

Geomorphologische Studien aus Ostasien.

Von

FERDINAND VON RICHTHOFEN.

IV. Über Gebirgskettungen in Ostasien, mit
Ausschluss von Japan.

V. Gebirgskettungen im japanischen Bogen.

Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten
der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1903, Stück XL
(Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe vom 30. Juli 1903).

Berlin 1903.

Gedruckt in der Reichsdruckerei.

Geomorphologische Studien aus Ostasien.

IV. Über Gebirgskettungen in Ostasien, mit Ausschluss von Japan.

VON FERDINAND VON RICHTHOFEN.

In den vorhergehenden Abtheilungen dieser »Studien«¹ sind eine Anzahl bogenförmiger Gebirgsschwelungen betrachtet worden, welche theils im ostasiatischen Binnenland liegen und dort ein bedeutsames morphologisches Element sind, theils die östlichen Küsten des Continents bilden und deren Verlauf bestimmen. Es wurden die Ergebnisse betreffs der äusseren Formen, der Beziehungen zum inneren Bau der angrenzenden Erdrindentheile, der Art der tektonischen Bewegungen und des Alters der letzteren vergleichend zusammengestellt. Die Untersuchung des Riukiu-Bogens gab ausserdem Veranlassung, die Art des Einfügens seiner Enden in den Gebirgsbau der dort von ihm berührten Länder, nämlich der Inseln Formosa und Kiuschiu, zu erörtern. Auch bei anderen Bogen ist gelegentlich auf die Art ihrer Angliederung an ein anderes orographisches Gebilde Bezug genommen worden. Doch wurden die Formen des Zusammenfügens einer allgemeineren Betrachtung noch nicht unterzogen.

Ich will nun versuchen, an der Hand derjenigen Fälle, in denen genügende Untersuchungen vorliegen, die gleichartigen Erscheinungen in Kategorien zusammenzufassen. Die Ergebnisse dürften geeignet sein, als Unterlage für weitergehende Schlussfolgerungen auf genetische Vorgänge und für den Vergleich mit manchen Verhältnissen an anderen Erdstellen zu dienen. Ich selbst habe versucht, sie auf die räthselhaften Probleme anzuwenden, welche das Gefüge der japanischen

¹ 1. Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens; diese Sitzungsberichte 1900, S. 888—925 (bei dieser Abhandlung wurde der generelle Titel »geomorphologische Studien« noch nicht angewandt). — 2. Gestalt und Gliederung der ostasiatischen Küstenbogen; ebenda 1901, S. 782—808. — 3. Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln; ebenda 1902, S. 944—975, mit Karte Taf. III. — Im Folgenden sind die drei Abhandlungen als I, II, III mit der betreffenden Seitenzahl citirt.

Inseln bietet. Hierüber handelt der weiter unten folgende fünfte Abschnitt dieser Studien.

Bei übersichtlichen Betrachtungen in den früheren Abtheilungen war öfter davon die Rede, dass aneinandergereihte Bogen sich wie Glieder einer Kette zusammenfügen. Es erschien mir für den Einzelfall, wo es sich um die gegenseitige Angliederung von zwei Gebirgen handelt, der entsprechende Ausdruck »Kettung« als eine angemessene, mit einer theoretischen Erklärung nicht verbundene Bezeichnung.

Nur wenige Bezeichnungen sind bisher für Formen der gegenseitigen Aneinanderfügung von Gebirgen angewandt worden, und es knüpfen sich an sie noch kaum bestimmte Begriffe. EDUARD SUESS hat die Benennungen »Scharung« und »Virgation« in den wissenschaftlichen Gebrauch eingeführt. Das am meisten typische Beispiel für erstere ist die von ihm selbst scharfsinnig nachgewiesene Indische Scharung¹, bei welcher zwei homologe Faltungsgebirge sich in convergirenden Bogenformen vereinigen. Zwar ist dies beim Bergbau, dem der Ausdruck entnommen ist, ein minder häufiger Fall; aber das Wort hat sich an das genannte, classisch gewordene Beispiel so fest gekettet, dass es zweckmässig erscheint, seine Anwendung weiterhin auf ähnliche Fälle zu beschränken. Besser entspricht dem montanistischen Brauch der häufigere Fall, dass ein kleineres Gebirge sich einem grösseren anschmiegt und sich mit ihm zu einem Ganzen vereinigt; und in der That ist der Ausdruck »Scharung« häufig darauf angewandt worden. Es ist aber klar, dass hier ein ganz anderes Princip der Kettung eines Gebirges an ein anderes zu Grunde liegt. Während mir vom ersteren Fall ein sicher nachweisbares Beispiel in Ostasien nicht bekannt ist, ist der zweite häufig und in zweierlei typischen Formen vertreten.

Ähnlich verhält es sich mit der Bezeichnung »Virgation«. SUESS führte sie 1885 ein² für das fächer- oder ruthenförmige Auseinandergehen der Alpen an ihrem östlichen Ende in mehrere einseitige Ketten, welches er zehn Jahre zuvor in dem grundlegenden Werk »Die Entstehung der Alpen« eingehend beschrieben hatte.³ Es wird hierbei auf die Homologie der Lage von Rück- und Vorderseite bei den einzelnen Ketten Werth gelegt. Abweichend von dieser Art polytomen

¹ SUESS, Antlitz der Erde I, 1885, Abschnitt 7: »Die Indischen Scharungen«, S. 544—591, besonders S. 574—576. »Wie zwei flache Lavaströme oder zwei Güsse von Schlacke, neben einander hinfließend, ihre erstarrenden Wellen scharen lassen an einer langen Linie, an welcher sich diese Wellen bald vereinigen und bald gegenseitig schleppen, so begegnen sich diese Ketten des Himalaya und Hindukusch.« Es convergieren also die Richtungslinien der faltenden Kräfte.

² SUESS, Antlitz I, S. 354.

³ SUESS, Entstehung der Alpen, 1875, S. 36.

Auseinandergehens eines zusammengesetzten Gebirges an seinem Ende ist das gliedweise sich vollziehende Ablösen einzelner Ketten von einem Hauptstamm, wie es am Felsengebirge auftritt.¹ Obwohl gleichfalls als Virgation bezeichnet, ist es doch besser als ein Typus anderer Art davon zu trennen.

Ich betrachte im Folgenden:

- A. Die Natur der ostasiatischen Bogengebilde.
- B. Die Formen der Kettung selbständiger Bogengebilde.

A. Die Natur der ostasiatischen Bogengebilde.

Zur Kennzeichnung der Art der ostasiatischen Bogengebilde seien einige einleitende Worte gestattet.

Tektonische Linien, d. h. die Schnittlinien tektonischer Trennungsflächen mit der Erdoberfläche, haben ihren Ursprung in Deformationen, welche auf differentieller Verticalverschiebung, oder auf Zusammenschiebung, oder auf Auseinanderzerrung beruhen können. Schwellung, Senkung oder Torsion können diesen Vorgängen ebenso zu Grunde liegen, wie Schrumpfung oder Dehnung der Unterlage. Im Fall der Zusammenschiebung äussert sich die Auslösung der Spannungsdifferenzen in Bruch und Überschiebung, oder in Faltung und Überfaltung. Im Fall der Zerrung in Bruch und einseitiger Absenkung, wobei in den der Oberfläche zunächst gelegenen Theilen Flexur durch Schlepung eintreten kann.

Benachbarte Erdrindentheile, welche in langer Vorgeschichte Sonderbewegungen der einen oder anderen Art erfahren hatten, gleichviel ob ein genetischer Zusammenhang zwischen ihnen bestand oder nicht, konnten später in eine entweder mit den früheren zusammenfallende, oder davon ganz unabhängige, einheitlich gleichsinnige Bewegungsform hineinbezogen und durch sie zu einer morphologischen Einheit verbunden werden. Die dadurch entstandenen langgestreckten Deformationsgebilde haben in der Regel Bogenform. Je nach der Art der zur Verbindung führenden Bewegung giebt es zwei Kategorien von Bogengebirgen, und es ist zu prüfen, welcher von ihnen diejenigen des östlichen Asiens im Einzelnen zugehören.

a) Die bogenförmige Verbindung durch Zusammenschieben ergiebt den Stauungsbogen, oder den Alpentypus. So sehr gegenwärtig die Anschauungen über den Mechanismus der faltigen oder brüchigen Oberflächenstauung und ihre Ursachen, sowie über die Art gleichzeitiger compensirender Massenbewegungen auf der Rückseite und in der Tiefe im Fluss begriffen sind, ist es doch klar, dass in Gebirgen vom Typus

¹ SUESS, Antlitz I, S. 726.

der Alpen, Karpathen, Appenninen und des Himalaya der Verschiedenartigkeit der inneren Gebirgsthelle die Einheitlichkeit der Faltungsbogen an der Aussenseite, dem bunten geologischen Farbenbild im Innern die relative Gleichartigkeit der Aussenrandzonen gegenübersteht. Auch darüber herrscht kein Zweifel, dass, wie zuerst SUSS zu klarer Darstellung gebracht hat¹, durch das tangential, oder auch, nach REYER's beachtenswerther Auffassung, durch das von höheren nach niederen Theilen gerichtete Zusammenschieben auf einen engeren Raum, häufig solche Gesteinsmassen, welche sich einst in grösserer Entfernung von einander unter verschiedenen Umständen ablagerten, in enge gegenseitige Berührung gekommen sind; und seit den classischen, für das Verständniss orogenetischer Vorgänge grundlegenden Arbeiten von PEACH und HORNE im nördlichen Schottland sind die Begriffe über das mögliche und thatsächliche Ausmaass, welches Überschiebungen, auch wenn der Effect der Stauung sich nicht in Faltung, sondern in Bruch äussert, erreichen können, überraschend erweitert worden. ALBERT HEIM, MARCEL BERTRAND, SCHARDT und LUGEON haben dies für die Alpen in stetiger Steigerung dargethan, und TÖRNEBOHM hat den im Bereich der Wahrscheinlichkeit liegenden Höchstwerth für das Ausmaass der Überschiebung noch vergrössert. In allen hierher gehörigen Fällen sind die Zonen der Stauung frei von gleichzeitigen Ausbrüchen von Tiefengesteinen; dagegen sind solche vielfach mit Senkungen auf der Rückseite der betreffenden Gebirge verbunden gewesen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser Typus der von ausgleichenden Faltungszonen jüngeren Alters einseitig umgürteten Bogengebirge in den Inselzügen Ostasiens ausgezeichnet vertreten ist; aber seine Erkennung würde nur an der Hand der den Innentheilen eigenen Symptome möglich sein. Sind auch in der Regel altgestaute Massen in dem Gesamtbau reichlich vorhanden, so geben sie doch bis jetzt keinen sicheren Anhalt; die gefalteten jüngeren Randzonen aber sind entweder in unzureichenden Fragmenten oder gar nicht sichtbar, da das Meer sie verbirgt. Unter den Bogengebilden des ostasiatischen Festlandes ist keines, welches einen einwandfreien Anhalt für seine Zurechnung zum Alpentypus giebt; denn die tektonischen Linien, welche der Gestalt der äusseren Grenzbogen zu Grunde liegen, stehen in keinem nachweisbaren Zusammenhang mit randlichen Stauungen. Eine sichere Analogie im Gefüge der inneren Gebirgsthelle bietet nur der Tsinling-schan; aber er ist ein Rumpf aus früher Zeit, es fehlt ihm die Bogenform, und es fehlen die Aussenzonen. Er ist ein Gebirge eigener Art.

¹ SUSS, Entstehung der Alpen.

b) Aus der bogenförmigen Verbindung durch tektonische Linien, welche auf der Wirkung zerrender Kräfte beruhen, geht der Zerrungs-bogen oder der ostasiatische Typus hervor. Ich habe im ersten und zweiten Theil dieser Studien zu zeigen gesucht: 1. dass sich nördlich von der Linie des Tsinling-Gebirges seit voralgonkischer Zeit in gewissen Breitenzonen die Tendenz zur Bildung von Rupturen, welche auf Zug nach SSO beruhen und der den Grundbau von Ostasien beherrschenden sinischen Richtung (im Mittel $W 30^{\circ} S - O 30^{\circ} N$) folgen, und damit die Zerlegung von Tafeln oder Abdachungen in rostartig angeordnete, parallele, annähernd in derselben Richtung streichende Gebirgstreifen bis in die Tertiärzeit hinein geltend gemacht hat; 2. dass eine in ihrem Anfangsstadium wahrscheinlich erst nach der permischen Zeit herausgebildete, vermuthlich aber noch jüngere, anscheinend auf östlichem Zug, nach dem Pacifischen Becken, beruhende Bruchzone im Bogen eines grössten Kreises das continentale östliche Asien durchzieht und, bei der Interferenz mit den einzelnen gelockerten Zonen des erstgenannten Systems, eine Zerlegung in einzelne homolog gestaltete, kettenartig an einander gegliederte Theile erfahren hat, wobei sich die Linien der beiden Systeme in jedem einzelnen Fall zu einem gegen den Ocean convexen Bogen verbanden; 3. dass diese Bogen gebirgsartige Randanschwellungen grosser, nach innen schüsselförmig sich abdachender Schollen, sogenannter »Landstaffeln«, bilden, während der Aussenrand steiler zu der zunächst nach aussen folgenden, entlang dem Rand tiefer abgesenkten Landstaffel abfällt; 4. dass die zweite, durch das Herrschen einer meridionalen Componente ausgezeichnete Bruchzone das Tsinling-Gebirge durchschneidet, und die Tendenz zur Bogenbildung auch südlich von diesem fortsetzt, in Gegenden, wo jene rostförmige Zerlegung nicht mehr zu beobachten ist; 5. dass, im Gegensatz zu den aus Stauung hervorgegangenen Faltungs- oder Überschiebungszonen, die Bogengebilde des ostasiatischen Typus von Ausbrüchen von Tiefengesteinen verschiedener Altersstufen begleitet sind.

Eine andere bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Bogengebilde wurde in dem Umstand gefunden, dass, während die Störungslinien in den äquatorialen Schenkeln ganz oder nahezu in der Richtung des Streichens der vorcambrisch zusammengefalteten archaischen Schiefer liegen, die Bruchlinien der meridionalen Schenkel in der Gesamtheit der Erscheinungen von der inneren Anordnung unabhängig sind und Erdrindentheile vom verschiedensten geologischen Bau unbeirrt durchschneiden. In einigen Fällen, wie (vielleicht) im Sikhota-alin und sicher im südlichen Formosa, ist letzterer wenigstens streckenweise den Brüchen parallel; aber in der Regel verlaufen diese widersinnig

zu den Streichrichtungen. In einem Fall, für den dies vermuthungsweise (II, 792) ausgesprochen wurde, sind jetzt die Beweise erbracht worden. Er betrifft Korea. Ich komme unten (S. 875) darauf zurück.

Es darf hieraus geschlossen werden, dass die deformirenden Bewegungen in der Erdrinde, welche sich in Ostasien in der Tendenz zur Bogenbildung äussern und zur Umspannung verschiedenartiger Gebilde durch einheitliche Bogen geführt haben, von einer Art sind, die mit denen, welche dem Alpentypus zu Grunde liegen, nur die resultirende Form gemeinsam hat, vom geogenetischen Gesichtspunkt aber davon abweicht. Dort ein Hinüberquellen und Überwallen über ein meist tief versenktes Vorland durch eine von der Rückseite nach der Aussenseite gerichtete Kraft; hier die Tendenz zum Zurückweichen des Vorlandes durch eine Kraft, welche von Orten jenseits des Aussenrandes her zerrend wirkt.

B. Die Formen der Kettung selbständiger Bogengebilde.

Kettungsreihen. — Die bisher betrachteten Einzelgebilde fügen sich im continentalen Bau zu grossen zusammengesetzten Gebilden an einander und erreichen dadurch ihre hohe Bedeutung. Es wurde gezeigt (I, S. 917), dass die Reihe der inneren Staffelrandbogen Ostasiens in sehr grosser Ausdehnung meerfernes Binnenland von dem oceanischen Land scheidet, und dieses wiederum vom Ocean selbst durch die Reihe der Küstenbogen geschieden wird. Die Reihe der ostasiatischen Inselkränze bildet die Grenze des Continentalmassivs gegen das tiefe Becken des Pacificschen Oceans.

Bezeichnet man als Kettung die Verbindung von je zwei selbständigen orographischen Einzelgebilden, so sind dies drei augenfällige Kettungsreihen. Die binnenländische Reihe ist fortlaufend und vollständig; denn sie zeigt keine Unterbrechung, ein Glied schliesst sich unmittelbar an das andere. Die Kettungsreihe der Küstenbogen hingegen ist fortlaufend, aber unvollständig, da ein Theil des koreanischen Bogens durch Bruch verschwunden ist (II, 793). Die Kettungsreihe der Inseln ist unterbrochen; denn zwischen Formosa und den Philippinen ist ein Anschluss nicht erkennbar (III, 946); es scheint, als ob eine Reihe ihr Ende erreicht habe und eine andere beginne.

Eine fortlaufende Kettungsreihe kann man harmonisch nennen, wenn, von einer ausserhalb gelegenen, mit ihr parallelen Linie aus gesehen, die einzelnen Glieder, so verschieden sie im Bau sein mögen, analoge Bogenrichtung haben. In diesem Sinn herrscht harmonische Anordnung im ganzen östlichen Asien; denn alle Bogen haben ihre

convexe Seite nach dem tiefen Oceanbecken gerichtet, allerdings mit einer Ausnahme im südlichen Japan, welche als die Harmonie störend sehr auffällig ist, aber ihre Erklärung in mechanischer Umformung eines harmonischen Bogens findet. Disharmonisch ist eine Kettungsreihe, wenn die Richtung der Bogen dem Sinne nach wechselt, wie es bei dem gegen den Pacifischen Ocean concaven karibischen Bogen, im Gegensatz zu dem peruanisch-ecuadorischen, nach demselben Ocean convexen Bogen, oder bei dem dinarischen im Gegensatz zum Alpenbogen der Fall ist.

Ein anderer Gesichtspunkt betrifft den tektonischen Bau. Wir nennen eine harmonische Kettungsreihe concordant, wenn ihre einzelnen Componenten tektonisch gleichartig sind, das heisst, sämmtlich entweder durch Zerrung oder durch Stauung ihre Bogenform erreicht haben. Für die Kettungsreihen der Binnenlandbogen und der Küstenbogen im Norden der Tsinling-Linie trifft die Concordanz zu, da Entstehung durch Zerrung bei allen das genetische Motiv ist; betreffs der südlicheren Bogen beider Reihen gilt es für die Ostseite, aber nicht mit Sicherheit für die Südseite (I, 923), und der annamitische Küstenbogen, obgleich in die harmonische Anordnung sich einfügend, erscheint doch nach seiner ganzen fremdartigen Erscheinung als ein discordantes Glied.

Einzelformen der Kettung. — Ein Blick auf Karte oder Globus lässt eine gewisse Gleichartigkeit in der Aneinanderreihung der das morphographische Bild Ostasiens in erster Linie beherrschenden Bogengebilde erkennen. Für die Inselzüge ist das Bild aufgehängter Blumenkränze gebraucht worden, und oft hat man es dargestellt, wie der Alçutenbogen den Kamtschatka-Kurilen-Bogen in die Seite trifft, dieser sich ebenso zum japanischen Bogen verhält u. s. f. Ebenso nähert sich der Winkel, unter welchem jeder einzelne Küstenbogen mit dem nächsten zusammenkommt, einem rechten, und das gleiche Verhalten waltet bei den Landstaffelbogen. Man kann alle diese Formen der Kettung, wo die Linie eines Bogens quer auf die Linie eines anderen Bogens trifft, als flankenständige Bogenkettung oder Flankenkettung bezeichnen.

Weniger auffällig sind andere Kettungen, welche mit dem morphologisch von den Bogengebilden abweichenden, geradlinig fortstreichenden, gewaltigen Stamm des Tsinling-Gebirges verbunden sind. Als ein langgedehntes, starres Gebilde erstreckt er sich in westöstlichem Verlauf in das Gebiet der erwähnten Bogengebilde fremdartig hinein, verschwindet aber, wo er die binnenländische Bogenreihe erreicht, indem er selbst durch einen ihrer Bogen abgeschnitten wird (I, 892). Seiner morphologischen und geographischen Function als

Theilers von Ostasien habe ich öfters zu gedenken Gelegenheit gehabt, ebenso seiner dynamischen Function, welche in seiner eigenen, auf südwärts gerichteter Stauung beruhenden Entstehung und in der ebenfalls südwärts gerichteten Schiebung des fertigen Gebildes beruht. Er ist von bogenförmigen Gebilden an der Nordseite und an der Südseite begleitet. Sie sind beiderseits ihrem Wesen nach verschieden und unterscheiden sich ebenso von den Gliedern der genannten meridionalen Bogenreihen. Auf beiden Seiten sind sie nach dem Gebirge convex. Daher ist an der Nordseite ihre Krümmung nach Südost, an der Südseite nach Nordwest gerichtet. An der ersteren verwachsen sie mit dem Tsinling, an der letzteren bewahren sie ihre Selbständigkeit und verstärken den Stamm des Gebirges dadurch, dass sie ihm längsständig gleichsam angeschweisst werden. Dort scheinen sie genetisch in einer Schleppe begründet zu sein, hier erhielten sie ihre Form durch passive, von der Vorderseite her kommende, also nach rückwärts gerichtete Stauung. Wir werden daher eine geschleppte bogige Kettung oder Schleppekettung und eine rückgestaute bogige Kettung oder Rückstaukettung unterscheiden.

Endlich ist noch eine Form der Kettung zu nennen. Sie wird dadurch hervorgebracht, dass ein jüngeres Gebirge incongruent über einem älteren steht, in welchem es wurzelt, und ihm gegenüber eine neue, von ihm abweichende, selbständige, bogige oder gestreckte Gebirgsform hervorruft. Vulcanische Kräfte haben solche Gebilde geschaffen. Man kann sie als epigenetische Gebirge und ihre Verbindung mit der Unterlage als epigenetische Kettung bezeichnen. Ein typisches Beispiel, bei dem die Unterlage sichtbar ist, werde ich aus Japan anzuführen haben; die Form aber ist sonst in Perlen-schnüren vulcanischer Inseln vertreten.

Diese vier Kategorien der Kettung sollen nun an einigen Beispielen erläutert werden.

a) Flankenkettung.

In den vorangegangenen Abhandlungen wurde für mehrere Fälle dargethan, dass dort, wo ein Bogengebilde quer auf ein anderes trifft, also eine Flankenstellung stattfindet, eine sehr enge Verbindung beider durch das Ineinandergreifen der tektonischen Linien herbeigeführt wird. Mehrfach liess sich, wie in Nord-China, Daurien und Kiuschiu, das ungestörte Fortstreichen der Gebilde des äquatorialen Schenkels weit über die Berührungsstelle hinaus nachweisen. Dieses Verhältniss kann als ein Übergreifen tektonischer Linien bezeichnet werden. In denselben Fällen fanden sich mehr oder weniger sichere Anzeichen der Fortsetzung der Structurlinien des meridionalen

Schenkels durch jenen hindurch; dann aber ist es nicht dessen Bau selbst, den man weiter verfolgen kann, sondern es sind Fortsetzungen der ihm zugehörigen Brüche und Verwerfungen, welche die Structur des äquatorialen Schenkels quer durchschneiden und daher auf dessen äussere Formen umgestaltend gewirkt haben. Dieses Durchgreifen tektonischer Linien ist im südlichen Kiuschiu, welches ihnen seine Umrisse verdankt, nachweisbar; in anderen Fällen konnte nur die Wahrscheinlichkeit ihres Vorhandenseins angedeutet werden. Für einen solchen Fall, nämlich für die koreanisch-tungusische Kettung, ist durch genaue Untersuchung die Richtigkeit der ausgesprochenen Vermuthung vollkommen bestätigt worden. Ich stelle ihn als Paradigma voran, weil er die Wahrscheinlichkeit des Zutreffens der für analoge Fälle abgeleiteten Schlussfolgerungen zu erhöhen geeignet ist.

1. Kettung des tungusischen und des koreanischen Küstenbogens. — Korea ist in neuerer Zeit von Dr. BUNDJIRO KOTO studirt und beschrieben worden.¹ Da die Arbeiten das ganze Land innerhalb seiner politischen Grenzen umfassen, erstrecken sie sich nicht nur auf die Halbinsel, sondern auch auf ein grosses, durch den Verlauf jener Grenze herausgeschnittenes Stück des nördlich von Ham-heung gelegenen, dem tungusischen Bogen und dessen gegen Liautung gerichteter Fortsetzung (nach der Darstellung in II 789, 790) zugehörigen Gebirgslandes. Folgendes sind die Ergebnisse.

In ganz Korea herrschen in dem nur selten durch ungefaltete aufgelagerte Sedimentgesteine verhüllten oder durch postcambrische Granite unterbrochenen, durchaus aus archaischen Gesteinen bestehenden Unterbau sinische Streichrichtungen, mit regionalen Abweichungen, einerseits bis beinahe W-O, andererseits bis etwas über SW-NO hinaus. Im nördlichsten, als »Kaima-Plateau« bezeichneten, 570 km langen Theil, der südwärts bis zu der von Ham-heung nach dem innersten Winkel der Korea-Bai sich erstreckenden Ansatzlinie der Halbinsel an das Festland reicht², ist im Schichtstreichen wie in Bruchlinien die von mir für Liautung als charaktergebend nachgewiesene und gerade für diesen, dem asiatischen Rumpf angehörigen nordwestlichsten Theil des politischen Besitzes von Korea hypothetisch angenommene Richtung WSW-ONO (O 22° N) scharf ausgeprägt. Ostwärts von einer von Ham-heung rechtwinklig dazu nach NNW ge-

¹ Dr. B. Koro hat Korea auf Wegen von mehr als 6000 km Länge durchwandert und die Ergebnisse vorläufig zusammengestellt in »An orographic sketch of Korea«, Journ. Coll. of Science, Imp. University of Tokyo, vol. XIX, 1903, S. 1—61, mit einer tektonischen Karte 1 : 2000000. Bei dem auf der Karte eingezeichneten Maassstab sind die Zahlen zu verdoppeln.

² Die Nordgrenze lässt sich nicht ermitteln, da die Untersuchungen mit der politischen Grenze von Korea abschliessen.

zogenen Linie biegen die Brüche allmählich zu reinem NO um, was ebenfalls der früheren Voraussetzung entspricht. Ein grosses, dem oberen Tumen angehöriges Gebiet in diesem umgebogenen Theil ist von wahrscheinlich dem Taik-tu-san entspringenden Lavafluten überschwemmt.

Der durch die Lage des Scheitels im Osten und der Basis im Westen bezeichnete dreieckige Raum zwischen Kaima und einem in der Linie Wönsan-Tschemulpo die Halbinsel von NNO nach SSW durchquerenden, mit vulkanischen Massen erfüllten, zuerst von Koro erkannten Graben zeigt durch Zerlegung des mit einer sinisch-cambrischen Schichtentafel bedeckten Baues in eine Anzahl wenig regelmässiger keilförmiger Tafelschollen Ähnlichkeit mit dem Bau des westlichen Schantung.

Südlich von dem Graben beherrscht wieder die sinische Streichrichtung, soweit nicht ausgedehnte Granitmassen unterbrechend eintreten, die Faltungen der archaischen Schiefergebilde; sie tritt hier als rein SW-NO, bis $0\ 50^{\circ}\ N$, auf. Koro konnte zwei grosse Faltungszüge (No-ryöng und Chhya-ryöng) unterscheiden, welche die Halbinsel von der Westküste bis zur Ostküste durchziehen.¹

Das für die morphologische Auffassung wichtigste Ergebniss besteht in der Bestätigung der Voraussetzung (II, 792), dass der die gekrümmte Ostküste von Korea als Rückgratgebirge begleitende erhabene Landstafelrand das innere Gefüge quer durchschneidet. Er ist nach Koro ein durch Parallelbrüche und damit verbundene Absenkungen herausgehobenes oder stehengebliebenes horstartiges Gebilde, und hat mit Faltung nichts zu thun. Wie es auch sonst bei Staffelbrüchen die Regel ist, zeigt sich im Querschnitt eines jeden dislocirten Streifens ein Ansteigen von dem Bruchrand, an dem er selbst hinabglitt, bis zu dem, an welchem sein Nachbar von ihm absank. Durch drei grosse, durchgehende Parallelklüfte entstehen in dieser Weise drei Parallelrücken, nämlich: der Küstenrücken, 380 km lang, an dem sich ein schmaler, niederer, von der Welt abgeschiedener Küstenstrich entlang

¹ Bei allgemeineren Ableitungen auf Grund seiner vorzüglichen Beobachtungen geht Koro von der irrigen Voraussetzung aus, dass die sinische Streichrichtung innerhalb des ganzen südlichen China SSW-NNO sei. Er beruft sich dabei auf die hypothetischen Ableitungen PUMPELLY's, besonders auf dessen Ausspruch, dass die Verlängerung der Verbindungslinie von Canton und Tschusan-Inseln das südliche Korea schneiden würde. Ich selbst habe zwar die Bezeichnung »sinisch«, da der Name gut gebildet war, von PUMPELLY entnommen, aber bereits in »Letters on China« Nr. 3, Shanghai 1871, dann in »China« I. und II und in den vorangegangenen Nummern der vorliegenden »Studien« vielfach ausgeführt, dass die den Gebirgsbau des südlichen China beherrschende Streichrichtung WSW-ONO (eigentlich $W30^{\circ}\ S-O\ 30^{\circ}\ N$) ist. Jegliche Verbindung mit Korea ist ausgeschlossen, wie auch der geologische Bau dieses Landes von dem des südlichen China ganz verschieden ist.

zieht; der Thai-Paik-san-Rücken, 430 km lang; und der Inlandrücken, 510 km lang, 45—60 km von der Küste entfernt. Die zwei ersteren haben ihren Steilabfall nach Osten, der dritte hat ihn nach Westen. Alle drei zusammen bilden einen Horst, der nach Osten steil und tief, nach Westen minder schroff und mit geringerer Tiefe absinkt. Das Land dacht sich dann westwärts ab.

Indem die Bruchlinien einen flachen, nach Osten convexen Bogen beschreiben, erreichen sie den östlichen Theil der Südküste in einer vom Meridian ein wenig nach Westen abweichenden Richtung und zeigen dadurch ihre Tendenz an, den abgebrochenen Bogen der Ostküste weiter fortzusetzen; ihr Abbruch ist durch Riasbuchten bezeichnet. Der Versuch (II, 793), den Korea-Bogen zu ergänzen und den versenkten Theil bis zu den Satteln inseln fortzuführen, findet darin eine Stütze. Es wird nun wahrscheinlich, dass dem Korea-Bogen, wenn auch als weiter nach aussen gelegene Glieder desselben, die langgestreckte Insel Tsuschima und der Japan tangirende schöne Bogen der Goto-Inseln angehören.¹

Das von dem Horstrückgrat westlich gelegene Stück des südlichen Korea ist nach Koro von minder bedeutenden meridionalen, fächerförmig weiter gegen SW abschwenkenden und dann nach SzW biegender Brüchen durchzogen. Mit ihnen interferirt im südlichsten Theil ein staffelförmiges Absinken von Brüchen, in denen wieder eine sinische Richtung, W 20° S, zu erkennen ist. Ihr folgen, wie Koro's Karte überraschend zeigt, die Leitlinien der südlichen Riasküste und der sie begleitenden Inseln.

Da, abgesehen von Japan, von keinem anderen Meridionalstück eines der ostasiatischen Bogen so eingehende Untersuchungen vorliegen, dasjenige aber, was betreffs vorhandener Beobachtungen in ihnen in Abtheilung I und II dieser Studien erwähnt worden ist, eine sehr nahe Analogie mit den hier angeführten Ergebnissen verräth, darf die Tektonik des koreanischen Halbinselgebildes neben derjenigen des südlichen Schansi ebenso als Typus für die meridionalen Theile der meisten Bogen gelten, wie die Rostgebirge Dauriens und diejenigen von Nord-Tschili und Nord-Schansi als charakteristisch für den Bau der äquatorialen Theile derselben angenommen werden konnten.

2. Gehen wir nun nach Norden, in die Gegend der Kettung von Nord- und Süd-Stanowoi. Das Aldan-Gebirge an der Westseite des Ochotzkischen Meeres, oder der Meridionalzweig des Süd-

¹ Diese Auffassung findet eine Stütze in dem von den japanischen Geologen gewonnenen Ergebniss: »the islands of Tsushima and the Gōtō-group have structurally little in common with the main island of Kyushu; they appear to have been formed in a different way and at a different time«. *Outlines of geology of Japan*, compiled by Imp. Geol. Survey of Japan; Tokyo, 1900, p. 7.

Stanowoi, nähert sich dem Aequatorialzweig des Nord-Stanowoi, welcher von Osten kommt und westwärts fortsetzt. Die Verhältnisse sind nicht bekannt; aber auf Grund jenseitiger Linien in der äusseren Structur wurde (I, 915) die Vermuthung ausgesprochen, dass die Aldan-Brüche quer über den Aequatorialschenkel des Nord-Stanowoi hinweg fortsetzen und mit östlichen Absenkungen in letzterem verbunden sind.

3. Deutlicher sind die Anzeichen eines durchgreifenden Charakters bei der Flankenkettung von Süd-Stanowoi und Khingan. Die wasserscheidende archaische Grundgebirgsschwelle, welche sich kaum merkbar aus dem paläozoischen Tafelland des Aldan-Beckens erhebt, wechselt in ihrer Richtung zwischen O-W und OzN-WzS. Dann, von der Gilui-Quelle an, wo bald an Stelle des Aldan-Abflusses die Entwässerung zur Olekma geschieht, wendet sich die Wasserscheide nach WSW und schneidet, nach unserer früheren Darstellung (I, 911, 912), unter einem Winkel von ungefähr 20° die von SW nach NO gerichteten Züge des daurischen Rostes, wobei die wasserscheidende Linie von einem Zug auf den anderen überspringt.¹

Dem Gebiet der Olekma-Quellflüsse gegenüber treten die meridionalen Khingan-Züge an die hier mehr ONO-WSW gerichteten daurischen Züge heran, welche in übergreifender Kettung noch weit südwestwärts fortsetzen. Dort, wo Fürst GEDROITZ die ersteren beobachtete, scheinen sie daurische Züge zu schneiden. Es ist eine ähnliche gegenseitige Beziehung, wie wir sie durch Koro im Saima-Gebirgsland kennen gelernt haben. Nördlich vom Amur ist das Verhältniss beider zu einander nicht bekannt; aber in den meridionalen Structurlinien des Olekma-Gebietes scheinen sich, wie ich schon

¹ Auch SUSS (Antlitz III, S. 149—152) hat durch sorgsame Benutzung russischer Quellen die Überzeugung gewonnen, dass hier eine zusammenhängende, lange Gebirgskette in der Art des Yablonoi-Stanowoi-Zuges der meisten Landkarten nicht vorliegt, und möchte daher, mit Hinweis auf den möglichen Einfluss rückschreitender Erosion auf die Ausbildung der Wasserscheide, den Begriff einer mit besonderem Namen zu bezeichnenden Bodenschwelle überhaupt aufgegeben wissen. Da jedoch unter sonst gleichen Verhältnissen das Rückschreiten von der niederschlagsreicheren Südseite überwiegen müsste, das Gegentheil aber den Thatsachen entspricht, da sodann der Abstieg nach Süden steiler ist als nach Norden, da ferner die Südseite von Furchen (Polowinnaya, obere Seya, Amur zwischen Albasin und Gorbiza) begleitet wird, welche der Wasserscheide parallel gerichtet sind, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Lage der Wasserscheide, wie bei den anderen Landstafeln, durch Brüche auf der Aussenseite bedingt ist. Auch der früher (I, 913) erwähnte, aus MARTIN'S und von MAYDELL'S Beobachtungen hervorgehende Umstand, dass stellenweise die grösseren Meereshöhen erst erheblich nördlich von der Wasserscheide erreicht werden, während die durch Abwitterung übriggebliebenen härteren Kerne der gerundeten »Goltzi« sich vorwaltend an dieselbe halten, kann die Anschauung von dem Vorhandensein der flachen Schwelle eines Landstafelrandes nicht beeinflussen. Es dürfte sich daher doch empfehlen, die geographischen Begriffe der Yablonoi-Stanowoi-Schwelle nicht zu verwerfen, ehe weitere Forschung zwingende Argumente dafür beibringt.

(I, 906) andeutete, Khingan-Brüche bemerkbar zu machen. Hierher gehört vielleicht auch der von SUËSS (Antlitz III, S. 151) nach russischen Quellen beschriebene Zug des Tukuringra; und es liegt nahe, den Wechsel im Charakter der Wasserscheideschwelle nach dem von den Seya-Quellen eingenommenen Theil hin, mit dem Durchgreifen der Khingan-Brüche in Verbindung zu setzen.

4. Im Khingan selbst scheint eine untergeordnete Kettung aufzutreten, insofern das ganze Staffelrandgebilde in der Gegend des 47. Breitengrades um ungefähr zwei Längengrade nach Westen zurücktritt (I, 905), was wahrscheinlich durch Umbiegung der Bruchlinien aus dem meridionalen Verlauf in die Richtung des äquatorialen Schenkels und erneuten Ansatz des ersteren an diesen geschieht. Aus dem breiten Gebirge, in dem sich der Abfall von der mongolischen zur tungusischen Landstaffel vollzieht, und die Entwicklung von Längsrücken und Längsthälern auf neueren Karten ersichtlich wird, sind granitische, porphyrische und jüngere Eruptivgesteine neben sehr alten Schiefen¹ bekannt. Dort, wo sich im Westen des I-wu-lü-schan der Übergang in den äquatorialen Schenkel vollzieht, fand VOGELSANG alte Quarzite nebst Schiefen und Kalken, welche den vorcambrischen Gebilden des Liau-Thales entsprechen dürften², stark gefaltet; ausserdem auch hier eine sehr bedeutende Entwicklung von Eruptivgesteinen.³ Es treten bald westsüdwestliche Streichrichtungen ein, welche die Structur beherrschen und in dem früher (I, 901—903) dargestellten Rostgebirge von Nord-Tschili und Nord-Schansi fortsetzen. Da südlich davon der Schansi-Bogen beginnt, findet auch hier übergreifende Kettung statt. Aber viele Umstände sprechen dafür, dass auch eine durchgreifende Kettung vorhanden ist; denn späte nordsüdliche Bruchlinien haben den Kettenrost beeinflusst, ihn durch Verwerfungen zerlegt und zur Entstehung meridionaler Porphyrzüge Anlass gegeben (I, 904).

5. Mit Übergehung der nächsten Landstaffeln, über deren tektonische Verhältnisse zu wenig bekannt ist, möchte ich nochmals auf den Ostabfall der Yünnan-Landstaffel und die Fortsetzung der ihm zu Grunde liegenden östlichen Absenkungen nach Norden in das Grenzgebiet von Yünnan und Kwéitchou (I, 900) verweisen. Auch hier scheint durchgreifende Kettung vorzuliegen.

Ich wende mich zu den Küstenbogen.

¹ Noch beschränkt sich die geologische Kenntniss hierauf. Siehe SUËSS, Antlitz III, S. 153—158, wo die spärlichen Nachrichten aus russischen Quellen zusammengestellt sind.

² Siehe China II, S. 106 (2. 3) und andere Stellen.

³ K. VOGELSANG, Reise durch den nördlichen Theil der Provinz Chili. PETERM. Mitth. 1901, S. 243—250, mit Karte.

6. Die Kettung des tungusischen Bogens mit dem koreanischen ist durch die (oben S. 875) angeführten Untersuchungen von Koro in helles Licht gesetzt worden. Die vom Meridian nach SSW umbiegende, vielleicht dem Streichen uralter Faltungen folgende Richtung der den Sikhota-alin in Längsstreifen zerlegenden Brüche (II, 786) findet ihre Fortsetzung in den von NO nach SW gerichteten Brüchen des zwischen Tumen-ula und Küste eingeschlossenen Landstreifens. Dann schwenken sie, wie oben dargestellt wurde, nach WSW und durchziehen den zum continentalen Rumpf gehörigen Saima-Theil des Koreanischen Reiches nebst der Halbinsel Liautung. Der übergreifende Verlauf des tungusischen Westflügels über den koreanischen Nordflügel ist damit in ausgezeichneter Weise festgestellt. Aber das ganze Gebiet, soweit es politisch zu Korea gehört, ist auch von meridionalen, nach NzW gerichteten Brüchen durchsetzt, welche zum Theil in der unmittelbaren Fortsetzung der den Rückgrat der Halbinsel Korea auslösenden Brüche liegen. Somit ist auch die durchgreifende Kettung hier klar erkennbar, durch welche der koreanische Ostflügel in den tungusischen Westflügel eingelenkt ist.

Ich übergehe den südchinesischen Bogen. Sein Verhältniss zum koreanischen ist durch Versenkung und Meereseingriff verhüllt. In ihm selbst aber herrscht eine reiche Gebirgsgliederung, welche ausserhalb des Rahmens der hier in Betracht kommenden Bogenkettungen fällt. Ich habe sie selbst bei umfassenderen Verquerungen kennen gelernt, behalte aber die eingehende Darstellung einer anderen Stelle vor. Über die Art des Zusammenfügens der das Innere des grossen Bogens fast ganz erfüllenden Gebirge mit dem annamitischen Bogen lässt sich noch wenig sagen.

7. Gehen wir zu den Inselbogen über, so wiederholen sich in ihnen die morphographischen Eigenschaften der Landstaffelbogen, nämlich allmähliche Senkung nach einem tellerartig abgeflachten inneren Gebiet, und steilere Senkung nach weit grösseren Tiefen am Aussenrand. Aber die Höhenunterschiede zwischen der über dem Meeresspiegel aufragenden Randschwelle und dem Boden des umschlossenen Beckens einerseits, der aussen am Meeresgrund vorliegenden Scholle andererseits sind weit bedeutender; das Vorkommen mesozoischer und tertiärer mariner Ablagerungen auf vielen Inseln deutet auf eine wechselvolle geologische Geschichte, gegenüber den grösstentheils seit paläozoischer Zeit, nur in einigen Gebieten erst seit der Triaszeit, vom Meer verlassen und starr gewordenen festländischen Regionen; die grosse Ausdehnung und Intensität vulcanischer Thätigkeit ist ein augenfälliges äusseres Symptom des noch fortdauernd gestaltenden Wirkens tellurischer Kräfte.

Die Art der gegenseitigen Kettung der Inselbogen ist daher von besonderem Interesse; aber da der Bereich der Beobachtungen sich auf das beschränkt, was über der Isohypse des jetzigen Meeresspiegels liegt, entziehen sich der Beobachtung manche auf dem Festland erkennbare Verhältnisse, und es sind Interpolationen noch mehr als dort nothwendig.

8. Aläuten und Kamtschatka. — Der mit geometrischer Regelmässigkeit geschwungene Kreisbogen der Aläuten erreicht sein westliches sichtbares Ende in der Insel Agattu.¹ Nur wenig innerhalb des Bogens bleibt die etwas weiter westlich hinausgerückte Insel Attu. Es ist bemerkenswerth, dass, während die in dem Bogen gelegenen Inseln Vulcane tragen, auch wenn der Unterbau noch andere Gebilde aufweist, die 925 m hohe Insel Attu frei von jeglichen vulcanischen Gesteinen ist und aus älteren Formationen besteht, als alle anderen aläutischen Inseln.² Noch weiter innerhalb des Kreisbogens, in beinahe 100 km Abstand von ihm, bleiben die Beringsinsel und die Kupferinsel, in denen ältere basische Eruptivgesteine nebst Basalten und tuffigen mitteltertiären Sedimenten vorkommen. Beide streichen N 52° W. Alle im Westen von 168° W gelegenen Inseln erheben sich auf einem schmalen Rücken, welcher von der 1000 m-Linie umzogen wird. Bald ist die Inselreihe einfach, bald tritt dazu eine Innenreihe, besonders gegen das westliche Ende hin.

Die Länge der den Aläuten-Bogen fortsetzenden Halbinsel Alaska, von Kamishak-Bay bis zur Spitze, ist 765 km; der Kreisbogen von dort bis Agattu misst 1720 km. Verlängert man den Bogen mit gleichem Krümmungsradius westwärts, so trifft er nach einem Verlauf von 780 km durch inselleeren Raum, also nach einer Gesamtlänge von 3267 km, die Halbinsel Kamtschatka am Cap Kronotski (54° 48' N).

Zwei Breitengrade weiter nördlich beginnt mit dem Schiwelutsch die nicht ganz regelmässig gestellte Doppelreihe von Vulcanen, welche mit einer Breite von durchschnittlich etwa 100 km und der Länge von 700 km das östliche Kamtschatka in der allgemeinen Richtung NNO-SSW durchzieht. Die Linie bildet einen sanftgekrümmten, nach Ost convexen Bogen, indem sie im Norden mit der Richtung S 20° W beginnt und allmählich bis zu der Richtung S 35° bis 40° W umbiegt,

¹ Bei den Messungen sind die schönen Karten der U. S. Coast and Geodetic Survey zu Grunde gelegt. Der Mittelpunkt des Kreises liegt im Anadyr-Golf, etwa 179° W und 65° N; die Länge des Radius ist etwas mehr als 13 Breitengrade.

² DAWSON, Geolog. notes on some of the coasts and islands of Bering Sea and vicinity; Bull. Geol. Soc. Am. V (1894) p. 117—146. DAWSON fand granitoidische Gesteine in Küstengeröllen. Gewisse Schichtgesteine der Insel werden für mesozoisch gehalten. DALL (Bull. U. S. Geol. Survey 84, 1892) vergleicht sie mit Trias von Britisch-Columbien.

in der sie die Halbinsel verlässt.¹ Die Aläuten-Linie trifft auf sie unter einem Winkel von 70° bis 80° . Sie erreicht die Küste, wo diese in breitem Wulst vorspringt und ausnahmsweise wesentlich aus vulcanischem Gestein zu bestehen scheint.² Dazu kommt, dass gerade an dieser Stelle weiter landeinwärts eine bedeutende Verbreiterung der vulcanischen Zone stattfindet, indem drei Vulcane merklich nach Osten aus ihr heraustreten; und fast genau in der weiteren Verlängerung der Aläuten-Linie ist, weit im Westen der Zone der Kamtschatka-Vulcane, der nach ERMAN zu 16920 Par. Fuss oder 5500 m aufsteigende Vulcan Itscha oder Itschinskaja Sopka, der höchste Berg Kamtschatka's, dem krystallinischen Axengebirge der Halbinsel aufgesetzt. Die um $1\frac{1}{2}^{\circ}$ bis 2° weiter nördlich auf der Westseite zerstreut liegenden vier erloschenen Vulcane lassen in ihrer Anordnung keine Beziehung zu den beiden grossen vulcanischen Zonen erkennen.

Der geologische Bau von Kamtschatka ist wegen Tundrabedeckung schwer zu erforschen und wenig bekannt.³ DITMAR's Einzelbeschreibungen leiten zu der Vermuthung, dass die grosse Grabensenkung, aus welcher die Kegel der Vulcanzone aufsteigen, nicht die einzige Bruchbildung ist; denn es wird das Vorhandensein einzelner dem Graben nahezu paralleler Rücken bald durch deren Beschreibung, bald durch die Erwähnung von Felsengen im Lauf ostwestlich gerichteter Flüsse angezeigt. Allerdings ist in der gegenwärtigen Zeichnung des hydrographischen Netzes von Kamtschatka, auch auf den Karten des russischen Generalstabs, die Anlage eines Parallelgefüges ausserhalb der Vulcanzone und ihres westlichen Grenzwalles nur recht unvollkommen zu erkennen.

Obleich ein 780 km langer Theil des Aläuten-Bogens nicht sichtbar ist, erscheint somit der Schluss gerechtfertigt, dass die durch ihn bezeichnete, mit erloschenen und recenten Vulcanen besetzte tektonische Linie unter nahezu rechtem Winkel auf die Kamtschatka-Vulcanzone und die ihr wahrscheinlich parallelen Structurlinien der Halbinsel stösst, und in der Nähe der ersteren die Eruptionsthätigkeit des Aläuten-Bogens selbst einen erneuten Antrieb erhält. Es ist ferner wahrscheinlich, dass die Bogenlinie quer durch jene Zone hindurch fortzieht, und der

¹ Es ist bei diesen Angaben die Karte zu Grunde gelegt, welche KARL VON DITMAR seinem verdienstvollen Werk: Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka in den Jahren 1851—55 (Bd. I, St. Petersburg 1890, Bd. II ebend. 1900) beigegeben hat.

² DITMAR unfuhr die Küste und fand bei Cap Koslow (Bd. I S. 315) und Cap Siwutschij (S. 321) säulenförmig abgesonderte Basalte an das Meer treten, am Cap Kronotskij (S. 324) vulcanische Tuffe und Sande, während bei der weiteren Fahrt (S. 327) Hornblendeschiefer und andere Schiefergesteine genannt werden, welche überhaupt östlich von der Vulcanzone häufig auftreten.

³ SUSS hat das Bekannte in Antlitz II, S. 227, 228 zusammengestellt.

gewaltige vulcanische Kegel der Itscha ihr angehört. Es würden sich also die beiden Vulcanlinien schneiden und einander durchsetzen.

9. Kurilen und Yesso. — In einer 50 bis 60 km breiten Doppellinie vulcanischer Inseln setzt der Kurilen-Bogen, Tschischima bei den Japanern genannt, an das Südende der Vulcanzone von Kamtschatka an. Er folgt deren letzter Richtung und schwingt sich als Segment eines Kreises nach Yesso. Die Länge des Inselbogens ist 1270 km. Bald verschwindet die innere Reihe, die äussere setzt sich wie eine Perlenschnur von Inseln allein fort. Aber in der letzten Strecke von 130 km ist wieder eine Doppellinie vorhanden, indem, wie es scheint, eine innere parallele Insellinie zur äusseren hinzutritt; ihr gehören die grösseren Inseln Urup, Iturup (Etorofu der Japaner) und Kuna-schiri an. Mit der Streichrichtung WSW tritt der Bogen in Yesso ein, welches jetzt mit seinem Zubehör kleinerer Inseln als administrativer Bezirk den amtlichen Namen Hokkaido führt. Hier endet die Linie nicht. Nach den Anschauungen von MILNE und den Forschungen von K. JIMBŌ, dem wir eine gute geologische Aufnahme des ganzen Hokkaido-Bezirks und eine geologische Karte desselben verdanken¹, setzt der Bogen in der Insel Yesso 200 km weit fort und bildet hier einen breiten, aus mehreren Vulcanen aufgebauten, zuletzt von O nach W streichenden Rücken, welchen JIMBŌ das Tschischima-Gebirge nennt. Mit dieser Richtung trifft er auf die aus paläozoischen und wahrscheinlich algonkischen Schiefeln, durch Granitmassen und, im südlichen Theil, einen langgedehnten Granitrücken ausgezeichnete Axenkette der Insel, welche die durchschnittliche Streichrichtung NzW—SzO hat und im Cap Erimo in das Meer ausläuft. Ist auch der südliche Granitzug, JIMBŌ's Hidaka-Kette, nach S 33°O gerichtet, so scheint doch das annähernd meridionale Streichen, welches JIMBŌ als in den paläozoischen Schichten und der im Westen sich anschliessenden, aus mittelkretacischen Schichtgebilden bestehenden, stark gestörten, durch Einfallen nach Osten ausgezeichneten Zone herrschend angiebt, auf das Vorwalten der genannten Hauptrichtung NzW hinzudeuten.

Wo die Tschischima-Linie unter einem Winkel von 75 bis 80 Grad auf den axialen Zug stösst, erhebt sich die vulcanische Masse des Optateschke, und diese betrachtet JIMBŌ als das Ende des Kurilen-Bogens. Doch ist zu beachten, dass die Schiribets-Gruppe in West-Yesso in der Nähe der Kreuzung des verlängerten Kurilen-Bogens mit dem japanischen Bandai-Bogen (s. unten S. 910) liegt. Auch verdanken wir persönlichen Erkundungen von SUESS Angaben über einzelne An-

¹ K. JIMBŌ, Explanatory text to the geological map of Hokkaidō, Satporo, 1890, mit Karte; und General geological sketch of Hokkaidō, Satporo, 1892.

zeichen des Vorhandenseins ostwestlicher Störungslinien im westlichen Yesso und im nördlichsten Honschiu¹, so dass auch hier eine durchgreifende Kettung nicht ausgeschlossen ist.

Bemerkenswerth ist die ausserordentliche Analogie der Kettungen des Aläuten-Bogens mit Kamtschatka und des Kurilen-Bogens mit Yesso. Überhaupt weisen beide Bogen manche Ähnlichkeit auf. Beide beginnen in langen Halbinseln und werden dann selbständig; beide weisen in ihrem Unterbau Eruptivgesteine von älterem Charakter auf, und in beiden deuten Sedimentgesteine darauf hin, dass wir es mit continentalen Gebilden zu thun haben, in denen die Vulcane nur eine ornamentale Rolle spielen. In den Kurilen ist nur Tertiär- und Kreideformation bekannt. In den Aläuten reicht der Grundbau in höhere geologische Zeit hinauf; GREWINGK fand ihn zum Theil bunt zusammengesetzt. Beide haben auf der Aussenseite des vulcanischen Bogens kein Land aufzuweisen; bei beiden treten auf der Innenseite Glieder von abweichendem Streichen auf. Dies gilt ebenso für Kupferinsel und Beringsinsel wie für die rein nordöstlich gerichteten Gebilde in der Nähe des Westendes des Kurilen-Bogens. Es genüge, an die schon zu Yesso gehörige, gegen 140 km lange, von SW nach NO gerichtete Vulcanlinie: Meakan-dake—Oakan-dake—Atosanobori—Scharidake—Rauschi-yama, welche im Cap Schiretoki ausläuft, und an die 100 km lange, dieser Linie vollkommen parallele Insel Kunaschiri zu erinnern.

b) Ergebnisse bezüglich der Flankenkettungen.

1. Fassen wir die bezüglich der Flankenkettungen gewonnenen Ergebnisse zusammen, so finden wir, dass in keinem der in Ostasien betrachteten Fälle, wo ein selbständiger Bogen auf einen anderen in Flankenstellung trifft, eine Aneinanderfügung im Sinn der indischen Scharung wahrzunehmen ist; das heisst, es findet nicht bei Annäherung an die Berührungsstelle eine Rückbiegung der beiden Bogenlinien zu spitzwinkelig convergentem Zusammentreffen statt. Sondern beide setzen ihren Weg geradlinig fort, und es vollzieht sich ein gegenseitiges Durchdringen. Stets sind ein Aequatorialschenkel des einen Bogens und ein Meridionalschenkel des anderen Bogens betheilig. Aber sie verhalten sich verschiedenwerthig. Einer von ihnen ist in jedem Einzelfall insofern dominirend, als der zu ihm gehörige Gebirgsbau in seiner ganzen Breite unbeirrt an der Berührungsstelle vorüber zieht und sich übergreifend über das Ende des anderen Schenkels legt. Letzterer hört an dieser Stelle scheinbar auf; aber wo

¹ SUESS, Antlitz III, S. 185.

hinreichende Beobachtung vorliegt, zeigt es sich, dass seine Structurlinien ihr Ende nicht erreichen, sondern durch den wohlgefügtten Bau des ersten Schenkels hindurch, zuweilen anscheinend weit in dessen Rückland hinein, fortziehen und mit umgestaltenden Querverwerfungen in ihm verbunden sind.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den einzelnen Kettungsstellen gründet sich darauf, welchem von den beiden zusammenstreichenden Schenkeln die übergreifende und welchem die durchgreifende Rolle zukommt. Nach diesem Gesichtspunkt lassen sich zwei Gruppen unterscheiden:

- a) der Aequatorialschenkel ist übergreifend, die Gefügelinien des Meridionalschenkels sind durchgreifend.

Hierher gehören die folgenden Flankenkettungen, wobei der Bogen mit übergreifendem Aequatorialschenkel zuerst genannt ist:

1. Nord-Stanowoi und Süd-Stanowoi (wahrscheinlich);
2. Süd-Stanowoi und Khingang;
3. äquatorialer Theil des Khingang-Bogens und Tai-hang-schan;
4. tungusischer und koreanischer Küstenbogen;
5. Südwest-Japan und Riukiu-Bogen;
6. Riukiu-Bogen und Formosa (wahrscheinlich);

- b) der Meridionalschenkel hat festes, übergreifendes Gefüge (im Folgenden zuerst genannt); der Aequatorialschenkel zeigt Spuren des Durchgreifens. Hierher gehören die Kettungen:

7. Kamtschatka-Aläuten;
8. Yesso-Kurilen.

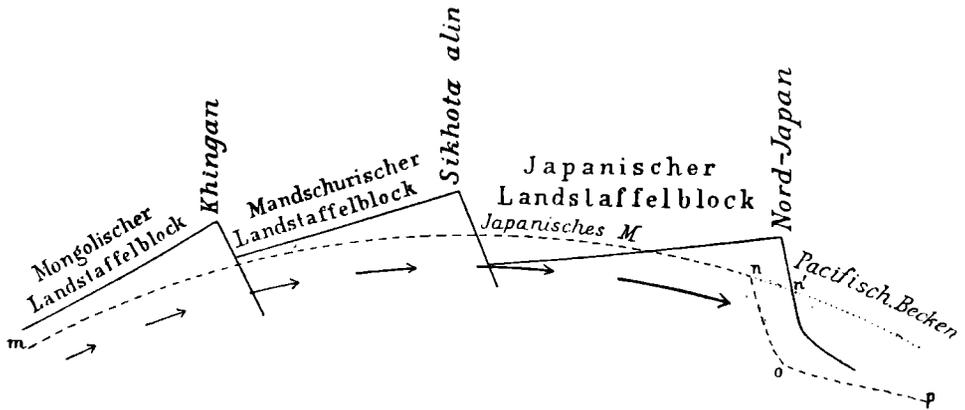
2. Wenn man in dieser Zusammenstellung nur diejenigen Fälle betrachtet, welche die Region im Norden der Tsinling-Linie betreffen, somit die beiden Kettungen des Riukiu-Bogens (5., 6.) ausscheidet, so steht die continentale Gruppe (1., 2., 3., 4.) der insularen (7., 8.) gegenüber. Aus ihrem beiderseitigen Verhalten geht hervor, dass auf dem Festland das sinische Gefüge und die ihm folgenden Deformationen morphologisch für die Einzelformen in erster Linie bestimmend sind, während die später eingetretenen Bewegungen nach der meridionalen Componente zwar viel eingreifendere Umgestaltungen im Grossen herbeigeführt, aber das Einzelgefüge weniger betroffen haben. Die ersten Gebilde sind das Ältere, Bleibendere. Aber ihre Rolle ist passiv gegenüber den späteren Deformationen, welche so mächtig waren, dass sie das Tsinling-Gebirge zerstückten und einen Theil in die Tiefe sinken lassen konnten.

Umgekehrt ist es bei den nördlichen Inselgruppen (7., 8.) Hier tritt die meridionale Richtung der Structur- und Störungslinien ganz an die Stelle, welche die sinische Richtung auf dem Festland hat. Dies kann nur so erklärt werden, dass das aus vorcambrischen Faltungen hervorgegangene innere Gefüge der oberen Erdrinde eine Schwenkung aus der sinischen in eine meridionale Richtung erst am Aussenrand des Continentalmassivs, in der Nachbarschaft der grossen oceanischen Tiefen, erfährt. Diese Folgerung findet ihre Bestätigung im Bau der japanischen Inseln.

3. Eine auffällige, aus dem Thatbestand sich unmittelbar ergebende Folgerung geht aus dem Mangel an Verzerrung der tektonischen Linien an den Stellen der Kettung, insbesondere bei dem Übergang aus freistehendem Staffelrand in die Umrandung des von ihm flankirten Nachbarfeldes hervor. Der Khingang und die östliche Küstenschwelle von Korea sind freie Ränder von grossen Staffelblöcken. Sie treffen in die Flanken, dort des Süd-Stanowoi, hier des tungusischen Bogens. Dort erleiden weder die daurischen Züge bei dem Zusammentreffen eine horizontale Ablenkung, noch lässt sich eine wesentliche seitliche Verschiebung des Khingang gegen die Structurlinien des Olekma-Beckens, welche wir ihm zurechneten, erkennen; und hier setzen die Bruchlinien des ostkoreanischen Küstenbogens ungebeugt im Saima-Gebirgsland des tungusischen Bogens fort. Die Durchdringung der beiderlei tektonischen Linien erinnert an die Stäbe eines gekreuzten Gitters. Dieses Verhalten schliesst jede Möglichkeit einer Entstehung der Bogen durch von rückwärts erfolgten Schub aus; denn dann wäre durch ihr Hinausrücken die Continuität mit den zugehörigen, von dem benachbarten Felde festgehaltenen Stücken der Structurlinien gelöst worden. Es ist dadurch überhaupt die Annahme jeglicher bedeutenderen horizontalen Verschiebung ausgeschlossen, und es bleibt nur die Möglichkeit, dass die der Entstehung der Staffelrandgebirge zu Grunde liegenden Deformationen an Ort und Stelle entstanden, oder doch nur mit geringer Horizontalverschiebung verbunden gewesen sind.

Es liegt hierin ein neues Argument für die Entstehung der Landstaffelblöcke und ihrer gebirgig aufgewulsteten Ränder durch Zerrung von Osten her, wobei die sinische Structur, verbunden mit der südwärts gerichteten Tendenz der Massenbewegung, die bogenförmigen Abschwenkungen herbeiführte. Als mechanische Ursache der Zerrung nach Osten dürfte der Niveau-Unterschied zwischen Mongolei oder Nordwest-China und der Tuscarora-Tiefe genügend sein. Zerreiung rechtwinklig zur Zugrichtung und Zerlegung des Erdrindentheils in Zonen, welche den Landstaffelsystemen entsprechen, würden die Folge sein; das Festhalten in der uralten Structurrichtung würde die Zer-

legung der Zonen in einzelne Staffelblöcke bedingen. Das beistehende Schema bringt den Mechanismus zum Ausdruck.¹



Dort, wo die zerrende Tendenz endet, also in der Tuscarora-Tiefe, oder vielmehr bereits in der Abdachung nach ihr, würde die Region faltigen und überwallenden Zusammenschiebens als Compensation der Zerrung zu suchen sein. Dort könnte Verdichtung und Verdickung der Erdrinde eintreten, welche, im Gegensatz zu den der Zerrung unterliegenden Gebieten, die Öffnung von Auswegen des erhitzten Innern ausschliesst.

c. Abschwenkende Bogen an der Luvseite von Stauungsgebirgen. — Geschleppte Kettung.

Eine der auffälligsten Erscheinungen, welche das der Rückseite des Tsinling-Gebirges sich unmittelbar anschliessende Land charakterisieren, ist das Abschwenken bogenförmiger Gebirge, wobei die convexe Seite nach Südost gerichtet ist. Nach dem Prototyp des vom Hwa-schan über den Föng-tiau-schan nach dem Hö-schan in Schansi gerichteten

¹ Zur Erklärung der Figur. — Ist $n o p$ der ursprüngliche Querschnitt eines Meeresbeckens, so wird der Gewölbedruck, welcher in dem Continentalblock unter der westöstlich gedachten Niveaulinie $m n$ allseitig herrscht, nach der Meeresseite geringeren Widerstand als nach den anderen Seiten finden und daher die (durch die Pfeile bezeichnete) Tendenz zu Massenbewegung nach dort hervorrufen. Da nun die äussere Erdrinde sich wie eine starre Tafel verhält und nicht dehnbar ist, so wird Zerreiſung in Linien senkrecht zur Zugrichtung die Folge sein. Da aber weit klaffende Risse nicht zu bestehen vermögen, so kann bei östlicher Bewegung der durch den Punkt n bezeichneten Linie nach n' das der ursprünglichen Dimension $m n$ entsprechende Ausmass der Oberfläche nur durch Staffelstellung der nordsüdlichen Teilzonen gewahrt bleiben. Die Kleinheit des Winkels der Böschung von der japanischen Küste nach der Tuscarora-Tiefe kann an dem Princip dieses mechanischen Vorganges nichts ändern. Er wird dadurch langsamer vor sich gehen, als bei steiler Abdachung, aber es werden dafür auch weiter abgelegene Theile des Continentalmassivs allmählich in den Vorgang hineingezogen werden.

Bogens liessen sich die Ansätze von anderen Bogen in den Zügen des Tsin-schan, Hsiën-schan und Ming-schan¹, sowie die Spur eines weiter östlich gelegenen bei Hwo-lu-hsiën², am Abfall des Tafellandes von Schansi gegen die Grosse Ebene, erkennen.

Über den Bereich der Beobachtungen hinaus liess sich damals die Vermuthung begründen, dass weiter westlich mit dem vorzeitigen Verswinden einzelner dem Tsinling paralleler und nördlich von ihm gelegener Züge des Kwenlun-Systems ein ähnliches Auslaufen von Bogengebilden verbunden sei. Ich deutete eines im östlichen Schensi an (Taf. VI in China II) und eines weiter westlich (China I, Taf. III), auf Grund einiger orographischer Angaben. Beiden hat Lóczy in den von ihm verquerten Theilen bestimmtere Gestalt gegeben und ausserdem einige Abschwenkungen noch weiter westlich angedeutet.³ Ein anderes Bogengebilde, welches vom Momo-schan, einem östlichen Glied des Nan-schan, ausgeht, hat OBRUTSCHEW beobachtet, und SUSS hat seinen Verlauf verfolgt.⁴

Damit kann die Erscheinungsform der abschwenkenden Bogen als eine allgemeinere Eigenthümlichkeit des Landes an der Rückseite des östlichen Kwenlun in der Ausdehnung von mindestens 10 Längengraden bezeichnet werden. Soweit der Unterbau der Bogen sichtbar ist, ist gefaltetes archaisches Gebirge nebst Graniten an seinem Aufbau theiligt. Aufgelagert sind paläozoische Schichtgebilde. Sie haben, soweit Beobachtungen vorliegen, intensivere Faltung nicht erlitten, wenn gleich Verbiegungen nicht ausgeschlossen sind; aber sie sind bis einschliesslich der übercarbonischen Sandsteine gebrochen. Waren auch die Bogengebilde wenigstens in einem Theil ihres Verlaufes, wie der Hö-schan, wahrscheinlich schon früh in der Anlage vorgebildet, so geschah doch ihre fertige Ausbildung nicht vor Abschluss des paläozoischen Zeitalters. In fast allen Fällen ist die südöstliche Seite abgesunken; aber am Föng-tiau-schan (China II, S. 464) liegt die Verwerfung an der Nordwestseite. Die Winkel, wo sie vom Stamme abgehen, zeichnen sich in den wenigen von mir beobachteten Fällen durch beträchtliche Schollenverwerfung und massenhaftes Ausbrechen von Tiefengesteinen aus.⁵ Der Gebirgscharakter wird durch das Ansteigen der

¹ China II, S. 423, 457 ff., 517—519 und Taf. VI; Atlas von China, Bl. 21, 22; 17, 18.

² Ebenda S. 443; Atlas Bl. 15 und 16.

³ Lóczy, Wissenschaftliche Ergebnisse I (1893), Taf. X. Hierzu die Beschreibung des Lo-pan-schan, S. 483—485, von dem auch FUTTERER (Durch Asien I, 1901, S. 472) eine lebhafte Schilderung gegeben hat. — Ferner Biegung bei Lan-tschóu-fu, S. 493, und andere Stellen.

⁴ SUSS, Antlitz III, Karte. Dazu Erörterungen im Text S. 264—265.

⁵ China II, S. 517—519.

Schollen nach dem Bruchrand hervorgebracht; daher ist der eindrucksvollere Anblick von der Seite des Bruches.

Betrachtet man diese Bogen in ihrer Gesamtheit, so erscheinen sie wie abgestaut bei der grossen südwärts gerichteten Bewegung der zu den hohen Wällen der östlichen Kwenlun-Züge aufgethürmten Theile der Erdrinde. Diese Schiebung stellt sich als ein Theil jener von nördlichen Scheiteln ausgehenden, nach peripherischen Regionen gerichteten Bewegungen dar, deren morphologische Rolle im Antlitz von Asien die Meisterhand von EDUARD SUESS gezeichnet hat. Aber eine mechanische Erklärung des Vorganges der gliedweisen Abschwenkung begegnet grossen Schwierigkeiten. Würde auch eine alte Ordos-Tafel, für deren Bestand SUESS gewichtige Argumente beigebracht hat¹, durch ihren stauenden Einfluss die Abschwenkungen vom Nan-schan noch zu erklären vermögen, so lässt sie uns doch betreffs der weiter östlich gelegenen im Stich. In dem ganzen Gebiet sind Verwerfungen nach Osten und Süden eine häufige Erscheinung. Sie legen die Vermuthung nahe, dass, wenn auch die Ordos-Tafel noch durch eine relative Starrheit die Veranlassung zum Anstau der von NNW her gegen sie bewegten Massen gegeben haben mag, doch innerhalb des ganzen Erdrindentheils, welcher sie mit umfasst, Zerrungen gegen Ost, ebenso wie südwärts, stattgefunden haben.

Sehen wir uns nach anderen Gegenden um, wo auf der Rückseite von Stauungsgebirgen bogenförmige Abschwenkungen vorkommen, so lassen sich analoge Fälle mehrfach erkennen. Es sei hier der Züge vom Karatau-Typus gedacht, welche auf der von SUESS² als Rückseite erkannten Nordflanke des Tiën-schan nach NW abschwenken, und der ihnen entsprechenden, welche den Alai auf derselben Seite begleiten und im Nuratau ihren bekanntesten Vertreter haben. Auch die durch eine Reihe namhafter Forscher bekannt gewordenen bogigen Abschwenkungen an der Ostseite des Pindus und an anderen Stellen der Balkanhalbinsel sind hierbei zu erwähnen.

d) Rückgestaute Bogen an der Leeseite von Stauungsgebirgen. — Rückstau-Kettung.

»Wie, wenn man einen schweren Stab auf ein in parallele Falten geworfenes Tuch unter schieferm Winkel zur Richtung dieser Falten legt und ihn gegen dieselben hin rechtwinklig zu seiner Achse

¹ Antlitz III, S. 258—262. Wichtig sind besonders die auf S. 263 mitgetheilten Beobachtungen OBRUSCHEW's bei dem Anstieg auf den Ala-schan.

² Antlitz I, S. 603. Ich selbst habe dieser abschwenkenden Züge in China I (1877), S. 199—213 gedacht und sie auf den Karten von Centralasien dargestellt; doch ist die morphologische Auffassung den seitdem gewonnenen Anschauungen entsprechend zu ändern.

fortschiebt, die Falten sich bis zur völligen Anseharung umbiegen, so schmiegt sich der starre Stamm des Kwenlun an die sinischen Faltungen. In grösserem Abstand von ihm von SW nach NO gerichtet, biegen sie an ihm zu einem WSW-ONO- (und völlig östlichen) Streichen um. Zugleich drängen sie sich so dicht, und die Schichten nehmen eine so steile Stellung an, dass sie sich zu einer einzigen Masse mit dem Hauptstamm verbinden.« Diese Worte, mit denen ich einst¹ das Wesen des Anschmiegens der sinischen Faltenzüge an den südlichen Tsinling-schan, oder vielmehr das Zusammenpressen der gestreckten Faltenzüge durch die südwärts bewegte Masse des Gebirges darzustellen suchte, drücken die Form der Kettung anschaulich aus. Die Beobachtung ergab damals, dass das Tsinling-Gebirge in der Längsrichtung in zwei nach innerem Bau und nach Altersverhältnissen der beteiligten Formationen verschiedenartige Streifen zerfalle, von denen der südliche ein angepresster Zuwachs ist, der aus der Anstauung fremder Gebirge entstand. Das Ergebniss hat in drei anderen Durchschnitten des Gebirges durch Lóczy und OBRUTSCHEW volle Bestätigung erhalten.

Morphologisch ergab sich hierdurch zweierlei; nämlich einerseits die Verbreiterung und Verstärkung des Gebirgsstammes selbst durch Aneignung anderer Gebilde; andererseits die Ausbildung von Bogenschwenkungen, welche nach Nordwest convex sind. Diese Krümmungsrichtung ist sonst dem östlichen Asien fremd. Die Wiederkehr der Erscheinung ist lehrreich für das Verständniss des Baues von Japan. Ich komme dort darauf zurück.

Manche Analogie mit dieser Erscheinung bietet die Gebirgsanordnung dort, wo weit im Westen ein Theil des centralasiatischen Gerüstes in nochmaliger grossartiger Entwicklung sein Ende erreicht. SUESS hat aus sorgfältiger Zusammenstellung der Forschungen ein Bild der Gliederung in den Stromgebieten des Amu darya und Syr darya entworfen. An die gewaltigen Alai-Züge und deren westliche Fortsetzung im Serawschan-Gebirge und Turkestan-Gebirge schmiegen sich im Süden abnorm gerichtete grosse Bogengebirge an, deren convexe Krümmung nach NW gerichtet ist. Sie haben die dichteste und höchste Massenentwicklung, wo sie sich der Alai-Richtung anschmiegen; sie sind lockerer gestellt und verlieren an Höhe, wo sie sich davon entfernen.² An die Region grösster Zusammendrängung schliesst sich im Süden die gestaute Masse des Pamir, wie in China diejenige des Ta-pa-schan. Beide sind wasserscheidend. Weniger ausgesprochen

¹ China II, S. 638; s. auch daselbst S. 587—588, 635 ff., 724.

² SUESS, Antlitz der Erde III, S. 375—390, und Taf. XIII.

ist die Ähnlichkeit mit dem Herantreten der vom Syr darya umflossenen SW-NO-Züge an den Talas-tau; SUESS ist geneigt, auch hier ein Umschwenken in dessen Richtung anzunehmen. Er spricht es aus (a. a. O. S. 375), dass diese eigenthümliche Form der Anordnung von keiner anderen Stelle der Erde bekannt sei. Eine nahe Analogie dürfte sie an der Südseite des Tsinling-schan finden.

e) Epigenetische Kettung.

Ein Gebirge kann, wie oben bemerkt, als selbständiges parasitisches Gebilde auf einer fremdartigen Unterlage erwachsen. Es ist dann mit dieser verbunden; aber die Art des Verbandes in Beziehung auf das Gefüge der Unterlage kann ganz verschieden sein. Es sei hier der vulcanischen Gebirge im nordöstlichen Ungarn und östlichen Siebenbürgen gedacht. Sie sind nicht eigentlich Glieder der Karpathen, stehen aber mit ihnen in engem Verband und sind von epigenetischer Entstehung. Auffallender ist die Selbständigkeit, wenn ein solches Gebirge den Bau der Unterlage in beliebiger Richtung quer durchsetzt.
