

Beiträge zur Geologie des Punjab (Ostindien).

Von Prof. Dr. Rudolf Zuber.

Mit 8 Tafeln (Nr. XV—XVII) und 19 Textfiguren.

Im Herbst 1913 hatte ich Gelegenheit, im Auftrage eines englischen Konsortiums einige Partien des Punjab¹⁾ in Ostindien zu bereisen und geologisch zu untersuchen, wobei meine Hauptaufgabe in dem Studium der daselbst vorhandenen Erdölvorkommen bestand.

Trotzdem ich infolge verschiedener Hindernisse nur kaum drei bis vier Wochen wirklich geologisch im Felde arbeiten konnte und bei der plötzlichen Abreise²⁾ nicht in der Lage war, eingehendere Vorstudien aus der vorhandenen Literatur vorher durchzuführen, sondern dies erst nach meiner Rückkehr nachholen konnte, so gelang es mir doch, einiges Beobachtungsmaterial zu sammeln, welches vielleicht zu einer wesentlichen Modifizierung der bisher angenommenen Ansichten besonders über den Bau der dortigen Gebirge beizutragen vermag.

Daher halte ich es für angezeigt, die Ergebnisse meiner, wenn auch nur recht fragmentären Untersuchungen hiermit der Öffentlichkeit zu übergeben.

I. Topographie.

Zur leichteren Orientierung soll das beigeschlossene Kärtchen dienen (Fig. 1).

Das von mir teilweise bereiste Gebiet wird im Westen durch den Indus, im Osten durch den Jhelum ungefähr begrenzt.

Der größte Teil dieses Gebietes ist eine von jungen Sedimenten ausgeglichene, jedoch stellenweise durch tiefgreifende Erosion zerschnittene, bis über 1700 engl. Fuß Seehöhe ansteigende Hochebene (Rawalpindi 1666 Fuß), welche „Potwar“ genannt wird.

Im Norden wird dieses Gebiet durch die mauerartig aufsteigende Margala-Kette eingesäumt, welche wieder die Verlängerung der äußeren Partien des gegen Nordost zu ansteigenden Hazara-Gebirges darstellt.

¹⁾ Für die Ortsnamen habe ich womöglich die englische, jetzt in der offiziellen Kartographie angenommene Schreibweise angenommen.

²⁾ Ich bin am 16. September 1913 vom Kanadischen Geologenkongreß in Bremen angekommen und mußte schon am 1. Oktober von Triest nach Bombay abreisen.

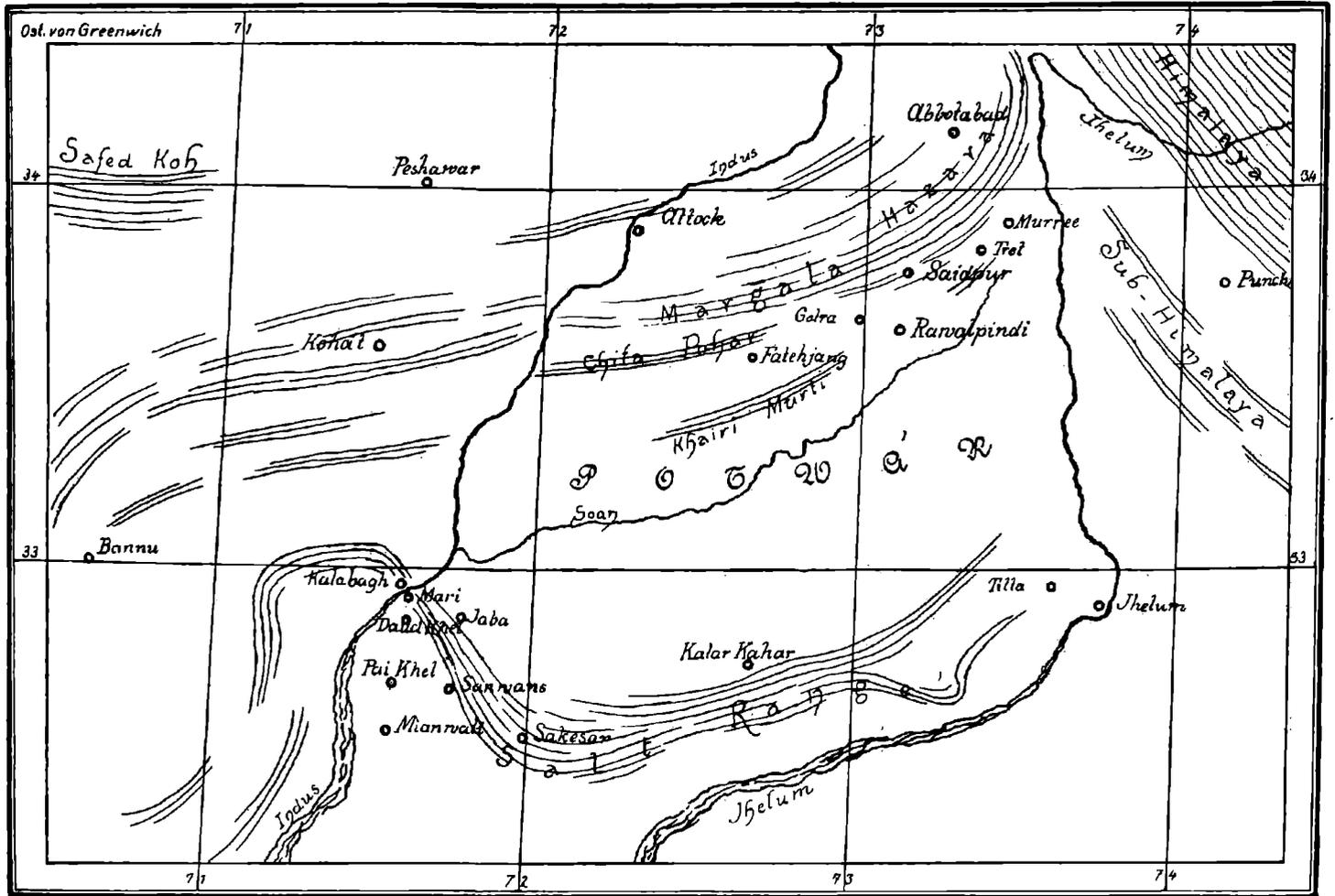


Fig. 1. Karte des Nordwestlichen Punjab.

Massstab approx. 1 200.000.

Etwa in der Mitte des Hochlandes erheben sich noch weitere fast ostwestlich verlaufende zwei kleinere felsige Ketten, und zwar die Chita Pahar und die Khairi Murti¹⁾-Kette.

Nach Süden zu erhebt sich der allmählich ansteigende Salt-Range, welcher dann in schroffen und gewaltigen Abstürzen das weiter im Süden folgende Tiefland begrenzt. Die mittlere Höhe des Salt-Range erreicht etwa 4500 Fuß (höchster Gipfel Sakesar 5010 Fuß), wogegen die unmittelbar im Süden anstoßende Ebene kaum 700—750 Fuß Seehöhe erreicht²⁾.

Bekanntlich ist der Verlauf der Salzkette von Tilla bis Sakesar ein fast rein ostwestlicher. Von Sakesar an beginnt der gewaltige Umbug nach Norden bis Kalabagh, wo nahe am nördlichsten Scheitel des Gebirgsbogens der Indus von Ost nach West durchbricht und in etwa 680 Fuß Seehöhe den Gebirgsrand verläßt.

Westlich vom Indus finden wir dann im Norden die direkte Fortsetzung der äußeren Hazara- und Margala-Ketten im Salzgebiete von Kohát, wogegen die Fortsetzung des Salt-Range von Kalabagh an zuerst wieder westlich und dann südlich umbiegt.

II. Bisherige Ergebnisse der geologischen Untersuchung.

Die geologischen Verhältnisse des nördlichen Punjab und der angrenzenden Gebiete wurden bereits in ganz ausgezeichneten und erschöpfenden Monographien und Karten behandelt.

Es seien im nachfolgenden nur die wichtigsten Arbeiten aufgezählt, und zwar:

- A. B. Wynne, Observations on some features in the Physical Geology of the outer Himalayan Region of the Upper Punjab, India. *Quart. Journ. Geol. Soc.* London 1874, Vol. 30, pag. 61—80.
- A. B. Wynne, The Trans Indus Salt Region in the Kohát District. *Memoirs Geol. Surv. of India.* Calcutta 1875. Vol. 11, Part 2.
- A. B. Wynne, On the Geology of the Salt Range in the Punjab. *Memoirs Geol. Surv. India.* Calcutta 1878, Vol. 14.
- A. B. Wynne, Note on the tertiary zone and underlying rocks in the North-West Punjab. *Records Geol. Surv. India.* Calcutta 1877. Vol. 10, Part 3, pag. 107—132.
- A. B. Wynne, On the Trans-Indus extension of the Punjab Salt Range. *Memoirs Geol. Surv. India.* Calcutta 1880. Vol. 17, Part 2.
- W. Waagen, Salt Range Fossils. *Palaeontologia Indica.* Series XIII. Calcutta 1879—1895. Vol. I, II, IV, hauptsächlich jedoch in Vol. IV. *Geological results*, pt. 1 (1889), pt. 2 (1891).
- F. Noetling, Beiträge zur Geologie der Salt Range, insbesondere der permischen und triassischen Ablagerungen. *Neues Jahrb. f. Min. etc.* Stuttgart 1901. Beilagebd. 14, pag. 369—471.
- C. L. Griesbach, The geology of the Safed Koh. *Records Geol. Surv. India.* Calcutta 1892. Vol. 25, pt. 2, pag. 59—109.

¹⁾ Bei Wynne und einigen anderen Autoren wird dieses Gebirge „Khaire Murut“ genannt. Bei den Eingeborenen habe ich jedoch immer nur „Khairi Murti“ gehört.

²⁾ Ich gebe die Höhen in engl. Fuß und die Entfernungen in engl. Meilen (miles) an, ohne dieselben in Meter und Kilometer umzurechnen, da eine eventuelle Orientierung und Kontrollierung nur mit Zuhilfenahme der offiziellen englischen Landkarten geschehen kann.

- H. H. Hayden, On the geology of Tirah and the Bazar Valley. Memoirs Geol. Surv. India. Calcutta 1898. Vol. 28, Part 1.
 C. S. Middlemiss, The geology of Hazara and the Black Mountain. Memoirs Geol. Surv. India. Calcutta 1896. Vol. 26.
 S. G. Burrard and H. H. Hayden, A sketch of the Geography and Geology of the Himalaya Mountains and Tibet. Part I—IV. Calcutta 1907—1908. Besondere Part IV. The geology of the Himalaya (Hayden).

Einige andere Publikationen werden außerdem nach Bedarf im nachfolgenden zitiert werden.

Nun will ich versuchen unsere bisherigen Kenntnisse über die Geologie des in Rede stehenden Gebietes auf Grund der obigen Literatur kurz zusammenzufassen.

Abgesehen von den überall verbreiteten mächtigen jungtertiären und quartären Bildungen können wir hier vier besondere geologische Gebiete unterscheiden, und zwar:

1. die Hazara-Margala Gebirgszone im Norden,
2. die Sub-Himalaja-Zone im Osten,
3. das Plateau von Rawalpindi oder „Potwar“ in der Mitte, und
4. das Gebiet des Salt-Range im Süden.

Wir wollen diese vier Gebiete nacheinander näher betrachten.

Von dem ersten (Hazara-Margala) Gebiete kommt hier nur die äußerste (südliche) Partie in Betracht, welche bereits von Middlemiss (l. c.) nach der dominierenden Formation „Nummulitic Zone“ bezeichnet wurde.

Das von der Ebene unvermittelt aufsteigende Felsengebirge besteht hier vorwiegend aus mächtig entwickelten grauen Kalksteinen, in welchen lokal meistens kleine Nummuliten angehäuft sind. Diese Nummulitenkalke sind zusammen mit ihrer Unterlage, welche hier am Gebirgsrande von rötlichen und braunen Jurasandsteinen und dolomitischen Kalken besteht, intensiv gefaltet und über das südlich anstoßende Vorland überschoben. Die oberen Lagen der Nummulitenkalke werden teilweise mehr schieferig, mergelig und knollig und enthalten zahlreiche Versteinerungen (Korallen, Echiniden, Gastropoden, Pelecypoden, größere Nummuliten etc.) und zeigen schließlich am Rande Übergänge zu den roten, braunen und grünlichen Sandsteinen und Schiefeln der „Kuldana-Series“.

In der zweiten, nämlich der gegen Nordost aufsteigenden Region („The Sub-Himalayan-Zone“ Hayden's) werden die ältesten¹⁾ zum Vorschein kommenden Ablagerungen als Subathu - Schichten bezeichnet und zum Eocän gestellt. Dieselben bestehen aus grünlichen und roten Tonen mit Gips-, Kalk- und Sandsteineinschaltungen. Sie enthalten zahlreiche Nummuliten.

Die darüber folgende Dagshai-Stufe besteht aus roten Tonen mit roten und grauen Sandsteinen mit Fukoiden und anderen problematischen Abdrücken. Es ist dies offenbar eine fischartige Bildung, welcher oligocänes Alter zugeschrieben wird.

¹⁾ Von den weiter im SO auftretenden, noch älteren Bildungen (Tal-series etc.) wird hier abgesehen.

Die noch weiter nach oben folgenden Sandsteine der Kasauli-Stufe bilden einen Übergang zu den jungtertiären Siwalik-Bildungen.

In tektonischer Beziehung sind diese Ablagerungen in NW—SO verlaufende Falten gelegt, welche teilweise von NO gegen SW überschoben erscheinen. Diese himalajische Faltungsrichtung schneidet daher die von NW kommenden Hazara-Falten beinahe rechtwinklig.

In der dritten Region, nämlich im Potwar, treten die Gebilde der beiden ersten (Hazara-Margala und Sub-Himalaja) in anscheinend komplizierten Kombinationen miteinander auf.

Die im Potwar isoliert aufsteigenden Felsenketten des Chita-Pahar (auch Kala-Chita genannt) und Khairi-Murti bestehen hauptsächlich aus mächtigen grauen Nummulitenkalken, welche bereits von Wynne mit den Nummulitenkalken der Hazara-Margala-Ketten identifiziert und als „Hill-Nummulitics“ zu der unteren Nummulitenformation gestellt wurden (*Lower Nummulitics*).

Die außerhalb dieser Ketten verbreiteten Nummulitenschichten, welche aus grünlichen Gipsmergeln, roten Tonen, sandigen Kalken mit großen Nummuliten, Austern etc. bestehen, identifiziert Wynne mit Medlicott's Subathu-Schichten; er stellt sie jedoch zum „Upper-Nummulitic“, wogegen die Subathu-Stufe von Medlicott, Lydekker und anderen Autoren in der Sub-Himalaja-Region ursprünglich für das ganze Eocän, also auch für das „lower Nummulitic“ aufgestellt wurde.

Nach oben folgen die Murree-Schichten¹⁾, welche aus alternierenden roten und grünlichen Tonen mit roten, grauen und grünlichen plattigen oder massigen, zum Teil konglomeratischen Sandsteinen, roten tonigen Knollenkalken u. dgl. bestehen. Fukoiden, Hieroglyphen und Wellenfurchen sind nicht selten. Es ist dies eine ausgesprochene FLYSCH-Bildung, welche mit den als Oligocän betrachteten Dagshai-Schichten der Sub-Himalaja-Zone in jeder Beziehung übereinstimmt. (Middlemiss betrachtet jedoch die Murree-Schichten als Miocän).

Bedeckt wird das ganze Gebiet durch die mächtige Siwalik-Formation und durch noch jüngere Sedimente.

In tektonischer Beziehung ist die ganze Nummuliten- und Murree-Serie des Potwar in unzählige, meistens steil aufgerichtete Falten zusammengeschoben, welche westöstlich oder SW—NO verlaufen, also wieder fast senkrecht zu den Himalajafalten. Wo die Schichten nicht ganz senkrecht stehen, ist nördliches, resp. nordwestliches Einfallen der Schichten weitaus vorherrschend.

Das unvermittelte Auftreten der felsigen Nummulitenkalke vom Gebirgstypus (Hill-Nummulitic) sucht Wynne²⁾ in der Weise zu erklären, daß er diese Kalkzüge als ursprüngliche Antiklinal-Aufbrüche auffaßt, welche nachträglich durch Zusammenpressung und Verwerfungen in die gegenwärtige Lage gebracht worden sind.

Die vierte Region ist der Salt-Range.

¹⁾ Eine ausführlichere Beschreibung dieser Schichten, wie auch die frühere Literatur (Medlicott, Lydekker etc.), gibt Wynne besonders in seiner Arbeit: Tertiary zone etc. in Records Geol. Survey of India, Calcutta 1877. Vol. 10. Part 3.

²⁾ Quart. Journ. Geol. Soc. London 1874 und Records Geol. Surv. India 1877, wie auch die beiden Arbeiten beigegebenen Durchschnitte.

Ohne auf die stratigraphischen Einzelheiten und Kontroversen welche in den eingangs aufgezählten Werken von Wynne, Waagen und Noetling bereits sehr ausführlich behandelt worden sind, näher einzugehen, will ich hier nur diejenigen Ergebnisse der bisherigen geologischen Erforschung dieses wichtigen Gebietes hervorheben, welche zur Klärung der tektonischen Verhältnisse beitragen können.

Die beste Grundlage zu diesem Zwecke bildet jedenfalls die ausgezeichnete geologische Karte von Wynne¹⁾, wobei jedoch für die stratigraphische Gliederung die von Noetling²⁾ begründeten Modifikationen und Ergänzungen zu berücksichtigen sind.

Das am tiefsten zum Vorschein kommende Glied der ganzen Schichtenfolge ist die Salzformation.

Dieselbe besteht aus überaus mächtigen, zumeist roten Tonen mit Salzflözen und Gipslagern. Ihre Lagerungsverhältnisse sind un-
gemein gestört und charakteristische Versteinerungen wurden daselbst nicht gefunden.

Über dieser Salzformation liegt zunächst ein dunkelroter Sandstein (Purple Sandstone Wynne's).

Die nächsten ausgeschiedenen Schichten bestehen aus schwarzen Schiefertonen mit glaukonitischen Sandsteinen und Kalken, welche eine unterkambrische Fauna geliefert haben. Die darüber folgenden gelblichweißen Sandsteine und Dolomite (Magnesian Sandstone Wynne's) sind nicht jünger als mittelkambrisch³⁾.

Die nächst jüngere Ablagerung ist ein dunkler Blocklehm (Boulder clay), welcher jetzt wohl von allen das Vorkommen kennenden Geologen als permokarbonische Glazialbildung betrachtet wird und nach oben zu in eine Serie von buntfleckigen Sandsteinen (Speckled Sandstone Wynne's) und Tonen übergeht.

Das nächste Glied nach oben bildet eine mächtige Schichten-
serie, welche vorwiegend aus Kalksteinen besteht (Productuskalk), die überaus reich an marinen Versteinerungen sind und das ganze obere Perm umfassen. Die darüber konkordant folgenden, aus Kalksteinen und Tonen bestehenden Schichten entsprechen der unteren Trias (Ceratiten-Kalkstein). Diese Permo-Triadische Kalksteinserie ist nur in der westlichen Partie des Salt-Range vorhanden.

Nach einer offenbaren Unterbrechung und auch nur auf die westliche Partie des Gebirges beschränkt folgen nun gelbe und rote Sandsteine, gelbe Dolomite, Oolite und bunte Tone (Variegated series Wynne's) mit Brachiopoden, Belemniten etc. jurassischen Alters.

Im östlichen Salt-Range folgen meistens über den unterpermischen Sandsteinen grünliche Schichten, welche zum Teil zur oberen Kreide gestellt wurden. Im westlichen Teile wurde von Koken⁴⁾ auch Unterkreide nachgewiesen.

¹⁾ Memoirs 1878. Vol. 14.

²⁾ Neues Jahrb. f. Miner. 14. Beil.-Bd.

³⁾ Vgl. hierüber auch K. Redlich, The Cambrian fauna of the Eastern Salt Range. Palaeontologia Indica. New Series. Vol. 1. Part 1. Calcutta 1899.

⁴⁾ Zentralblatt f. Min. etc. 1903, pag. 439-414.

Im ganzen Salt-Range folgt nun die Nummulitenformation, welche vorwiegend aus Kalksteinen, zum Teil aber auch aus Einschaltungen von dunkelgrünen Tonen (stellenweise Kohle führend) bestehen.

Auf der Nordseite des Salt-Range liegen stellenweise unmittelbar über den Nummulitenschichten rote Tone mit Gipslagern und dann wird alles durch die mächtigen Sandsteine, Konglomerate und Tone der Siwalik-Formation und durch noch jüngere Sedimente bedeckt.

Über die Tektonik des Salt-Range äußert sich Noetling¹⁾ kurz folgendermaßen:

„Ich möchte hier bemerken, daß die Salt-Range durchaus nicht als Faltengebirge aufzufassen ist, wie es nach Waagen (Geological Results, pag. 32) erscheinen möchte. Meiner Ansicht nach ist die sogen. Salt-Range nichts anderes als der Bruchrand eines gegen den Jhelum und Indus hin abgesunkenen Plateaus. Hiermit stimmt auch der tektonische Befund der Trans-Indus-Fortsetzung der Salt-Range aufs Beste überein.“

Wenn man jedoch die so gewissenhaft bearbeiteten Karten von Wynne²⁾ eingehender betrachtet, und zwar im Sinne der modernen alpinen Tektonik, so erkennt man sofort die Unhaltbarkeit dieser Auffassung von Noetling.

Die deutliche Bifurkation des Gebirges im Osten (gegen Jhelum zu), die bogenförmigen Krümmungen im Streichen der einzelnen Schichtenzüge, die sich in mehreren Profilen mehrfach wiederholende Schichtenfolge, die meistens steile Neigung der Schichten, die auffallende, nach Nord eingreifende Ausbuchtung des Gebirgsbogens am Indusdurchbruch zwischen Mari und Kalabagh, das Verschwinden der gesamten paläozoisch-mezozoischen Schichtenfolge zwischen dem Saltton und Eocän gegen den Indus zu und das Wiedereinsetzen derselben in der Trans-Indus-Fortsetzung und schließlich die ausgesprochenen Faltenzüge, welche besonders in der Nummulitenformation sowohl im eigentlichen Salt-Range wie auch in der Region zwischen Kohat und Bannu zu beobachten sind, sprechen unzweideutig für die Auffassung, daß der Salt-Range kein Bruchrand, sondern vielmehr eine von Norden her überschobene Decke ist.

Unwillkürlich bekommt man den Eindruck, daß hier ein ganz analoger tektonischer Fall vorliegt, wie er heute in den östlichen Karpathen als feststehende Tatsache bekannt ist. Bekanntlich sind am Nordostrand der Karpathen die aus älteren karpathischen Formationen (Kreide-Paläogen) zusammengesetzten Faltenzüge über die vorliegende miocäne Salzformation stellenweise auf mehrere Kilometer hin als liegende Falten oder Decken überschoben.

Die obigen Betrachtungen, welche vorläufig nur auf einer geometrischen Betrachtung der Wynne'schen Karten beruhen, führen nun noch zu einer anderen Frage, welche damit unzweifelhaft im Zusammenhange steht. Es ist dies das Problem des Alters und der Herkunft der Salzformation im Salt-Range.

¹⁾ N. Jahrb. 14. Beil.-Bd. pag. 371, Fußnote.

²⁾ In den eingangs zitierten Werken (Kohat, Salt-Range und Trans-Indus).

Da die Salzformation auf der südlichen Seite des Salt-Range fast überall unter den unterkambrischen Schichten liegt, so ist es nur ganz natürlich, daß dieselbe durch lange Zeit als die älteste Salzformation der Erde betrachtet und in das Präkambrium versetzt wurde.

Aber schon bei Besprechung der Gegend von Mari am Indus, macht W y n n e¹⁾ folgende Bemerkung:

„If the salt-rocks of this locality could be looked upon as a newer deposit belonging to the tertiary period, the general relations might be more readily understood; but against this there is their identity, in most characteristics, with the salt-rocks of other parts of the range, and their association at no great distance on both sides of the river with other rocks of the Salt Range series, while the apparently newer salt beds to the northward differ decidedly in colour and association from those of this locality.“

Auch die auf der Nordseite des eigentlichen Salt-Range bei Ainwan, Jaba und Kalar Kahar im Bereiche des Tertiärgebietes zum Vorschein kommenden Aufschlüsse der roten Salzformation muß W y n n e durch Annahme von geradezu abenteuerlichen Verwerfungen erklären, um an dem altpaläozoischen Alter dieser Salzformation festhalten zu können.

Eine ganz verschiedene Ansicht über die Herkunft der Salzformation wurde von Middlemiss²⁾ ausgesprochen.

Gestützt auf der Beobachtung, daß zwischen dem Salzton und dem darüberliegenden „purple sandstone“ (unterkambrisch) kein normaler Übergang besteht, sondern daß zahlreiche Fragmente dieses Sandsteines im Salzton zerstreut vorkommen, ferner darauf, daß der Salzton auch in höheren Horizonten auf Falten und Brüchen emporgepreßt erscheint und schließlich auf einigen anderen Betrachtungen nimmt Middlemiss an, daß der Ton und Mergel mit samt seinen Salz- und Gipslagern hypogener Natur ist und in seine gegenwärtige Lage durch einen der eruptiven Intrusion analogen Prozeß gebracht worden ist.

Sir Th. H. Holland³⁾ führt die Bildung der Salzformation auf die Einwirkung von empordringenden sauren Dämpfen auf ursprünglich anders zusammengesetzte Sedimente (Kalk, Dolomit etc.) zurück.

Noetling, welcher zuerst⁴⁾ an dem präkambrischen Alter der Salzformation und an der Auffassung des Salt-Range als Bruchrand festhielt, scheint seine Ansicht später verändert zu haben.

Wir finden nämlich in Sir T. H. Holland's „General Report⁵⁾“ für 1902/03 auf pag. 26 folgenden Absatz:

„The peculiar salt-marl, lying below the cambrian strata, has been a puzzle to every worker in the Salt-Range: the preservation

¹⁾ Salt-Range. Memoirs. Vol. 14. 1878, pag. 271, Fußnote.

²⁾ Notes on the Geology of the Salt Range of Punjab with a re-considered theory of the Origin and Age of the Salt-Marl. Records, vol. 24 (1891) pt. 1.

³⁾ Records, vol. 24 (1891), pag. 231; vol. 25 (1892), pag. 54. Vgl. auch: R. D. Oldham, Geology of India. 2nd Ed. Calcutta 1893, pag. 111—112.

⁴⁾ N. Jahrb. Beil.-Bd. 14, Tabelle bei pag. 416.

⁵⁾ General Report on the work carried on by the Geological Survey of India for the year 1902/03. Calcutta 1903.

of large masses of salt since pre-cambrian times, as its stratigraphical position appeared to indicate, is without a parallel; and the fact that other salt deposits not far off appeared to be of tertiary age, as well as the abnormal characters of the salt-marl itself, have combined to suggest that its position immediately below lower cambrian beds must have been attained by some process other than normal sedimentation. These points have been noticed by many previous workers, who felt unable to offer a satisfactory explanation of the apparently anomalous phenomena. Dr. Noetling reports now that there are evidences of the whole sedimentary series, from cambrian to tertiary, having been thrust bodily in a southerly direction over the salt-marl, and that the latter is probably but another exposure of the tertiary salt-bearing formation like that represented at Kohat. The idea thus involves an extension of the thrustplane noticed by Mr. A. B. Wynne many years ago near Kalabagh. There are many questions to answer before accepting this plausible explanation of the difficulty, and it is a subject of sufficient importance to merit more detailed observations than have been reported."

Dies ist aber auch die einzige bisher publizierte Spur von Noetlings neuerer Auffassung des obigen Problems und einige andere darauf bezügliche Literaturangaben sind jedenfalls irrtümlich¹⁾.

Weder Noetling noch Koken haben meines Wissens irgend etwas Näheres hierüber veröffentlicht.

Dagegen bemerkt Vredenburg in seinem „Summary of the Geology of India“²⁾, und zwar auf pag. 36 folgendes:

„In the sections of the Eastern Salt-Range, the Purple Sandstone is seen resting on a great mass of unstratified clay, in the midst of which are situated the layers of salt from which the mountain range derives its name. But the structure of the range is one of extensive overthrust faulting, and it is probable that the Salt-Marl is not in its normal situation with reference to the Cambrian strata, but is really much newer, and Tertiary in age.“

Aber auf pag. 105 desselben Buches sagt derselbe Autor:

„Other products of the igneous activity are the petroleum of Burma, Assam and the Punjab, and in all probability the salt-marl and salt deposits of the Salt-Range, as well as many deposits of sulphur.“

Die Frage steht daher noch immer offen und verdient wohl wieder in Angriff genommen zu werden.

Nun glaube ich, daß wir derartige hypogene Prozesse, wie sie von Middlemiss, Holland und Vredenburg angenommen werden, zur Erklärung der Bildung der Salzformation trotz ihrer theoretischen Möglichkeit in diesem Falle gar nicht heranzuziehen brauchen, da vor allem derartige Prozesse in der Natur noch nirgends beobachtet worden sind.

¹⁾ So zum Beispiel in Kayser's Geologie II. (4. Aufl.), pag. 74, Fußnote 3 (Koken) und in De Launay's *Traité de Métallogénie* II. (Paris et Liège 1913), pag. 146, unterstes Zitat (Noetling).

²⁾ Ernest W. Vredenburg, *A Summary of the Geology of India*. Second Edition, Calcutta and Simla 1910.

Anderseits kennen wir aber im ganzen Mediterrangebiet im weitesten Sinne dieser Bezeichnung sehr ausgedehnte und mächtige Salzformationen, deren sedimentäre Natur als Austrocknungsprodukte abflußloser Seebecken und deren vorwiegend miocänes Alter wohl von niemandem mehr bezweifelt werden kann. Ich will hier nur die Salzbildungen der Karpathenländer (Galizien, Siebenbürgen, Rumänien) und diejenigen Persiens nennen. Bunte Tone und Mergel, mächtige Salzstöcke und Gipslager, lokales Vorkommen von Kalisalzen, verworrene Lagerung sind hier überall die Regel. Die ganze Beschaffenheit der Salzformation des Salt-Range unterscheidet sich aber buchstäblich in gar nichts von derjenigen der karpathischen und persischen¹⁾ Salzformation.

Außerdem gibt es noch eine Reihe anderer fazieller und tektonischer Analogien, auf welche bereits vielfach hingewiesen wurde, und welche vom Himalaja bis zu den Alpen verfolgt werden können, wie zum Beispiel die alpine Trias, der Kreidetertiärflysch, die Nummulitenformation, der gegen die älteren Vorlandmassen vordringende Faltenwurf der jüngeren Gebirge. Alles dies weist auf einen großartig einheitlichen und heute wohl allgemein anerkannten Bauplan in der ganzen geologischen Beschaffenheit des gesamten Mediterrangebietes hin, von welchem doch der fast in der Mitte liegende Punjab wohl keine Ausnahme machen dürfte.

Die wunderbare Darstellung des Hazara-Gebirges von Middlemiss²⁾ zeigt uns ganz unzweifelhaft, daß von dort aus eine Reihe von Deckenüberschiebungen nach Süden hin ausgehen. Man sieht dies besonders gut am Jhelum an der Grenze von Kashmir.

Die vereinzelt Nummulitenkalkzüge des Potwar und deren westliche Verlängerung bis nach Bannu (Trans-Indus) sind nur weitere durch spätere Denudation zerrissene Überreste der Hazara-Decken, welche zum Teil über die Murree-Schichten, zum Teil über die Salzformation des Kohat-Distrikts überschoben wurden.

Der Salt-Range kann nur das am weitesten nach Süden vorgedrungene Glied dieses Faltensystems sein, und seine Salzformation bildet hier wohl dessen autochthone Unterlage von wahrscheinlich tertiärem Alter.

III. Eigene Beobachtungen.

Wie bereits eingangs erwähnt, erhebt sich im Norden der Potwár-Hochebene plötzlich und unvermittelt der felsige Südostrand des Margala- und Hazara-Gebirges. Es ist dies die von Middlemiss in seiner Hazara-Monographie als „Nummulitic-Zone“ bezeichnete und näher beschriebene Partie des Hazara-Gebirges und dessen westliche Verlängerung (Margala).

Die geologischen Verhältnisse dieses Gebirgsrandes und seine Beziehungen zu seinem südlichen Vorlaude (Potwár) wurden in den beiliegenden Durchschnitten (Fig. 2—7) dargestellt.

¹⁾ Vgl. u. a. A. F. Stahl in Handbuch der Regionalen Geologie. V. Bd., 6. Abt., Persien, Heidelberg 1911.

²⁾ Memoirs. Vol. 26 (1896).

Der Durchschnitt Fig. 2 befindet sich im Nordosten des Gebietes an der von Rawalpindi über Murree nach Kashmir führenden Heerstraße, und zwar zwischen der 25. und 26. mile (von Rawalpindi an gerechnet) bei der Ortschaft Tret (3306 Fuß Seehöhe).

In den tiefen und steilen Schluchten des Kurang-Flusses und seiner Nebenbäche sieht man hier im Norden die gewaltig aufgetürmten und gestörten mächtigen Bänke der grauen Nummulitenkalksteine, welche diese Partie des eigentlichen Gebirgsrandes ausschließlich zusammensetzen. Es ist dies die schon von Wynne als „Hill-Nummulitic“ bezeichnete Formation.

Gegen Südost folgt nun im Flußbett zuerst eine Reihe von fast senkrecht gestellten und felsige Grate bildenden rötlichen Sandsteinen mit wechsellagernden roten Schieferen, welche von den indischen Geologen als Murree-Schichten bezeichnet werden.

Weiter folgen bunte Tone mit eingeschalteten grauen und grünlichen Sandsteinen, welche noch weiter in eine stark zerknitterte Partie von grünlichen Mergeln mit viel Gipseinschaltungen übergehen. Als Einschaltung erscheint hier eine fast senkrechte Bank eines festen, sehr bituminösen Kalkes, in dessen Nähe einige Schwefelquellen entspringen. Der Kalk enthält stellenweise Anhäufungen von kleinen Orthophragminen, Nummuliten und anderen Foraminiferen (was, wie wir später sehen werden, für das „Hill-Nummulitic“ charakteristisch ist).

Diese Kalkbank verbreitert sich nach oben und eine weitere größere Partie desselben bituminösen Kalkes überlagert wie aufgepreßt die vorher erwähnten zerknitterten grünlichen Gipsmergel. Diese Kalkmasse ist sowohl an der Straße wie auch weiter oben an den Abhängen des westlich von Tret liegenden Hügels durch Steinbrüche aufgeschlossen.

Noch weiter im Südosten folgen wieder die roten Tone und Sandsteine der Murree-Schichten, welche dann längs der Straße in den Hügelzügen am Kurang-Flusse abwärts bis in die Nähe von Rawalpindi in vielfacher Abwechslung und meistens in sehr steilen Falten verfolgt werden können.

Der nächste Durchschnitt (Fig. 3) befindet sich 12 miles gegen SW vom vorhergehenden und beginnt bei Rota Hotur zwischen den größeren Ortschaften Saidpur und Nurpur.

Auch hier steigen im Norden zuerst die schroffen Felsen des grauen Nummulitenkalkes auf. In den tieferen Quertälern sieht man jedoch, daß darunter eine andere Formation erscheint. Es sind dies hauptsächlich dunkle, braun oder rötlich verwitternde, sehr zerklüftete und splinterige sandige Dolomite, zum Teil auch gelbe Kalkbänke und rotbraune Sandsteine, stellenweise mit zahlreichen limonitisierten Muscheln.

Es sind dies die bereits von Wynne und Middlemiss erkannten und näher beschriebenen Juraschichten der südlichen Hazara-Ketten, welche ein Äquivalent der erst weiter im Norden auftretenden Spiti-Shales darstellen.

Fig. 2-7.

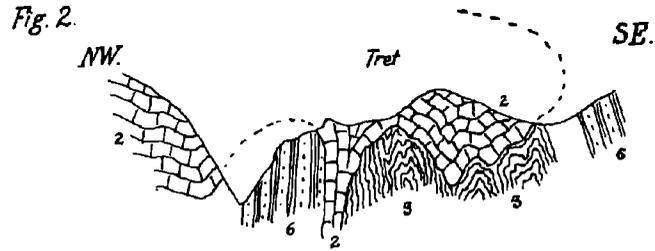


Fig. 3.

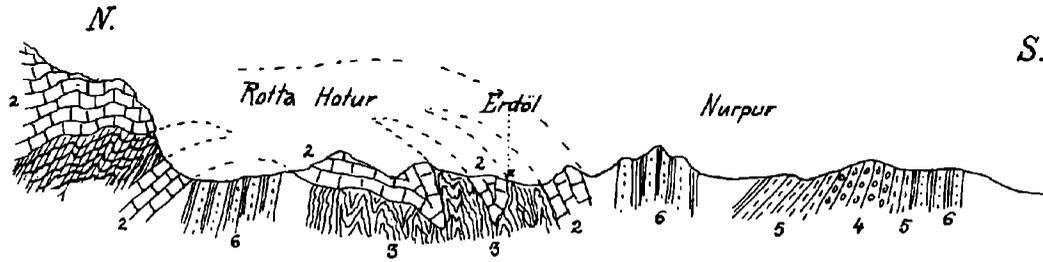
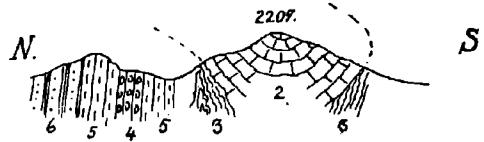
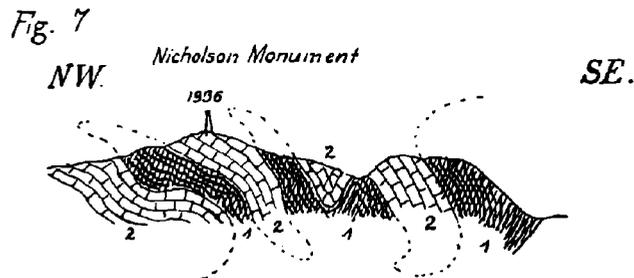
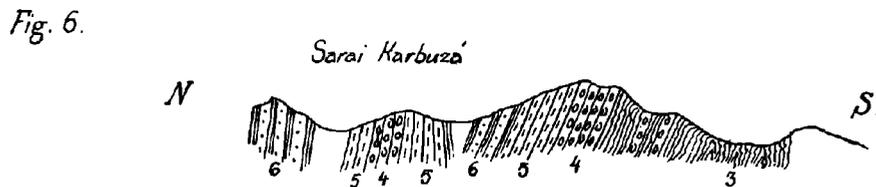
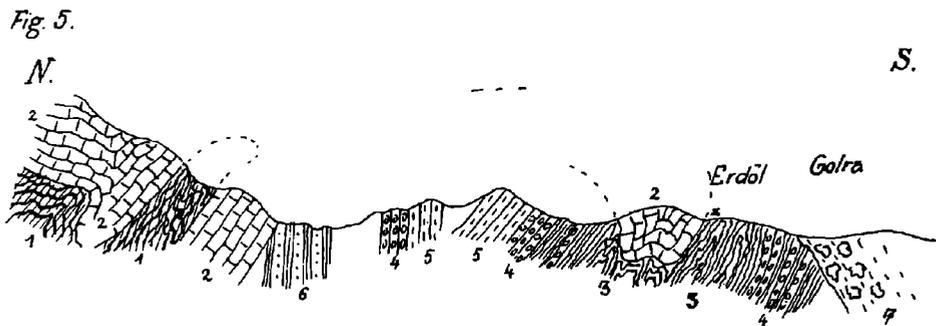


Fig. 4.





Durchschnitte im Grenzgebiete des Margala-Gebirges und des Potwár.

1. Jura (möglicherweise zum Teil auch Trias in Fig. 7). — 2. Nummulitenkalk (Margala-Fazies). — 3. Grünliche Mergel mit Gips.
 — 4. Bunte Tone mit fossilreichen Lagen (Assilinen, Austern etc.) — 5. Flyschartige Sandsteine und Schiefer. — 6. Murree-Schichten.
 7. Ganz junge Sedimente.

Gegen S zu werden diese Juraschichten wieder von einer nach N einfallenden Nummulitenkalkpartie unterteuft, worauf noch weiter Murree-Schichten unmittelbar folgen.

Middlemiss¹⁾ erklärt die Tektonik dieses Vorkommens durch Annahme von Verwerfungen. Wir haben hier aber wohl sicher den Anfang einer gegen Süden überschobenen liegenden Falte, deren Kern die oben erwähnten Juraschichten zusammensetzen.

Wenn wir nun der tiefen Schlucht von Rota Hotur nach abwärts (Süd) folgen, finden wir zuerst die roten Schiefer und groben Sandsteine der Murree-Schichten, welchen weiter bunte Tone und dann, ebenso, wie bei Tret, grünliche Gipsmergel mit kalkigen und sandigen Einschaltungen folgen. Diese Schichten sind sehr steil und ungemein gestört und zerknittert.

Über diesem Aufbruche liegt jedoch eine größere Partie von Nummulitenkalk, deren Bänke flach nach Süd einfallen und deren Südende keilförmig nach unten zwischen die zerbrochenen Gipsmergel eingreift. Ähnliche kleinere Kalkmassen wiederholen sich ferner noch zweimal als offenbar von oben in die Gipsmergel hineingepreßte fremde Körper.

Die Kalke sind stark bituminös und an einer Kontaktstelle zwischen Kalk und Mergel kommt in Rota Hotur eine Schwefelquelle mit ziemlich bedeutenden Erdölspuren zum Vorschein.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die soeben besprochenen, in die Gipsmergel eingreifenden Kalkmassen nur Digitationen der Stirnpartie der von N her überschobenen liegenden Falte darstellen.

Weiter südlich gegen Nurple zu erscheinen wieder senkrecht gestellte und steile Grate bildende Murree-Schichten, welche zu oberst aus vorwiegend rötlichen Sandsteinen mit konglomeratischen Lagen, roten knolligen Steinmergeln und roten sandigen Tönen bestehen. Nach unten zu (Süd) nehmen sie allmählich eine ausgesprochene Flyschfazies an: es sind dies graue und rötliche plattige Sandsteine mit zahlreichen Hieroglyphen auf der unteren Schichtfläche, glaukonitische Sandsteine, rote und grüne Tone, unter welchen schließlich einige grobe, mehr konglomeratische und mergelige Sandsteinlagen mit zahlreichen großen Nummuliten als steiler Sattelaufbruch emportauchen, worauf dann wieder die vorwiegend roten Murree-Schichten in sehr großer Ausdehnung und vielfach wiederholte Falten bildend, folgen.

Sehr gute Aufschlüsse finden wir dann etwa 8 miles weiter gegen WSW bei Golra (Durchschnitt, Fig. 5).

Am steilen Gebirgsrande sind hier, ebenso wie bei Saidpur, die braunen Juradolomite den grauen Nummulitenkalken eingefaltet, worauf der erste Murree-Schichtenzug folgt.

Nach einer kleinen Unterbrechung erscheinen senkrechte grüne Mergel und Sandsteine, wo besonders eine Lage mit sehr zahlreichen Austern und großen Nummuliten auffällt, worauf eine bedeutendere Serie von grauen, grünlichen und rötlichen Flyschsandsteinen mit den oben erwähnten roten Knollenmergeln und bunten Tönen folgt.

¹⁾ Hazara. Tafel 4, Durchschnitt Nr. 4 rechts.

Die Schichten nehmen ein regelmäßiges nördliches Einfallen an und nach einigen Einschaltungen von roten und grünen Tonen unterhalb eines kleinen Wasserfalles erscheint die erste (oberste) Nummulitenschicht, welche eine kalkig sandige Lage bildet, die fast ausschließlich aus kleineren und großen Nummuliten besteht. Besonders auffallend und charakteristisch für diese Lage sind große Assilinen. Die Abbildung 1 auf Tafel XV (I) zeigt einen Teil der Oberfläche dieser Assilinenschicht in natürlicher Größe. Es ist hier hauptsächlich die Art *Assilina spira* vertreten. Diese Schicht kann besonders in der weiteren Umgebung von Golra als ein wirklicher Leithorizont betrachtet werden.

Darunter (gegen S) folgen rote und grüne Schiefer mit Mergel-einlagerungen, wo stellenweise sehr zahlreiche, aber schlecht erhaltene Austernschalen angehäuft sind.

Es folgen, wie in den vorher beschriebenen Durchschnitten, stark zerknitterte grünliche Mergel mit zum Teil bituminösen Gipseinschaltungen, welche hier offenbar die tiefste aufgeschlossene Partie des Aufbruches darstellen. Hier entspringen Schwefel- und Erdölquellen, und auf der am meisten gestörten Partie erscheint wieder eine gleichsam hineingepreßte Partie von bituminösem Nummulitenkalk.

Der Aufbruch wird im Süden durch eine Wiederholung der bunten Schiefer mit Mergeln und größeren Nummuliten in offenbar überkippter Lagerung abgeschlossen, worauf in ausgesprochener Diskordanz ganz junge Konglomerate, Kalksinter, Sand- und Lehmlagen auf größerer Strecke alle älteren Ablagerungen verdecken.

Wenn wir jetzt die vorher erwähnte eingepreßte Kalkpartie im Streichen gegen ONO verfolgen, finden wir dieselbe etwa $1\frac{1}{2}$ mile weiter in einem etwas höheren Hügel (2207 Fuß Seehöhe) in bedeutend größerer Mächtigkeit auftretend, wobei jedoch seine Auflagerung auf den grünlichen Gipsmergeln keinem Zweifel unterliegen kann, wie dies auf Fig. 4 dargestellt wurde.

In entgegengesetzter Richtung dagegen, das heißt gegen WSW, sehen wir in einer Entfernung von etwa 4 miles von Golra in den bedeutend tieferen Einschnitten südlich von der Ortschaft Sarai-Karbuza die Wiederholung desselben Profils (Fig. 6), jedoch ohne eine Spur von Kalkstein. Erst noch weitere 6 miles im Streichen gegen WSW erhebt sich wieder die isolierte und langgestreckte Felsenkette Chitta-Pahar, wo wieder dieselben Nummulitenkalke in mächtiger Masse in die dieser Region eigentümliche bunte Mergel- und Sandsteinserie eingepreßt erscheinen.

Der Durchschnitt Fig. 7 ist am Margala-Paß gelegen, wo die Heerstraße von Rawalpindi nach Attock die niedrigste Partie der Margala-Kette an dem Nicholson-Monument (1936 Fuß Seehöhe) vorbei und die Eisenbahn in einem Tunnel überschreitet.

Mein Durchschnitt gibt nur den Aufschluß, wie er direkt an der Straße beobachtet werden kann.

Charakteristisch sind hier die mehrfachen Verknetungen der Juraschichten mit den Nummulitenkalken.

Die Nummulitenkalke sind massig und grob gebankt, zum Teil grau, zum Teil bituminös und mit lokal angehäuften kleinen Foramini-

feren, worunter seltener ganz kleine Nummuliten und öfter Orthophragminen zu unterscheiden sind, genau so wie bei Tret. Auch andere Versteinerungen sind nicht selten, aber unmöglich aus dem kompakten Kalksteine herauszubekommen. Ich fand den Durchschnitt eines großen *Nautilus*, ein schlecht erhaltenes *Spondylus*-Schalenfragment, Echinidenreste etc.

Die Juraschichten bestehen, wie bei Saidpur, aus sehr harten, splitterigen, rötlichen und braunen Dolomiten und Sandsteinen mit zahlreichen, meistens limonitisierten Konchyliendurchschnitten, worunter Trigonien und Austern unterschieden werden können.

Die tiefste Partie (in der nach S von der Straße ablaufenden Schlucht) besteht aus ockergelben festen Kalkbänken, welche nach Middlemiss auch schon triassisch sein könnten.

Weiter im Süden, zwischen Saidpur, Golra, Rawalpindi und Fatehjang, erscheinen unter stellenweise sehr mächtigen rezenten und subrezentem Ablagerungen von Kalksintern, Schottern, Sanden und Löß, sehr ausgedehnte und einförmige Züge von den vorwiegend rötlichen Murree-Sandsteinen, welche meistens sehr steil gefaltet, aber an einigen Stellen auch ganz flach gelagert sind.

Eine derartige flache Antiklinalpartie erscheint an der Eisenbahnlinie in der Mitte zwischen Rawalpindi und Golra und dieselbe kann noch weiter gegen Westen zu über Kutbal bis in die Nähe von Fatehjang verfolgt werden.

Nach einigen lokalen Störungen und Abweichungen hebt sich diese breite Antiklinale nordwestlich von der Eisenbahnstation Fatehjang so beträchtlich, daß in der Nähe der Ortschaft Gandawali auch die unter den Murree-Sandsteinen liegenden bunten Mergel und Nummulitenschichten an die Oberfläche gelangen und sich an mehreren Stellen als erdölführend erweisen.

Diese Partie verdient noch auch aus dem Grunde nähere Beachtung, als hier die den bunten Mergeln eingelagerten sandigen Kalkbänke ungemein reich an Versteinerungen sind, die in wohlerhaltenem Zustande massenhaft ausgewittert herumliegen. Steinkerne von Gastropoden, große Austern und andere Bivalven und besonders Millionen von vorzüglich herausgewitterten großen Assilinen und Nummuliten können hier mit Leichtigkeit gesammelt werden.

Besonders häufig und typisch sind *Assilina exponens* und *Nummulites perforatus* (in dem von Boussac festgestellten Sinne¹⁾).

Nummehr wenden wir uns weiter nach Süden, und zwar dorthin, wo etwa 12 miles südwestlich von Rawalpindi die steile Kette des Khairi-Murti-Gebirges unvermittelt aus der Ebene emporsteigt.

In zahlreichen tieferen Wasserrissen und stellenweise steile steinige Kämme bildend finden wir auf dieser ganzen Strecke, abgesehen von zum Teil sehr mächtigen jüngeren Ablagerungen, immer die sehr steilen Falten der vorwiegend rötlichen Murree-Sandsteine.

Etwa 1 $\frac{1}{2}$ mile östlich von der Ortschaft Murat vereinigen sich die Flüsse Basala und Sil tief eingeschnittene Schluchten bildend.

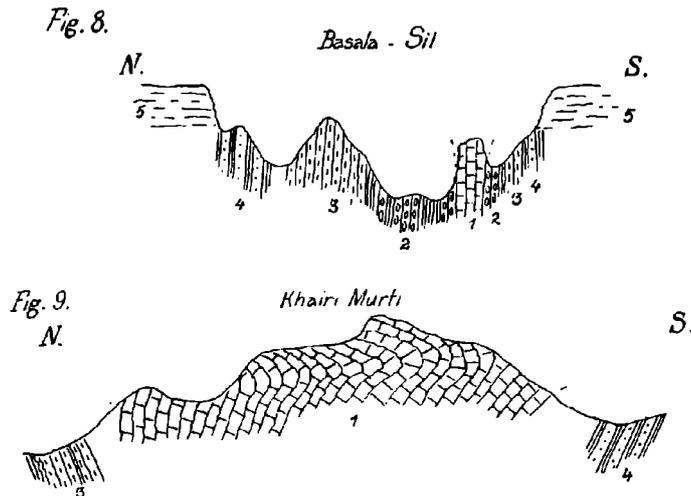
Das hier aufgeschlossene Profil ist in Fig. 8 dargestellt.

¹⁾ J. Boussac. Études paléontologiques sur le Nummulitique alpin. Paris 1911.

Es ist dies ein senkrecht gestellter Sattel, dessen beide Flanken von den rötlichen Sandsteinen und Tonen der Murree-Schichten bestehen. In der Mitte ist eine Wechsellagerung von grünlichen Tonen und grauen und glaukonitischen Flyschsandsteinen mit Einlagerungen von sandigen Mergeln und Kalken aufgeschlossen. Die letzteren führen zahlreiche Nummuliten und stellenweise Anhäufungen von Austernschalen ähnlich wie bei Golra und Gandawali.

Eine härtere und sehr zerklüftete Kalkbank ragt zwischen den Austernbänken mauerartig empor. Aus den Klüften hier wie auch bei Murat kommen bituminöse Ausschwitzungen zum Vorschein.

Fig. 8 und 9.



Durchschnitte am Ostende der Khairi-Murti-Kette.

1. Nummulitenkalk (Margala-Fazies). — 2. Grüne Mergel mit fossilreichen Lagen. — 3. Flyschartige Sandsteine und Schiefer. — 4. Murree-Schichten. — 5. Junge lakustre Sedimente.

An der Berührung dieser Kalkbank und der Austern führenden Mergel sind unzweifelhafte Spuren eines hochgradigen Dynamometamorphismus zu beobachten, worauf nicht nur die hochgradige Zerklüftung, aber auch eine förmliche Verquickung und Verknüpfung beider Gesteine, wie zu einer plastischen Teigmasse, hinweisen. Die Kalkbank erscheint wie ein in die Mergel hineingepreßter Keil.

Nebenbei sei noch bemerkt, daß die obere Partie des hier durchschnittenen Plateaus aus jungen horizontalen Ablagerungen besteht, welche zum Teil gelblich, rötlich und grünlich gebänderte sandige Tone, zum Teil zahlreiche Süßwasserkonchylien enthaltende lakustre Ablagerungen, zum Teil Kalksinter sind. Es war mir leider nicht möglich, diesen interessanten Bildungen mehr Zeit zu widmen.

Etwa $2\frac{1}{2}$ miles weiter westlich im Streichen desselben Aufbruches schneiden wir bereits die ansteigende Khairi-Murti-Kette (vgl. Durchschnitt Fig. 9).

Die Kette besteht aus hoch aufgetürmten Massen von festem grauem Nummulitenkalk von genau derselben Beschaffenheit wie in der Margala und Chitta-Pahar-Kette.

In den im N und S eingeschnittenen Wasserrissen, insofern die Aufschlüsse nicht durch massenhaften Gebirgsschutt und Kalksinter u. dgl. verdeckt sind, sehen wir an mehreren Stellen, daß auf beiden Seiten die grünlichen Mergel und Flyschsandsteine wie auch die roten Murree-Schichten gegen die Kalkmassen des Gebirges, also unter dieselben einfallen. Diese Tatsache zusammen mit dem fast vollständigen Verschwinden der Kalke im tiefen Basala-Durchschnitte (Fig. 8) beweisen wohl deutlich, daß die Kalke der Khairi-Murti-Kette ebenso wie diejenigen der Chitta-Pahar-Kette und die kleineren Kalkmassen bei Golra von dem Margala-Hazara-Gebirge ausgehen und als Überreste größerer Überschiebungsdecken aufzufassen sind.

Von Khairi Murti an weiter südlich ragen noch einige steile Hügelzüge empor, welche aus meistens senkrechten Sandsteinen der Murree-Schichten bestehen.

Vom breiten Tale des Soan-Flusses angefangen nach Süden zu verschwinden jedoch diese Bildungen gänzlich, und es erscheinen unter der sehr wechselnden jüngeren und jüngsten Bedeckung die mächtigen zumeist wenig festen bunten Konglomerate und Sandsteine der jungtertiären Siwalik-Formation, welche bis zum Salt-Range anhält und in dieser Partie zwar nicht sehr intensive, aber doch ganz deutliche Faltungen aufweist.

Nun wenden wir uns der westlichen Partie des Salt-Range zu, indem wir am Indusdurchbruche bei Kalabagh beginnen. (Fig. 10.)

Die Verhältnisse bei Kalabagh wurden bereits von Wynne¹⁾ recht ausführlich dargestellt.

Sowohl am nördlichen rechten (Kalabagh) wie auch am südlichen linken Ufer (Mari) des Indus sieht man vor allem die riesig gestörte und zerrüttete Salzformation. Es ist dies in der Hauptmasse ein fast ungeschichteter roter, zum Teil mergeliger Ton mit Steinsalz und bedeutenden Gipseinschaltungen. Das Salz ist meistens rötlich, der Gips weiß oder rot gefärbt, oder rot gebändert. Als Einschaltungen kommen hier dünngeschichtete harte graue bis schwärzliche dolomitische Mergel vor, welche oft bituminös und an den Schichtflächen mit kohligem organischem Detritus bedeckt erscheinen.

Sowohl im Westen bei der Stadt Kalabagh wie im Osten (flußaufwärts von der Mündung des Lun Nala an) wie auch über dem Aufbruche wird die Salzformation hier unmittelbar von den mächtigen mürben grauen, rötlichen und gelblichen Sandsteinen und Konglomeraten bedeckt, welche zu der unteren Partie der Siwalik-Formation (Miocän oder noch jünger) gerechnet werden.

Der vollkommen nackte durch tiefe Schluchten erodierte Hügel westlich von Mari besteht ausschließlich von der Salzformation und

¹⁾ Memoirs XIV und XVII.

ist von alten Salzschächten, Stollen und Soolquellen förmlich durchsetzt. Erst östlich von Mari erheben sich in steilen Abstürzen die NW—SO streichenden und regelmäßig nach NO einfallenden Sandsteine der Siwalik-Formation.

Fig. 10—12.

Fig. 10.

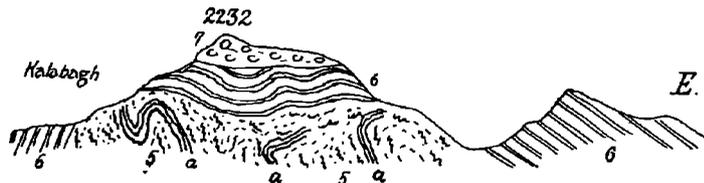


Fig. 11.

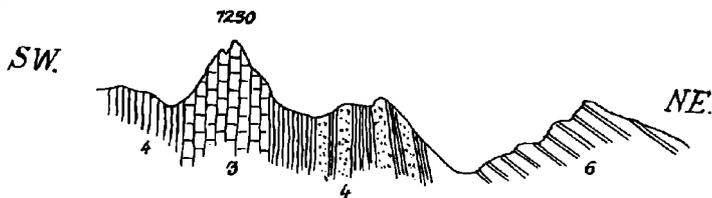


Fig. 12.



Durchschnitte im westlichen Salt-Range zwischen Kalabagh, Mari und Daud-Kehl.

1. Geschiebelehm (Boulder clay, Permokarbon). — 2. *Productus*-Kalk (Perm.). — 3. Nummulitenkalk. — 4. Bunte Tone und flyschartige Sandsteine. — 5. Salz-formation, a) Dolomitische Mergel-einlagerungen. — 6. Siwalik-Formation — 7. Ganz junge Sedimente, Schutt etc.

Wenn wir nun von dem Salzberge von Mari genau dem Streichen der Schichten nach SO folgen, finden wir etwa $1\frac{1}{2}$ mile weiter den Durchschnitt Fig. 11.

Mauerartig ragt hier ein senkrechter felsiger Grat aus der Hügelreihe empor, genau demselben Streichen folgend. Es ist dies ein heller, fester und sehr zerklüfteter Kalk, welcher zwar keine makroskopische Versteinerungen aufweist, in welchem ich jedoch im Dünnschliffe zahlreiche organische Reste und besonders ganz kleine Assilinen und Orthophragminen auffinden konnte (vgl. Tafel XV [I], Abb. 3).

Diese Kalksteinbank ist fast senkrecht, jedoch etwas gegen NO geneigt. Im SW wird sie von grellroten und grünen Tönen begleitet und ebensolche bunte, rote und grüne Töne mit deutlicherem NO-Einfallen folgen auch gegen NO. Bald schalten sich zwischen diese bunten Töne graue, rötliche und grünliche, zum Teil konglomeratische Sandsteine ein, welche sehr an die Murree-Schichten erinnern, und nach einer kleinen Unterbrechung durch ein kleines Längstal folgen dann wieder die ganz regelmäßig und flacher einfallenden mürben Sandsteine der Siwalik-Formation.

Wynne ist der oben beschriebene Nummulitenkalk nicht entgangen (Memoirs XIV, pag. 267). Er hat daselbst auch Spuren von Jura gefunden, welche ich nicht bemerkt habe. Er erklärt das Verhältnis dieser Vorkommen zur Salzformation von Mari durch mehrere komplizierte Brüche. Ich habe jedoch eher den Eindruck, daß diese abgerissenen Trümmer von Eocän und Jura eher zertrümmerte Überreste der über den Salzton überschobenen Decke sind, welche weiter im Süden besser erhalten und mächtiger entwickelt ist, auf der tektonischen Querelevation des Indusdurchbruches in die Luft ausgeht und daher verschwindet und jenseits des Indus nördlich von Kalabagh wieder einsetzt, wie dies aus der späteren Arbeit Wynne's über den Trans-Indus Salt-Range (Memoirs XVII) recht deutlich hervorgeht.

Noch weitere $2\frac{1}{2}$ miles gegen SSO von der zuletzt beschriebenen Stelle finden wir wieder eine ziemlich isolierte Hügelgruppe (höchster Punkt 1127 Fuß Seehöhe), in welcher die in Fig. 12 dargestellten Verhältnisse erscheinen.

Die ersten kleinen, aber schroffen Felsen, welche im SW von der Ebene aufsteigen, bestehen aus einem gelblichen zerklüfteten Kalkstein, dessen Bänke nach NO einfallen. Ziemlich zahlreiche ausgewitterte Steinkerne von Bivalven, Naticiden etc. kommen hier vor.

In einigen Lagen sind sehr zahlreiche, meistens kleine, aber auch größere Nummuliten angehäuft. Es ist dies also unzweifelhaftes Eocän.

Hinter diesem Eocänsaum erscheint dann ein kleiner Höcker, welcher aus ebenfalls nach NO geneigten Bänken eines sehr harten, splittigen, braunen dolomitischen Kalkes besteht, in dem sehr zahlreiche Versteinerungen enthalten, aber unmöglich gut herauszuschlagen sind. Nach längeren Bemühungen gelang es mir doch einige ganz unzweifelhafte Brachiopoden, und zwar Produkte zu erhalten. Es ist dies jedenfalls eine Partie des weiter im Süden bekannten und mächtig entwickelten permischen *Productus*-Kalkes.

Nach einer abermaligen kleinen Unterbrechung folgt wieder anscheinend über dem *Productus*-Kalk eine Folge von hellen Sandsteinen und darüber ein ungeschichteter dunkler sandiger Lehm mit unzähligen großen und kleinen Trümmern von verschiedenen kristallinen Gesteinen. Es ist dies unzweifelhaft der ebenfalls weiter im Süden längst bekannte „Boulder clay“ der permokarbonischen Eiszeit.

Bis hierher haben wir daher eine überkippte Schichtenfolge, da bekanntlich in den normalen Profilen der *Productus*-Kalk über den „Speckled sandstone“ und „Boulder clay“ folgt, wogegen hier die umgekehrte Reihenfolge erscheint.

Leider werden die weiteren Aufschlüsse bergaufwärts von dem massenhaften Gehängeschutt total verdeckt und erst nahe am Rücken des Hügels und auf seinen steilen Nord- und Nordostgehängen kommt die ganz typische rote Salzformation mit Gips und Steinsalz, die vorigen Fragmente offenbar überlagernd, zum Vorschein.

Noch weiter gegen NO folgen wieder die gewöhnlichen Siwalik-Ablagerungen, und weiter etwa 2 miles östlich hat Wynne bei Ainwan noch einen isolierten Aufbruch der Salzformation beobachtet.

Bereits aus diesen fragmentären Beobachtungen geht wohl hervor, daß die soeben beschriebene Eocän-Perm-Partie den zum Teil ausgewalzten (sehr geringe Mächtigkeit) und überkippten Schenkel einer liegenden Falte darstellt.

Wir überschreiten nun das breit ausgewaschene, von Jaba herunterkommende Quertal und gelangen bei Khairabad an die ersten bedeutenderen Ketten des eigentlichen Salt-Range.

Die Partie bei Khairabad wurde bereits von Wynne und Waagen in den eingangs zitierten Werken eingehender beschrieben und dann noch von Noetling und Koken weiter ergänzt.

Ohne jetzt auf die stratigraphischen Einzelheiten näher einzugehen, will ich mich nur auf solche Beobachtungen beschränken, welche zur Klärung der Tektonik beitragen können.

Die Ortschaft Khairabad liegt knapp am Gebirgsrand östlich von der Eisenbahnstation Daud—Khel. (739 Fuß Seehöhe.)

Zuerst (von Westen kommend) sehen wir (Fig. 13) kleine vorgelagerte Hügel, die außer ganz jungen Ablagerungen flach westlich einfallende rote, mürbe Sandsteine und Konglomerate aufweisen. Es sind dies wohl Siwalik-Bildungen.

Am Eingange in die an der Südspitze der Ortschaft nach Osten in das Gebirge einschneidende Schlucht fand ich zuerst grünlichgraue Gipsmergel, dann eine eingeschaltete ausgezackte, harte, löcherige Bank eines bräunlichgrauen dolomitischen Kalkes ohne Fossilien, worauf noch weiter wieder dunkel graugrüne mergelige Schiefer mit viel Gips und stark salzigen Quellen folgen. Diese Schichten werden von Wynne und Waagen zur Trias gestellt. Waagen hat darunter noch fossilführendes Perm gesehen, welches ich nicht bemerkt habe.

Bachaufwärts folgt nun immer mit demselben Einfallen nach Osten (eigentlich ONO) eine größere Serie von mehrfach wechselagernden roten Sandsteinen, gelben Mergeln, braunen Ooliten und Dolomiten mit zahlreichen Belemniten und stellenweise Rhynchonellen, grünlichen, stark kieseligen Lagen mit limonitisierten Muscheln etc. Die Aufschlüsse sind stellenweise durch mächtige Geröll- und Schuttmassen unterbrochen.

Die soeben besprochene bunte Schichtenserie (Wynne's „variegated series“) wird allgemein als jurassisch betrachtet.

Koken fand darüber noch Unterkreide, welche mir entgangen ist.

Weiter nach oben folgen Kalkbänke mit zuerst kleinen, dann mit immer größeren und zahlreicheren Nummuliten, mit Schiefer einschaltungen und diese Eocänschichten halten bis über den höchsten Rücken (hier 1184 Fuß) des Gebirges an.

Etwa 1 mile südlich finden wir den Paralleldurchschnitt Fig. 14.

Hier erhebt sich sofort aus dem Schuttkegel des hier herauskommenden Baches ein enges Felsentor, dessen Wände von einem harten hellen zerklüfteten Kalke bestehen. Außer einigen Korallen habe ich hier in Dünnschliffen kleine Assilinen und Orthophragminen gefunden, genau so, wie in dem Kalkfelsen südlich von Mari (vgl. Tafel XV [I], Abb. 4).

Aus den Klüften dieses eocänen Kalkes, welcher einige bituminöse Partien aufweist, entspringen hier mehrere stark salzige und schwefelwasserstoffhaltige Quellen, von welchen mir eine warm zu sein schien.

Fig. 13 und 14.

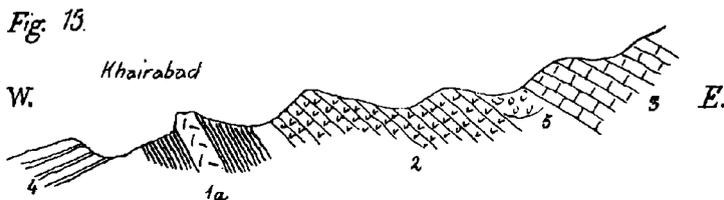
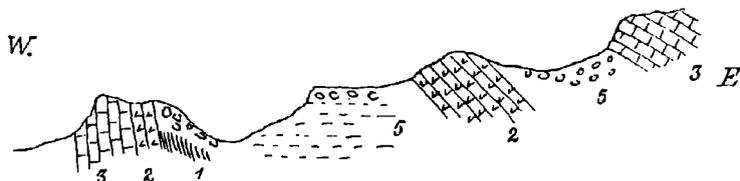


Fig. 14.



Durchschnitte bei Khairabad im westlichen Salt-Range.

1. Trias (grünliche Gipsmergel). a) Dolomitische Kalkbank. — 2. Jura. — 3. Nummulitenkalk. — 4. Rote Sandsteine (Sivalik?). — 5. Ganz junge Bildungen.

Die Schichten fallen sehr steil, fast senkrecht gegen Osten.

Gleich darauf folgt eine gelbe Sandsteinbank mit einigen Terebrateln von durchaus jurassischem Habitus und es folgen sofort wieder die graugrünen Gipsmergel der Trias wieder mit mehreren Soolquellen in dieser und in den benachbarten Schluchten.

Nach einer längeren Unterbrechung, wo horizontale junge, bunte, sandigtonige Ablagerungen mit Schotterbänken und Schuttmassen alle älteren Bildungen verdecken, kommen weiter oben wieder zuerst die Jura- und dann die Eocänablagerungen in normaler Folge zum Vorschein.

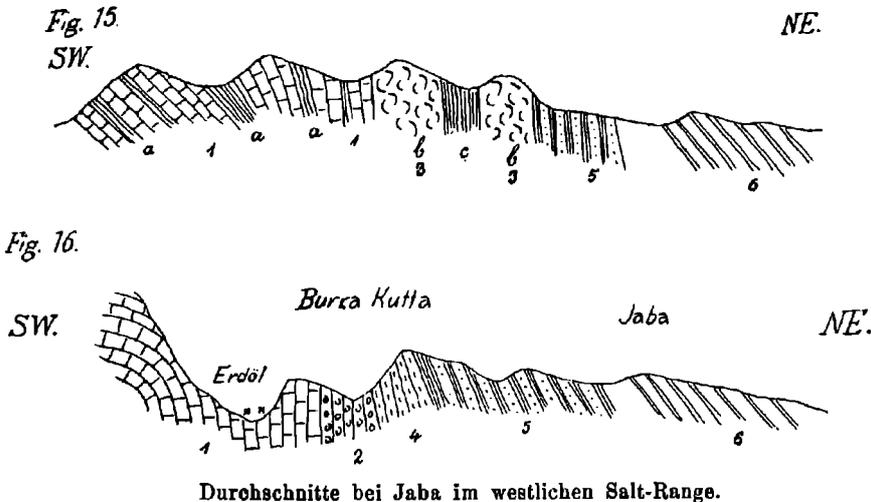
Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß wir hier einen gegen Westen überkippten Sattel mit bedeutend ausgewalzter Westflanke vor uns haben.

Diese Partie liegt auch genau im Streichen des vorher besprochenen Durchschnittes Fig. 12, nur ist hier bei Khairabad weder von den paläozoischen Schichten noch von der roten Hauptsalzformation irgend etwas zu sehen.

Die Salzquellen von Khairabad könnten aus der wahrscheinlich in der Tiefe vorhandenen Hauptsalzformation stammen. Es wäre aber auch möglich, daß die triassischen Gipsmergel auch für sich eine besondere lokale Salzformation darstellen.

Wir überschreiten nun den aus Nummulitenschichten bestehenden Hauptrücken des Gebirges und beginnen einen weiteren Durchschnitt

Fig. 15 und 16.



Durchschnitte bei Jaba im westlichen Salt-Range.

1. Nummulitenkalk; a) Grünliche Mergel und Schiefer-Einschaltungen. — 2. Konglomeratische Lagen mit *Num. incrassatus*. — 3. Salzformation; b) Gipslager, c) Roter Ton. — 4. Flyschartige Sandsteine und Schiefer. — 5. Murree-Schichten. — 6. Siwalik-Formation.

am Ostabhange desselben, etwa 2 miles im Westen von der Ortschaft Jaba (Fig. 15).

Zuerst sehen wir oben mehr oder weniger mächtige bräunliche oder graue Bänke von Nummulitenkalken mit lokalen Einschaltungen von graugrünen Schiefeln. Dieselben fallen zuerst weniger steil nach NO, werden aber dann steiler und schließlich fast senkrecht. Endlich finden wir ungefähr auf halbem Wege zwischen Khairabad und Jaba an den ersten östlichen Steilabstürzen in unmittelbarer Anlagerung an den Nummulitenkalk zwei recht mächtige Gipslager, durch eine Einlagerung von grellrotem Ton voneinander getrennt. Der Gips ist vorwiegend weiß, zum Teil jedoch rötlich oder mit roten Adern, genau so wie die Gipsmassen des roten Salztones bei Mari und Kalabagh.

Über dem Gips folgen nach NO ganz regelmäßig ebenfalls fast senkrechte grüne Tone mit Sandsteinen und konglomeratischen Lagen, und endlich folgen, wie überall in dieser Richtung, flacher geneigte bunte Siwalik-Schichten.

Wynne erwähnt das obige Gipsvorkommen mit der Bemerkung „The origin of this gypseous clay is not clear“¹⁾. Ich glaube jedoch, daß dies eine Partie des Hauptsalztones ist, welche hier ganz normal über dem Nummulitenkalk liegt.

Dieselben Gipse und roten Tone erscheinen noch mehrfach und in größerer Mächtigkeit in den tiefen Einschnitten gegen Jaba zu, und zahlreiche hier entspringende Sool- und Schwefelquellen bestärken noch die Annahme, daß hier eine echte Salzformationpartie vorhanden ist.

Noch viel weiter im Osten bei Vasnal und Kalar-Kahar kommt nach Wynne²⁾ (ich habe diese Stellen nicht besucht) die echte rote Salzformation im Nummulitengebiet vor. Er erklärt ihr Erscheinen allerdings durch Annahme recht komplizierter Verwerfungen. Es erscheint jedoch viel einfacher, diese Vorkommen ebenso wie die ganz analog gelegenen bei Jaba, Ainwan und Lun Nala (im Trans-Indus-Gebiete nördlich von Kalabagh) als normal über dem Nummulitenkalk liegend zu betrachten, wodurch auch ihre stratigraphische Stellung besonders durch den alle Zweifel ausschließenden Aufschluß oberhalb Jaba bestimmt wird.

Der nächste Durchschnitt (Fig. 16) befindet sich etwa 2 miles südlich von Jaba und umfaßt die Aufschlüsse in den Schluchten von Chotta Kutta und Burra Kutta.

Hier sind die Nummulitenkalke mächtiger entwickelt. Sie sind reich an Versteinerungen (zahlreiche Nummuliten, größere *Assilina exponens*, Echiniden, Korallen, Muscheln etc.) und weisen einige Faltungen auf. Gegen ihre obere Grenze zu (gegen NO) werden ihre Bänke senkrecht.

Hier entspringen aus den Klüften dieser Kalksteine mehrere Erdölquellen in Begleitung von viel stark schwefelwasserstoffhaltigem und zum Teil warmem Wasser. Einige in der Nähe ausgeführte Bohrungen haben nur sehr viel Schwefelwasser, aber wenig Öl ergeben.

Unmittelbar über dem kompakten Kalkstein und mit schwächerem NO-Einfallen folgen mehr sandige und konglomeratisch aussehende Lagen, welche bei näherer Betrachtung hauptsächlich aus zahllosen kleinen Nummuliten und größeren runden, konzentrisch geschichteten kalkigen Körpern bestehen, welche bis 2 cm Durchmesser erreichen. Ich vermutete darin zuerst etwa *Loftusien* oder andere Organismen, aber Herr H. Douvillé in Paris, welchem ich einige dieser Gebilde eingesendet habe, hatte die Liebenswürdigkeit, mir mitzuteilen, daß dies anorganische Gebilde, etwa wie sehr große Ooliten, sind. Einige derselben inkrustieren große Nummuliten, welche hauptsächlich als *N. perforatus* bestimmbar waren. Unter den kleinen Nummuliten herrschen dagegen Formen aus der Gruppe *N. incrassatus* und *N. vascus* vor.

¹⁾ Memoirs XIV, pag. 264.

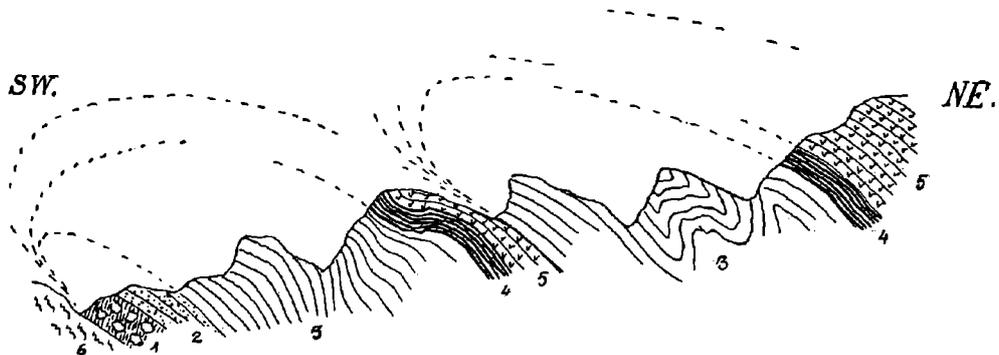
²⁾ Ebenda, pag. 182—184.

Der Habitus ist jedenfalls, mit europäischen Verhältnissen verglichen, ein obereocäner, respektive oligocäner (vgl. Tafel XV [1], Abb. 2).

Darüber folgt zuerst ein roter Ton, jedoch ohne Gips, dann bunte Schiefer mit grauen, grünlichen und rötlichen Sandsteinen vom Habitus der Murree-Schichten, auch mit den denselben eigentümlichen roten, harten, knolligen Mergeln, bis schließlich wieder flachere Siwalik-Schichten mit noch jüngeren Sedimenten alles bedecken.

Der letzte Durchschnitt (Fig. 17) ist teilweise nach meinen eigenen Beobachtungen zusammengestellt, zum Teil jedoch nach Wynne¹⁾ ergänzt.

Fig. 17.



Durchschnitt oberhalb Sanwans im Salt-Range.

1. Permokarbonischer glazialer Geschiebelehm (Boulder clay). — 2. Bunter Sandstein (Speckled Sandstone). — 3. *Productus*-Kalkstein (Perm). — 4. Trias. — 5. Jura. — 6. Salzformation.

Derselbe befindet sich in der Nähe der Ortschaft Sanwans (Wynne schreibt Swas) und es treten hier besonders die älteren Glieder der Salt-Range-Formationen, und zwar besonders die permischen *Productus*-Kalke in mächtiger Entwicklung auf.

Dieser Durchschnitt beweist wohl endgültig, daß der Salt-Range ein echtes Faltengebirge und nicht etwa ein Bruchrand ist.

IV. Schlussbetrachtungen.

Trotzdem meine oben dargestellten Beobachtungen nur geringe Partien des in Rede stehenden Gebietes betreffen, so lassen sich doch mit Hinzuziehung der ausgezeichneten und gewissenhaften Arbeiten der indischen Geologen wohl bereits einige allgemeinere Schlüsse daraus ziehen.

Eine genauere Horizontierung und Parallelisierung besonders des Punjabischen Eocäns, welches die Hauptformation dieser Region

¹⁾ Memoirs XIV, Taf. XXVIII, Fig. 50.

ist, wird wohl noch jedenfalls eine längere Zeit brauchen, bis sie befriedigend gelöst sein wird.

Dieser Lösung steht in der gegenwärtigen Sachlage hauptsächlich ein Hindernis im Wege. Man hat bei den Gliederungsversuchen des indischen Paläogens zu wenig Gewicht auf die Unterscheidung gelegt, was Horizont und was Fazies ist.

Nun glaube ich, daß die oben zusammengestellten Beobachtungen bereits gute Anhaltspunkte zum Versuche liefern, eine Einteilung in besondere Faziesbezirke im Bereiche des Paläogens anzubahnen.

Die erste Bildung, die in dieser Beziehung ein einheitliches und eigentümliches Gepräge zur Schau bringt, ist die massige marine Kalksteinfazies der Nummulitenformation im Margala-Hazara-Gebirge, welche bereits von Wynne als „Hill-Nummulitic“ bezeichnet wurde.

Es ist dies ein neritischer, aber rein mariner zoogener Kalk, für welchen besonders die lokal angehäuften kleinen Foraminiferen (darunter ziemlich seltene, sehr kleine Nummuliten) charakteristisch sind. Ich will diese Kalksteine als Margala-Fazies bezeichnen.

Das Ablagerungsgebiet dieses Kalksteins liegt im Norden und die auch noch südlich von Margala vorhandenen isolierten Vorkommen desselben (Chitta-Pahar und Khairi-Murti) können nur als Überreste einer von Norden her überschobenen Decke aufgefaßt werden.

Das nächste Faziesgebiet der Nummulitenformation erstreckt sich südlich von dem vorhergehenden. Es kann als Potwár-Fazies bezeichnet werden und umfaßt wahrscheinlich auch die Subhimalajische Region.

Charakteristisch sind hier grüne Mergel oft mit Gips, bunte Tone, Einlagerungen von sandigen, sehr fossilreichen Mergeln, Austernbänke, massenhafte große Assilinen, nach oben zu mächtigere Flyschsandsteine, welche sich wohl stellenweise als Hauptträger der Erdölansammlungen erweisen werden.

Diese Formation ist jedenfalls eine litorale Seichtwasserbildung und sie übergeht nach oben allmählich in die mächtig entwickelten, zum Teil wohl schon terrestrischen bunten Sandsteine, Knollenmergel und roten Tone der Murree-Schichten.

Die Nummulitenformation des Salt-Range ist höchstwahrscheinlich ein Übergangsglied zwischen der Margala- und der Potwár-Fazies, da wir hier oft Wechsellagerungen von zoogenen Kalken und bunten Schiefern und Sandsteinen, Assilinen, Nummuliten etc. nebeneinander vorfinden.

Das Ursprungsgebiet des Salt-Range muß daher beträchtlich nördlich, und zwar zwischen dem Margala- und dem Potwár-Faziesbezirke gesucht werden.

Die dritte Region bildet die Salzfazies.

Es unterliegt für mich keinem Zweifel, daß die roten Tone mit Gipsen und Soolquellen, welche bei Jaba deutlich zwischen der Nummulitenformation und den Murree-Schichten liegen (Fig. 15), mit der Hauptsalzformation, wie sie bei Kalabagh, Mari und im Süden des Salt-Range unter dem Paläozoikum zum Vorschein kommt, identisch ist.

Sie kann aber wohl von der weiter im NW so mächtig entwickelten Salzformation von Kohát auch nicht getrennt werden.

Wynne¹⁾ gibt zwar eine Reihe von unterscheidenden Merkmalen für beide Formationen an, von welchen die Farbe das wichtigste sein soll. Im Salt-Range ist sie nämlich rot, bei Kohát vorwiegend grau und grün. Wir wissen aber von vielen anderen Salzformationen (Galizien, Rumänien, Nordamerika), daß diese Farben in derselben Formation sehr oft regional wechseln und daher von ganz untergeordneter Bedeutung sind. Übrigens scheidet Wynne auch bei Kohát, allerdings über dem Salzton und Gips, eine rote Tonlage aus, welche die Analogie besonders mit der Gegend von Jaba vergrößert.

Nun folgt aus den weiteren Darstellungen Wynne's, daß die Salzformation der Kohát-Region zwar in der Hauptmasse unter dem Nummulitenkalk liegt; sie ist aber jedenfalls mit dem Eocän auf das innigste verbunden, und die tektonischen Verhältnisse, wie sie aus Wynne's vorzüglicher Karte und seinen Profilzeichnungen hervorgehen, beweisen in deutlichster Weise, daß auch dort weitgehende Faltungen und Überschiebungen vorhanden sein müssen.

Übrigens haben wir doch auch bei Tret und Golra (Fig. 2, 3, 4 und 6) grüne Gipsmergel in den tieferen Partien der Nummulitenformation, und bei Jaba sind sie rot und liegen in der oberen Partie derselben Formation.

Ich glaube daher nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, daß die gesamte großartig entwickelte bunte Salzformation des Punjab mit Inbegriff der Kohát-Region (abgesehen von der lokalen vielleicht triassischen Salzformation von Khairabad, von welcher früher die Rede war) verschiedene Partien des Eocäns bis in die Murree-Schichten hinauf vertritt.

Das Ablagerungsgebiet dieser Salzformation liegt im Süden und Westen der vorherigen Faziesbezirke.

Da diese Salzformation, wie fast alle anderen bekannten analogen Bildungen nur das Austrocknungsprodukt von abflußlosen Seebecken sein kann, was wieder eine kontinentale Phase voraussetzt, so müssen wir für diesen Faziesbezirk, also im Süden und Westen des Potwár, für einen beträchtlichen Teil der Nummulitenperiode ein Festlandsstadium annehmen, was mit den vorherigen Faziesbezirken vorzüglich übereinstimmt.

Es bestand also zur Nummulitenperiode (selbstverständlich wohl mit lokalen Schwankungen und Unterbrechungen):

I. Eine Festlandpartie im Süden und Westen (Salt-Range-Kohát) mit abflußlosen Salzseen und Wüstenklima.

II. eine flache Litoralzone nördlich davon und östlich bis in die Subhimalaja-Region hinein (Potwár-Fazies), und

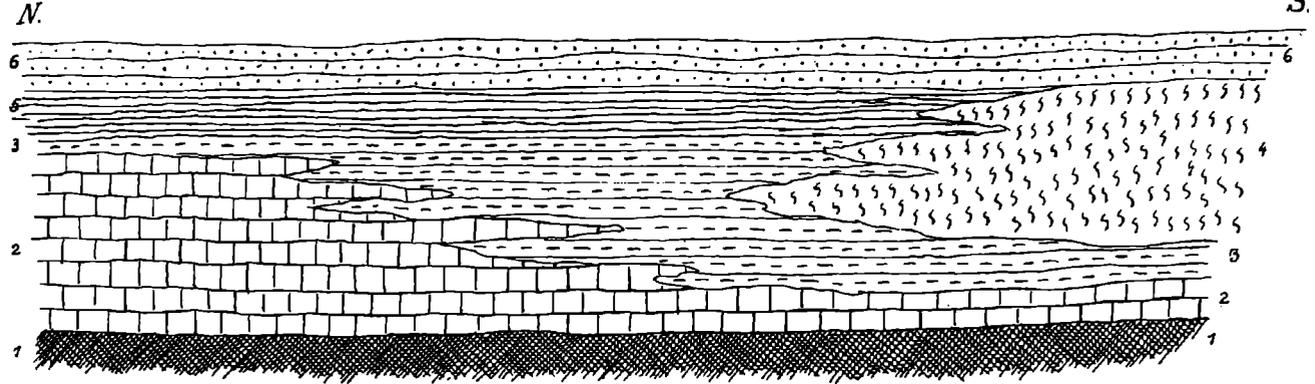
III. eine neritische Region mit Riffkalkbildungen etc. noch weiter gegen Norden zu (Margala-Fazies).

Ein gänzlicher Rückzug des Meeres fand mit der Ablagerung der Murree-Schichten statt, und die Siwalik-Bildungen sind bekanntlich schon ganz rein kontinentale Ablagerungen.

Was die Faziesbezirke der älteren Formationen betrifft, können wir noch einige Bemerkungen hinzufügen.

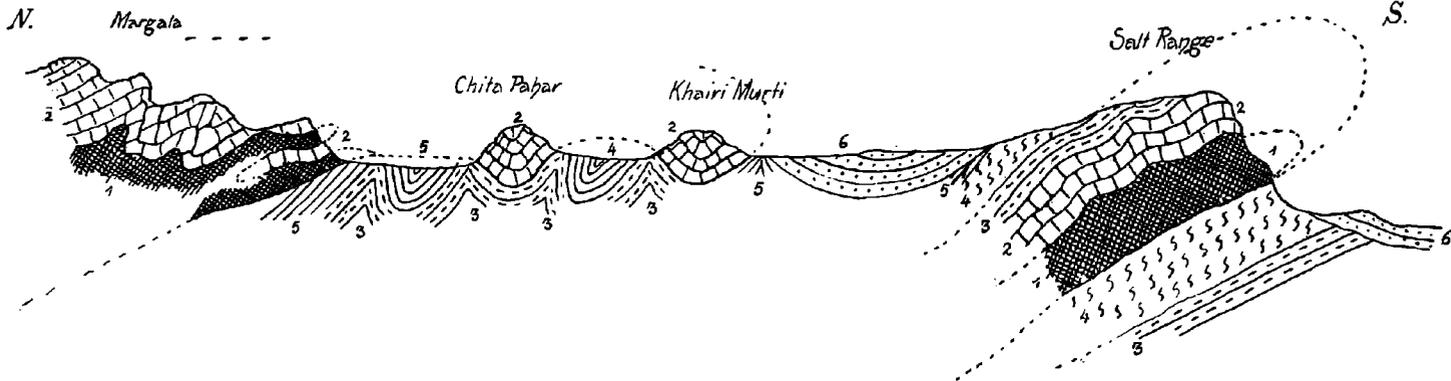
¹⁾ Trans-Indus Salt Region. Kohát District. Memoirs. Vol. 11. Pt. 2.

Fig. 18.



Erklärung bei Fig. 19.

Fig. 19.



1. Palaeozoisch-Mesozoisch. — 2. Vorwiegend Kalkfazies (Margala-Fazies). — 3. Vorwiegend Mergel- und Flyschfazies (Potwár-Fazies).
 4. Salztorfazies. — 5. Murree-Schichten. — 6. Siwalik-Schichten.

Die Jurabildungen des Salt-Range (bunte Sandsteine, Dolomite etc.) stimmen mit denjenigen des Südrandes von Margala-Hazara auffallend überein. Erst weiter im Norden des Hazara-Gebirges, wie dies Middlemiss festgestellt hat, setzt die beträchtlich verschiedene Spiti-fazies ein.

Die berühmten und so fossilreichen *Productus*-Kalke des Salt-Range schienen lange ziemlich vereinzelt da zu stehen, ohne Analogien im Norden. H. H. Hayden¹⁾ fand jedoch in Chúra und Bazar Valley (NW vom Punjab, S vom Safed Koh-Gebirge) ebensolche *Productus*-Kalke, wie sie im Salt-Range bekannt waren.

Die Hebungszeit der Punjabischen Gebirge hat wohl erst zum Schluß der Tertiärperiode stattgefunden, da die Siwalikablagerungen nicht nur mitgefaltet sind, sondern auch die Faltungszüge und Faltungsrichtungen der darunterliegenden älteren Formationen regelmäßig begleiten.

Zum Schluß habe ich in den vorstehenden schematischen Zeichnungen (Fig. 18 und 19) meine oben näher besprochene Auffassung der geologischen Zusammensetzung und Tektonik des in Rede stehenden Gebietes darzustellen versucht, was natürlich nur in den allgemeinsten Zügen geschehen konnte.

Fig. 18 stellt — natürlich in sehr bedeutender Verkürzung — die Ablagerungsgebiete der verschiedenen Faziesbildungen dar.

In Fig. 19 sind die heutigen Verhältnisse nach stattgefundener Gebirgsbildung abgebildet.

Lemberg, im Mai 1914.

¹⁾ H. H. Hayden, On the Geology of Tirah and the Bazar Valley. Memoirs geol. Survey of India. Vol. 28. 1898. Part. 1.



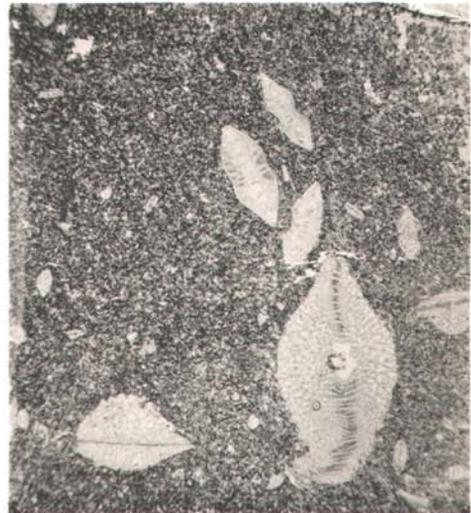
1. Gestein mit *Assilina spira*
von Golra. Nat. Größe.



2. Konglomeratische Lage mit *Nummulites inerassatus*. Jaba. Vergr. $\times 7$.



3. Kalkstein mit kleinen Assilinen und
Orthophragminen. Südl. von Mari.
Vergr. $\times 7$.



4. Kalkstein mit kleinen Assilinen
und Orthophragminen.
Südl. von Khairabad. Vergr. $\times 7$.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien



5. Salt Range. Steilabstürze im Productus-Kalk oberhalb Sanwans.



Lichtdruck v. Max Jaßé, Wien.

6. Hochebene des Połwár bei Golra mit der mauerartig aufsteigenden Margala-Kette.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Bd. LXIV, 1914.

Verlag der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien, III., Rasumofskygasse 23.



7. Salzberg bei Kalabagh am Indus.
Im Hintergrunde die überschobenen Massen des Trans-Indus-Gebietes.



Lichtdruck v. Max Jaßé, Wien.

8. Durchbruch des Indus oberhalb Kalabagh und Mari. Siwalik-Formation.
Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Bd. LXIV. 1914.
Verlag der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien, III., Rasumofskygasse 23.