

MITTEILUNGEN

DER

GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT

IN WIEN

XXX. Jahrgang.

1937.

XXXI. Jahrgang.

1938.

Beiträge zur Geologie des Himalaya.

Von **Giotto Dainelli** (Florenz)

Vortrag, gehalten in der Sitzung am 13. Dezember 1935.)*

(Mit 4 Tafeln und 10 Figuren im Text.)

Erlauben Sie mir, daß ich zunächst, vor Beginn meiner Ausführungen, meinen herzlichsten Dank an Sie richte, für die Ehre, die Sie mir durch die Einladung, Ihnen von meinen persönlichen Erfahrungen über die Geologie des Himalaya mitzuteilen, erwiesen haben. Es ist tatsächlich für einen Geologen nicht möglich, nach Wien zu kommen, ohne daran zu denken, daß hier einer der bedeutsamsten Mittelpunkte jener Studien war und noch ist, denen wir unsere ganze Tätigkeit gewidmet haben. In mir besonders werden ferne und liebe Erinnerungen wieder lebendig — besonders auch deshalb lieb, weil sie mich in die Jugendjahre versetzen, in denen die mangelnde Lebenserfahrung durch Eifer und Begeisterung ersetzt wird, die den bevorstehenden mühsamen Weg des Erforschens leichter erscheinen ließen. Und ich erinnere mich an das Wohlwollen, mit dem der große Sueß den damals noch blutjungen Florentiner Doktor in seinem Studierzimmer empfing, das wie eine Oase der Sammlung inmitten des mondänen Lebens der großen Hauptstadt erschien. Und ich denke an die Monate zurück, die ich hier verbrachte, um zu lernen und zu bewundern. Und endlich muß ich auch daran erinnern, wie viel Hilfe, Inspiration und Dokumentierung meine jüngste Tätigkeit als himalayischer Geologe — wie ich sagen darf — durch die bewunderungswürdigen Beiträge von hiesigen Gelehrten zur geologischen Kenntnis des Hauptgebirgszuges der Erde gefunden hat. Wegen all dieser

*) Näheres siehe in der Arbeit des Verfassers: *Il sollevamento del Himalaya Memorie Geologiche e geografiche di Giotto Dainelli*. Vol. N. XIII. S. 205—300. Fierenze, 1935. — Dieser Arbeit sind auch die hier beigegebenen Figuren entnommen.

persönlichen Erinnerungen bin ich Ihnen für die mir erwiesene Ehre noch dankbarer, als es vielleicht ein anderer sein würde.

Es ist nicht notwendig, daß ich gerade Ihnen ins Gedächtnis zurückrufe, daß über den Himalaya eine außerordentlich reichhaltige geologisch-paläontologische Literatur existiert. Aber es ist doch angebracht, daran zu erinnern, daß diese Literatur nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet des Gebirgszuges behandelt; ganz klein im Verhältnis zur ganzen himalayisch-tibetanischen Region, welche eine untrennbare orographische und auch geologische Einheit bildet. Unsere Kenntnisse sind entschieden recht vollkommen über Cashmir, Garwal und Kumaon, gut bekannte Teilgebiete der südlichen Flanke des westlichen Himalayas. Aber der restliche Teil dieser, einheitlich nach Indien abfallenden Seite ist — wie man wohl sagen kann — in seiner ganzen großen Ausdehnung vollkommen unbekannt.

Jenseits der Linie der höchsten Erhebungen des Himalaya breiten sich die ungeheuren tibetanischen Hochflächen bis zum Gebirgszug des Kuen-Lun aus. Aber gegen Westen nehmen sie an Ausdehnung ab und verlieren allmählich ihre morphologische Selbständigkeit, wo sie von den Tälern des oberen Indus und seiner Nebenflüsse durchschnitten werden. So sind die Hochflächen nördlich des westlichen Himalaya nicht nur weniger weit ausgedehnt, sondern — wie man sagen kann — überhaupt vollkommen zerstört, und an ihrer Stelle liegt eine Tallandschaft von außerordentlich jungem morphologischen Charakter vor uns. Was nun das ungeheuer große tibetanische Hochland betrifft, so beschränken sich unsere geologischen Kenntnisse auf ein nicht sehr großes und unterbrochenes Gebiet, zwischen der Hauptstadt Lasa und dem Everest, dem König aller Berge. Und über die Region der zwischen dem westlichen Himalaya im Süden und dem Karakorum im Norden eingeschlossenen tiefen Tälern waren unsere Kenntnisse bis vor kurzem auf das beschränkt, was dem über 50 Jahre alten Werke von Lydekker zu entnehmen ist.

Dieses Gebiet zwischen dem westlichen Himalaya und dem Karakorum ist das Feld meiner Forschungen gewesen; von dort aus habe ich nur noch die ersten tibetanischen Hochflächen im Osten besucht. Tatsächlich haben meine Exkursionen innerhalb der Grenzen dieses Gebietes im ganzen 18 Monate ohne eigentliche Ruhe gedauert; man muß dabei bedenken, daß es eine Fläche von ungefähr 90.000 km² umfaßt.

Diese Ausdehnung bitte ich Sie, sehr geehrte Kollegen, neben anderen Umständen in Betracht ziehen zu wollen. Das Gebiet zwischen dem Himalaya und dem Karakorum ist topographisch sehr schwierig und außergewöhnlich hoch gelegen: ich glaube, fast sieben Monate in Höhen über 4500 m, oft auch zwischen 5000 und 5500 m und mehrere Male über 6000 m gelebt zu haben. Viele Reisewege führten durch unbewohnte, einige durch vollständig unbekannte Gebiete, mit all den damit verbundenen Schwierigkeiten, wie der Unsicherheit über den einzuschlagenden Weg, der Handhabung der Karawane und der in einer Region, wo die Lasten von den Leuten getragen werden müssen, besonders schwierigen Organisation der Verpflegung. Es kommt noch hinzu, daß man in den neuen Gebieten fortwährend die topographischen Aufnahmen längs des Reiseweges hat ausführen müssen, und daß ich es für meine Pflicht als Gelehrter hielt (als einziger Naturforscher, in der von De Filippi und in der folgenden von mir geführten Expedition), meine Beobachtungen und Sammlungen nicht nur auf die Geologie zu beschränken, sondern auf alle naturwissenschaftlichen Gebiete auszudehnen. Was ich gesammelt, beobachtet, gezeichnet und gemessen habe, geht übrigens aus der Reihe von Büchern hervor, in denen die Ausarbeitung dieses ganzen Stoffes zusammengefaßt ist. Hier wollte ich nur daran erinnern, damit man berücksichtige, daß meine Arbeit als Geologe unter ganz anderen Bedingungen ausgeführt werden mußte, als man es in unseren Ländern gewohnt ist.

Manches Interessante jedoch, glaube ich, auch auf dem Gebiet der Geologie nachgewiesen zu haben.

Zwei wirklich beachtenswerte Beobachter haben das Gebiet früher besucht. Sie haben jedoch nicht das bringen können, was man von ihren Fähigkeiten hätte erwarten können. Der eine war Kapitain Godwin Austen, dessen allerdings nicht zusammenhängende Beobachtungen — wie man sagen kann — wohl Anerkennung verdienen. Er war jedoch vor allem Topograph und hauptsächlich von seinen topographischen Arbeiten in Anspruch genommen. Der andere war Ferdinand Stoliczka, ein genialer Geologe, der jedoch auf dem Rückweg von Kaschgar, auf dem Zuge durch unser Gebiet, jung gestorben ist.

Der eigentliche Geologe dieser Region aber war etwas später Lydøkker, der sie fünf Jahre hindurch — aber nur während des Sommers — von 1877 bis 1883 bearbeitet hat. Das Ergebnis

seiner Untersuchungen war ein monographisch beschreibendes Werk, auf das Eduard Sueß seine wahrhaft wunderbare Synthese gegründet hat, und das bis heute als Grundlage unserer Kenntnisse über die Geologie dieser Region dienen muß. Allerdings waren diese Kenntnisse tatsächlich noch sehr gering und mangelhaft geblieben.

Betrachtet man nur die in dem Jahrhundert vor 1914 durch Reisen und Forschungen geförderten Dokumente zur geologischen Geschichte, so muß man feststellen, daß sie tatsächlich sehr spärlich und sehr wenig gesichert gewesen sind.

D'Archiac und Haime (1853) hatten zwei Foraminiferen des Eozän nachgewiesen, deren Herkunft jedoch lange Zeit unbekannt blieb; zwei andere wies Stoliczka (1866) an einem anderen Orte nach, an dem aber weder Lydekker noch modernere Geologen etwas hatten sammeln können. Die Anwesenheit von Kreide wurde von Godwin Austen an einem Fund nachgewiesen, in welchem Davidson (1866) einen Hippurites zu erkennen geglaubt hat, der jedoch später bestritten worden ist. Als Repräsentanten des Jura sammelte Stoliczka — jedoch genau dort, wo unser Gebiet an die geologisch sehr bekannte Region von Spiti angrenzt — 13 Molusken-Arten, die teilweise von Bittner (1899) untersucht worden sind, der darunter die drei Arten von *Megalodus* erkannte, welche das Rhät vertreten. Von der Trias erkannte Sueß (1894) die von Stoliczka gesammelte *Monotis salinaria*; dann konnten Beyrich, Frech und Diener fünf Arten von Cephalopoden, jedoch von unbekannter und sehr zweifelhafter Herkunft, nachweisen; Duncan (1878, 1890) und später Oppenheim (1907) beschrieben einige Syringosphäriden, die in der Zone des Karakorumpasses, aber an nicht näher angegebenen Orte, von Stoliczka bzw. von Le Cog gefunden worden waren. Als Repräsentanten des oberen Paläozoikums sammelte Stoliczka einen *Productus*, und Mojsisovics (1894) bestimmte einen *Xenodiscus*. Verneuil (1867) endlich hat einen von Godwin Austen gesammelten Sphäroniten beschrieben, um die Anwesenheit des Silur nachzuweisen; der Fund und die Beschreibung waren jedoch gänzlich vergessen worden und niemand hat sie später je erwähnt.

Wenn man die Funde von gänzlich unbekanntem Orten ausnimmt, aber die von unsicherer Herkunft mit einbezieht, so beschränken sich die vor 1914 bekannten paläontologischen Doku-

mente, die das Ergebnis von Forschungsreisen während eines ganzen Jahrhunderts aus einem so ausgedehnten Gebiete darstellen, auf ungefähr 30. Ich erlaube mir daran zu erinnern, daß in den von mir zurückgebrachten paläontologischen Sammlungen die Fachleute, denen ich sie zum Studium überlassen habe, 60 Arten des Ordovicium, 199 des Perm, 144 der Trias, 40 des Jura, 108 der Kreide und 67 des Eozän festgestellt haben.

Andere Dokumente bilden die lithologischen Sammlungen. Vor 1914 gab es von Kristallingestein nur die von Mc. Mahon (1886/1901) durchgeführten petrographischen Bestimmungen über etwa 20 von Stoliczka und Lydekker gesammelten Gesteinsproben. Viel mehr Proben hatte Conway gesammelt, die von Bonney und Raisin (1894) studiert worden sind; der Sammler war jedoch selbst kein Naturforscher; um so größer ist sicherlich sein Verdienst, aber es ist auch klar, daß Proben, die oft außerordentlich klein sind und ohne Angaben über das Vorkommen einen wenig beweiskräftigen Wert haben. Die kristallinen Gesteinsproben — sowohl eruptive wie metamorphe — die ich dem Studium eines Petrographen anvertraut habe, sind fast 1000.

Ich glaube daher, daß meine paläontologischen und lithologischen Sammlungen zum Fortschritt der geologischen Kenntnis des Gebietes zwischen dem westlichen Himälaya und dem Karakorum nicht wenig beigetragen haben, einiges vielleicht auch meine Beobachtungen.

Bei Erforschungsexpeditionen, wie diejenigen, an denen ich teilgenommen habe, — die von De Filippi 1913—1914 und die meinige 1930 — und wenn es sich um so ausgedehnte und wissenschaftlich so wenig bekannte Gebiete handelt, wie die von mir in beiden Gelegenheiten durchzogenen, kann man nicht sehr ins einzelne gehende geologische Forschungen erwarten, wie man sie in unseren Ländern auszuführen pflegt. Die Hauptsache ist dort, daß man versucht, sich ein allgemeines Bild der geologischen Verhältnisse zu bilden und es mitzuteilen — ich möchte sagen, einen ersten Entwurf zu liefern, den dann andere ergänzen werden. Deshalb werde ich mich nicht bei den mehr ins einzelne gehenden Forschungen aufhalten, zu denen mich örtliche Umstände, wie das Auftreten von fossilführenden Schichtfolgen, trotz der durch den Marsch der Karawane gebotenen Dringlichkeit veranlaßt haben. Ich kann hier an die Profile erinnern, durch die Serie des Ordovicium am Chisilpaß (Fig. 1 und 2) bei dem tibeta-

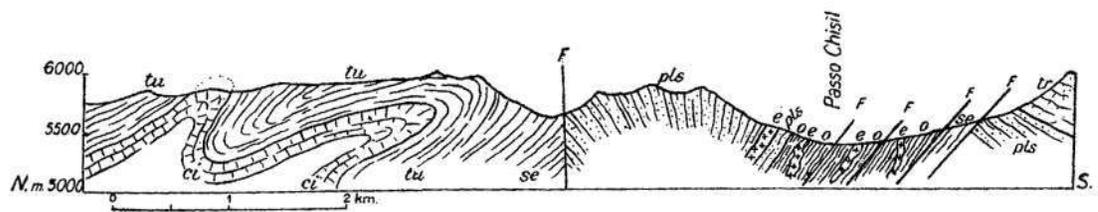


Fig. 1.

Tektonik des Chisil-Passes.

o = Ordovik; pls = Oberes Paläozoikum; tr = Trias; ci = Cenoman; tu = Turon; se = Senon; e = Intrusionen von Eruptivgesteinen; F = Verwerfung. — Die drei durch Verwerfungen begrenzten Züge von Ordovik entsprechen wahrscheinlich einer von rechts nach ansteigenden Stufenfolge.

Längenmaßstab 1:75.000 mit zweifacher Überhöhung.

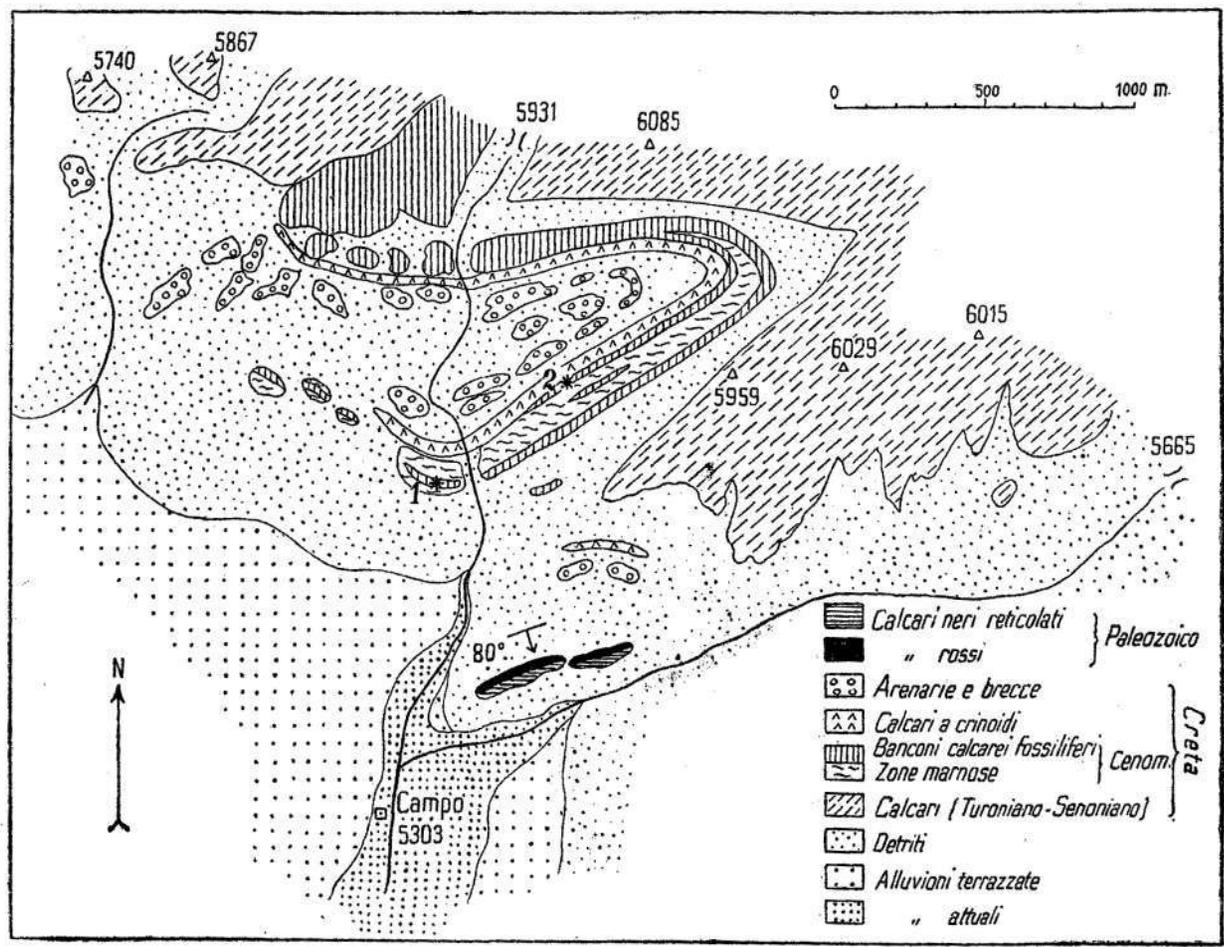


Fig. 2.

Zone der fossilführenden Kreide des „Monte della Piega“ beim Passe Chisil.
 Aufnahme von G. Dainelli u. O. Marinelli. Maßstab 1:35.000.

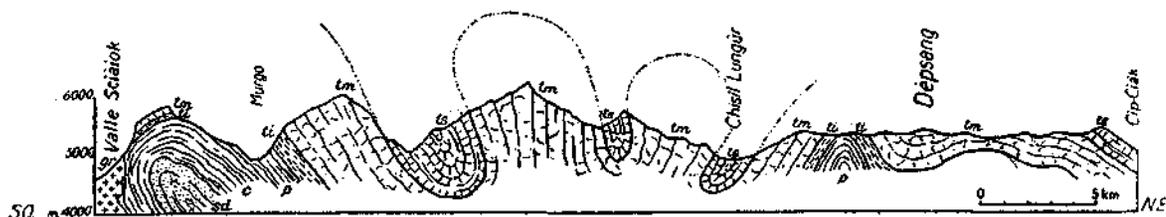


Fig. 3.

Tektonik in der Zone der Hochebene von Depsang.

sd = Silur-Devon (wahrscheinlich); c = Karbon; p = Perm; ti = Untertrias; tm = Mitteltrias; ts = Obertrias; gr = Granit. Zur Rechten von Cip-Ciak und außerhalb der Figur noch ein Synklinalkern von Kreide. Maßstab ca. 1:400.000, ca. 1½fach überhöht.

nischen Hochland von Akhsae-Chin, durch die Permsche Serie bei der Gletscherfront des Rimu in der Gegend des Karakorumpasses, durch die Triasserie zwischen der Hochfläche von Depsang und dem Tal des Schajok (Fig. 3), durch die Kreideserie im idrographischen Becken des oberen Karakasch, durch die Oberkreide und fast das ganze Eozän im ladakschen Tal des Indus. Diese und noch andere mehr ins Detail gehenden Forschungen sind noch durch topographische Aufnahmen ergänzt worden, so daß die Stufen und die Fundorte der Fossilien von zukünftigen Beobachtern genau identifiziert und wiedergefunden werden können.

Aber mehr interessieren wird Sie das allgemeine Bild, zu dem natürlich diese Detailforschungen — ich möchte sagen — die Grundlagen geliefert haben. Für sie habe ich nicht nur die von mir selbst während aller meiner Reisen in dem so ausgedehnten Gebiet gemachten Beobachtungen zu verwerten versucht, sondern auch alle Beobachtungen und Angaben, die ich in einer zwar außerordentlich reichhaltigen, in geologischer Hinsicht aber gerade wenig ergiebigen Literatur verstreut auffinden konnte. So habe ich versucht, eine geologische Karte des gesamten Gebietes zu entwerfen; da man aber nie genug vorsichtig sein kann, habe ich die geologisch sicheren, annähernden, wahrscheinlichen und angenommenen Grenzen auf verschiedene Weise eingetragen. Denn um ein allgemeines Bild zu erhalten, muß man trachten, die Lücken nach Möglichkeit folgerichtig auszufüllen.

Wenn man meine Karte mit der von Lydekker vergleicht, wird man leicht die manchmal sehr wesentlichen Unterschiede feststellen können; sei es, daß sie die Festsetzung der Grenzen verschiedener Stufen, sei es, daß sie die Zahl der Unterscheidun-

gen oder die Altersbestimmung von vielen unter ihnen betreffen. Wenn ich ein Beispiel anführen darf — wie es mir gerade ins Gedächtnis kommt — so will ich daran erinnern, daß die lange Zone längs des ladakschen Indus, von Lydekker und von allen anderen für Eozän gehalten worden ist, obwohl sie dort keine Fossilien gefunden hatten, während ich zahlreiche Fossilien des Eozän, aber auch der Kreide gefunden habe, und zwar in einer Lagerung, nach der ich den größten Teil dieser Zone für Kreide und nicht für Eozän halten muß. Damit verbindet sich eine Stufe, die Lydekker für silurisch gehalten hat, die ich jedoch ebenfalls der Kreide zuteile. Kreidefossilien habe ich auch in der Zone des Pangkongsees gesammelt, die Lydekker ebenfalls als Silur bezeichnet hat. Diese und andere, auf sicheren paläontologischen Nachweisen fußenden Änderungen der Altersbestimmungen, bedeuten allein schon wesentliche Unterschiede zwischen der Karte von Lydekker und der meinigen.

Es ist nicht möglich, in wenigen Worten die Kennzeichen der einzelnen Niveaus der stratigraphischen Serie zusammenzufassen, die ich, wenn sie auch in den verschiedenen Teilen des Gebietes nicht vollständig erhalten ist oder schon ursprünglich nicht vollständig vorhanden war, doch fast lückenlos nachweisen konnte. Zu oberst in der Schichtfolge konnte ich beobachten: Vollständiges Eozän vom Auversian an; dann obere und mittlere Kreide. Ich halte für fehlend: die untere Kreide und viele Niveaus des Jura-Lias, in ungleich ausgedehnten Teilen des Gebietes, und zwar wegen ausgebliebener Sedimentation. Vollständig vertreten sind Trias und Perm. Von hier an beginnen aber die Unsicherheiten. Das Karbon ist als vorhanden festzustellen, wo es fossil führendes Perm unterlagert. Es hat jedoch keine Fossilien geliefert und hat lithologische Ähnlichkeiten mit dem Perm, so daß ich mich, wenn mir paläontologische Dokumente des Perm gefehlt haben, damit zufrieden geben mußte, das obere Paläozoikum als Ganzes, ohne die Möglichkeit von engeren Unterscheidungen, festgestellt zu haben. Vom Präkarbon habe ich nur die reichen ordovicischen Faunen des Chisilpasses gesammelt. Anderwärts ist das Präkarbon zweifelsohne mehr oder weniger tief metamorphosiert und in Falten gelegt, mit durch mächtige, hauptsächlich granitische Intrusionen gesteigerten Verwicklungen. Als Hypothese dachte ich mir, daß Devon und Silur einem Gesteinskomplex zugewiesen seien, der durch rötliche, sandige Schiefer und durch ein sehr

festes, verschiedenfarbiges Konglomerat, oder durch oft stinkende, kristalline Kalksteine und durch weiße oder gelbliche Quarzite gekennzeichnet ist. Es ist gerade die wiederkehrende Reihenfolge der Glieder in diesem lithologischen Komplex, die mich dazu geführt hat, die Falten in der metamorphen Serie und deren Verlauf zu erkennen, der übrigens mit dem der Falten in der normalen Serie übereinstimmt. Die ganze Serie der kristallinen Schiefer, die diesen lithologischen Komplex unterlagert, halte ich für eine Vertretung des Prä-Silur, jedoch ohne die Möglichkeit irgend einer näheren Bestimmung.

Wenn der glückliche Fund von so zahlreichen und auch reichen fossilen Faunen die chronologische Serie zwischen dem Ordovicium und dem Auversian fast vollständig zu erkennen ermöglichte, so hat das Aufsammeln von sehr zahlreichen Gesteinsproben, — von denen eine jede genau lokalisiert und auch mit präzisen Angaben über die Lagerungsbedingungen versehen ist — wenigstens den Versuch einer Einordnung und der Altersbestimmung der eruptiven Phänomene gestattet. Ich will auf diese kurz hinweisen.

Ich habe schon gesagt, daß das Tal des ladakschen Indus eine Zone von verhältnismäßig jungen Schichten entlang zieht, die nach den Fossilien als eine Synklinale der oberen Kreide zu erkennen ist, die örtlich einen Kern vom Eozän umschließt. Der südliche kretazische Schenkel besteht aus überwiegend groben, bis zu konglomeratischen Ablagerungen mit großen Trümmern; sie sind mehr oder weniger metamorphosiert und wechsellagern mit Eruptivgesteinen. Lydekker hatte die ersten dem Silur zugesprochen und die zweiten dem Eozän. Tatsächlich sind aber beide gleichaltrig, und zwar aus dem Senon, das dem Mästrichtian voranging, wie durch ein fossiles Niveau, das ihnen auflagert, dargetan wird. Die Eruptivgesteine sind vertreten durch effusive Gesteine: Porphyrite, von nicht großem Säuregehalt oder geradezu Vertreter von basischen Ausgangsgesteinen; dann von intrusiven Gesteinen; Gabbros, entschieden sehr basisch; und von Brekzien, Aschen und Tuffen von entweder mittlerem Silikatgehalt oder ausgesprochen geradezu basischer Zusammensetzung. Die Lagerungsverhältnisse zeigen, daß — sowohl in der Zeit wie im Raume gleichmäßig verteilt — Ablagerungen von Aschen und Brekzien, Ergüsse von Lava und Intrusionen von Magma-Massen gebildet worden sind, je nachdem die eruptiven Stoffe die Ober-

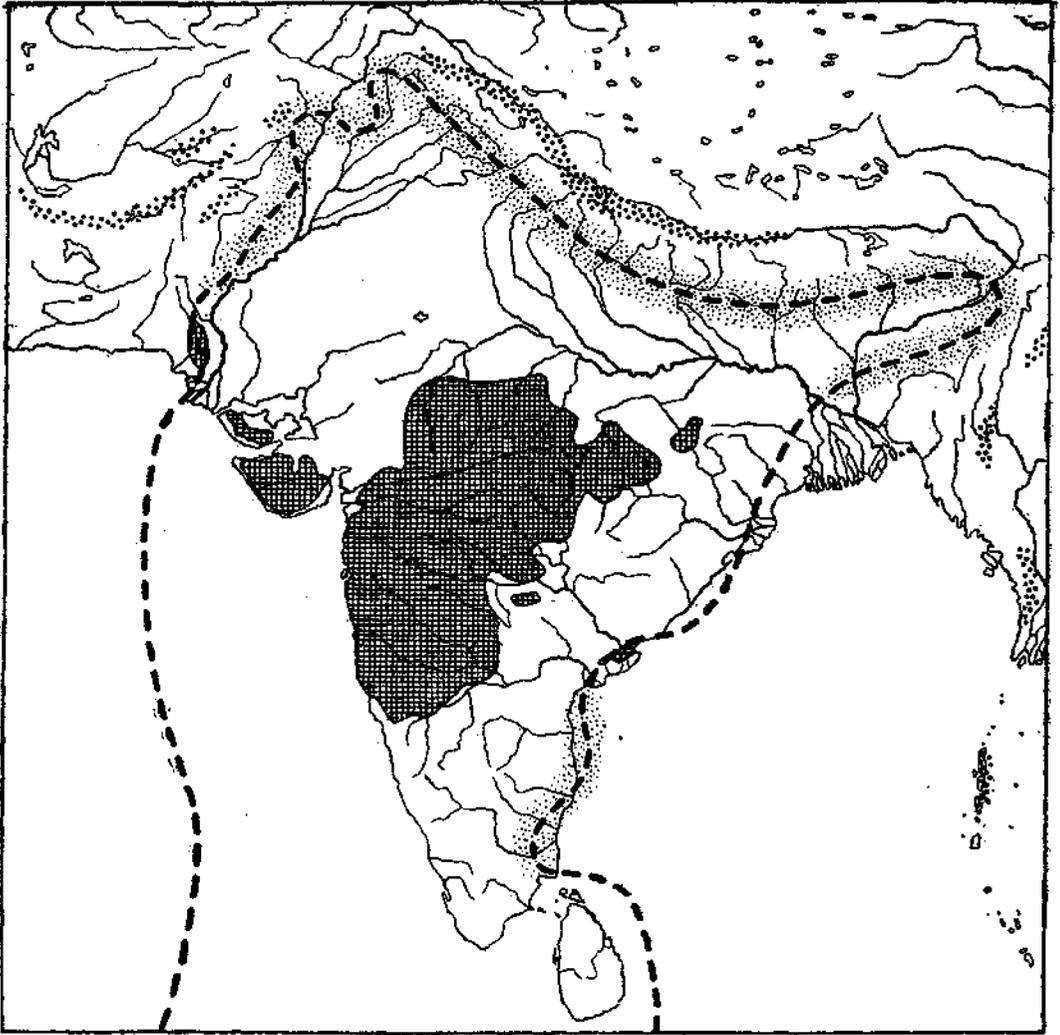


Fig. 4.

Eruptive Vorgänge im Senon und ihre Verbreitung.

Die durchbrochene Linie bezeichnet die annähernde Grenze zwischen Festland (in der Mitte) und Meer; die kreuz-schraffierte Fläche bezeichnet die Überreste der Lava-Ausbreitung im Kontinentalgebiete; mit groben Punkten sind die eruptiven Äußerungen im marinen Gebiete, mit feinen Punkten die Gebiete angegeben, die von eruptiven Vorgängen frei geblieben sind.

fläche erreicht haben, oder in ihrem Aufsteigen gehemmt worden sind, ob die Ergüsse von Explosionen begleitet waren oder nicht, und endlich ob die Lockermassen fein oder grob waren; die feineren können nur Explosionsprodukte sein, die groben aber sind im allgemeinen von kontinentalen Vorgängen herstammende Verwitterungsprodukte. (Fig. 4.)

Um dies des näheren zu erklären, muß ich darauf hinweisen, daß ich in dem Wechsel von Eruption und Sedimentation eine Zeit der Unstabilität in einem seichten Meere erkenne. Im zeitweisen Auftauchen des Meeresgrundes wurden die eben abgesetzten Stoffe der Erosion ausgesetzt. Charakteristisch ist in der Tat der Wechsel mit sehr groben Konglomeraten, die zum größten Teil aus den gleichen Eruptivgesteinen gebildet sind. Ihre Altersbestimmung scheint jedenfalls gesichert.

In nicht großer räumlicher Entfernung liegen innerhalb der alten kristallinen Schiefer, welche sicherlich zum Präkarbon gehören, große Massen von Dioriten. Unter diesen befinden sich auch einige Quarzdiorite, aber mit nur geringem Säuregehalt; andere — vielleicht die vorherrschenderen — sind quarzfreie Diorite. Die innige Vermengung der verschiedenen Typen scheint zu zeigen, daß es sich nicht um verschiedene Magmen handelt, sondern eher um Differenzierungen desselben Magmas während einer einzigen Intrusionsperiode. Aber nach den Beziehungen zwischen den Massen und Gängen zeigt sich, daß die Intrusion der Quarzdiorite jener der quarzfreien Diorite und diese wieder der der Gabbros vorangegangen ist. Es hat daher eine entschiedene Differenzierung zu immer basischeren Typen stattgefunden und es konnten damit nur Vorgänge zur Auswirkung gelangt sein, von denen man nur das Ende in den Effusionen und Explosionen des Senon wahrnehmen kann, wenn man auch zugeben muß, daß die Vorbereitung und der erste Beginn dieser Vorgänge in der Tiefe in eine ältere Zeitperiode zurückzuverlegen ist.

Das Problem der transhimalayischen Diorite ist noch nie erörtert worden, obwohl einige dieser Gesteine schon früher gesammelt und bestimmt worden sind. Das Problem des Granits, dessen große Stöcke fast das Grundgerüst der himalayischen Gebirgsketten bilden, ist dagegen schon seit längerer Zeit behandelt worden. Unter den Ansichten, die über dieses Problem geäußert worden sind, kann man kaum irgend eine Übereinstimmung finden.

Stoliczka (1866) hielt den himalayischen Granit allgemein für Präsilur, Lydekke r (1880, 1883) hielt ihn geradezu für archaisch. Oldham (1888) hat sich darauf beschränkt, ihn als Prä-Tertiär zu bezeichnen, ihm aber doch ein sehr hohes Alter zugesprochen. Mc. Mahon (1900) hat geglaubt, einerseits einen posttriasischen — vielleicht auch noch älteren — Granit unterscheiden zu können, da die Schiefer, mit denen er den Granit

in Beziehung brachte, älter sind als Trias — und daneben noch einen jüngeren Granit, dessen genaueres Alter er aber nicht bestimmt hat. Hayden (1904) hat ebenfalls zwei Intrusionsperioden des Granits unterschieden, eine präpermische und eine postpermische. Rocatti (1909, 1930) hat die Idee von Lydekker wieder aufgenommen, indem er den Granit dem Archaikum zuschrieb. De Terra (1932) endlich glaubt an einen präkarbonischen Granit und an einen tertiären, bezeichnet beide aber als petrographisch identisch; damit wird seine chronologische Unterscheidung unverwendbar.

Dies waren die über mein Exkursionsgebiet vorliegenden Ansichten. Andere Meinungen sind über den gesamten himalayischen Gebirgszug ausgesprochen worden. Besonders wichtig ist die von Mc. Mahon (1883), der behauptete, daß der Granit tertiär wäre, obwohl dies nicht auf besondere Beobachtungsdaten gegründet war, und obwohl dies dann in gewisser Weise durch seine späteren Altersbestimmungen in dem von uns besuchten Gebiet widerlegt worden ist. Aber seine Überzeugung war doch von gewissem Einfluß auf die späteren Eingliederungen des himalayischen Granits. Griesbach (1885, 1891) hielt den Granit, wenn auch nicht für so jung, wie es Mc. Mahon annahm, so doch als sehr wahrscheinlich der Kreidezeit zugehörig; es ist jedoch angezeigt, darauf hinzuweisen, daß Griesbach sich auf Granite des Afghanistan bezog, die nach aller Wahrscheinlichkeit nicht dem sogenannten Himalayagranit gleichzusetzen sind. Aber daß das Problem offensichtlich nicht gelöst war, beweist die Tatsache, daß Oldham (1893) in seinem Handbuch der indischen Geologie das Auftreten eines präkarbonen und eines postkarbonen Granites — ohne nähere Präzisierung des Zeitalters — behauptet hat. Man kehrte daher in gewisser Weise wieder zu den alten Ideen zurück; ebenso wenn Middlemiss (1896) ein silurisches Alter annahm, dem Mc. Mahon (1897) widersprach, um seine Bestimmung als Eozän zu verteidigen. Die Bestimmung war in Wahrheit — man muß dies hervorheben — auf die Hypothese gegründet, daß die grandiosen intrusiven Vorgänge mit der ebenfalls grandiosen Heraushebung und Faltung der Gebirgskette zusammenfallen.

Ein großer Fortschritt ist den Beobachtungen von Hayden zuzuschreiben. Zuerst (1904) gewann er in der Spiti-Region die Überzeugung von dem Auftreten eines präpermischen und eines allerdings nicht genauer bestimmbareren postpermischen Granites;

später (1907) schien er in der tibetanischen Zone von Lasa den überzeugenden Nachweis zu finden von einem Granit geradezu des Post-Jura-Zeitalters und neben dem Vorkommen eines jüngeren Granits, und zwar aus der Oberen Kreidezeit; endlich hat er in seinem bemerkenswerten Entwurf der himalayischen Geologie (1908) seine eigenen Schlußfolgerungen zusammengefaßt und zum Teil verbessert, indem er das Vorkommen granitischer Intrusionen im Präkarbon, dann einer zweiten intrusiven Periode in der Oberkreide und einer dritten Periode im oberen Eozän angibt.

Die zahlreichen, von mir zurückgebrachten, granitischen Gesteinsproben haben mir drei wesentliche lithologische Typen zu erkennen ermöglicht: Granitite, Zweiglimmergranite und Glimmeramphibolgranite. Ein besonderes Interesse haben vielleicht die letzteren. Sie erscheinen tatsächlich nicht durchzogen von Gängen, die der Intrusion von Granititen und Zweiglimmergraniten zuzuschreiben wären, sondern haben in diese Gesteine ihre eigenen Gänge entsendet. Daraus ist zu erkennen, daß der Granitit mit den ihm zugehörnden Typen eine ältere Intrusion darstellt, als die der Glimmeramphibolgranite. Was nun ihre Verbreitung betrifft, so zeigen meine Gesteinsproben, daß der Granitit mit den ihm zugehörnden Typen die größeren Massen mit offensichtlich mehr gleichförmiger Beschaffenheit bildet. Ihm würde ich den Namen *Himalayagranit* vorbehalten. (S. Taf. I.)

Was den Glimmeramphibolgranit in den von mir besuchten Gebieten betrifft, so scheint er dort aufzutreten, wo die dioritischen Intrusionen sehr verbreitet sind. Granit und Diorite durchdringen einander gegenseitig mit ihren Gängen, die allgemeine Gleichzeitigkeit der beiden ist hieraus abzuleiten. Auch die große Verwandtschaft der beiden in ihrer chemischen und mineralogischen Beschaffenheit ist noch hervorzuheben. Sie ist so groß, daß man bei manchen Gesteinsproben im Zweifel ist, ob man sie dem einen oder dem anderen lithologischen Typus zuteilen soll. Der Schluß ist daher berechtigt, daß der Amphibolgranitit ein saures Differentiat der gleichen großen Intrusion darstellt, wie die in weiter fortschreitender Differentiation intrudierten Gabbros, die fast die Oberfläche erreicht und die Ausbrüche mit Explosionen im Senon bewirkt haben. Es ist auch hervorzuheben, daß der Glimmeramphibolgranit überall dort erscheint, wo große dioritische Massen und Gesteine von basisch gabbroidem Gesamttypus auftreten, wie in Afghanistan, in dem Gebiete des Hunza und

Nagar, im ganzen Baltistan, längs des ganzen oberen Tales des Brahmaputra und in der Gegend von Lhassa. Wegen seines Verbreitungsgebietes habe ich den Glimmeramphibolgranit trans-himalayischen Granit genannt.

Was die Altersbestimmung des himalayischen Granits betrifft — nämlich des Granitits mit den ihm zugehörnden Typen —, so glaube ich, daß man sie durch eine untere und eine obere Grenze, die nicht sehr weit auseinander liegen, begrenzen kann. Hayden hat in der Zone von Lhassa Intrusionen des Himalaya-Granits festgestellt, die Schichten des Jura durchbrochen haben; ich habe von diesem Gesteine im Tal des ladakschen Indus zahlreiche Geschiebe aus Konglomeraten des älteren Senon gesammelt: dies bezeugt, daß er vor dem Senon, wenigstens örtlich, schon emporgetreten, freigelegt und erodiert war. Seine Intrusion kann demnach am Ende des Jura stattgefunden haben.

Wenn auch eine unzweifelhafte Altersbestimmung nicht möglich ist, so scheint doch die von mir vorgeschlagene der Wahrheit näher zu kommen, als die von Stoliczka bis zu Rocatti vertretene Zuteilung in ein sehr viel älteres Zeitalter, oder als die zuerst von Mc Mahon ausgesprochene und in letzter Zeit mit mehr Beweiskraft von Hayden gestützte Annahme, daß er einer viel jüngeren Formation zugehöre. Daneben bleibt noch die Frage nach sicher sehr alten Intrusionen von granitischem Typus bestehen; sie haben sich sicherlich ereignet. Aber sie sind nur durch die Geschiebe in Konglomeraten belegt, die im oberen Paläozoikum von Spiti, Kaschmir und in dem Gebiet des Pankong-Sees beobachtet worden sind. Da sich die Belege nur auf diese wenigen Vorkommnisse beschränken, müssen wir annehmen, daß sehr alte granitische Intrusionen gar keine Bedeutung für die gegenwärtige geologische, orographische und morphologische Beschaffenheit der Gebirgskette haben. Zur Ergänzung der Geschichte des Gebietes möchte ich dennoch hinzufügen, daß ich Lava und Tuffe, eingeschaltet in präkarbonisch kristallinische Schiefer, gesammelt habe, die auf eine noch viel ältere Eruptions-Periode hinweisen.

Die Interpretation der einzelnen Stufen, aus ihrer Umwelt, wie sie durch die lithologischen oder faunistischen Merkmale angezeigt wird, hat mich dazu geführt, in Verbindung mit der räumlichen Verbreitung der einzelnen Stufen paläogeographische Rekonstruktionen zu versuchen. — So hypothetisch sie auch sein

mögen, — sie können doch immer lehrreich sein, da sie einen synthetischen Überblick über die geographischen Verhältnisse in der geologischen Zeitenfolge und ihrer stufenweisen Veränderungen bis zur Gegenwart erlauben. Aber hier soll auf diese Versuche nur hingewiesen werden. Ich habe dabei getrachtet, die Ergebnisse meiner Beobachtungen und Sammlungen mit dem Wesentlichen zu verbinden, das aus der geologischen Literatur über den ganzen asiatischen Kontinent zu entnehmen ist. Ich glaube jedoch, an die Schlußfolgerungen erinnern zu müssen, die sich auf die tibetanisch-indische Region in engerem Sinne beziehen, welche der Himalaya als Bindeglied vereinigt.

Anlaß zu bevorzugtem Interesse boten mir natürlicherweise die Küstensedimente; einerseits wegen ihrer räumlichen Verbreitung, und andererseits wegen der Natur ihrer Bestandteile. Ich beabsichtige nicht, auf die bathymetrischen Verhältnisse von örtlich oder allgemeinen seichten Gewässern näher einzugehen; denn sie beweisen nicht unbedingt, daß in ihrer Nähe Festland war. Das Permische Meer zum Beispiel ist über sein ganzes Verbreitungsgebiet, auf eine ungeheure Ausdehnung, einzig von neritischer Fazies gewesen, wenn es auch entschieden transgressive Tendenzen nach dem Uralian zeigte. Ich beabsichtige statt dessen, auf die Küstensedimente im engeren Sinn Bezug zu nehmen, wie auf grobe Konglomerate, welche die unmittelbare Nähe eines Landes anzeigen. Im Vereine mit allen sonstigen verwendbaren Anhaltspunkten haben sie mir gezeigt, welche Verschiebungen vermutlich längs der beiden einander gegenüber liegenden Küstenlinien der Thetys, nämlich längs der des Gondwana und der des Angara, im Laufe der Zeiten vor sich gegangen sind. Verschiebungen, die vielleicht weniger stark und gleichförmiger an der Küste von Gondwana, aber unregelmäßiger und ausgiebiger an der des Angara-Landes, gewesen sind. Längs der ersteren hat ein Rückzug des Meeres besonders im oberen Karbon und im unteren Perm stattgefunden; dann ein starker, aber vorübergehender Fortschritt im mittleren Perm, als das Meer Umaria erreicht hatte, in der Mitte der Basis des Dreieckes der indischen Halbinsel; aber in allen anderen geologischen Zeitaltern — bis zum Augenblick der endgültigen Emerision — hat die Küste des Gondwana nur relativ leichte, horizontale Schwankungen mitgemacht.

Längs der Küste des Angara jedoch muß ein erster Rückgang des Meeres im mittleren Perm stattgefunden haben. Die Küstenlinie schwankte damals wahrscheinlich, um diese Lage; aber nach der Trias zeigte das Meer eine ausgesprochene Tendenz, weiter zurückzugehen, so im Rhät, im Lias und auch in einem großen Teil des Oolitikums. In dieser Zeit, während des Callovian, drängt aber ein ausgedehnter Meeresarm über das in den vorangegangenen Zeiten entstandene Festland. In der unteren Kreide zog sich das Meer noch bedeutend gegen Süd-Westen zurück, suchte jedoch in der Zwischenzeit seitlich über das vordringende feste Land zu treten, wie wenn es das schon Verlorene wieder gewinnen wollte. Und in der Tat hat seine transgressive Tendenz während des ganzen unteren Eozän angedauert, sie ließ nach im mittleren Eozän und hierauf begann der endgültige Rückgang. Dieser erfolgte mit einiger Verzögerung von Osten her gegen Westen, und zwar so, daß im oberen Eozän noch zwei weite und tiefe Einbuchtungen bestanden — eine Belutschistan-Afganische im Süden, und eine Turkestanische im Norden. Beide sind während des Oligozän noch mehr zurückgegangen. (Fig. 5.)

Kurzum: es ergibt sich aus der Rekonstruktion der physischen Verhältnisse im tibetanisch-indischen Gebiete durch einen langen Zeitraum bis über einen großen Teil des Eozän im großen Ganzen die Andauer der gleichen Zustände sowohl in dem Teil, welcher Meer war, wie in jenem, der das feste Land bildete. Wenn man zum Beispiel sehen will, ein wie großer Teil des gegenwärtigen Indiens (Halbinsel und Kontinent — also bis zu seinen Meeres- und Gebirgsgrenzen) in den aufeinander folgenden Epochen vom Meere überflutet worden ist, so würde man wahrnehmen, daß ungefähr wenigstens drei Viertel von den dem Karbon unmittelbar vorhergegangenen Zeiten bis zur Gegenwart ununterbrochen festes Land gewesen sind. Und sicher ist ein gutes Achtel, vielleicht auch mehr, vom Meere nur einmal in diesem langen Zeitenraume, und zwar nur ganz vorübergehend, überflutet worden. Im Gegensatz hierzu war die transhimalayische Region — die wir auch die tibetanische nennen können — wenigstens vom Kambrium bis in das mittlere Eozän andauernd vom Meere bedeckt gewesen, nur zeitweise beeinflusst durch die Schwankungen an den gegenüberliegenden Küstenlinien, des Gondwana und des Angara. Es ist jedoch angezeigt, darauf hinzuweisen, daß die höchste Steigerung, dieser im übrigen ununterbrochenen Zunahme des festen

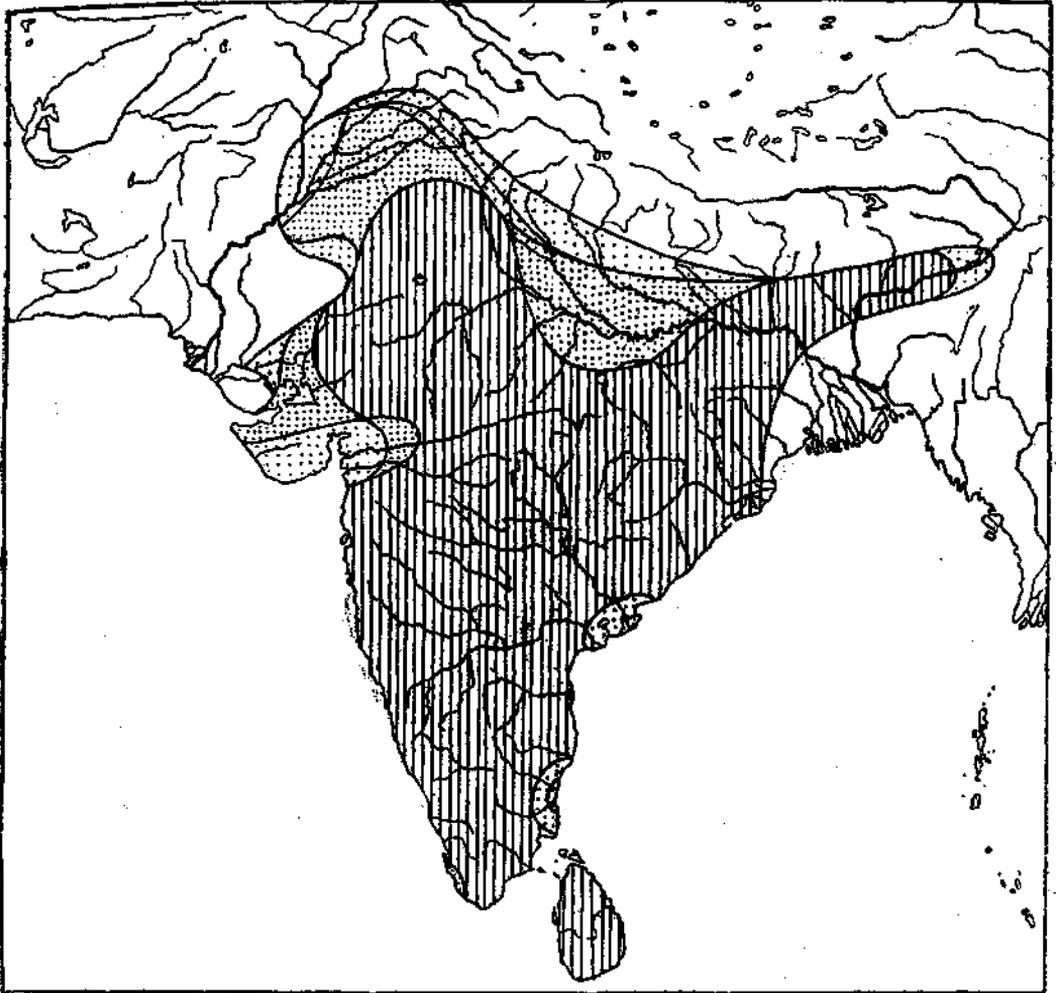


Fig. 5.

Andauer des Kontinentalzustandes im indischen Gebiete.

Vertikale Streifen bezeichnen das Gebiet, das seit vorkarbonischer Zeit Festland geblieben ist. Die dreierlei Punktierungen bezeichnen nach ihrer zunehmenden Dichte die Zonen, die im Laufe der Zeiträume einen, zwei oder drei Übertritte des Meeres mitgemacht haben.

Landes gegenüber dem Meere, örtlich beschränkt scheint: auf den Godwana, in der gegenwärtigen Region der Hazara, und auf den Angara, in Turkestan, gegenüber der Hazara. Diese räumliche Verteilung ist bedeutungsvoll, denn mit ihr werden die Hebungsvorgänge eingeleitet, die gerade in dieser Zone im späten Eozän und in der Folgezeit die größten Beträge erreicht haben. Ihre weitere Auswirkung erkennt man noch in den tektonischen und auch orographischen Merkmalen, sowie in dem Verlaufe dieses Bündels von Gebirgsketten.

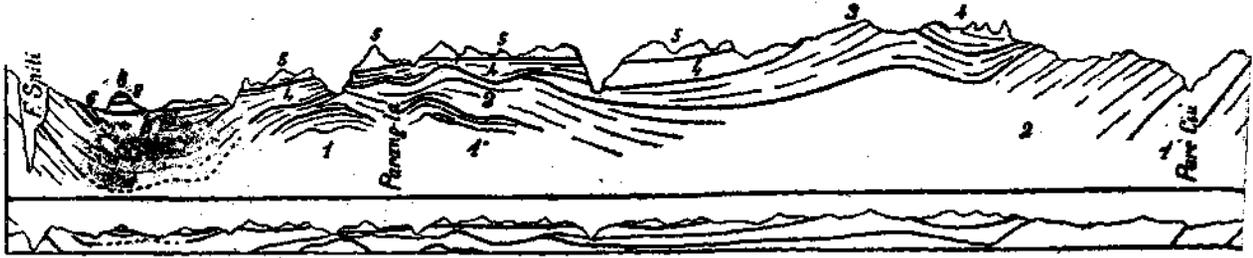


Fig. 6.

Tektonik zwischen dem Tale von Spiti und Süd-Rupschu
nach Stoliczka (1866).

1. Karbon, 2. Trias, 3. Rhät., 4. Unt. Lias, 5. Mittel-Lias, 6. Jura (brauner Jura), 7. Ober-Jura, 8. Kreide. Die chronologische Deutung ebenfalls nach Stoliczka. Das untere Profil im wahren Längen- und Höhenmaßstab, das obere stark überhöht.

Von der Tektonik der großen Region zwischen dem westlichen Himalaya und dem Karakorum wußte man bisher sehr wenig. Zwei Profile, ein älteres von Stoliczka (Fig. 6), das vom Spiti aus kaum bis in das transhimalayische Gebiet vordringt, und ein zweites, fast unbekannt gebliebenes, von Godwin Austen (1884), zwischen dem Himalaya und dem ladakschen Tal des Indus, sind — wie man sagen kann — das Einzige, was von den ältesten Gelehrten geliefert worden ist. (Taf. II, Fig. 1). Sie beziehen sich nur auf ein kleines Gebiet, aber wir können sie wegen ihrer Verlässlichkeit verwerten. Lydekker (1883) hat seinem Werk, das ein geologisch-monographisches Studium über die gesamte Region sein sollte, keine geologischen Profile beigegeben, und auch er brachte keine Gesamtdarstellung über die tektonischen Verhältnisse dieses Gebietes. Dies tat für ihn sehr viel später Eduard Suess in dem ersten Band seines Werkes: „Antlitz der Erde“. Demjenigen, der sowohl das Gebiet wie das Werk Lydekkers kennt, erscheint die zusammenfassende Gliederung in geologische Zonen wahrhaft wunderbar und kristallklar. Aus ihr ergibt sich auch eine tektonische Deutung in großen Umrissen; sie unterscheidet eine Folge von längsgerichteten Zonen aus abwechselnd paläozoischen, mesozoischen und auch tertiären Schichten, von denen die ersten als Antiklinalen, die zweiten als Synklinalen auftreten, die aber beide durch untergeordnete Falten noch weiter kompliziert sind. Für sich allein stände die Eozän-Zone des Industales; denn sie kommt gegen Nord-Osten mit einer antiklinalen Zone von ältesten Schichten, gegen Süd-Westen aber mit einer Synklinale von

Mesozoikum in Berührung; aber dieser ungleichartige Kontakt mit den beiderseits anlagernden Zonen soll durch einen großen Bruch verursacht worden sein. Die Beharrlichkeit der Richtung der geologischen Zonen und des Verlaufes ihrer Falten, sowie auch die ihrer allgemeinen Neigung gegen Nord-Osten, führten S u e ß dahin, eine Einheitlichkeit für den gesamten tektonischen Vorgang zu behaupten: nämlich eine in gleichem Sinne erfolgte Aufrichtung der Schichten in aufeinander folgenden Zeitaltern, und eine einheitliche Struktur für den ganzen Gebirgsketten-Komplex.

Diese synthetische Erklärung ist bis auf unsere Tage — wie man sagen kann — die einzige geblieben, und selbst heute ist sie nur da abzuändern, wo ihr nur unsichere oder irrtümliche Anhaltspunkte zur Verfügung standen. Sicherlich sind einige von zwei reisenden Naturforschern in den allerletzten Jahren veröffentlichte geologische Profile viel eher anzuzweifeln, als die klare, von S u e ß vor mehr als 40 Jahren entworfene Synthese.

Das Gesamtbild der tektonischen Verhältnisse des Gebietes zwischen dem westlichen Himalaya und dem Karakorum wird klarer, wenn man auf zwei Umstände achtet. Der eine betrifft im wesentlichen die sehr ungleichen Höhen, auf die auch benachbarte Teile einer Falte gehoben werden konnten. Je größer eine solche Erhebung gewesen ist, um so größer sind häufig auch die gegenwärtigen Höhenunterschiede, aber um so stärker hat vor allem die Erosion angegriffen. So kann zum Beispiel der Kern einer Synklinale auch in unmittelbar benachbarten Teilstücken mit chronologisch und lithologisch ganz verschiedenen Schichten zutage treten und eine klare Übersicht unmöglich machen. Der zweite Umstand betrifft die verschiedene Gestaltung, welche die Falten — ich beziehe mich immer auf unsere asiatische Region — ursprünglich in ihren innersten und tiefsten Teilen, oder in ihren äußersten Teilen angenommen haben. Wenn der erste Umstand durch Umformungen der Falten während ihrer Entwicklung in der Längsrichtung verursacht wurde, so ist der zweite veranlaßt durch Umformungen, die manchmal in ihrer vertikalen Entwicklung auftreten. In unserem Gebiete sind die Falten dort, wo sie bis auf die tieferen Teile abgetragen an der Oberfläche sichtbar werden nur aus alten Schichten, und zwar nie aus jüngeren als Paläozoikum, aufgebaut und stark aufgerichtet und enge zusammengedrängt; da aber eine mächtige Schichtreihe daran be-

teiligt ist, sind sie relativ weit auseinandergerückt. Dort jedoch, wo sie mit ihrem ursprünglich höchsten Teil und deshalb mit jüngeren Schichten, im allgemeinen solchen des Mesozoikum, an die Oberfläche treten, zeigen sie sich einfach und ziemlich regelmäßig gebaut, mit wenigen Komplikationen und mit geringer Weite, und enthalten nur eine wenig umfassende Schichtfolge. Im Vergleich mit den ursprünglich tiefen Teilen erscheinen sie nur als schwache und gedrängte Fältelungen, mit denen sich eine aus längeren und höheren Wellen ausgedrückte Bewegung aus weiter Ferne hieher überträgt. Man beachte, daß in der gesamten Ausdehnung der tibetanischen Hochflächen fast nur Schichten des Jura (wahrscheinlich des oberen Jura) und der Kreide, diese aber nicht vollständig, an der Oberfläche erscheinen; dies erklärt sich vor allem aus der geringen Amplitude der Falten in ihren ursprünglichen äußersten Teilen.

Es ist überaus lehrreich, vom subhimalayischen Tertiär ausgehend, die ganze Folge der Gebirgsketten im Geiste zu durchqueren.

An der südlichen Seite des Pir Pangial — der äußersten Gebirgskette — treten, nach den Studien von Wadia, zwei übereinander liegende Antiklinalen zutage, die wie alle tibetanisch-himalayischen Falten von Nord-West nach Süd-Ost gerichtet sind und gegen Nord-Osten zu einfallen, und von denen der untere Schenkel mehr oder weniger unvollständig ist. Es sind nämlich überschobene Falten, von denen die obere ziemlich intensiv über die untere und diese unmittelbar über das subhimalayische Tertiär geschoben ist. Ich glaube, daß diese Falten sich, nach Süd-Osten, wenigstens bis zu den unteren Hängen des Himalaya in dem Ciamba-Gebiet fortsetzen, vielleicht mit verschiedenen Merkmalen. Es scheint, daß sie in ihren Schenkeln kein Eozän mehr mit umschließen, wie es in den Falten an der Südseite des Pir Pangial der Fall ist. (Fig. 7.)

Der obere Schenkel der zweiten dieser beiden Antiklinalen bildet die nördliche Seite des Pir Pangial, der gegen Süd-Westen das große morphologische Becken von Kaschmir begrenzt; dieses Becken ist offensichtlich tektonischen Ursprungs. Ihm entspricht in der Tat eine große, weit offene, reichlich fossilführende Brachysynklinale, mit triassischem Kern; sie ist durch die Studien von Middlemiss und Hayden dargestellt worden. Gegen Süd-Osten jedoch, wo sich das morphologische Becken von Kaschmir

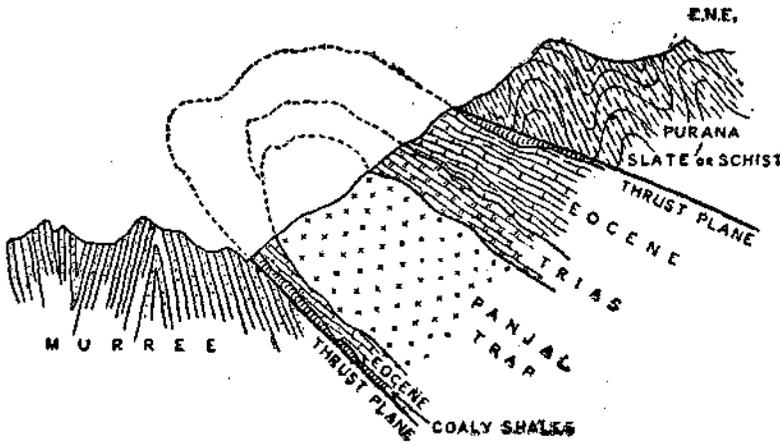


Fig. 7.

Profil durch den Südabhang des Pir Panjal
nach Wadia.

schließt, erscheint auch die Falte sich abzuändern: während sie bisher weit und offen war, wird sie jetzt immer enger und hebt sich allmählich heraus, so daß sie im Himalaya des Ciamba nur durch das Auftreten eines dünnen Kerns von oberem Paläozoikum wiederzuerkennen ist.

Schreiten wir noch weiter vor durch den Komplex der Gebirgsketten. Es folgt nun eine Antiklinale, in deren größter Erstreckung, zwischen dem Himalaya des Kaschmir und jenem des Ciamba, ein Kern von präkarbonischen Schichten zutage tritt, deren genaueres Alter nicht näher zu bestimmen ist. Hierauf folgt wieder eine Synklinale, die in den oberen Tälern des Sind und Lidar — beide im Kaschmir — Trias umschließt, dann sich gegen Süd-Osten auffällig erhebt und erst in großer Entfernung, im Lahul, wo sie das obere Paläozoikum umschließt, neuerdings wieder absinkt.

Bis hierher ist — abgesehen von Abänderungen in der Längsrichtung — der allgemeine Verlauf der Falten und der durch sie dargestellten stratigraphischen Zonen relativ einfach. Wenn wir aber die Durchquerung der Gebirgsketten noch weiter fortsetzen, so stoßen wir auf die erste störende Verwicklung zwischen dem Verlauf der geologischen Zonen und den orographischen Richtungen. An der folgenden Antiklinale beteiligt sich nämlich eine der bedeutendsten Granitmassen des himalayischen Gebirgszuges. Diese ist es, die den sogenannten Himalaya von Zanskar — einen bemerkenswert hohen und sehr wilden Gebirgstheil — bildet. In

ihren Ausläufen — gegen Nord-West und Süd-Ost —, wo die große Intrusion endigt, erniedrigt sich die Gebirgskette. Sie wird wieder zur rein antiklinalen Falte, jedoch fast immer mit einem Kern von präkarbonischen Schichten. Aber die vielleicht interessanteste Tatsache, welche von der großen Granitmasse abgeleitet werden kann, ist die, daß die folgende Synklinale vollkommen im Norden dieser Masse gelegen ist, zugleich aber um die beiden Enden dieselbe Masse herum auf den südlichen Abhang hinüberzieht: am nordwestlichen Ende bildet sie die sekundäre, zwischen dem Kaschmir und dem Tal des Chisgen-Ganga gelegene Gebirgskette; am südöstlichen Ende bildet sie die hohen südlichen Flanken des Himalaya von Spiti, Garwal und Kumaon — drei Gebiete, die eine fundamentale Wichtigkeit für die geologische Kenntnis des großen Gebirgszuges gehabt haben. Mit dieser Synklinale tritt man jedoch entschieden in die transhimalayische Region ein, die bei geringer Breite, zwischen dem westlichen Himalaya und dem Karakorum, sehr wildes orographisches Relief darbietet, sich aber gegen Osten in die unendlichen tibetanischen Hochflächen auszudehnen und zu verflachen scheint. Die Verschiedenheiten des tektonischen Baues erklären diese Verschiedenheit der orographischen Gestaltung.

Man kann jedoch sagen, daß die tektonischen und morphologischen Züge von Tibet durch ein keilförmig vorgreifendes Stück der Hochflächenzone aus dem klassischen Gebiet von Hundes durch das obere Spiti auf die ganze transhimalayische Region des Zanskar übertragen werden. Nur daß diese ursprüngliche Hochflächenzone, je mehr man gegen Westen vordringt, von der normalen Erosion durch ein immer tiefer und dichter werdendes Talnetz zerschnitten wird, und zwar in der Weise, daß sich ihre ursprünglichen morphologischen Umrisse fast nur in der Höhengleiche der Gipfel und der Kammlinien zu erhalten scheinen. Aber die tektonischen Merkmale bleiben natürlich auch in dieser Landschaft erhalten, die heute so stark zerstückelt ist und ihre ursprüngliche morphologische Einheitlichkeit und Gleichförmigkeit verloren hat.

Zwischen der himalayischen Gebirgskette des Zanskar und dem Industal ist tatsächlich eine einzige große, flache Synklinale eingeschaltet; so wie alle anderen Falten ist sie von Nord-West nach Süd-Ost gerichtet. An ihren beiden Flanken — im Süd-Westen, wo sie Stoliczka verfolgt hat, sowie im Nord-Osten,

wo ich einem langen Stück ihres Verlaufes gefolgt bin — sieht man, daß nach außen hin ansteigende Schichten des oberen Paläozoikum ihre Unterlage bilden. Dazwischen aber, in einer Breite von über 30 Kilometer, von den Gipfeln bis zu den Talgründen, erscheinen nur Trias, Rhät und Lias. Es fehlt — soweit bekannt ist — der Jura und die Kreide, und das Eozän erscheint nur auf einem Gipfel, als Zeuge einer der Lücken in der Sedimentfolge, auf die ich später noch zurückkommen werde. Schließlich ergibt sich aber aus der Ausdehnung der Zone und aus der geringen Zahl der wahrnehmbaren Schichtstufen die kleine Amplitude jener sekundären und untergeordneten Falten, die man fast als Unterteilungen einer großen, flachen Gesamtfalte betrachten kann. Es sind — wie ich schon erwähnt habe — die kleinen Fältelungen, die als Ausläufer einer aus längeren und höheren Wellen bestehenden Bewegungen aus weiter Ferne hierher übertragen worden sind. Demselben Charakter der Falten begegnet man übrigens im Spiti und Garwal, wie derjenige erkennt, der sich an die schön gezeichneten geologischen Profile von Hayden, aus diesem östlicheren Gebiete, erinnert.

Wenn man diese weite, flache Synklinale durchquert, kommt man zu dem vielleicht wichtigsten tektonischen Abschnitte des zwischen dem westlichen Himalaya und dem Karakorum eingeschlossenen Gebietes. Es ist eine lange, enge Synklinale, von Oberkreide und Eozän, mit Schichtlücken im Kerne. Sie fällt mit dem ladakschen Tal des Indus zusammen, das offensichtlich tektonischen Ursprungs ist und ist gegen Nord-Osten vollkommen überstürzt. Auf dieser Seite wird die Kreide vom Granit der Gebirgskette überlagert, die sich zwischen den Tälern des Indus und des Schajok erhebt. Die Kreide ist mit einer basalen Brekzie und mit Konglomeraten verbunden, die sich auf Kosten desselben Granits gebildet haben. Demnach transgrediert die obere Kreide und der Granit wurde — wie man sagen kann — mit in die Synklinale aufgenommen. Die nach Nord-Osten überstürzte Einfaltung taucht im Süd-Westen unter das obere Paläozoikum, das die Basis der weiten, flachen Synklinale des Gebietes von Zanskar bildet. Ein Bruchkontakt mit bedeutender Verwurfshöhe ist hier unverkennbar. Ihn erzeugte die andauernde gewaltige Pressung, durch welche die Masse der großen flachen Synklinale des Zanskar über die gesenkte Scholle vorgestoßen und diese zur überstürzten Synklinale zusammengedrückt worden ist. (Taf. II, Fig. 2.)

An diesem großen Bruche gibt es manche Unregelmäßigkeiten. Wenn man ihn vom mittleren Ladak gegen Süd-Osten, also gegen das Hochland von Rupschu, verfolgt, so sieht man, daß er die überstürzte kretazische Synklinale nicht mit dem oberen Paläozoikum in Kontakt gebracht hat, sondern mit einer Reihe älterer, wahrscheinlich bis zum Prä Silur reichender Stufen. Aber dies ist nur ein Detail von geringerem Interesse.

Bemerkenswerter ist die Feststellung, daß dieser Bruch, den ich auf ungefähr 500 Kilometer verfolgen konnte, in weitem, gegen Nordost konvexem Bogen verläuft und die fernere Feststellung, daß er sich außerhalb des angegebenen Gebietes weder gegen Nordwest in das Gebiet von Ghilglut, noch gegen Südost in das von Garwal und Kumaon fortzusetzen scheint. Die Strecke zwischen diesen Gebieten und der Hochfläche von Rupschu ist leider noch vollkommen unbekannt; dort muß der Bruch sein eigentliches Ende finden und dort muß sich der Übergang zwischen den eben geschilderten tektonischen Verhältnissen und den so einfachen von Garwal und Kumaon vollziehen. Hier trägt die der großen, flachen Synklinale des Zanskar entsprechende paläozoisch-mesozoische Serie in unmittelbarer Auflagerung die fast horizontale Kreide des Hundes, die genau jener der überstürzten Synklinale des Industales entspricht und sicherlich ihre Fortsetzung darstellt.

Setzen wir unsere Durchquerung der Gebirgsketten in nord-östlicher Richtung fort.

Es folgt eine Zone von alten kristallinen Schiefen, die im ganzen genommen dem Prä-Karbon, vorwiegend aber dem Prä-Silur angehören. Sie sind von mächtigen Massen des himalayischen Granits unterbrochen; da sie an derselben Faltung beteiligt sind, zeigen sie so wie die Falten nordwest-südöstliche Erstreckung.

Im ladakischen Gebiete ist diese Zone relativ schmal und die Granitmassen überwiegen, so daß es schwierig ist, in den kristallinen Schiefen Anzeichen von Falten und einer Aufeinanderfolge von verschiedenen chronologischen Stufen zu erkennen. Aber in den Gebieten zu beiden Seiten des Ladak bewirken Veränderungen im Verlauf der Falten, daß sich diese Zone allmählich erweitert. So glaube ich, daß im Nord-Westen, im Baltistan, wenigstens sechs synklinale Falten mit einem Kerne, der nicht jünger als Devon (Taf. III), und im Süd-Osten, zwischen dem oberen

Industal und dem Pancong-See, wenigstens vier synklinale Falten zu erkennen sind. Diese zeigen jedoch besondere Eigentümlichkeiten; drei von ihnen sind von Brüchen begleitet, und umschließen die Kreide mit anormalen Kontakten. Ich weiß nicht, wie weit sich diese Zone mit den gleichen Merkmalen noch gegen Süd-Osten fortsetzt, aber es kann, wie ich glaube, nicht weit sein, denn in geringer Entfernung öffnen sich die großen tibetanischen Hochflächen, die — wie ich schon sagte — nur vom obersten Jura und unvollständiger Kreide gebildet werden und nur mehr breit und sanftwellig gefaltet sind. (Taf. II, Fig. 3.)

In unserem Gebiete folgt dem letzten silurischen antiklinalen Kern der eben genannten Zone regelmäßig die ganze normale Serie bis zur Oberkreide; sie enthält, wie ich glaube, nur ursprüngliche, durch Unterbrechungen der Sedimentation verursachte Lücken. Damit erscheint eine neue geologische Zone, in der das Paläozoikum selten an die Oberfläche tritt, das Mesozoikum aber aufs reichlichste entwickelt und in sanfte und schmale Falten gelegt ist. Diese Zone erinnert an die große flache Synklinale des Zanskar-Gebietes und entspricht, wie diese, einer Art Verlängerung der tibetanischen Hochflächen, die sich gegen Nord-Westen einkeilen. Die Unterschiede bestehen einerseits in der bedeutenderen Hebung, die im ganzen relativ ältere Stufen an die Oberfläche bringt, und ferner in der größeren Häufigkeit tektonischer Komplikationen im einzelnen, wie kleine Überschiebungen von Falten und Brüchen mit anormalen Kontakten; im Norden des Karakorum-Passes fallen fast alle von Brüchen begleiteten Falten gegen Süd-Westen ein. Sie sind demnach gegen Nord-Osten überschoben.

Es folgt dann die granitische Masse des Kuen-Lun, jenseits welcher sich die normale Serie bis zum Eozän einstellt, welche die große Wüstenebene des chinesischen Turkestan fast ganz umsäumt.

Es tut mir leid, daß der Umfang des Stoffes und die Kürze der Zeit mich gezwungen haben, die tektonischen Verhältnisse unserer Region so schematisch, fast elementar zu behandeln. Es ist jedoch sicher, daß, so großartig uns auch die Erhebung des Himalaya erscheinen mag, seine Bauformel trotz mancher Komplikationen im ganzen ziemlich einfach erscheint.

Nach meiner Rückkehr von Asien haben mich viele Kollegen — offenbar eine bejahende Antwort erwartend — gefragt, ob ich

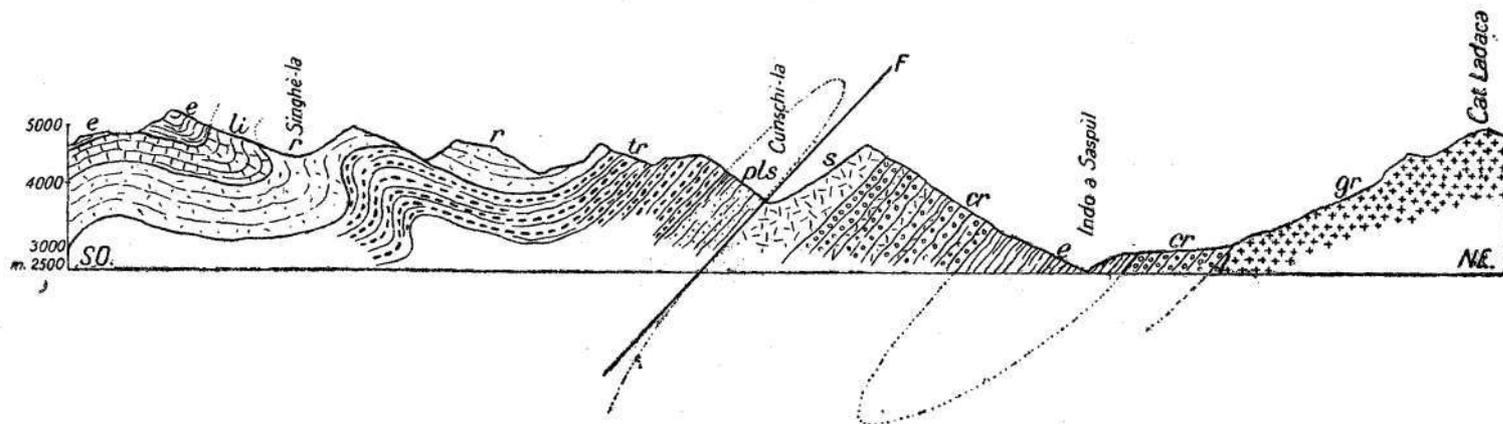


Fig. 8.

Tektonik im Industale von Saspul bis Singhe-la, in der Zone von Singhe-la nach La Touche.

pls = oberes Paläozoikum; tr = Trias; r = Rhät; li = Lias; cr = Kreide (sedimentär und eruptiv); e = Eozän; gr = Granit; F = Verwerfung.
Maßstab ca. 1:400.000, ca. 11/2 überhöht.

Gelegenheit gehabt hätte, Decken zu erkennen. Ich weiß nicht, ob ich sie enttäuscht habe, als ich mit Nein antwortete.

Ich muß sagen, daß ich glaube, der erste unter den italienischen Geologen gewesen zu sein, der von Decken gesprochen hat, nicht um sie zu verneinen oder zu kritisieren, sondern um ihre Möglichkeit im allgemeinen und in einzelnen Beispielen im besonderen anzunehmen. Aber ich glaube auch, daß sich viele Geologen zu sehr von der Theorie verleiten ließen. Indem sie die Theorie, wo irgend möglich, auch ohne genauere Kenntnis der Gebiete, anwenden wollten, haben sie ihr nur geschadet.

Die Rekonstruktion der Tektonik des himalayischen Gebirgsketten-Komplexes von Argand (1922) ist zweifelsohne gut durchgeführt und bestechend. Aber sie ist wahrscheinlich reine Theorie. Ich habe an der Hand von Schriften anderer, die wenigen Fälle von Decken zu studieren versucht, die über den himalayischen Gebirgszug als Beispiele oder auch nur als Hinweise zitiert worden sind: das Eozän des Singhe-la (Fig. 8) in unserer Region, die sog. exotischen Blöcke des Malla Johar (Fig. 9 u. Taf. IV, Fig. 1) und die merkwürdige mesozoisch-eozänen Ellipsoide der niederen Flanken des Garwal. Das zweite Beispiel ist ohne weiteres entschieden abzulehnen; die Erklärung der beiden anderen als Decken läßt sich nicht ernsthaft begründen, und ihre Abnormalitäten kann man folgerichtiger in ganz anderer Weise auslegen. Wadia ist unter den Geologen, die unmittelbar Kenntnis vom Himalaya hatten, der einzige, der von Decken sprechen zu können geglaubt hat: und zwar in bezug auf die beiden Antiklinalen an der Südseite des Pir Pangial, die ich schon erwähnt habe; aber er hat auch erklärt, daß ihr Vorschub nur sehr wenige Kilometer beträgt. Aber in diesem Fall handelt es sich — nach meiner Meinung — nur um überschobene, und zwar sehr mäßig überschobene Falten. Es gibt nur ein geologisches Profil, bei dem man nach der Darstellung an das Vorhandensein einer mäßigen Decke denken könnte, nämlich das von Pilgrim und West durch das Gebiet von Simla. Wenn man aber bedenkt, daß die Altersbestimmung der verschiedenen, mehr oder minder metamorphen Stufen in dieser Zone so unsicher ist, daß einzelne ebensowohl dem Prä-Karbon wie dem Jura zugeteilt werden, so muß man zugestehen, daß hiernach jede Grundlage für irgendeine sichere tektonische Deutung fehlt. (Taf. IV, Fig. 2.)

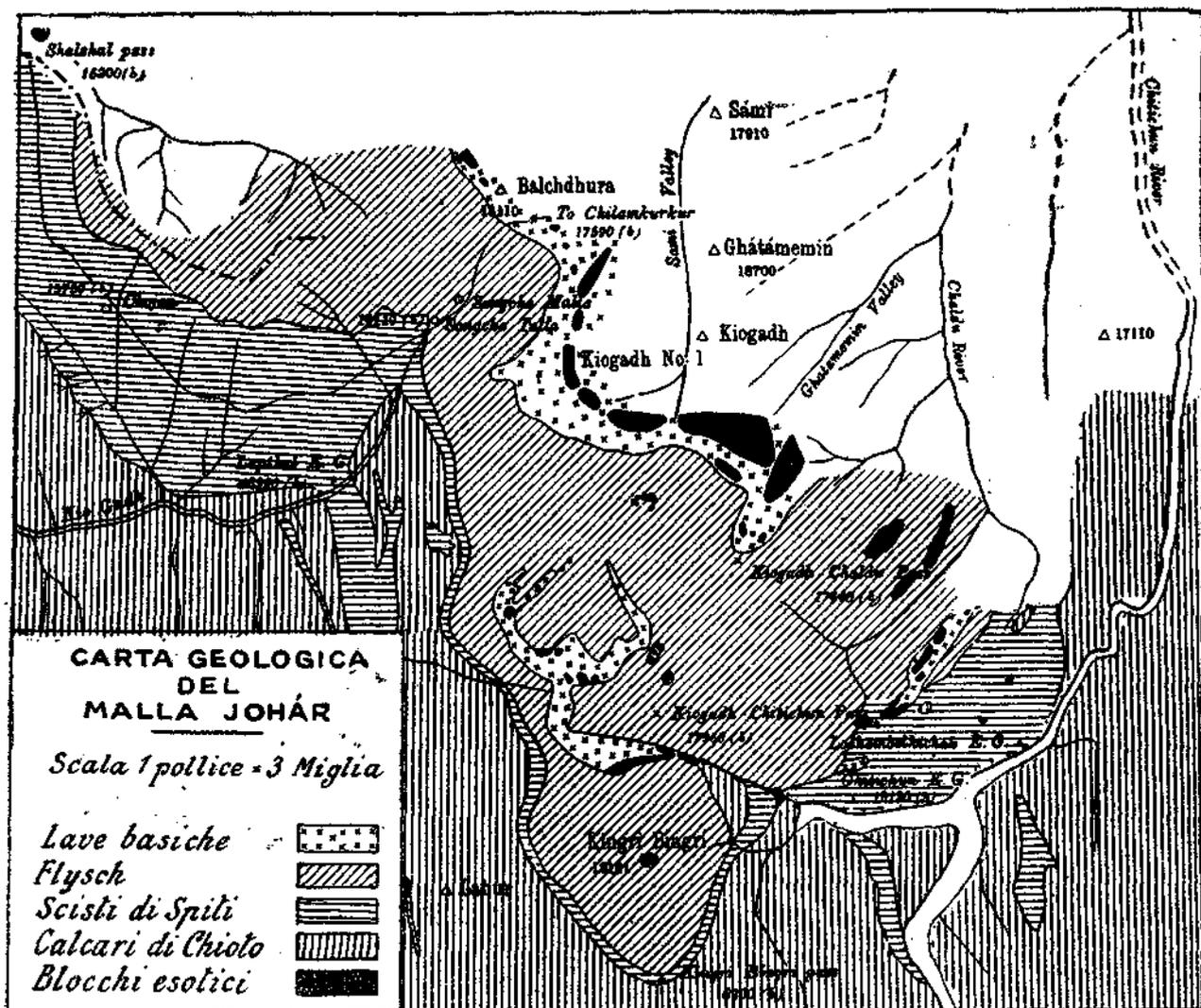


Fig. 9.

Geologische Skizze von Malla Johar (Zentral-Himalaya)
nach Krafft (1902).

Zeigt eine Hauptverbreitung der „exotischen Blöcke“ im senonen Eruptivgebiet und unter dem marinen Senon. Die schwarzen Flecken bezeichnen nicht einzelne Blöcke, sondern die Gebiete ihrer dichteren Anhäufung.

Wenn wir die Gebirgsketten zwischen Indien und Chinesisch-Turkestan mit denen von Garwal verbunden denken, so erscheint uns der tektonische Gesamtplan relativ einfach: zwei Randzonen von höchster Erhebung — im Süden der Himalaya und im Norden der Kuen-Lun — mit äußeren, nach außen überschobenen, und mit inneren, ziemlich regelmäßigen, aber tiefgreifenden Falten-

zügen, und zwischen diesen beiden Randzonen eine weite Mittelzone — die tibetanischen Hochflächen —, weniger intensiv und gleichförmiger gehoben mit einfachen und kurzen Faltenzügen.

In unserem Gebiete aber weist alles darauf hin, daß hier die Hebungskräfte und damit auch die tektonischen Verwicklungen am bedeutendsten gewesen sind. Wir erkennen auch hier wieder den einfachen Gesamtplan aus den Umrißlinien, jedoch abgeändert und verwickelter; und zwar hat gerade die mittlere Zone der tibetanischen Hochflächen die verwickeltesten Störungen erlitten. Auch hier stehen ein nördlicher und ein südlicher Hauptstörungstreifen einander gegenüber. Aber dazwischen haben die gewaltig gesteigerten Druckkräfte die Mittelzone auf der einen Seite an die zusammengedrängten und aufgerichteten Randfalten und an die höchste Erhebung des Karakorum herangepreßt, auf der anderen Seite aber den von der großen Hochflächenzone losgelösten südlichen Randstreifen entlang der Linie des Indusbruches zerrissen, dem nächsten Sedimentstreifen aufgeschoben, gewaltig niedergedrückt und zur überstürzten Synklinale umgefaltet. Daß hier die Druckkräfte zur stärksten Wirkung gelangt sind, zeigt sich auch darin, daß gerade hier die Gebirgsketten zugleich am engsten zusammengepreßt und am höchsten emporgestaut sind.

Es ist schwer zu sagen, ob die Zusammenpressung kräftiger von Norden oder von Süden her gewirkt hat. Aber die bereits erwähnte Tatsache, daß Angara, wiederholt das Meer einengend, gerade in der Richtung auf unsere Gegend, vorgerückt ist und sich — soweit bekannt ist — nach keiner anderen Richtung bewegt hat, weist darauf hin, daß eine von Nordosten herandrängende Pressung schon seit sehr alter Zeit wirksam ist. Gondwana hingegen hat wiederholt und mit Unterbrechungen einen halbinselförmigen, spitz dreieckigen Vorsprung, der dem heutigen Hazara entspricht, herangedrängt. Dies würde zeigen, daß auch Pressungen aus südlicher Richtung wirksam waren, und es wird auch dadurch näher erläutert, daß der Druck von Süden an den Flächen des keilförmigen Vorsprungs der Gondwana-Halbinsel gegen Norden in zwei Komponenten zerteilt wird, von denen die eine, die aus Südwesten, den Himalaya, die andere, die aus Südosten, die Afghanischen Berge entstehen ließ. Tatsächlich sind die sowohl dem Himalaya als auch den Afghanischen Bergen vor-

gelagerten Randfalten überstürzt gegen die Hazara, deren Widerstand sie geschaffen hat.

Ich glaube, daß über die Zeit des Beginnes der Hebung der gesamten Gebirgsketten heute keine großen Meinungsverschiedenheiten bestehen können. Ich erinnere daran, daß die ersten Erforscher die Existenz eines sehr hohen Gebirgslandes schon in sehr alten geologischen Zeiten behaupteten: so Strachey (1854) und Godwin Austen (1883); aber auch Medlicott (1865) glaubte dies, in der irrigen Annahme, daß das durch subhimalayische Ablagerungen erwiesene eozäne Meer einen älteren nördlichen Kontinent umrandet hätte. Selbst Middlemiss hat — viel später — an die erste Entstehung des himalayischen Gebirgszuges im Paläozoikum geglaubt. Nur Oldham (1891) hat den Vorgang für jünger gehalten, indem er die Hebung an das Ende des Mesozoikum verlegte, und sie schon am Anfang des Tertiär beendet glaubte. Ich darf auch an die Polemik erinnern, zwischen Howorth (1891), der ein sehr junges, geradezu postpliozänes Alter der Hebung verfocht, und Blanford, der dagegen die Existenz des Himalaya schon im mittleren Tertiär behauptete. Aber kurz nachher nahm Oldham (1893) in seinem Handbuch der indischen Geologie an, daß die Erhebung schon mit dem Tertiär ihren Anfang genommen, aber ihre größte Intensität erst am Anfang des Pliozän erreicht hätte. Man kann sagen, daß diese Ansichten später allgemein angenommen worden sind: so von Eduard Sueß und in jüngerer Zeit von Hayden (1908). In den letzten Jahren indessen hat De Terra (1932) viel kompliziertere Hypothesen aufgestellt: nämlich die Annahme einer ersten Faltung im Prä-Kambrium; einer zweiten im oberen Karbon; einer dritten am Ende der Kreide und am Anfang des Tertiär; einer vierten am Ende des Tertiär, und einer fünften im Quartär. Es genügt festzustellen, daß die Hypothese so zahlreicher himalayischer Erhebungen einer Kritik nicht standhält.

Die einzigen Wahrnehmungen, die man auf eine Faltung beziehen könnte, die vorangegangen ist, die die Gebirgsmassen, wie wir sie heute sehen, emporgehoben hat, sind in der Tat nur das, was Middlemiss über die kristallinen Schichten an der Südflanke des Garwal berichtet hat. In diesen Schichten will er von Norden nach Süden gerichtete Anschuppungen beobachtet haben, welche sowohl Oldham wie Hayden der algonkianen Faltung der Aravalli-Berge in Indien zuschreiben zu müssen ge-

glaubt haben. Wenn es sich so verhält — und dies ist nicht unwahrscheinlich —, so handelt es sich hier nicht um eine alte Faltung der himalayischen Gebirgskette, sondern um eine solche der Randzone des Gondwana, auf die dann die Thetys die umfassende Folge ihrer Sedimente gehäuft hat.

Es gibt weder Anzeichen von Faltungen, die dieser alten (welche man aber nicht die himalayische nennen kann) nachgefolgt, noch von solchen, die der Schlußfaltung des Himalaya vorangegangen sind. Ich habe schon angedeutet, daß sich das Meer an den beiden gegenüberliegenden Küsten — des Angara und des Gondwana — wiederholt zurückgezogen hat und dann wieder vorgedrungen ist. Eine dieser Rückbewegungen ereignete sich an der Küste des Gondwana während des oberen Karbon, und viele Geologen haben dies verallgemeinern wollen, um daraus eine ausgedehnte Kontinentalzeit abzuleiten. Aber spätere Nachforschungen, die weiter im Norden die Anwesenheit von marinen Sedimenten aus dieser Zeit feststellten, haben die Erscheinung auf ihre wahre Bedeutung zurückgeführt, nämlich auf einen örtlichen und nicht ausgedehnten Rückzug des Meeres von der ursprünglichen Küstenlinie. Übrigens hat selbst Hayden bemerkt, daß diese lokale und nicht bedeutende Emersion der neuen Küstenzone von nicht der geringsten Faltung begleitet gewesen ist: sie wäre demnach als einfache epirogenische Bewegung der Küstenzone aufzufassen.

Andererseits ist noch ein weiterer Umstand zu berücksichtigen: der zentrale Himalaya gestattet die Feststellung einer vollständigen Schichtserie vom Kambrium bis zum Eozän, mit der einzigen Lücke des oberen Karbon, von der eben gesprochen wurde; und der Verlauf der Schichten, Falten und der Gesteinszonen, selbst der der Brüche, bleibt im ganzen Gebiete immer der gleiche von Nord-West nach Süd-Ost. Nach diesen Verhältnissen ist nicht einzusehen, auf welche Weise die Wirkungen von mehr als einer Faltungsperiode zu unterscheiden sein sollten.

An eine besonders interessante Tatsache ist übrigens noch zu erinnern. Wenn wir auch glauben, behaupten zu können, daß die Gebirgsmasse bei der Erhebung entstanden ist, die im oberen Eozän begonnen hat, so haben doch auch einige besondere Vorgänge die Erhebung in einer gewissen Weise vorher angekündigt. Ich hatte geglaubt, mit ziemlich guten Gründen das Auftauchen von Inselland zwischen Angara und Gondwana annehmen zu

dürfen. In der mittleren Trias glaubte ich eine Insel annehmen zu können, die sich in der oberen Trias vergrößert und im Rhät mit dem wachsenden Angaralande verbunden hat; dann eine weitere große und lange Insel im Callovian, als sich ein nördlicher Arm im Meere öffnete; ferner eine Insel in der mittleren Kreide, die sich vielleicht in der oberen Kreide verkleinert hat, während dagegen etwas weiter südlich daraus eine andere, sehr lange, wenn auch schmale Insel entstand: die Reste der beiden Inseln schienen mir bis in das untere Eozän, und die der einen auch noch bis in das mittlere Eozän anzudauern. Dann wurde das ganze Gebiet zum Festlande. (Fig. 10.)

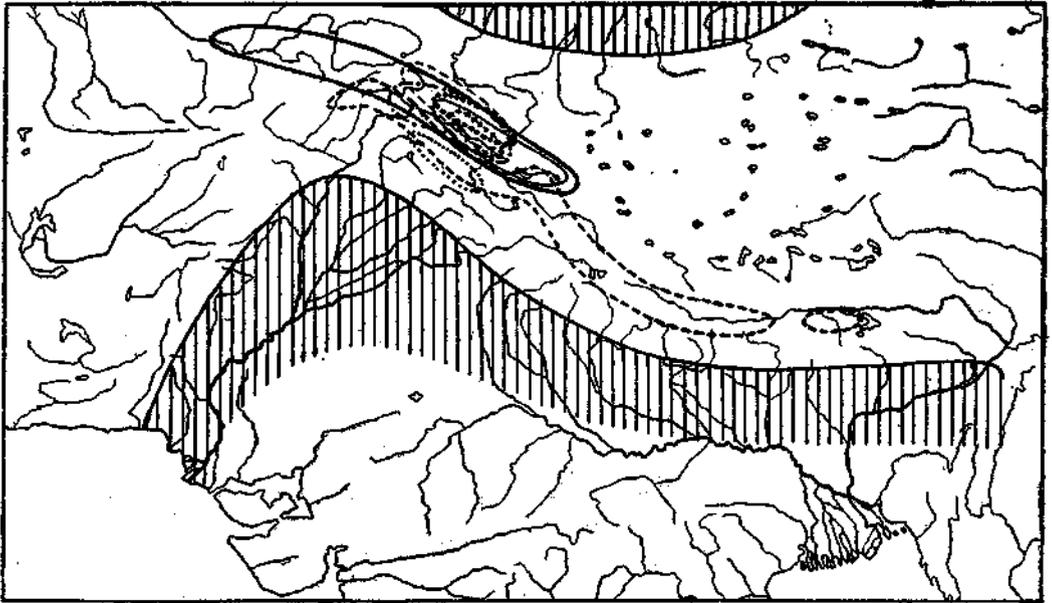


Fig. 10.

Inselförmige Aufragungen im himalayo-tibetanischen Meere vom Oberen Paläozoikum bis zur Kreide.

Senkrecht gestreift = die Küstenzonen von Gondwana und Angara. Zwischen beiden das himalayo-tibetanische Meer. — Die Längserstreckung der nach paläogeographischen Rekonstruktionen angegebenen Inseln liegt in der Achse des Meeresbeckens. Sie sind dort am dichtesten gehäuft, wo später die Hebung des Himalaya am stärksten angegriffen hat.

Besonders interessant ist vielleicht die lange und schmale auftauchende Insel in der oberen Kreide, weil sie von mächtigen eruptiven Vorgängen mit ganz besonderen Merkmalen begleitet war, die man nicht nur im Transhimalaya, sondern auch im Osten und Westen Indiens — in der burmesischen und in der belutschi-

stanisch-afghanischen Region — wiederfindet, mit vollkommenem Parallelismus zu dem Verlaufe der sich später bildenden Falten. Dies muß für den, der die Verbreitung der Erscheinung betrachtet, wahrhaftig als ein mächtiger erster Versuch der künftigen, und bereits nahen Aufwölbung des Himalaya und der anschließenden Gebirge erscheinen. Und ein ganz besonderes Interesse bietet auch der folgende Umstand: die im Lauf der Zeit hervortretenden insularen Landstriche schließen sich und reihen sich nicht nur ungefähr längs der Achse der Tethys aneinander, sondern auch in unserem Gebiete findet man ein entsprechendes örtliches Zusammendrängen und es bestätigt sich, daß gerade in dieser Zone schon seit früheren Zeiten die ausgiebigsten Hebungsvorgänge vorbereitet werden.

Daß man noch von einer himalayischen Erhebung, die ihren Anfang in der Kreidezeit genommen hat, sprich, halte ich für durchaus nicht am Platze; es genügt, an das Auftreten von marinem Eozän zu denken, nicht nur in den beiden Randzonen des Gebirgskettenmassives, sondern auch in seinem Innern, in der langen Synklinale des Indus und in den Hochflächen von Lhassa und besonders auf dem Gipfel des Singhe-la in ungefähr 6000 Meter Höhe.

Natürlich muß sich der Vorgang allmählich entwickelt haben. Wenn man behauptet, daß die himalayische Erhebung in das Ende des Eozän gehört, so versteht es sich, daß sie damals ihren Anfang genommen, aber sicherlich auch noch länger angedauert hat; jedoch nicht mit einer solchen Verzögerung, wie es ein Autor in letzter Zeit haben will. Er hat geschrieben, daß sich die Zone zwischen dem Indus und dem Kuen-Lun während des Quartärs um 6000 Meter erhoben hätte, was gleichbedeutend wäre mit der Behauptung, daß das Quartär die Gebirgsmassen zum größten Teil als nicht vorhanden vorgefunden hätte.

Das Quartär hat im Gegenteil die Gebirgsmassen ungefähr so vorgefunden, wie sie uns heute erscheinen. Eine viel geringere Erhebung wäre nicht leicht mit der enormen Entwicklung zu vereinen, die dort das glaziale Phänomen erreicht hat. Sie war durch lange Zeit in der himalayischen Literatur abgeleugnet worden, sie ist aber, wie ich feststellen konnte, von einer nicht zu übertreffenden Großartigkeit gewesen. Es mag genügen, darauf hinzuweisen, daß zwei größere Gletschervorstöße in das gesamte Talnetz eingedrungen sind. Ein späterer Vorschub trieb die

Gletscher der Seitentäler in das Tal des Indus und in jenes des Schajok, und indem sie diese absperreten, bildeten sie bis zu Hunderten von Kilometern in die Haupttäler hinaufreichende Stauseen. Die Gletscher der nachfolgenden Stadien drangen indessen nicht mehr über ihre Seitentäler hinaus.

Wenn ich somit eine Heraushebung, und besonders eine in solchem Ausmaße, für die ganze Masse der Gebirgsketten im Quartär verneine, so glaube ich doch, für diese Zeit eine Randhebung bewiesen zu haben, die wegen ihres Ausmaßes wahrhaft großartig erscheint.

Ich konnte zwei Phasen dieser Hebung unterscheiden. Die erste, welche sich als eingeschaltet zwischen den beiden ersten großen Eisvorschüben erwiesen hat, bewirkte die Bildung der Terrassen im Talnetze des Indus bis zur Ostgrenze des Baltistan, und die Bildung des geschlossenen Beckens von Kaschmir mit seinem großen See. Die zweite Phase hat sich in einer noch mehr nach außen gelegenen Zone ausgewirkt, nämlich nur im Pir Pangial, der aber nach dem zweiten großen Eisvorschub um ungefähr 2000 Meter gehoben worden ist. Dies zeigt in unzweifelhafter Weise die ungleichartige Beschaffenheit der Ablagerungen zu beiden Seiten des Sees von Kaschmir. Zwischen dem See und dem Fuß der himalayischen Flanke sind diese Ablagerungen ungestört geblieben, an der Flanke des Pir Pangial sind sie von Verschiebungen und Faltungen begleitet. Ferner bestätigt dies noch die Tatsache, daß der Pir Pangial, der sich heute über 4500 Meter erhebt, nur ganz spärliche glaziale Spuren und nur kleine Kargletscher, die den Stadien nach der Heraushebung angehören, aufweist.

Es ist übrigens daran zu erinnern, daß am äußeren Abhang des Pir Pangial das Tertiär — mit Einschluß des Eozän — sehr große Verbreitung besitzt und auch bemerkenswerte Höhen erreicht. Weiter im Osten sinkt dagegen das Eozän ab und verschwindet schließlich unter den jüngeren Schichten. Es ist angebracht, daran zu erinnern, daß über diese mehr östliche Randzone, die Forschungen von Medlicott, Middlemiss und Oldham interessante Tatsachen gefördert haben. Sie zeigen — auch für die mit gebührender Kritik durchgeführte Untersuchung —, daß nach der Erhebung der Gebirgskette mit Unter-

brechungen wiederholte und zahlreiche Senkungen des Tertiär eingetreten sind, von denen jede bergwärts durch eine Bruchlinie begrenzt, und gegen Süden von einer Kniefalte begleitet war; daran erkennt man ein allmähliches Einsinken der am Fuße des Berges gelegenen Ebene. Es herrscht hier somit ein voller Gegensatz zu dem, was ich in der westlichen Randzone festgestellt habe, wo vielmehr junge Phasen einer intensiven Erhebung erwiesen sind. Dies bekräftigt die Ansicht, daß es unsere Zone gewesen ist, die andauernd den stärksten orogenetischen Pressungen unterworfen war. Ich füge schließlich noch hinzu, daß ich im Kaschmir sichere Anzeichen dafür gefunden habe, daß vertikale Bewegungen bis in die geschichtlichen Zeiten angedauert haben.

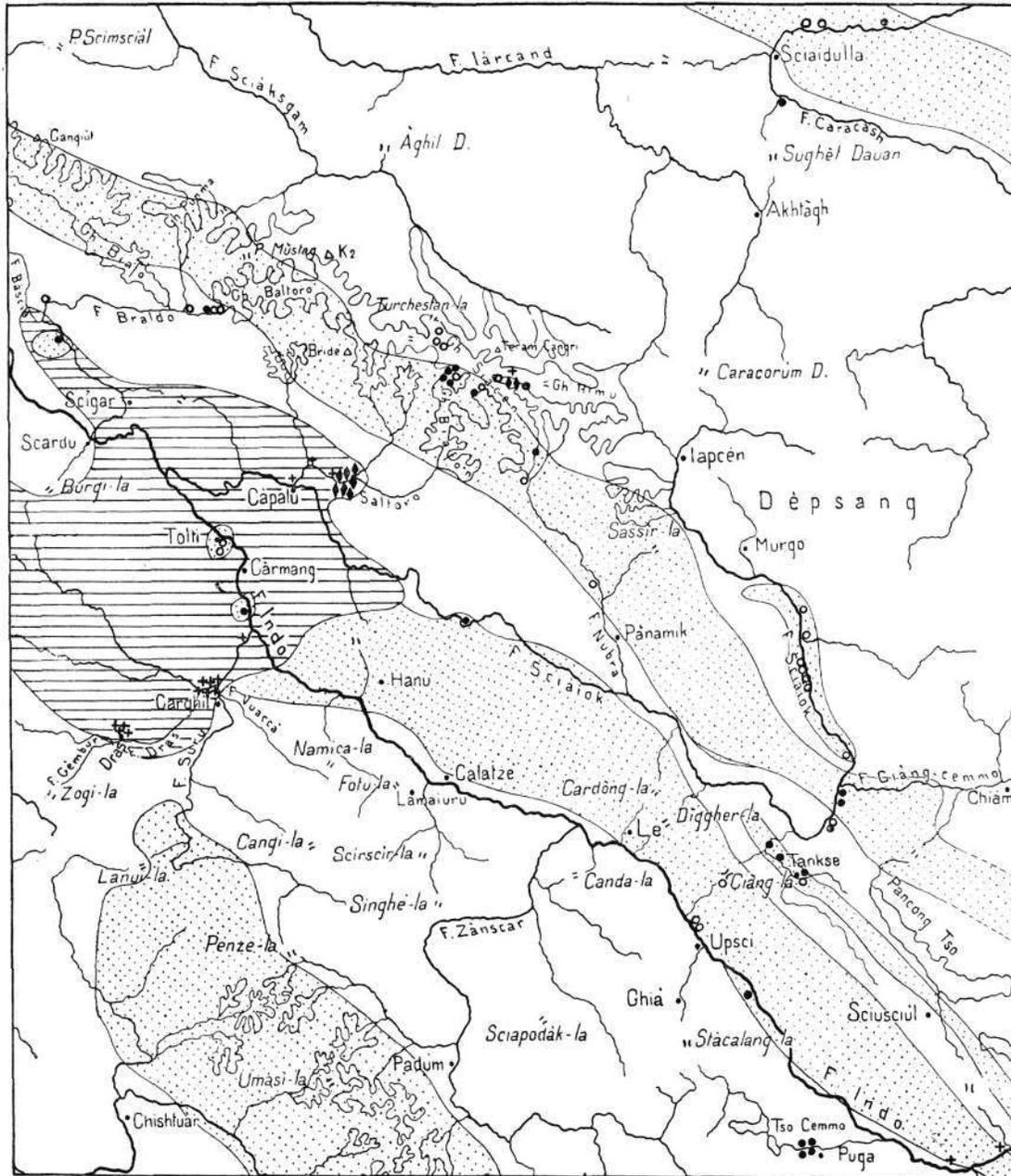
Sehr geehrte Kollegen! Als ich Ihre Einladung erhielt, schien es mir eine schwierige Aufgabe, vor Ihnen an diesem Ort, in Ihrer Stadt, die ein ruhmvoller Mittelpunkt der geologischen Studien war und noch ist, von meinen Forschungen über die Geologie des Himalaya zu sprechen. Eine Aufgabe, die um so schwieriger war, da es sich darum handelte, über die Ergebnisse einer über viele Monate ausgedehnten, sehr arbeitsreichen Reise, über die verschiedenartigsten und kompliziertesten Beweisgründe mit Bezug auf ein weitausgedehntes, großartiges Gebiet in Kürze zu berichten.

Ich mußte mich darauf beschränken, nicht mehr als eine allgemeine Vorstellung von dem zu geben, was ich zu vollbringen und zu erreichen versucht habe. Ich kann mich mit dem, was mir zu erreichen gelungen ist, im Innersten zufrieden erklären. Ich weiß, daß ich zahlreiche, gänzlich neue Dokumente gesammelt habe, und hoffe auch ein allgemeines Bild entworfen zu haben, von dem aus die zukünftige Forschung weiter fortschreiten können wird.

Ich weiß natürlich auch, daß dieses Bild noch vervollständigt, verbessert oder abgeändert werden wird. Aber einer der Reize der uns begeisternden Wissenschaft liegt gerade in der Erkenntnis, daß ein jeder von uns seinen Beitrag zu ihrem Fortschritt beizusteuern vermag; diese Erkenntnis mäßigt aber zugleich auch unsere Begeisterung, denn wir wissen, daß jeder unserer Beiträge nur eine Etappe in dem weiteren Fortschritt darstellt, der niemals ein Ende hat. Das Ganze gleicht einer großen ideellen Leiter,

an der ein jeder von uns sich mit allen Kräften bemüht, seine Stufe zu bauen, obwohl er weiß, daß sie einstürzen wird, und daß andere, immer höhere Stufen darüber zu bauen sein werden.

Sehr geehrte Kollegen — haben Sie aufrichtigen Dank für die Ehre, welche Sie mir durch Ihre Einladung erwiesen haben.



Verteilung der Haupttypen der Granite.

Die punktierten Flächen bezeichnen die Flächen der Hauptverbreitung des Himalaya-Granites; die Schraffen die des Transhimalaya-Granites. Mit Ortszeichen sind die petrographisch untersuchten Stellen vermerkt, und zwar: schwarze Scheiben = Zweiglimmergranit; kleine Kreise = Granit; Kreuzchen = Glimmer-Amphibel-Granit; kleine Rauten = Syenit.

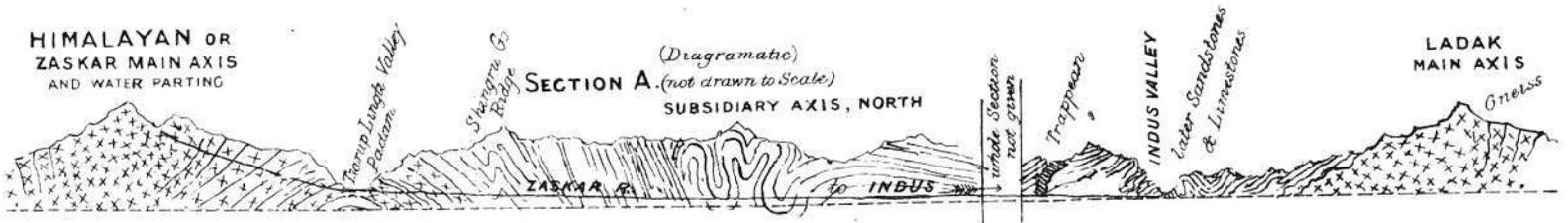


Fig. 1.

Geologischer Querschnitt durch die Hauptkette des Himalaya von Zaskar (links) zum Indus und Sciaok (rechts)

nach Godwin Austin (1884).

Der Verfasser hat keine Zeichenerklärung beigegeben, doch ist anzunehmen: Kreuze = Granit; Schichten in der Synklinale mit untergeordneten Falten bis zur Unterbrechung des Profils = Mesozoikum von Zaskar. Im Industale ist die Falte von uns als nach Nord überstürzte Kreide-Eozän-Synklinale gedeutet; sie ist von Trap begleitet.

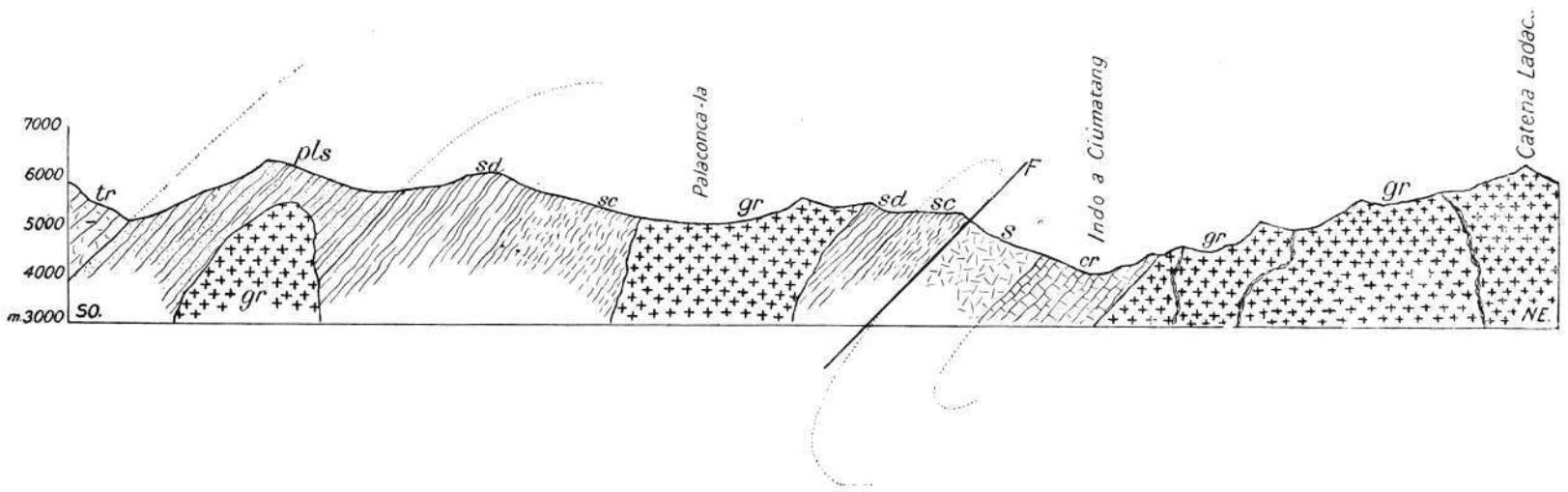


Fig. 2.

Grundzüge der Tektonik zwischen dem oberen ladakischen Indus und Rupschu, über die Hochebene von Rupschu,

nach den Beobachtungen von Stoliczka, Hayden und De Terra.

sc = krist. Schiefer; sd = Silur und Devon (? z. T.); pls = oberes Paläozoikum; tr = Trias; cr = Kreide (sedimentär und eruptiv); gr = Granit; F = Verwerfung. Maßstab für die Längen ca. 1 : 400.000, ca. 1 1/2 überhöht.

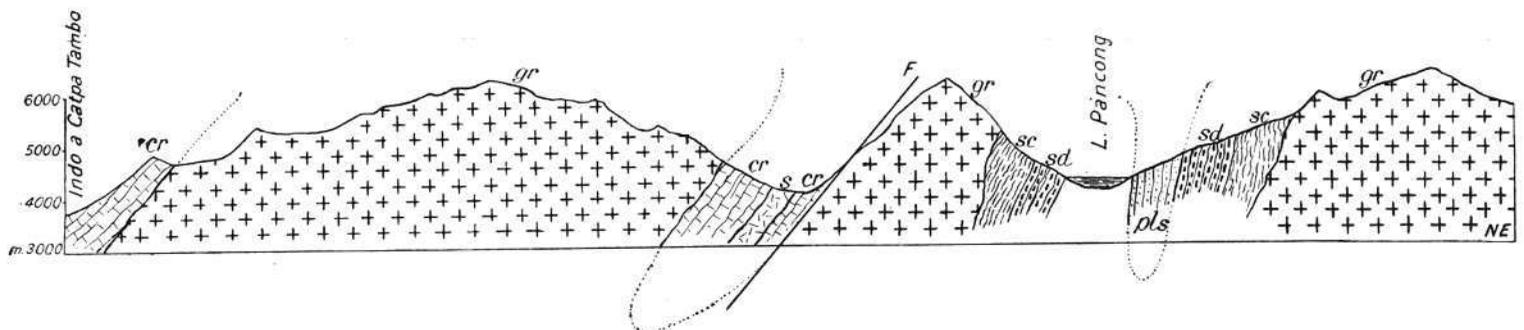
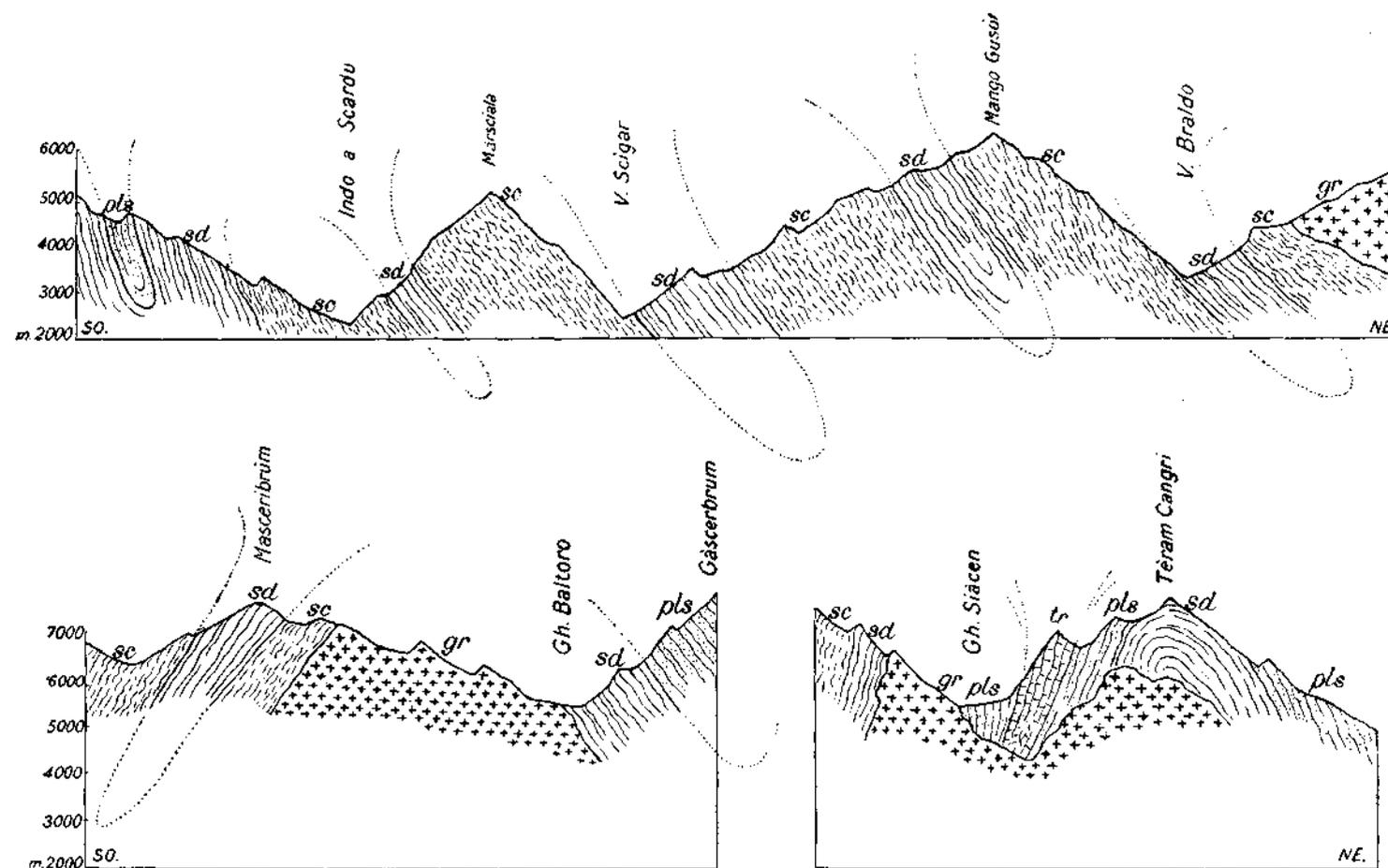


Fig. 3.

Tektonik zwischen dem See Pancong und dem oberen Tal des ladakischen Indus.

In der Zone von Pancong z. T. auf Grund der chronologischen Einteilung von De Terra. sc = krist. Schiefer; sd = Silur und Devon; pls = oberes Paläozoikum; cr = Kreide (sedimentär und eruptiv); gr = Granit; F = Verwerfung. — Maßstab ca. 1:400.000, 1 1/2 überhöht.



Drei Profile durch Baltistan in gleicher Richtung durch das ganze angenommene Faltensystem.

sc = krist. Schiefer; sd = Silur-Devon (wahrscheinlich); pls = oberes Paläozoikum; gr = Granitintrusionen; pls von Gäserbrum entspricht tektonisch dem von Siacen. — Maßstab ca. 1:400.000, ca. $1\frac{1}{3}$ fach überhöht.

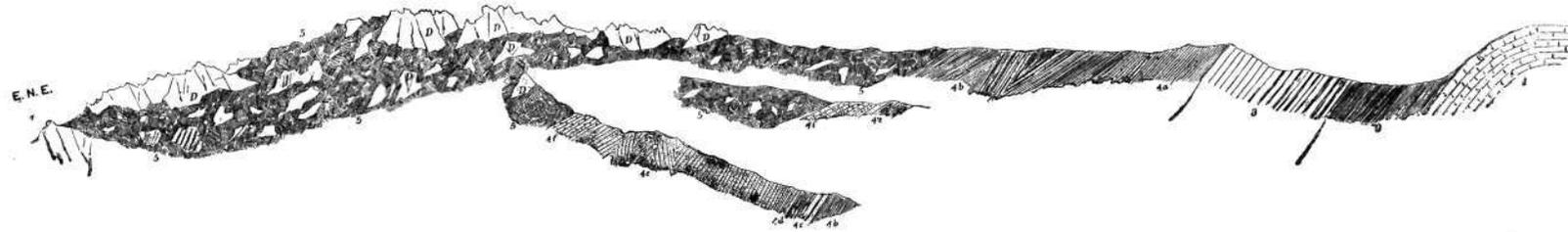


Fig. 1.

Profil des Malla Johar

nach Krafft (1902).

1. Graue Massenkalk; 2. Spiti-Schiefer; 3. Tone von Ghiumal; 4a. Rote und grünliche Schiefer; 4b. Schwärzliche splittrige Schiefer; 4c. Bräunliche Tone; 4d. Schwarze kieselige Schiefer; 4e. Grünliche Tone; 4f. Grüne und rote vulkanische Tuffe; 5. Basische Eruptivgesteine; D = exotische Blöcke; 1—2 = Jura; 3 = Neokom; 4a—4e = Reste der sed. Kreide in Flyschfazies.

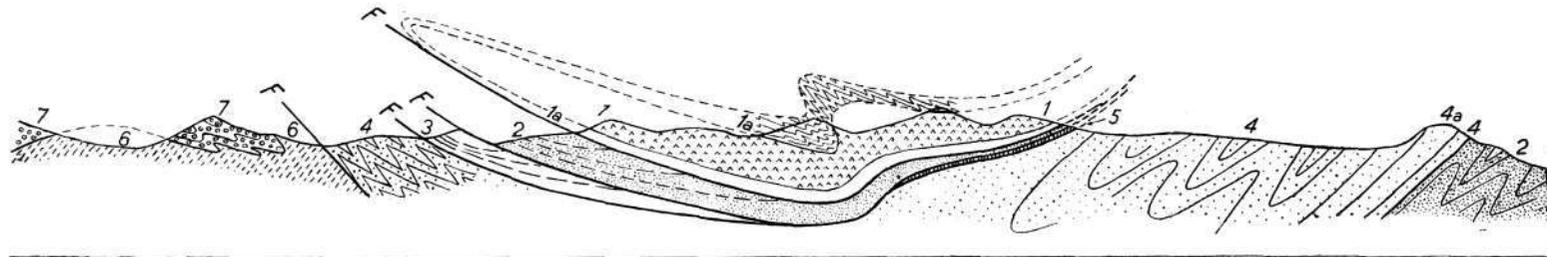


Fig. 2.

Profil durch die Zone von Simla

nach Pilgrim und West.

1—1a = Serie von Julogh (1 = Quarzite; 1a = kohlige Schiefer und Kalke); 2 = Serie von Chail; 3 = Jaunsar; 4—4a = Serie von Simla (4 = Schichten von Simla, 4a = Kalk von Naldera); 5 = Blaini; 6 = Infra-Krol; F = Überschiebungsflächen. Die Erklärungen auch nach Pilgrim und West. Die aufsteigende Numerierung entspricht der chronologischen Folge.