive und höher entwickelte Typen desselben Stammes gibt. Solch einen auf primitiver Stufe stehen gebliebenen Typus stellen meines Erachtens, wie erwähnt, die nordchinesischen Gebirge dar.

Die Annahme, daß die Inselbögen mit Vortiefe werdende Gebirge sind, und daß die Alpen und wahrscheinlich auch die übrigen alpinen Gebirge von Gibraltar bis zum Himalaja bereits im Mesozoicum und das variscische und armorikanische Gebirge im Devon oder noch früher sich in dem Stadium der Inselbogen mit Vortiefe befunden haben, ist für die Auf-

¹) Traité de Géologie. 5. Ed. 1906. I. S. 530, Fig. 127, s. auch v. WOLFF, Der Vulkanismus. I. S. 279. Fig. 76.

²) C. SCHMIDT, Bau und Bild der Schweizeralpen. Basel 1907. Taf. I. Fig. 3—6.

fassung von der zeitlichen Verteilung der gebirgsbildenden Vorgänge und der geologischen Entwicklung der Erde überhaupt von großer Bedeutung. Die Gebirgsbildung kann dann nicht auf Silur, Carbon und Tertiär beschränkt gewesen sein, wie noch vielfach angenommen wird, sondern es muß mit einer Kontinuität der Gebirgsbildung zu allen Zeiten der erdgeschichtlichen Entwicklung gerechnet werden, wobei nur der Schauplatz der Umgestaltung der Erdoberfläche im Laufe der Zeiten gewechselt hat. Daß die Ansicht von dem periodischen Wechsel langer Zeiten tektonischer Ruhe mit Zeiten der Gebirgsbildung eine so allgemeine Verbreitung gefunden hat, erklärt sich wohl aus der früheren Überschätzung der europäischen Verhältnisse und aus der gegenwärtig noch sehr großen Lückenhaftigkeit unserer Kenntnis vom geologischen Bau der Erdoberfläche. Zurzeit liegen jedoch bereits zahlreiche Beobachtungen vor, welche erkennen lassen, daß nicht nur im Tertiär, Carbon und Silur, sondern auch im Mesozoicum bedeutende gebirgsbildende Bewegungen stattgefunden haben, und daß sie noch in der Gegenwart stattfinden. Betreffs des Mesozoicums erinnere ich an die Untersuchungen STILLES in Nordwestdeutschland und an die Beobachtungen in Nord- und Südamerika, die von SUESS im »Antlitz der Erde«, Bd. III besprochen worden sind. In dem Maße, als unsere Kenntnisse vom geologischen Bau der Erdrinde zunehmen, werden auch die angeblichen Ruhepausen in dem tektonischen Werdegang der Erdrinde ausgefüllt werden.

Dasselbe, was für die Gebirgsbildung gilt, gilt auch für den Vulkanismus, der mit ihr in vielen Fällen eng verknüpft ist.

V. Preisausschreiben.

Die Rheinische Gesellschaft für wissenschaftliche Forschung schreibt folgende drei Preisaufgaben aus dem Gebiete der menschlichen Vorgeschichte aus:

1. Es sind die Materialien zusammenzustellen für die Erörterung der Frage nach den Landverbindungen, die zur Tertiär- und Quartärzeit im atlantischen Ozean und im Mittelmeer für die Wanderungen der Primaten bestanden haben. Preis 800 M.

2. Es sind die Tatsachen zusammenzustellen und zu erörtern, die auf einen zeitlichen oder ursächlichen Zusammenhang zwischen der Umbildung der Tierwelt (und des Menschen) und den klimatischen Änderungen während der jüngsten Tertiärzeit und der Diluvialzeit hindeuten. Preis 800 M.

3. Welche anatomischen und physiologischen Anhaltspunkte sind vorhanden zur Erklärung des aufrechten Ganges beim Menschen? Preis 800 M.

Die Arbeiten sind in deutscher Sprache abzufassen und in Maschinenschrift geschrieben bis zum 1. Januar 1916 mit Motto versehen an den Vorsitzenden der Rheinischen Gesellschaft für wissenschaftliche Forschung in Bonn, Nuss-Allee 2, einzusenden. Ein geschlossener Umschlag, mit demselben Motto versehen wie die eingesandte Arbeit, muß den Namen des Verfassers enthalten.





Horn. Die Wajag-Inseln östl. von Halmahera (Molukken) von Westen gesehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Horn E.

Artikel/Article: [Über die geologische Bedeutung der Tiefseeegräben 422-448](#)