

Ergebnisse neuer geologischer Forschung im Tian-Schan

von

Kurt Leuchs

Sonderabdruck aus: »Geologische Rundschau«, Band IV, Heft 1

Leipzig
Wilhelm Engelmann
1913

II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

Ergebnisse neuer geologischer Forschung im Tian-Schan.

Von Kurt Leuchs (München).

Literatur.

1. J. BÖHM, Über cretaceische und eocäne Versteinerungen aus Fergana. FUTTERER, Durch Asien, Bd. 3, 1903.
2. BOGDANOWITSCH, Sur le tremblement de terre de Tien-Chan le 22 Déc. 1910 (4 Janv. 1911) entre Verny et Issyk-Koul. Bull. Com. géol. St. Petersburg 30, 1911 (russ. mit französ. Rés.).
3. BRONNIKOW, Recherches géologiques faites en 1904 dans la province de Syr-Darja. Bull. Com. géol. St. Petersburg, 24, 1905 (russ. mit französ. Rés.).
4. DAVIS, A Journey across Turkestan. Carnegie Instit. Washington 26, 1905.
5. FRIEDERICHSEN, Morphologie des Tian-Schan. Z. Ges. Erdk. Berlin 34, 1899.
6. FRIEDERICHSEN, Ein Beitrag zur Kenntnis vom Alter und Charakter der sog. Hanhai-Schichten Innerasiens. Peterm. Mitt. 46, 1900.
7. FRIEDERICHSEN, Forschungsreise in den zentralen Tian-Schan und dsungarischen Alatau 1902. Mitt. geogr. Ges. Hamburg 20, 1904.
8. FRIEDERICHSEN, Die heutige Vergletscherung des Khan-Tengri-Massives und die Spuren einer diluvialen Eiszeit im Tian-Schan. Z. Gletscherk. 2, 1908.
9. FUTTERER, Beiträge zur Geschichte des östlichen Zentralasiens und Chinas während der letzten geologischen Perioden. Verh. naturw. Ver. Karlsruhe 13, 1900.
10. FUTTERER, Der Pe-schan als Typus der Felsenwüste. Geogr. Z. 8, 1902.
11. FUTTERER, Geogr. Skizze der Wüste Gobi zwischen Hami und Su-Tschou. Peterm. Mitt. Erg. H. 139, 1902.
12. FUTTERER-NOETLING, Durch Asien 2, Geol. Charakterbilder. 1. Teil. Berlin 1905.
13. GRÖBER, Über die Faunen des untercarbonischen Transgressionsmeeres des zentralen Tian-Schan, die in der Umgebung des Sart-dschol-Passes gefunden worden sind. N. Jb. Min. Beil. Bd. 26, 1908.
14. GRÖBER, Carbon und Carbonfossilien des nördlichen und zentralen Tian-Schan. Abh. Ak. Wiss. München, math.-phys. Kl. 24, 1909.
15. GRÖBER, Vorläufiger Bericht über die tektonischen Ergebnisse einer Forschungsreise im südlichen Tian-Schan. Zentralbl. Min. 1910.
16. HUNTINGTON, A Geologic and Physiographic Reconnaissance in Central Turkestan. Carnegie Instit. Washington 26, 1905.
17. HUNTINGTON, The Depression of Turfan, in Central Asia. Geogr. Journal 30, 1907.

18. KEIDEL-RICHARZ, Ein Profil durch den nördlichen Teil des zentralen Tian-Schan. Abh. Ak. Wiss. München, math.-phys. Kl. 23, 1906.
19. KEIDEL, Geologische Untersuchungen im südlichen Tian-Schan nebst Beschreibung einer obercarbonischen Brachiopodenfauna aus dem Kukurtuktal. N. Jb. Min. Beil. Bd. 22, 1906.
20. KEIDEL, Einige Berichtigungen zu meinen Arbeiten über den Tian-Schan. Zentralbl. Min. 1907.
21. KLEINSCHMIDT-LIMBROCK, Die Gesteine des Profils durch das südliche Musartal im zentralen Tian-Schan. Abh. Ak. Wiss. München, math.-phys. Kl. 23, 1906.
22. LEUCHS, Geologische Untersuchungen im Chalyktau, Temurlyktau, Dsungarischen Alatau (Tian-Schan). Abh. Ak. Wiss. München, math.-phys. Kl. 25, 1912.
23. MACHATSCHKEK, Über einige Ergebnisse neuerer geographischer Forschung im Tian-Schan. D. Rundschau für Geogr. 34, 1912.
24. MACHATSCHKEK, Vorläufige Mitteilungen über die Ergebnisse einer Studienreise in den westlichsten Tian-Schan. Mitt. Geogr. Ges. Wien 1912.
25. MEISTER, Geologische Beschreibung der Reise von Semipalatinsk nach Wernyi. Mém. Com. géol. St. Petersburg, nouv. série, livr. 51, 1909 (russ. mit deutscher Zusammenfassung).
26. MERZBACHER, Vorläufiger Bericht über eine in den Jahren 1902 und 1903 ausgeführte Forschungsreise in den zentralen Tian-Schan. Peterm. Mitt. Erg. H. 149, 1904.
27. MERZBACHER, Forschungsreise im Tian-Schan. Stzgsber. Ak. Wiss. München, math.-phys. Kl. 34, 1904.
28. MERZBACHER, The Central Tian-Schan Mountains. London 1905.
29. MERZBACHER, Von meiner neuen Tian-Schan-Expedition 1907 und 1908. Z. Ges. Erdk. Berlin 1910.
30. MERZBACHER, Die Erdbeben in Russisch-Turkestan. Mitt. Geogr. Ges. München, 6, 1911.
31. J. MUSCHKETOW, Turkestan, geolog. und orograph. Beschreibung. 2. Bd. St. Petersburg 1906 (russ.).
32. D. MUSCHKETOW, Le Fergana oriental. Bull. Com. géol. St. Petersburg 30, 1911 (russ. mit franz. Rés.).
33. OBRUTSCHEW, Zentralasien, Nordchina und Nanschan. 2. Bd. St. Petersburg 1901 (russ.).
34. OBRUTSCHEW, Über geolog. Untersuchungen im Tarbagatai und Barlyk im Jahre 1905. Annuaire géol. et min. de la Russie 8, 1906 (russ.).
35. OBRUTSCHEW, Über eine geolog. Untersuchung der Bergrücken Dshair, Urkaschar und Semistai in der chinesischen Dsungarei im Jahre 1906. Annuaire géol. et min. de la Russie, 9, 1907 (russ.).
36. OBRUTSCHEW, Reise im Barlyk, Maili und Djair im Sommer 1909. Peterm. Mitt. 1910.
37. POTONIÉ, Pflanzenreste aus der Juraformation. FUTTERER, Durch Asien 3, 1903.
38. PRINZ, Reisenotizen aus Zentralasien. Abrégé du Bull. Soc. Hongr. de Géogr. 1906—1908.
39. PRINZ, Die Vergletscherung des nördlichen Teiles des zentralen Tian-Schan-Gebirges. Mitt. Geogr. Ges. Wien 1909.
40. PRINZ, Beiträge zur Morphologie des Kuldschaer Nan-Schan. Mitt. Geogr. Ges. Wien 1910.
41. SCHELLWIEN, Trias, Perm und Carbon in China. Schriften der phys.-ökonom. Ges. Königsberg 43, 1902.
42. SCHELLWIEN, Paläozoische und triadische Fossilien aus Ostasien. FUTTERER, Durch Asien 3, 1903.

43. SCHLOSSER, Über fossile Land- und Süßwasserschnecken aus Zentralasien und China. Annales Musei Nat. Hung. 1906.
44. SEWARD, Jurassic Plants from Caucasia and Turkestan. Mém. Com. géol. St. Petersburg nouv. série, livr. 38, 1907 (russ. mit engl. Rés.).
45. SOKOLOV, La question de l'étage Ferganien. Bull. Soc. Imp. nat. Moskau, nouv. série 33, 1909.
46. SUSS, Das Antlitz der Erde 3, 1, Wien 1901.
47. TSCHERNYSCHEW, BRONNIKOW, WEBER, FAAS, Das Erdbeben von Andishan am 3./16. Dez. 1902. Mém. Com. géol. St. Petersburg, nouv. série, livr 54, 1910 (russ. mit deutscher Zusammenfassung).
48. VADASZ, Paläontol. Studien aus Zentralasien. Jb. ungar. geol. Reichsanst. 19, 1911.
49. WEBER, Recherches géologiques faites en 1904 dans la province de Syr-Darja. Bull. Com. géol. St. Petersburg 24, 1905 (russ. mit französ. Rés.).

Die Ergebnisse der im Tian-Schan vor 1899 geleisteten geologischen Erforschung hat FRIEDERICHSEN (5) zu einem einheitlichen Bild verarbeitet. Seit Abschluß jener Arbeit sind von einer Reihe von Forschern große Gebiete des Tian-Schan genauer untersucht worden, und ich möchte im folgenden die dabei gewonnenen Tatsachen, soweit sie bis Mitte 1912 veröffentlicht waren, kurz zusammenfassen, wobei ich die erwähnte Darstellung FRIEDERICHSENS als Ausgangspunkt nehme. Es soll im 1. Teil das Gesteinsmaterial, im 2. Teil die Tektonik besprochen werden.

1.

Der Versuch, die Sedimentgesteine des Tian-Schan in die Formationsreihe einzugliedern, stößt auf große Schwierigkeiten. Denn trotz der eingehenden Untersuchung großer Teile des Gebirges ist es nur an verhältnismäßig wenig Stellen gelungen, bezeichnende Fossilien zu finden. Eine Ausnahme machen nur die carbonischen Sedimente, in welchen häufig Fossilien erhalten sind. Aber auch die Fundplätze im Carbon sind im allgemeinen auf die äußeren Ketten beschränkt, in den zentralen Gebieten dagegen sind durch die Metamorphose die organischen Überreste zerstört und unkenntlich gemacht.

Auch in den mächtig entwickelten älteren Sedimenten ist das Fehlen von Fossilien auf die Umwandlungen zurückzuführen, welche die Gesteine durch granitische Intrusionen erlitten haben. So konnte bisher nur für wenige Gesteine der sichere Nachweis ihres Alters geliefert werden, und wir sind bezüglich der Hauptmasse der meist metamorphen Sedimente auf Vermutungen angewiesen. Sicher scheint nur das eine zu sein, daß alle diese Gesteine dem älteren Paläozoicum angehören, und ich fasse sie demgemäß unter diesem Namen zusammen.

Älteres Paläozoicum: Bei den älteren Autoren findet sich vielfach die Vermutung ausgesprochen, daß die hier mit diesem Namen bezeichneten Gesteine ganz oder größtenteils archaischen Alters seien. Dagegen halte ich mit KEIDEL (18) an der Ansicht fest, daß Ablagerungen aus archaischer Zeit im Tian-Schan nicht vorhanden sind, und

daß die heute sichtbaren Sedimente erst mit dem Paläozoicum beginnen. Dafür spricht die Lagerung unter dem Carbon und vereinzelt Funde von Silur und Devon.

Die Hauptmasse dieser Sedimente sind Phyllite, Tonschiefer, Kiesel-schiefer, Quarzite. Ihre Aufeinanderfolge läßt sich nur ungefähr feststellen. KEIDEL (18) gibt vom nördlichen Teil des zentralen Tian-Schan folgende Gliederung: das tiefste bildet die Phyllitgruppe (grauschwarze und grünliche Phyllite mit Kalkphylliten und Kalksteinen, graugrüne Quarzite und quarzitischer Schiefer, graugrüne Phyllite mit quarzitischer Lagen. Das herrschende Gestein ist grauschwarzer Phyllit, grüner Phyllit ist bedeutend weniger vorhanden, Quarzite und quarzitischer Schiefer und Kalksteine bilden untergeordnete Einlagerungen). Darüber liegt ein Quarzitkonglomerat, oder es erfolgt allmählicher Übergang in die Tonschiefergruppe (schwarze, grauschwarze, dunkelblaugraue, plattige und blätterige Tonschiefer, lokal Kalkschiefer mit Übergang in dünnbankigen Kalkstein). Jüngere Gesteine sind vielleicht weinrote und lebhaft grüne Tonschiefer mit grünem und rotem Radiolarit, wechsellagernd mit Dolomit und dolomitischem, kristallinischem Kalkstein mit Crinoideen. Dazu kommen noch graublau und graugrüne Tonschiefer (mit Conularien am Kaschkaturpaß), dunkle Kiesel-schiefer und grauackeähnliche Gesteine.

Im Chalyktau (22) sind diese alten Ablagerungen ähnlich entwickelt. Vorherrschend sind hier grüne, seltener graue Phyllite, z. T. Quarzphyllite. Als Einlagerungen finden sich Quarzite und Quarzitschiefer, Chloritschiefer, kristalline Kalksteine, die z. T. in Kalkglimmerschiefer umgewandelt sind, ferner häufig Amphibolite und Grünsteine. Tonschiefer sind nur an wenigen Orten vorhanden, teils grau und phyllitähnlich, teils schwarz, teils rotbraun.

Auch im südlichen Tian-Schan zwischen dem 76. und 82. Meridian O. Gr. bestehen große Gebiete aus den alten Gesteinen. KEIDEL (19) faßt hier unter dem Namen Apatakan-Schichten eine mächtige Serie von flyschähnlichen Schiefen, grünlichen Phylliten, Tonschiefern mit Quarziten, grauackeähnlichen Gesteinen, Kalkschiefern und Sandsteinen zusammen, die er für größtenteils älter als Devon hält (Gebiet südlich des Kokschaalflusses).

Nördlich dieses Flusses, im westlichen Kokschaaltau (»Bedelbogen«) gehören zu den präcarbonen Gesteinen Phyllite, braune und dunkle Tonschiefer, sowie dolomitischer Kalkstein, Kalkphyllit und grauackeähnliches Gestein.

Im östlichen Kokschaaltau (»Dschannartbogen«) stehen wieder Tonschiefer und Phyllite an. Hier liegt über dem Tonschiefer wahrscheinlich diskordant mitteldevonischer Kalk, so daß also die Tonschiefer und Phyllite hier sicher älter sind als Mitteldevon.

Östlich vom Kokschaaltau, vom Fluß Kum Aryk bis östlich des südlichen Musartflusses liegen wieder Tonschiefer und Phyllite.

Im westlichsten Tian-Schan macht MUSCHKETOW (31) folgende Gliederung: Das Tiefste bilden kristalline Schiefer unbestimmten Alters. Darüber liegt ein Komplex von Tonschiefern, Kalkschiefern, Quarziten, Sandsteinen und Konglomeraten, welche dem Unter- und Mitteldevon entsprechen. Dünnbankige Kalksteine und Kalkton-schiefer repräsentieren das Oberdevon.

Rechnet man zu den eben besprochenen Gebieten alter Sedimente noch die großen Areale, welche gleiche und ähnliche Gesteine in den anderen Teilen des Gebirges einnehmen, besonders im Karatau, dsungarischen und transilensischen Alatau, im Alexandergebirge, Narynbergland, dann im östlichen Tian-Schan besonders im Irankharbut und in der Bogdo-Ola und Dschargess, in den Barkulbergen und dem Karlyktagh, so erhellt daraus die große Bedeutung der alten Sedimente für den Bau des Tian-Schan.

Daß diese Gesteine älter sind als Carbon, geht daraus hervor, daß sie an vielen Stellen diskordant von Untercarbon überlagert sind, welches transgressiv über den alten Gesteinen abgesetzt ist und an manchen Orten, besonders im zentralen und südlichen Tian-Schan, mit Grundkonglomeraten beginnt. Ist somit die Gesamtheit dieser Sedimente präcarbonisch, so lassen sich mit Hilfe der wenigen bis jetzt gefundenen Fossilien einige bestimmte Horizonte unterscheiden.

Silur ist bis jetzt nur an einer Stelle, in den Tschu-Ili-Bergen südlich Balkaschsee als dunkelgrüner Glimmersandstein mit *Homalonotus* sichergestellt (5).

Devon. Bei FRIEDERICHSEN (5) ist von einigen Gebieten durch Fossilien nachgewiesenes Devon angegeben: in den Tschu-Ili-Bergen, im transilensischen Alatau, im Karatau, in der Koktankette südlich des Tschatyrkul (Tojuntal). An der letzten Örtlichkeit ist Mitteldevon nachgewiesen. Zu diesen Vorkommnissen treten noch einige weitere hinzu. VADASZ (48) beschreibt mittleres und oberes Devon vom Djakbolotpaß im oberen Naryngebiet; am Ischtykpaß im südlichen Tian-Schan fand KEIDEL (19) mitteldevonischen Kalkstein mit *Spirifer subcuspidatus*. Endlich berichtet OBRUTSCHEW (34, 35, 36) über bedeutende Komplexe von devonischen Ton- und Kieselschiefern, Sandsteinen, Mergeln und Kalksteinen in den Gebirgen Dschair, Barlyk, Maili, Urkaschar, an der N.W.-Seite des dsungarischen Beckens und unterscheidet auf Grund von Fossilfunden in den Kalksteinen Mittel- und Oberdevon. Möglich ist auch, daß ein Teil der »Apatalkanschichten« in dem Gebiet südlich Kokschaalfluß, nämlich radiolarienführende Kieselschiefer und mit ihnen wechsellagernde, grau-wackeähnliche Gesteine devonischen Alters sind (19).

Das Devon des Karatau ist in neuerer Zeit durch WEBER und BRONNIKOW (3, 49) wieder untersucht worden. Über älteren Sandsteinen, Konglomeraten, Schiefern und Kalken ohne Fossilien liegt das Oberdevon. Es wird gebildet aus 1500 m mächtigen dunkelgrauen Kalken,

sowie kalkig-tonigen und kalkig-kieseligen Schiefern. Die Kalke enthalten eine reiche Fauna (*Spirifer Archiaci*, *Vernevili*, *Orthis striatula* usw.).

Untercarbon. Sehr große Verbreitung im Tian-Schan haben die mächtigen Ablagerungen von untercarbonen Sedimenten. Ihre verhältnismäßig gleichartige Beschaffenheit — es sind weitaus überwiegend Kalksteine, seltener Schiefer und Sandsteine — und ihre häufige Fossilführung läßt sie leicht erkennen. Daher treten zu den von FRIEDERICHSEN (5) erwähnten Vorkommen — Nordabhang des Gebirges vom Karatau bis zur Bogdo-ola, westlichster Tian-Schan, Terskei-Alatau, Khan-Tengri-Massiv, Gebiet südlich Tschatyrkul, Gegend des Sairam-nor — eine große Anzahl weiterer Örtlichkeiten, an welchen Untercarbon, meist fossilführend, nachgewiesen wurde.

Im westlichsten Tian-Schan unterscheidet MUSCHKETOW (31) 3 verschiedene Gesteinsarten: konkordant über Oberdevon liegen dünngeschichtete dunkle Crinoidenkalkke, darüber helle bis rote, dickbankige Kalke mit Produkten und in den östlichen Teilen darüber mächtige ungeschichtete Kalke.

In großer Verbreitung und Mächtigkeit sind untercarbonische Bildungen von KEIDEL (18) im nördlichen Teil des zentralen Gebietes nachgewiesen worden. Trotz der Ausbildung zweier verschiedener Facies ist es jedoch nicht möglich, eine sichere Entscheidung zu treffen über die Reihenfolge beider Gesteinsarten. Denn während am Pik Nicolai Michailowitsch hellgraue Crinoidenkalkke das untere Glied bilden, über dem und durch Wechsellagerung mit ihm eng verbunden dichter dunkelgrauer Kalk mit viel Fossilien sich einstellt, ist an anderen Orten die Reihenfolge und Ausbildung der Schichten anders. So bilden z. B. am Sart-dscholpaß (18, 13) dichte rote und graue Kalke mit Crinoiden und Produkten die untere, mächtigere Abteilung, und über ihnen liegt weißer Kalk mit einer Zwergfauna. Andere Orte geben wieder andere Gliederungen, und es ergibt sich daraus, daß es bis jetzt nicht möglich ist, die Masse der untercarbonen Kalke in stratigraphische Unterstufen zu trennen. Dazu kommt als weiterer erschwerender Umstand die Tatsache, daß besonders im zentralen Tian-Schan (wie auch im Chalvyktau) die Kalke meist durch Granitintrusionen metamorphosiert sind, und die verschiedene Ausbildung der Kalke häufig darauf zurückzuführen ist

An der Basis der Kalke sind öfters Transgressionsschichten aufgeschlossen, welche zeigen, daß das untercarböne Meer (es scheint nur die obere Stufe des Untercarbons vertreten zu sein!) über ein altes Land transgredierend vordrang. Endlich finden sich an einigen Stellen über den Kalken Anzeichen einer Regression des Meeres (18, 13, 14) in Form von bunten, gipsführenden Mergeln, Sandsteinen und Konglomeraten.

Im Temurlyktau (14, 22) beginnt das obere Untercarbon lokal mit einer Oolithbank, darüber liegt dunkelgrauer Produkten- und Cri-

noidenkalk und zu oberst weißer Kalk mit Zwergfauna, ähnlich dem Profil am Sartscholpaß.

Im südlichen Tian-Schan treffen wir wieder diskordant über den Apataalkansichten das Untercarbon. Die Schichtreihe ist hier vollständiger als im N., überhaupt nimmt Mächtigkeit und Anzahl der petrographisch unterscheidbaren Stufen nach S. zu. Bei Safärbai unterscheidet KEIDEL (19) vier Stufen: Kieselknollendolomit, dolomitischen Kalk, z. T. dolomitischen Kalk und Sandstein in Wechsellagerung, Quarzkonglomerate. Weiter im O. im Dschannartbogen, scheinen Sandstein und Konglomerate durch flyschähnliche Schiefer vertreten zu sein, die jedoch vielleicht schon zum Obercarbon gehören.

Auch im nördlichen Chalyktau (22) liegt der Kalk der oberen Stufe des Unter carbons diskordant, jedoch ohne Transgressionskonglomerat, über den Phylliten. Die weitgehende Metamorphose des Kalkes verhindert hier jede Gliederung, es läßt sich nur aus dem häufigen Wechsel von hellen und dunklen Lagen im Marmor schließen, daß das ursprüngliche Sediment bereits in verschiedener Ausbildung zum Absatz kam. Das beweisen auch schwarze und schwarzbraune, z. T. dolomitische Kalkschiefer, die sich manchmal in Wechsellagerung mit weißem oder grauem Marmor finden. In den äußeren (nördlichen) Ketten des Gebietes ist die Metamorphose geringer, der Kalk ist hier grau mit roten Putzen und Linsen, im Attuintau braun mit verkieselten Fossilien und Hornsteinkonkretionen. Eine Bestimmung der Mächtigkeit läßt sich nirgends ausführen, nur im Temurlyktau konnten an einer Stelle (Chonochaital) 550 m gemessen werden, woraus hervorgeht, daß der ganze Komplex sicher mehr als 600 m mißt.

Große Verbreitung hat das Unter carbon auch im dsungarischen Alatau (22, 31) in Form von Kalksteinen in der Gegend des Sairam-nor, sowie in den westlichen und nordwestlichen Vorbergen, wo MEISTER (25) metamorphe Schiefer mit eingelagerten fossilführenden Kalken traf, die vielleicht untercarbonisch sind.

Auch in den Gebirgen Barlyk usw. zwischen dem dsungarischen Alatau und dem Altai ist Unter carbon nach OBRUSCHEW (34, 35, 36) reich an Fossilien vorhanden. Im kleinen Yuldustal im östlichen Tian-Schan wurde ebenfalls fossilführendes Unter carbon gefunden (29).

Soweit bekannt, handelt es sich stets um die obere Abteilung (*Productus giganteus*-Stufe) des Unter carbons, das transgressiv über älteren Gesteinen zum Absatz gekommen ist.

Nur in zwei Gebieten scheinen ältere Stufen des Unter carbons entwickelt zu sein. Vom westlichsten Tian-Schan beschreibt MUSCHKETOW (31) dünngeschichtete, dunkle Crinoidenkalken, welche konkordant auf Oberdevon liegen. BRONNIKOW (3) gibt eine Übersicht über die Ausbildung dieses Carbons, das nach ihm aus hellgrauen Kalken, grünen und gelblichen Schiefen und grauen Sandsteinen, sowie Eruptivtuffen in den oberen Horizonten besteht und eine Mächtigkeit von 3600 m erreicht.

In dem Gebiet südlich des Kokschaalflusses sind nach KEIDEL (13) die unteren Stufen, nämlich die Dolomite und die Hauptmasse der dolomitischen Kalke älter als die Stufe des *Productus giganteus* und werden nach GRÖBER (15) diskordant von dem oberen Untercarbon überlagert.

Obercarbon. Im westlichsten Tian-Schan scheint das Obercarbon zu fehlen, ebenso fehlt es im gesamten nördlichen und zentralen Gebiet. Aus Gründen, die später erörtert werden, ist es sehr unwahrscheinlich, daß nördlich der Hauptkette Obercarbon zum Absatz kam. Auffallend sind daher einige Funde, welche PRINZ gemacht und VADASZ (48) bestimmt hat. Bei Tschedschinbulak, etwa 5 km westlich vom Ausfluß des Agias in die Tekesebene, wurden wenige Fossilien gefunden, welche auf untere Horizonte des Obercarbons hinweisen. Nach LEUCHS (22) kommt bei Yagas-su, einige Kilometer westlich dieses Fundpunktes, eine typisch untercarbhone Fauna vor. Ferner wird von VADASZ aus dem Sati-Kasantal im »Kuldschaer Nanschan« (= Temurlyktau) eine Fauna beschrieben, welche neben Formen des oberen Untercarbons auch solche des unteren Obercarbons enthält, die jedoch nach VADASZ nicht genügen zu einer sicheren Bestimmung als Obercarbon. Möglicherweise gehören auch die Fossilien von Tschedschinbulak noch zum Untercarbon.

Sicheres Obercarbon ist bekannt aus dem oberen Naryngebiet (48), vom Tojuntal südlich des Tschatyrkul und in großer Ausdehnung und Mächtigkeit vom südlichen Tian-Schan. KEIDEL (19) beschreibt aus dem Gebirge südlich Kokschaalfluß bei Utsch fünf verschiedene Glieder: grauer Crinoidenkalk mit Fusulinen, hellgrauer Fusulinenkalk mit *Spirifer supramosquensis*, dunkle kalkige Tonschiefer und Kalkschiefer mit Einlagerungen von schwarzem, bituminösem Kalk mit Brachiopoden, graue, dichte Kalke und blauschwarzer, z. T. kieseliger Kalk, beide mit *Schwagerina princeps*, mächtige Konglomerate aus Geröllen dieser Sedimente, wobei die Konglomerate als Regressionsbildung die höchste im Tian-Schan entwickelte paläozoische Schichtstufe bilden.

In dem gleichen Gebiete fand GRÖBER (15) südöstlich von Utsch folgende Entwicklung:

- oben: Fusulinen- und Schwagerinenkalk,
- grüne Tonschiefer, rote Sandsteine,
- grüne Tonschiefer mit eingelagerten Lavadecken, graugrüne Mergel,
- Fusulinen- und Schwagerinenkalk mit Miatschkowo-Fauna,
- rote Sandsteine, rote, grüne Schiefertone, Steinmergel.

Im Bedelbogen und im Dschannartbogen zeigt die Ausbildung des Obercarbons einige Ähnlichkeit mit jener (15, 19), indem auch hier ein durch eine schmale Schwagerinenkalkzone geteilter Komplex von (fleysch-ähnlichen) Schieferen mit untergeordneten Einlagerungen von Kalk- und Sandstein und Lavadecken von Schwagerinenkalk überlagert ist.

Reiche obercarbonische Faunen aus dem Dschannartbogen (Kukuruktal) und Karateketagh beschreiben KEIDEL und VADASZ (19, 48).

Östlich vom Kum-Aryk-Fluß läßt die Mannigfaltigkeit der petrographischen Beschaffenheit des Obercarbons sehr nach. Von hier bis zum südlichen Musartfluß trifft man plattigen, Fusulinen und Schwagerinen führenden Sandstein, darüber grauen Schwagerinenkalk und zu oberst rosenroten Fusulinenkalk. Östlich des Musartflusses ist das Obercarbon fast nur durch graue Schwagerinenkalke vertreten.

Schließlich sei erwähnt, daß im Tscholtau, südlich der Senke von Liuktschun, nach SCHELLWIENS (42) Bestimmung möglicherweise Obercarbon vorkommt, wie auch auf der Karte FUTTERERS (12) angegeben ist.

Mit dem Obercarbon schließt die Reihe der paläozoischen und die der marinen Sedimente ab. Es ist bis heute nicht gelungen, marine Bildungen aus jüngerer Zeit im Tian-Schan nachzuweisen, und die über die geologische Geschichte des Gebirges gewonnenen Erfahrungen schließen die Möglichkeit einer späteren Meeresbedeckung vollkommen aus. Nur am W.- und S.-Rand greifen Absätze eines Meeres von der oberen Kreide bis in die Tertiärzeit in das Gebirge ein.

Davon abgesehen, ist das Gebiet des Tian-Schan seit dem Ende der Carbonzeit Festland, und zwar fand der endgültige Rückzug des Meeres aus den nördlichen Teilen nach dem Untercarbon, aus den südlichen Teilen nach dem Obercarbon statt.

Jüngere Sedimente finden sich nur in kontinentaler, limnischer und litoraler Facies in einzelnen, voneinander getrennten Gebieten in der Hauptsache als Ablagerungen von Seen, Lagunen und Flüssen. Sie werden in zwei Gruppen zusammengefaßt: Angaraschichten und Hanhaischichten. Zu diesen treten im westlichsten Tian-Schan noch z. T. marine Sedimente von oberer Kreide bis Alttertiär und marines Jungtertiär.

Angaraschichten. Sie bestehen in der Hauptsache aus einer Folge von Sandsteinen, Konglomeraten und Tonschiefern, in welchen Braunkohlenflöze eingelagert sind. Die facielle Ausbildung ebenso wie die Mächtigkeit sind in den einzelnen Ablagerungsgebieten sehr verschieden, die Frage der Zugehörigkeit zu bestimmten Formationen läßt sich heute infolge der wenigen Fossilfunde nur für gewisse Schichten einiger Gebiete mit Sicherheit beantworten, und wir können bezüglich eines großen Teiles dieser Sedimente nur behaupten, daß sie jünger als Carbon und älter als Tertiär sind. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit für die Anwesenheit permischer, sowie unter- und mitteltriadischer Ablagerungen in dieser Serie sehr gering, und es scheinen in der Hauptsache jurassische Sedimente zu sein.

Obere Trias, und zwar Rät, ist nur von einer Stelle, im Ilibecken nordwestlich Kuldscha, bekannt (5), wo diskordant auf dem Carbon Sandsteine und Konglomerate liegen, in welchen Pflanzenreste gefunden wurden.

Darüber liegt Tonschiefer und kalkiger Sandstein mit Braunkohlenflözen. Nach der Flora entsprechen diese Schichten dem Lias. Dem gleichen oder einem höheren Horizont des Jura dürften auch die Komplexe von Angaraschichten angehören, welche am Südabhang des dsungarischen Alatau und am Nordabhang des Temurlyktau liegen (22).

Im Karatau und im westlichen Tian-Schan, besonders im Tschirtschik- und Kelestal nördlich Taschkent sind die Angaraschichten mitteljurassischen Alters, nach den Bestimmungen von SEWARD (44). Erwähnt sei hier, daß nach diesen Bestimmungen die Möglichkeit eines mitteljurassischen Alters der Angaraschichten des Ilibeckens, welche bisher, wie oben ausgeführt, als Rät und Lias angesprochen werden, nicht von der Hand zu weisen ist.

Vom Narynbergland gibt HUNTINGTON (16) eine Tabelle über die Entwicklung der Schichten an verschiedenen Punkten.

Im südlichen Tian-Schan fehlen im westlichen Teil die Angaraschichten bis zum südlichen Musartfluß. Erst östlich davon treten sie in großer Mächtigkeit auf, KEIDEL (19) schätzt sie auf 1500—2000 m. Sie liegen hier konkordant unter den Hanhaischichten und bestehen in der oberen Hälfte hauptsächlich aus grobklastischen Bildungen (grau-grüne Sandsteine und Quarzkonglomerate, sowie dunkle Sandschiefer). In der unteren Hälfte überwiegen schwarze, lettige, bituminöse Tonschiefer mit einzelnen Kalkbänken. Pflanzenreste sind in Schiefen und Sandsteinen enthalten, die Schiefer führen stellenweise Braunkohlen.

Weiter nach O. sind Angaraschichten an verschiedenen Stellen gefunden worden. MERZBACHER (29) erwähnt sie aus dem Kiuköniktal nördlich Kutscha in mächtiger Entwicklung (bunte Konglomerate, Sandsteine, Tone, Mergel, z. T. kohleführend, mit eingelagerten Eruptiven und Tuffen), FUTTERER (12) vom Bagraschkul, bei Turfan und am Südhang der Barkulberge, hier pflanzenführend und von POTONIÉ (37) als Jura bestimmt.

In den Gebirgen zwischen dsungarischem Alatau und Altai fand OBRUTSCHEW (34, 35, 36) in den Niederungen und Tälern die Angaraserie mit Kohlen und Pflanzenresten, aus welchen jurassisches Alter hervorgeht.

Endlich seien hier noch die z. T. mächtigen Serien von Angaraschichten erwähnt, welche MERZBACHER und GRÖBER (29) im östlichen Tian-Schan, besonders im Iran-Kharbutgebirge und in der Bogdokolakette antrafen. In diesen Ablagerungen wurden an einigen Stellen Pflanzen- und Tierreste gefunden, und es ist zu erwarten, daß die in Bälde erfolgende Veröffentlichung der Untersuchungen manches zur Kenntnis der Angaraschichten beitragen wird.

Sicher ist aber heute schon das eine, daß die Angaraschichten keine rein marinen Absätze, sondern größtenteils litorale und Kontinentalbildungen sind, und daß sie hauptsächlich in der Jurazeit entstanden sind.

Hanhaischichten. KEIDEL (18) hat diese Sedimente eingehend besprochen. Seiner Darstellung sei folgendes entnommen:

Schon im Mesozoicum begann die Bildung der vorwaltend roten, Gips und Steinsalz führenden, grobklastischen Sedimente, welche unter dem Namen Hanhaischichten nicht nur im Tian-Schan, sondern überhaupt in Zentralasien eine wichtige Rolle spielen, in Folge ihres fast gänzlichen Fossilmangels aber einer sicheren Einordnung in die Formationsreihe die größten Schwierigkeiten entgegensetzen.

Am Südrand der Kaschgarischen Niederung liegen über roten Mergeln, Tonen, Sandsteinen und Konglomeraten die eocänen Mergel mit *Gryphaea Esterhazy* (Ferghanastufe).

Am Südrand des westlichen Tian-Schan und des Chalyktau liegen die untersten roten Bildungen z. T. konkordant über den mesozoischen Angaraschichten, z. T. dort und besonders in den inneren und nördlichen Gebieten diskordant über den paläozoischen Gesteinen.

Die Hanhaischichten sind nur an den Gebirgsrändern und in einzelnen abgeschlossenen Becken zum Absatz gekommen.

Die ganze Serie ist sehr verschieden mächtig und petrographisch sehr wechselnd entwickelt und beweist dadurch, daß sie zeitlich und örtlich rasch sich ändernden Bedingungen ihre Entstehung verdankt. Doch weist die im allgemeinen gleichartige Ausbildung (Vorherrschen der roten, grobklastischen Ablagerungen) darauf hin, daß die schon in der Angarazeit bestehenden kontinentalen Verhältnisse eine weitere Verschärfung erfahren haben, und daß insbesondere rein subaerische Vorgänge (See- und Flußablagerungen, Wüstenbildungen) einen großen Anteil an der Bildung der Hanhaischichten haben.

Im einzelnen ist über diese Bildungen noch folgendes zu bemerken.

Die ganze Serie ist nicht in sich konkordant, vielmehr sind an vielen Stellen Diskordanzen sichtbar, welche z. T. beweisend für tektonische Bewegungen während dieser Zeit sind.

Dagegen finden sich auch Gebiete, wo Hanhaischichten in anscheinend ungestörter Lagerung mit schwacher, durch die ursprüngliche Ablagerung zu erklärender Neigung von allen Seiten gegen die Mitte eines Beckens einfallen (oberes Koksgebiet, 22, 26, 29). Daraus kann, vorausgesetzt, daß die erwähnten tektonischen Bewegungen in dem ganzen Gebiet gewirkt haben, auf ein jüngeres Alter dieser nicht dislozierten Sedimente geschlossen werden. Einen Anhalt für die Altersbestimmung geben nun die Funde, welche KEIDEL (18) bei Karkara östlich Issykkul gemacht und SCHLOSSER (43) als mittel- bis oberpliocänen Alters bestimmt hat. Die Fossilien liegen in grünlichgrauen Mergeln, welche zu einer steil gestellten Schichtfolge von Mergeln, Tonen und Sandsteinen gehören. Über dieser Serie folgen diskordant und anscheinend ungestört liegend die Konglomerate des Santaschpasses, welche also jünger als die liegende Serie sind. Somit erhalten wir für diese nicht dislozierten Sedimente oberpliocänes oder selbst pleistocänes Alter.

Es ergibt sich demnach, daß vom Ende des Mesozoicums an bis in posttertiäre Zeit Sedimente von gleichartiger kontinentaler Facies im Tian-Schan gebildet wurden. Es ist heute noch nicht möglich, das Alter der Ablagerungen im einzelnen festzustellen, und es kann deshalb, ähnlich wie bei den Angaraschichten, auf den Sammelnamen Hanhaischichten nicht verzichtet werden. Es ist dabei nur zu beachten, daß damit kein bestimmtes stratigraphisches Niveau gemeint ist. Aufgabe späterer Forschung ist es, eine Gliederung der Hanhaischichten durchzuführen. Ansätze dazu sind bereits gemacht (18, 29), wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, und es möge der Besprechung von Gebieten im nördlichen Tian-Schan noch die von KEIDEL (19) aufgestellte Gliederung im südlichen Tian-Schan, nördlich von Kaschgar, folgen. Dort liegen am Gebirgsrand die Artyschschichten STOLICZKAS (hauptsächlich geschichteter Ton und Sandsteine), welche stark dislociert und gefaltet sind. Weiter nach N. treten jüngere rote Sandsteine und Konglomerate auf, ebenfalls dislociert und mit 30—40 N. fallend. Sicher jünger als beide Komplexe sind dann Konglomerate, welche diskordant über den Artyschschichten, sowie über den roten Sandsteinen liegen, sie sind nur schwach disloziert und fallen mit geringer Neigung nach N. ein. Diese Konglomerate sind Flußablagerungen, demgemäß hauptsächlich am Gebirgsrand und in Furchen und Becken des Gebirges abgesetzt. Sie könnten zeitlich mit den Konglomeraten des Santaschpasses, sowie mit den Ablagerungen im oberen Koksugebiet, im Tekes- (22) und Ilibecken (7, 22) parallelisiert werden.

Obere Kreide und Eocän in mariner Facies. Die Behauptung, daß seit dem Ende des Carbons das Gebiet des Tian-Schan Festland ist, gilt, wie erwähnt, nur mit einer Einschränkung. Im westlichsten Tian-Schan nämlich liegen Sedimente eines Meeres der oberen Kreide- und Tertiärzeit, welches von W. her durch das Ferghanabecken und weiter über das Grenzgebiet zwischen Tian-Schan und Alai in das westliche Tarimbecken sich erstreckte. Diese marinen Sedimente treten in unserem Gebiet am N.- und O.-Rand des Ferghanabeckens und in den westlichsten Teilen des Tian-Schan am Rande der Turanischen Niederung auf.

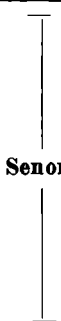
Durch BÖHM (1) wurde nachgewiesen, daß diese Bildungen Schichten von sehr verschiedenem Alter umfassen (Cenoman, Senon?, Eocän), und daß deshalb der Name »Ferghanastufe«, welchen ROMANOWSKI (5) für diesen Schichtverband wählte, aufzugeben sei. SOKOLOW (45) beschränkt die Bezeichnung »Ferghanastufe« auf die eocänen marinen Ablagerungen mit *Gryphaea Romanowskii*, *Esterhazyi*, *Ostrea turkestanensis* usw. VADASZ (48) dagegen meinte, daß obere Kreide und Eocän durch allmähliche Übergänge facieller und faunistischer Art verknüpft seien und nur schwer getrennt werden könnten. Demgegenüber wendet D. MUSCHKETOW (32) den Ausdruck »Ferghanastufe« wieder nur auf mergelige Kalke und Tone des Eocäns an, welche konkordant auf senonen Schichten liegen und von mächtigen Sandsteinen und Konglomeraten überlagert sind.

Zusammen mit den übrigen Ausführungen MUSCHKETOWS ergibt sich daraus für das Gebiet am N.- und O.-Rand des Ferghanabeckens folgende Gliederung der postpaläozoischen Sedimente:

Grenze	Facies	Alter	Gesteine
Regression u. Auflagerung	kontinental	posteocän	bröcklige Sandsteine u. Konglomerate.
	marin	Eocän	mergelige Kalke und Tone.
Konkordanz	marin brackisch	Senon (u. Turon?)	Mergel, Kalke, Sandsteine, Tone, Gipse.
Transgression	kontinental	unt. Kreide	rote Konglomerate, Sandsteine, Mergel.
Konkordanz	kontinental	Jura	Sandsteine u. tonige Schiefer, mit Kohlen und Pflanzen.

Die Tabelle zeigt, daß während des Senons und Eocäns die kontinentalen Verhältnisse eine Unterbrechung erfuhren, daß aber vor und nach der marinen Zeit dort ähnliche Verhältnisse herrschten, wie in den anderen Teilen des Gebirges, welche zur Bildung von Sedimenten vom Charakter der Hanhai- und Angaraschichten führten.

Dasselbe ergibt sich aus den Profilen, welche TSCHERNYSCHEW und seine Mitarbeiter (47) im Ferghanabecken nördlich des Kara-darja, nordöstlich Andischan, aufgenommen haben. Die Profile geben die Schichtgliederung vom Jura bis zu den jungen Ablagerungen und zeigen besonders gut die Entwicklung der Kreideformation.

m	Alter	Gesteine
ca. 45	?	Sandsteine und Konglomerate.
ca. 40	?	Tone und Mergel (<i>Ostrea cyathula</i> etc.).
64	Eocän	Kalke der Ferghanastufe (<i>Gryphaea Romanowskii</i> , <i>Ostrea turkestanensis</i>).
160	 Senon	1. Gips führende Serie (Kalksteine, z. T. dolomitisch, Gipse), Radiolithenhorizont (Kalksteine mit <i>Radiolites cf. Muschketowi</i>), toniger u. kalkiger Komplexe (<i>Trigonia</i> , <i>Cassidulus</i>)
30		
65		2. Gips führende Serie (Gips, Sandstein, Ton), Sandsteine,
50		
225		
ca. 40		
ca. 50	} Austernschichten { oberer Teil: Sandstein, Mergel, Kalkstein unterer Teil (Exogyraschichten): Ton, Kalkstein, Ton mit Mergel u. kalkigem Sandstein (<i>Placentiaceras</i> , <i>Ostrea prominula</i> , <i>Gryphaea vesicularis</i> , <i>Exogyra Overwegi</i> etc.).	

m	Alter	Gesteine	
28 1045	?	Sandsteine, Konglomerate, roter Mergel rote Mergel und diagonalgeschichtete Sandsteine	} ähnlich dem nubischen Sandstein.
20 20—32 160—190 20	Jura	Glimmersandstein, toniger Schiefer, Pflanzen, roter Glimmersandstein, kieseliger Quarzsandstein, eisenhaltiger Sandstein, Schiefer, Kohlen.	
	Paläozoicum	kieselige Tonschiefer.	

Bemerkenswert ist besonders die faunistische und lithologische Ähnlichkeit mit den zeitlich entsprechenden Ablagerungen Ägyptens und die Wahrscheinlichkeit einer präsenonen Wüste, welche sich aus dem Vorkommen der Sandsteine ergibt.

Jungtertiär in mariner Facies ist nur von den westlichsten Ausläufern des Tian-Schan, südlich Tschimkent, bekannt (31). Es sind die östlichsten Absätze des Meeres, welches vom Cenoman bis zum Ende des Tertiärs das Aralo-kaspische Becken erfüllte und, in geringerer Ausdehnung, noch in posttertiärer Zeit sich erhielt, nach seiner Trennung vom Weltmeer aber einer allmählichen Austrocknung verfiel. Kaspi und Aral sind seine letzten bedeutenderen Überbleibsel.

Eruptiva. Neben den Sedimenten besitzen im Tian-Schan Eruptivgesteine große Verbreitung. Vor allem sind es die Granite, welche große Teile des Gebirges allein oder zusammen mit anderen Gesteinen aufbauen. Dabei ist charakteristisch das Auftreten der Granite in langgestreckten, der Streichrichtung der Ketten parallel laufenden Massiven. Im Hinblick auf die später zu erörternden tektonischen Verhältnisse ist diese Anordnung der Granitmassive sehr bemerkenswert.

Genauere petrographische Untersuchungen der Eruptivgesteine sind nur von wenigen Gebieten gemacht worden: im W. hat KARPINSKI (erwähnt in 5), weiter im O. PETERSEN (7) eine Anzahl von Gesteinen bearbeitet. Noch weiter im O., im zentralen Tian-Schan und Chalyktau, haben RICHARZ (18), KLEINSCHMIDT-LIMBROCK (21) und LEUCHS (22) die Gesteine je eines großen Quertales mikroskopisch untersucht, und es ergibt sich daraus folgendes: Im nördlichen zentralen Tian-Schan bildet der Granit zwei große Massive (12), welche beide in zwei Züge getrennt sind. Das nördliche Massiv (roter Biotitgranit) ist die Fortsetzung des Granits des Terskei-Alatau (Amphibolbiotit- und Biotitgranit) und setzt sich nach O. fort bis östlich des großen Musarttales. Dort ist es durch die Brüche am S.-Rand des Tekesbeckens abgeschnitten und erscheint erst wieder nordöstlich davon im Temurlyktau, wo es die südlichen Vorberge und den Ostteil dieser Kette bildet. Das Gestein zeigt starke Druckerscheinungen, der Plagioklas ist serizitisiert, der Quarz kataklastisch. Die angrenzenden Gesteine (Phyllite) sind kontaktmetamorph umgewandelt (Hornfelse, Aplite, Pegmatite), und da Unter-

carbon transgressiv über Phylliten und Granit liegt, ergibt sich für den Granit präcarbonisches Alter.

Das südliche Massiv streicht vom Narynberglande nach NO., bildet im zentralen Gebiete zwei verhältnismäßig schmale, durch Phyllite und Untercarbonkalk getrennte Züge, welche sich östlich vom Pik Nicolai Michailowitsch vereinigen und als breite Masse den ganzen Nordabhang des Chalyktau durchsetzen. Im östlichen Chalyktau bilden sie die Kurdaikette, welche sich nach MERZBACHER (29) noch weiter nach O. in das Yuldusgebiet fortsetzt. Das Gestein ist im zentralen Tian-Schan Amphibolbiotitgranit mit frischem Plagioklas, Zertrümmerungserscheinungen sind selten. Die gleichmäßig richtungslos-körnige Struktur im Innern macht gegen außen einer porphyrischen und zuletzt schiefrigen Platz. Am Nordrand gegen die altpaläozoischen Schiefer herrscht normale Kontaktmetamorphose (Hornfelse-Skapolithknotenschiefer — Phyllite — Tonschiefer), am Südrand Piezokontaktmetamorphose (Gneis — Glimmerschiefer — injizierte Schiefer — kristallinischer Untercarbonkalk mit Apliten). Daraus ergibt sich zugleich postuntercarbonisches Alter der Intrusion.

Im Chalyktau ist der Granit dieses Massivs etwas anders ausgebildet. Herrschend ist hier Biotitgranit, der nur örtlich und besonders am Südrand auch Hornblende enthält, die z. T. den Biotit ganz verdrängt. Auch die Wirkung auf die angrenzenden Gesteine ist etwas verschieden von den Verhältnissen im zentralen Gebiete. Denn man findet hier an beiden Seiten die Erscheinungen der Piezokontaktmetamorphose, besonders am Südrand ist die Übergangszone zwischen Granit und Phyllit gut sichtbar. Das Alter der Intrusion ist das gleiche wie im zentralen Gebiete.

Die Untersuchungen der Granite im südlichen Musarttal haben ergeben, daß auch hier zwei nach Beschaffenheit und Alter verschiedene Massive vorhanden sind. Der größere südliche Teil der Granite (grobkörniger Biotitgranit mit breiten Zonen von Augengneis an beiden Seiten) scheint präcarbonisches Alter zu haben, während der sich an die nördliche Augengneiszone direkt anschließende, nördliche Granit (aplitischer Granit mit wenig Biotit), der im Gegensatz zu dem südlichen fast gar keine Zertrümmerungserscheinungen aufweist, sicher jünger als Untercarbon ist.

Was die an beiden Seiten des Doppelmassives zu beobachtende Kontaktmetamorphose betrifft, so zeigt sich auch hier wieder, wie im zentralen Tian-Schan, auf der einen (Süd-)Seite Piezo-, auf der anderen (Nord-)Seite normale Kontaktmetamorphose.

Auch im dsungarischen Alatau und in den Gebirgen Barlyk, Dschair, Urkaschar, Maili sind (7, 22, 25, 34, 35, 36) Granite von postcarbonischem, z. T. vielleicht auch höherem Alter nachgewiesen, ebenso in den östlichen Gebieten (12, 29).

Aus diesen Angaben geht die große Verbreitung und Wichtigkeit der Granite im Tian-Schan hervor. Dabei ist hervorzuheben, daß sie im

zentralen Gebiete nicht die Hauptkette zusammensetzen, sondern auf die nördlich und südlich davon liegenden Gebiete beschränkt sind.

Gegenüber diesen gewaltigen Granitmassen treten die anderen Intrusivgesteine sehr zurück. Es finden sich, stets nur in kleinen Partien, Syenit, Diorit, Gabbro und Amphibolit, teils als lokale Modifikationen der Granite, teils als Einlagerungen und Gänge im Nebengestein. Häufig sind dagegen Pegmatite und Aplite in den Graniten und den kontaktmetamorph beeinflussten Sedimenten, selten kommen Lamprophyre vor.

Dagegen besitzen Effusivgesteine große Verbreitung, und unter diesen besonders Quarzporphyre und Porphyrite, die in den meisten Gebieten sich finden. Dabei kann man 2 Arten von Ausbruchsbezirken unterscheiden, nämlich die am Rande der Ketten und die in den Ketten selbst. Die ersteren zeigen durch ihre Lage klar, daß die porphyrischen Gesteine infolge von tektonischen Bewegungen aufgedrungen sind, welche zu Absenkungen und Grabenbrüchen geführt haben. Demgemäß liegen die Porphyre größtenteils an den Rändern des höheren Gebirges im Vorland oder in abgeschlossenen Becken (Transilensischer Alatau, Ilibecken, Südrand des Tian-Schan, 5, 7, 19, 21, 22, 25, 31).

Die Porphyre in den Ketten selbst sind besonders mächtig entwickelt im Chalyktau (Quarzporphyre, Quarzkeratophyre, 21, 22). Sie sind hier im W. am Musartpaß nur als einzelne, mehr oder weniger breite Gänge und Lager dem untercarbonischen Kalk eingeschaltet, weiter nach O. nehmen sie rasch an Ausdehnung zu, so daß die Breite der Quarzporphyrmasse in N.—S.-Richtung im Gebiete des Agiastales bis zu 15 km ansteigt. Noch weiter östlich nimmt ihre Mächtigkeit wieder sehr ab.

Auch in der Bogdo-ola-Kette (29) besitzen Quarzporphyre große Verbreitung.

Erwähnt sei, daß auch die Quarzporphyre (in den Ketten) starke metamorphe Veränderungen (Druckschieferung, Bildung von Sericitschiefern) erlitten haben, welche auf Gleichzeitigkeit von Gebirgsbildung und Effusion hinweisen.

Untergeordnet kommen vor Melaphyr, Basalt, Diabas.

2.

Der Tian-Schan ist eine Vereinigung von zahlreichen, im allgemeinen bogenförmigen, nach S. konvexen Ketten, deren Ostflügel ONO. bis OzN., deren Westflügel NW. bis W. streichen. Während nun früher (Suess, Antlitz 1) für die Ketten mit ONO.-Richtung höheres Alter angenommen wurde als für die mit NW.- bis W.-Richtung, ist seitdem die Erkenntnis durchgedrungen, daß die Bögen einheitlich entstanden sind, daß also aus der Richtung der Ketten allein nicht a priori auf höheres oder geringeres Alter geschlossen werden kann (35).

In der Tat hat sich durch neuere Untersuchungen (24, 32) im westlichsten Tian-Schan gezeigt, daß die paläozoischen Gesteine (Devon, Carbon) dort sowohl in NO.- als auch in NW.-Richtung und in Richtungen, welche zwischen beiden liegen, gefaltet sind, woraus hervorgeht, daß die beiden senkrecht aufeinander stehenden Richtungen allein durch die carbonischen Bewegungen erzeugt wurden. Denn diskordant über dem Paläozoicum liegen tertiäre Sedimente, welche ebenfalls von Gebirgsbildung betroffen wurden, aber stets, unbekümmert um die Richtung der paläozoischen Bewegungen, NO.-Streichen zeigen (24). Hervorzuheben ist, daß die Spuren tertiärer Gebirgsbildung nur in den Randgebieten in Form von Faltung auftreten, während in den inneren Teilen der Ketten die jungen tektonischen Bewegungen hauptsächlich in radialer Richtung gewirkt haben.

Damit ist schon das Wichtigste über den Bau des Tian-Schan angedeutet, nämlich, die im Carbon und an dessen Ende stattgefundenen Gebirgsbildungen und die jüngeren, tertiären und posttertiären Bewegungen.

Es möge nun die Besprechung einzelner Gebiete folgen. Über den westlichsten Tian-Schan wurde schon einiges gesagt. Erwähnt sei noch, daß WEBER und BRONNIKOW (49, 3) hier zu der entgegengesetzten Meinung über das Alter der Ketten kamen, wie früher MUSCHKETOW, und daß sie Abweichungen des Tertiärs von der NO.-Richtung durch den Widerstand erklären, welche das alte Gebirge gegen die neue Faltung geleistet habe. Demgegenüber hebt MACHATSCHK (24) hervor, daß dafür im Innern des Gebirges Beweise fehlen, daß hier die jungen Bewegungen keine Beeinflussung durch die alten zeigen, daß somit nach dem, was oben darüber gesagt wurde, dieses Gebiet schon im Paläozoicum von zwei senkrecht aufeinander stehenden tektonischen Bewegungen betroffen wurde. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von D. MUSCHKETOW (32) in der Ferghanakette.

Im Narynbergland ist Gebirgsbildung am Ende des Untercarbons deutlich ausgeprägt. Sie war verknüpft mit Granitintrusion. DAVIS und HUNTINGTON (4, 16), sowie PRINZ (38) haben diese Gegend bereist, für die Geologie läßt sich aber aus ihren Arbeiten wenig entnehmen. Das auffälligste Merkmal des Gebietes ist die geringe Zerschneidung der Oberfläche (Peneplain), welche HUNTINGTON zu dem Namen »Tian-Schanplateau« Veranlassung gab. Doch sind die Folgerungen, welche DAVIS und HUNTINGTON daraus für die geologische Geschichte des Gebietes gezogen haben, nicht in Übereinstimmung mit den in anderen Gebieten gewonnenen (näheres bei FRIEDERICHSEN, Pet. Mitt. 1906, H. 3; 1907, H. 11).

Terskei-Alatau im S., im N. Transilensischer Alatau und Kungei-Alatau schließen das Becken des Issykkul ein. Hier sind rote Hanhaischichten überdeckt von jüngeren Seeablagerungen (7). Die Ketten im S. und N. bestehen meist aus Granit, der alte paläozoische

Schiefer, z. T. auch Kalksteine metamorphosiert hat. Die ganze Serie ist gefaltet und streicht ONO. Die Hanhaischichten liegen diskordant darauf. Quarzporphyr tritt am N.-Rand des Terskei-Alatau, hauptsächlich aber am N.-Rand des transilensischen Alatau auf. Er dürfte auf Bruchlinien emporgedrungen sein. Solche streichende Brüche sind im transilensischen Alatau und Kungei-Alatau in großer Zahl vorhanden und durch die Erdbeben von 1887 und 1911 deutlich in Erscheinung getreten. Erwähnt sei, daß sie alle an den Grenzen verschiedener Gesteinsarten verlaufen (2, 30, 47).

Nördlicher zentraler Tian-Schan und nördlicher Chalyktau. Durch die ausgedehnten Reisen von MERZBACHER mit KEIDEL und LEUCHS gehört dieses Gebiet zu den best gekannten des Tian-Schan. Nach den über diese Expeditionen, sowie über die von anderer Seite (FRIEDERICHSEN, PRINZ) ausgeführten Reisen erschienenen Arbeiten sind wir imstande, ein ziemlich genaues Bild von der Entstehung des gewaltigsten Teiles des Gebirges zu geben (7, 13, 14, 18, 20, 22, 26, 27, 28, 29, 38, 43, 48).

Eine mächtige Serie von altpaläozoischen Sedimenten ist von Graniten und basischen Eruptivgesteinen durchbrochen. Die Granite haben die umgebenden Gesteine z. T. piezokontaktmetamorph beeinflußt (Granite der äußeren Gebirgszüge); gleichzeitig erfolgte Gebirgsbildung, welche präcarbonisches Alter hat, und die erste im Tian-Schan nachweisbare ist.

Die alten Sedimente werden disloziert, gefaltet, durch die folgende Erosion werden die Granite teilweise freigelegt.

Im Carbon wird das ganze Gebiet wieder vom Meer überflutet, Untercarbon liegt transgressiv über den älteren Sedimenten und Graniten.

Nach dem Untercarbon wird der größte Teil des Gebietes endgültig Festland. Regressionsbildungen des Unter carbons sind stellenweise erhalten; das Meer wird durch eine zweite Gebirgsbildung nach S. gedrängt. Diese zweite postuntercarbonische Gebirgsbildung ist die bedeutendste im Tian-Schan. Die Schichten werden in den inneren Ketten stark aufgerichtet, Faltung tritt sehr zurück. Mit der Gebirgsbildung zeitlich und genetisch verbunden erfolgt das Aufsteigen von Graniten und Quarzporphyren. Wie weit die präcarbonischen Gesteine von der zweiten Gebirgsbildung beeinflußt wurden, entzieht sich der Kenntnis.

Ablagerungen der Angarazeit fehlen in diesem Gebiet. Auch tektonische Vorgänge aus dieser Zeit sind nicht nachgewiesen, dagegen sind Porphyrite in den nördlichen Teilen aufgedrungen. Die sonstigen Umgestaltungen beschränken sich auf Herausbildung von Destruktionsflächen.

Im Tertiär beginnt die dritte Zeit der Gebirgsbildung. In ihr dürften in diesem Gebiete hauptsächlich radiale Bewegungen erfolgt sein (Zerstücklung der Peneplains, Bildung von abgeschlossenen Becken), die Wirkung dieser Gebirgsbildung bestand also größtenteils in der Ver-

schärfung der Niveaudifferenzen. Die inneren Gebiete stehen den Randgebieten als Horste gegenüber.

Das Streichen der Ketten ist im zentralen Tian-Schan und im Chalyktau vorwiegend ONO. Zwar erfahren die Ketten vom Khan Tengri bis östlich des Musartpasses eine Beugung aus ONO. in O.-Richtung, weiter nach O. nehmen sie aber rasch wieder ONO.-Richtung an und behalten diese Richtung im ganzen Chalyktau bei. Es bilden also zentraler Tian-Schan und Chalyktau eine eng zusammengehörende Masse von gleichem Bau und gleicher Richtung, und es ist falsch, den Chalyktau als einen neuen Bogen aufzufassen (19, 46).

Temurlyktau. Diese Kette bildet den nördlichsten Teil des zentralen Tian-Schan, zwischen dem Tekes- und Ilibecken. Ihr Bau ist ziemlich einfach (14, 22, 26, 29, 38, 40). Den Kern bildet Granit, begleitet von Quarzporphyr (präcarbonischer Granit). Darüber liegt transgressiv oberes Untercarbon (bis 600 m mächtige Kalke). Unter den Kalken liegt stellenweise noch Porphyrit. Die Kalke sind, besonders im W., stark gestört und steil aufgerichtet (postuntercarbonische Gebirgsbildung). N.- und S.-Rand sind Bruchlinien, die Randbrüche des Ili- und Tekesbeckens. An sie legen sich im N. Angaraschichten mit Porphyrit, Dioritgängen und Basalt, im westlichen Teil des Nordrandes bilden Porphyrit und Quarzporphyr eine breite Vorzone. Bruchbildung scheint in dieser Kette vorzuwalten, daraus resultiert Horstcharakter (40).

Südlicher Tian-Schan. Von dem Gebiete nördlich Kaschgar fehlen neuere Untersuchungen. Erst weiter im O. haben MERZBACHER-KEIDEL und GRÖBER größere Gebiete genauer durchforscht. Von diesen soll zunächst der Kokschaaltau besprochen werden. Er wird in der Hauptsache aus zwei Gebirgsbögen gebildet, dem Bedel- und Dschannartbogen. Diese beiden Bögen stehen sich durchaus selbständig gegenüber. Den Bedelbogen bilden von ONO. über NO-N-NNW streichende, also nach SO. konvexe Ketten, welche die östlich davon liegenden, im allgemeinen NOSTreichenden Ketten des Dschannartbogens an der Berührungsstelle z. T. überdecken (19). Dabei ist die Zusammensetzung beider Bögen nahezu die gleiche, Unterschiede sind nur darin vorhanden, daß in den altpaläozoischen Schiefen des Dschannartbogens eine breite Kalkzone eingeschaltet ist, und daß im östlichen Teil dieses Bogens Granit die Achse bildet, der im Bedelbogen fehlt.

Das Gesteinsmaterial, welches am Bau der Bögen beteiligt ist, reicht vom Altpaläozoicum bis zu den obercarbonischen Schwagerinenkalken, und das höchste Glied der Formationsreihe ist ein Konglomerat aus Geröllen dieser Kalke. Daraus ergibt sich, daß der Kokschaaltau in seiner hauptsächlichlichen Anlage am Ende des Obercarbons entstanden ist, wobei faltende Bewegungen vorgeherrscht haben.

Angaraschichten fehlen hier, die Hanhaischichten liegen diskordant auf dem alten Gebirge, das in der mesozoischen und tertiären Kontinentalzeit stark abgetragen wurde. Die tertiären Bewegungen erzeugten

vielfach Absenkungen, die zu Überschiebungen am S.-Rand führten, vermochten aber die alte Anlage des Gebirges nicht umzustoßen.

Das Gebiet südlich des Kokschaalflusses ist vom Kokschaaltal durch eine in der Richtung des Flusses verlaufende Bruchlinie getrennt. Es besteht im W. aus altpaläozoischen Apataalkansichten, im O. dagegen nur aus carbonischen Sedimenten, und zwar ist hier die ganze carbonische Serie entwickelt (19, 15). Zwischen dem stark gefalteten unteren und dem oberen Untercarbon ist eine Diskordanz (intracarbonische Gebirgsbildung). Das Gebiet ist besonders interessant wegen der Überschiebungen von Fusulinen- und Schwagerinenkalk über ältere Glieder des Obercarbons. GRÖBER (15) kam zu dem Ergebnis, daß im Tertiär dort zwei Faltungsperioden unterschieden werden können. Von diesen hat die erste in ungefähr N—S., die zweite fast senkrecht dazu in W—O. (bzw. O—W.)-Richtung gewirkt. Im Gefolge der zweiten sind die erwähnten Überschiebungen entstanden. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn durch die Untersuchungen GRÖBERS — er konnte beide Faltungen noch bei Aksu und Kaschgar am Südrand, sowie in der Bogdo-ola-Kette im östlichen Tian-Schan nachweisen und schließt daraus, daß der ganze Tian-Schan von diesen Faltungen betroffen wurde — es gelänge, über die tektonischen Vorgänge im Tertiär, besonders über den Zeitpunkt dieser Bewegungen und damit über die Gliederung der Hanhaischichten genaueres zu erfahren. Nach dem, was bis heute darüber bekannt ist, habe ich den Eindruck, als ob es nicht möglich wäre, in den zentralen Gebieten diese beiden Faltungsbewegungen zu erkennen, und es liegt die Vermutung nahe, daß ihre Wirkung auf die Randgebiete des Gebirges beschränkt blieb. Ferner ist zu bemerken, daß die Folgerungen GRÖBERS über das Alter der NW.- und der ONO.-Ketten in Widerspruch stehen mit den Ergebnissen, welche im Karatau, im Tschatkaltal und im Ferganagebiet (Erdbeben von Andischan) (3, 24, 31, 32, 47) in den letzten Jahren gewonnen wurden.

Gesteine des quer zum Gebirgsrand nach SO. noch über den Tarimfluß hinüber sich erstreckenden Masar-tagh beschreibt FUTTERER (12). Der Zug ist aus paläozoischen Sedimenten und Eruptivgesteinen aufgebaut, welche das Nebengestein am Kontakt umgewandelt haben. Nach GRÖBER (15) ist der Masar-tagh durch die zweite tertiäre Gebirgsbildung entstanden.

Südlicher Chalyktau von Aksu bis Bai. Der Kum-Aryk durchbricht, aus dem zentralen Gebiete kommend, erst den Dschannartbogen, dann noch einige Ketten, welche zu einem neuen, östlich und südlich von diesem liegenden Bogen gehören. Dieser Bogen — er möge Sabawtschöbogen heißen — hat möglicherweise seine Fortsetzung nach O. in den alten Gesteinen des südlichen Musarttales (19, 21). Die Ketten ziehen geschlossen von O. her aus einem gemeinsamen Stamm mit granitischer Achse und treten nach W. auseinander. Ein Teil endet noch vor dem Kum-Aryk, ein anderer Teil reicht über ihn hinüber und

verschwindet unter den jungen Aufschüttungen am S.-Rand des Dschanartbogens. Die Ketten bestehen aus paläozoischen Phylliten und Ton-schiefern, welche diskordant von Obercarbon überlagert sind. Darüber liegen Hanhaischichten, z. T. wenig gestört, z. T. heftig gefaltet und von paläozoischen Sedimenten überschoben. Die Streichrichtung der Ketten ist NO.

Westlich vom südlichen Musarttal bildet das Gebirge einen ein-springenden Winkel. Bis hierher herrscht, auch in den jungen Bildungen am Südrand, durchaus NO.-Streichen. Von hier nach O. aber zeigen die Ketten NW.-Streichen. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß jetzt auch Angaraschichten auftreten, welche in den NO.-Ketten gänzlich fehlen.

Es zeigt also das Gebiet am Südrand zwischen dem Austritt des Musarttales und Bai (19) folgende Verhältnisse: Den Rand des Gebirges bilden Angara- (mit Quarzporphyr) und konkordant darüber Hanhaischichten. Die Angaraschichten beginnen mit Konglomeraten aus obercarbonischen Sedimenten, welche weiter im N. anstehen und diskordant auf den alten Phylliten usw. liegen, welche von dem südlichen Granitmassiv im Musarttal durchbrochen sind.

Die Ketten aus Angaraschichten beginnen etwa bei Kyssalik eine Drehung der Streichrichtung über WO. in NNO. und biegen nördlich Bai wieder in NNW.—SSO.-Richtung um.

Für den Südrand hat auch FUTTERER (12) wertvolle Beobachtungen geliefert. Nach ihm ist das Randgebiet ausgezeichnet durch große Staffelbrüche, welche von N. nach S. aufeinander folgen. Stets ist das Gebiet südlich eines Bruches gesunken. Auch in dem Verlauf der Brüche prägt sich die Änderung der Kettenrichtung, die oben erwähnt wurde, aus, indem die Brüche westlich des Musartflusses NO-, östlich dagegen ungefähr O.—W.-Richtung haben.

Der östliche Tian-Schan vom 83.° O. Gr. an ist wenig bekannt. Die Ergebnisse der Expedition MERZBACHERS mit GRÖBER liegen noch nicht vor, MERZBACHER erwähnt (29) nur einiges von der Geologie der durchforschten Gebiete. Außerdem hat FUTTERER (12) den südöstlichen Teil bereist, HUNTINGTON (17) gab ein Profil der Senke von Turfan, OBRUTSCHEWS (33) Forschungen sind z. T. schon von SUESS (46) ver-wertet.

Es kann daher über das zwischen dem 83. und 89.° O. Gr. liegende Gebiet nur sehr wenig gesagt werden. Indessen möchte ich doch einiges hervorheben. Wie weiter im W., so bilden auch hier paläozoische Ge-steine das alte Gebirge, und das obere Untercarbon liegt transgressiv darüber. Die vorherrschende Streichrichtung ist O.—W. und die gleiche Richtung besitzen große Längsbrüche (Gräben), welche den ersten Anstoß zur Entstehung der Längstäler (Yuldus, Kasch, Kunges) gegeben haben. Daneben spielen Querbrüche in N.—S.-Richtung eine große Rolle. Der Südrand östlich Bai zeigt eine auffallende Verschiedenheit

gegenüber dem weiter im W. darin, daß das Obercarbon fehlt und wahrscheinlich an einem solchen Querbruch abgesunken ist. Angara- und Hanhaischichten bedecken weite Areale und beweisen durch ihre Lagerung tertiäre Bewegungen, wie auch die Grabenbrüche z. T. tertiäres Alter haben.

In der Bogdo-ola-Kette, die aus paläozoischen Gesteinen aufgebaut ist, spielen Quarzporphyre eine bedeutende Rolle. Am Nordfuß der Kette, durch Diskordanz davon getrennt, liegt eine sehr mächtige Serie von Pflanzen und Kohlen führenden Angaraschichten. Die Kette selbst zeigt mehrfach wechselnde Streichrichtung.

Gegen S. scheint sie in Staffelbrüchen abzusinken gegen einen Graben, der infolge seiner tiefen Lage der merkwürdigste in Zentralasien ist. Es ist die Senke von Liuktschun, welche sich mit einer Breite von 10—65 km etwa 680 km weit erstreckt (11, 33) und eine größte Tiefe von 130 m unter dem Meeresspiegel hat. Der Graben ist junger Entstehung, denn Angara- und Hanhaischichten, die ihn erfüllen, sind an den Rändern in gestörter Lagerung und in abgesunkenen Partien sichtbar. Im S. begrenzt diesen Graben der Tschul-tagħ, an dessen Nordhang N-fallende Hanhaischichten liegen. Unter diesen kommt Carbon mit Porphyrgüssen. Das Streichen dieser Kette ist ONO. bis OzN. FUTTERER (12) querte diese Kette im W., wo sie aus alten Schiefen und Graniten besteht, sowie aus carbonischen Kalken. Die Schichten sind meist steil aufgerichtet. Das Streichen der Sedimente ist hauptsächlich nordwestlich, entweder schwenkt die Kette um, oder die Stelle, wo sie gequert wurde, gehört schon zum Argu-tagħ, der im W. sich anschließt.

Von den Barkulbergen und dem Karlyktagħ nördlich des großen Grabens ist bekannt, daß sie aus alten Schiefen und Graniten bestehen, sowie aus Kalken, Konglomeraten und Sandsteinen (12), welche ebenfalls paläozoisches Alter haben sollen. Dazu treten Angara- und Hanhaischichten. Porphyre sind weit verbreitet, ferner Diorit und Melaphyr. Am ganzen Südrand sind die Spuren der Grabenbildung zu verfolgen in den dislozierten jungen Sedimenten.

Pe-Schan. Es kann nach den Untersuchungen von OBRUTSCHEW (33), zu denen als weitere wertvolle Ergänzungen die Beobachtungen von FUTTERER (12) kommen, nicht zweifelhaft sein, daß die Ketten des Pe-Schan zwischen dem pri-tian-schan-schen Graben (Senke von Liuktschun) und der Depression am Nordrand des Nan-Schan noch zum Tian-Schan gehören. Der Pe-Schan ist demnach die östliche Fortsetzung der südlich des Grabens liegenden Ketten Tschul-tagħ und Kuruk-tagħ. Wenn auch durch die starke Abtragung und Ausfüllung der tieferen Partien mit jungen Ablagerungen morphologisch der Charakter als Gebirgsland nur wenig hervortritt, so zeigte sich doch bei den verschiedenen Querungen, daß dieses ganze Gebiet von einer Anzahl von Gebirgsketten durchzogen ist.

Das Gesteinsmaterial dieser Ketten weist große Übereinstimmung auf mit dem in anderen Teilen des Tian-Schan. Die Richtung der Ketten ist im allgemeinen WO. bis OSO. Bei SUESS (46) finden sich nähere Angaben über die Ergebnisse der Forschung bis zu OBRUTSCHEWS Reisen, ich möchte mich daher hier darauf beschränken, die Ergebnisse FUTTERERS, welcher den Pe-Schan auf einer neuen, mittleren Linie querte, kurz anzuführen.

Fünf Ketten, bzw. Kettensysteme bilden hier den Pe-Schan. Ihr Streichen ist N 70—90 W. im nördlichen, N 70—90 O. im südlichen Teile. Im einzelnen zeigt sich folgendes:

1. (nördliche) Ketten: Sie beginnen am Südrand des großen Grabens mit altpaläozoischen Sedimenten (Devon?), an die sich Granite anschließen, übereinstimmend mit dem Bau des Tschultagh, dessen östliche Fortsetzung diese Ketten bilden.

2. Kettenreihe: Sie besteht aus Granit (Nordkamm) und aus wahrscheinlich obercarbonischen Bänderkalkdolomiten, auf die wieder Granit folgt, ebenfalls ähnliche Ausbildung wie im Tschultagh.

3. Kettenreihe: kristalline Schiefer und Phyllite treten hier auf, dazu Granit, sowie Bänderkalkdolomite von paläozoischem, nicht näher bekanntem Alter. FUTTERER parallelisiert diese Kettenreihe mit dem Gebiete der Taschkarberge nördlich des Bagraschkul.

4. Kettensystem: Es wird aus drei Bergzügen gebildet, von denen der erste aus paläozoischen Schiefen, devonischen Bänderkalken und anderen metamorphen kalkigen Gesteinen besteht. Der zweite Zug wird von Graniten und metamorphen Gesteinen (Oberdevon), sowie verkieselten Tuffen aufgebaut. In dem 3. Zug sind die gleichen Sedimente und Tuffe, sowie Quarzporphyre zu sehen, zu denen am Südhang noch Porphyrite treten.

5. Kettenreihe: aus Quarzporphyr und Granit bestehend. Ihre Fortsetzung nach W. soll eine Granitzone im Kern des Kuruktagh bilden, die Fortsetzung der vier Ketten soll nördlich und östlich vom Bagraschkul liegen.

Südlich vom Pe-Schan liegt wie im N. eine Depression mit Ausbrüchen von Effusivgesteinen, und es ergibt sich daraus für den Pe-Schan Horstnatur.

Es bleibt noch ein Gebiet zu besprechen übrig, nämlich der Dsungarische Alatau und seine NO.-Ausläufer. Wie der Pe-Schan im SO. das Grenzgebiet gegen den Nan-Schan bildet, so ist der dsungarische Alatau im N. das Grenzgebiet gegen den Altai. In beiden Gebieten tritt die große Bedeutung von Einbrüchen deutlich hervor, und noch mehr wie im SO. ist es hier im N. zur Ausbildung von Horsten gekommen.

Granite und alte präcarbonische Schiefer bilden die ältesten Teile des Dsungarischen Alatau (7, 22, 25, 31). Darüber liegt transgressiv Untercarbon in Form von Kalken, vielleicht auch am N.- und W.-Abhang als metamorpher Schiefer mit eingelagerten Kalken (25). Eruptiva

sind ziemlich verbreitet: Diorit, Porphyrit, Diabas, Basalt. Angarschichten liegen am Südrand (Ilibecken), Hanhaischichten im Innern und an den Rändern.

Die Streichrichtung der Ketten schwenkt von NW. im W. über WO. nach ONO. im O. um, entsprechend der deutlichen Bogenform des Gebirges. Komplizierter wird der Bau der Ketten im S., wo die Ketten z. T. in Verbindung treten mit den zwischen dsungarischem Alatau und Iran-kharbut liegenden.

Die Wirkung der intracarbonischen Gebirgsbildung zeigt sich in der steilen Stellung der paläozoischen Gesteine, während die jüngeren Sedimente verhältnismäßig schwach gefaltet sind. Trotzdem ist das heutige Relief nicht durch die alte Faltung bestimmt, sondern durch jüngere (tertiäre) disjunktive Dislokationen (25), welche sich besonders gut in den Vorzonen beobachten lassen. Das ganze Gebiet ist hier aus Horsten und Gräben zusammengesetzt, und ebenso erscheint das eigentliche Gebiet des dsungarischen Alatau als ein Horst, der rings von Einbrüchen umgeben ist.

Am deutlichsten ist diese Bruchzone ausgeprägt im NO., wo ein breiter, mit großen Seen (Ebinor, Alakul, Sasykkul) erfüllter Graben den dsungarischen Alatau von seinen nordöstlichen Ausläufern trennt. (Über eine mögliche Fortsetzung dieses Grabens nach S. in den östlichen Tian-Schan siehe 29.)

Die Ausläufer — es sind die Gebirge Barlyk, Maili, Dschair, Konur-obo, Urkaschar — sind von OBRUTSCHEW (34, 35, 36) in den letzten Jahren erforscht worden. Paläozoische Gesteine, hauptsächlich Ton- und Kieselschiefer, dann Mergel und Sandsteine, in geringerem Maß Kalksteine, z. T. fossilführend (Devon und Carbon) bilden, z. T. durch Granit metamorphosiert, das alte Gebirge, wozu noch Quarzporphyr, Porphyrit und Melaphyr, teilweise in Wechsellagerung mit Devon und Carbon, kommen.

Angara- und Hanhaischichten sind in mannigfacher Ausbildung vertreten.

In tektonischer Beziehung bieten diese Gebirge das gleiche Bild wie der dsungarische Alatau. Die alten Gesteine sind steil aufgerichtet, z. T. überkippt, die mesozoischen Ablagerungen waren nie als Decke über dem ganzen Gebiet ausgebreitet, sondern von Anfang an, entsprechend ihrer Entstehungsart, auf die Niederungen beschränkt. Die Bedeutung der disjunktiven Dislokationen tritt hier noch stärker hervor als weiter im SW. Jedes dieser verhältnismäßig kleinen Gebirge bildet einen Horst; Gräben, teilweise mit Staffelbrüchen, trennen sie voneinander, deren Richtung verläuft häufig diagonal zur Streichrichtung. An den Brüchen ist öfters Porphyr, bzw. Melaphyr aufgedrungen. Die mesozoischen Sedimente innerhalb der Gräben sind an den Rändern häufig steil aufgerichtet und gefaltet, auch überschoben; daraus dürfte hervorgehen, daß die Entstehung der Gräben ins Tertiär zu verlegen ist.

Das alte Gebirge scheint vor seiner Zerstücklung zu einer Penepplain abgetragen gewesen zu sein. Interessant ist, daß die disjunktiven Dislokationen nicht nur vertikale, sondern auch horizontale Bewegungen auslösten, nämlich Drehungen von Schollen.

Übersicht. So weit die Betrachtung einzelner Teile. Wenn ich nun daran gehe, in kurzen Worten die wichtigsten Merkmale des Tian-Schan aufzuzählen, so ist dabei wohl zu beachten, daß unser Wissen über Aufbau und Geschichte dieses Gebirges trotz der ausgedehnten Untersuchungen des letzten Jahrzehnts, welche die Ergebnisse aus früherer Zeit wesentlich vervollständigt und erweitert haben, doch noch sehr unvollkommen ist.

Immerhin läßt sich schon heute eine Reihe von Vorgängen feststellen, welche dem Tian-Schan gegenüber anderen Gebirgen eigen sind, sowie solche, welche er mit anderen gemeinsam hat.

Da ist zunächst hervorzuheben, daß in dem ganzen Gebiete keine älteren als silurische Gesteine vorzukommen scheinen, ferner, daß die mächtige Serie von kristallinen Schiefen, Phylliten und Tonschiefern mit untergeordneten Einlagerungen anderer Gesteine lediglich Silur und Devon in mariner Facies repräsentieren dürfte.

Die weite Verbreitung mächtiger Granitmassive in den alten Gesteinen und die häufig zu beobachtenden Erscheinungen der Piezokontaktmetamorphose machen es wahrscheinlich, daß das Aufdringen dieser Granite mit gebirgsbildenden Bewegungen verknüpft war. Daraus ergibt sich die erste Gebirgsbildung im Tian-Schan in präcarbonischer Zeit.

Das Ergebnis dieser tektonischen Bewegungen bildet ein Faltengebirge, und es ist anzunehmen, daß die Zusammensetzung des Gebirges aus langen, mehr oder weniger in O.—W.-Richtung verlaufenden Ketten schon bei dieser ersten Gebirgsbildung entstanden ist.

Im Untercarbon wird das ganze Gebiet neuerdings vom Meer überflutet. Wir wissen nicht, auf welche Ursachen diese, auch in anderen Teilen Zentralasiens nachgewiesene, marine Transgression zurückzuführen ist. Das Fehlen von Transgressionsbildungen an der Basis der carbonen Sedimente in großen Gebieten des Tian-Schan ist eine Erscheinung, welche eine befriedigende Erklärung der Transgressionsursachen nur erschwert. Andererseits weist der Umstand, daß das Untercarbon nicht nur über Sedimente, sondern auch über Granite transgrediert, darauf hin, daß eine Zeit starker subaerischer Abtragung der Transgression vorausging.

Soweit bekannt, ist das transgressive Untercarbon nur in seinen oberen Horizonten zum Absatz gelangt. Da aber im südlichen Tian-Schan auch die unteren Horizonte des Unter carbons festgestellt sind, und diskordant darüber oberes Untercarbon liegt, so müssen zwischen der ersten Gebirgsbildung und der großen Transgression tektonische Bewegungen, wenigstens in diesem Gebiete, stattgefunden haben.

Nach dem Untercarbon erfolgt die zweite bedeutende Gebirgsbildung. Im ganzen Tian-Schan sind ihre Spuren deutlich zu erkennen. Ebenso rasch, wie die Transgression des Untercarbonmeeres vor sich gegangen, tritt Regression ein, nur an wenigen Stellen sind bis heute Regressionsbildungen gefunden. Das Gebiet wird größtenteils Festland und wird zugleich stark gehoben. Dabei ist charakteristisch, daß Falten sehr zurücktreten gegenüber steiler Aufrichtung der Schichten, besonders in den inneren Gebieten. Zugleich wiederholt sich, was schon bei der präcarbonischen Gebirgsbildung als Begleiterscheinung auftrat: das Aufsteigen mächtiger Granitmassen, welche zusammen mit Quarzporphyren als ihrer effusiven Facies zwischen die Sedimentgesteine eindringen und durch die Art der Umwandlung (Piezokontaktmetamorphose) die Gleichzeitigkeit von Intrusion, bzw. Effusion und Gebirgsbildung beweisen.

Obercarbonische Sedimente (mariner Entstehung) sind nur in den südlichen Randgebieten zur Ablagerung gekommen, konkordant über dem oberen Untercarbon und diskordant über älteren Gesteinen. Das übrige Gebiet bleibt, mit Ausnahme des westlichsten Teiles, vom Ende des Untercarbons an Festland.

Nach dem Obercarbon erfolgen wieder tektonische Bewegungen mit dem Erfolg, daß auch diese südlichen Randgebiete endgültig dem Gebirge sich angliedern. Beweise für eine Einwirkung dieser Bewegungen auf die übrigen Gebiete sind bis jetzt nicht erbracht.

Perm und Mesozoicum sind für den Tian-Schan Zeiten tektonischen Stillstandes. Die Ablagerungen dieser Periode, die Angaraschichten, charakterisieren sich als kontinentale Ablagerungen; mit Sicherheit sind bis heute aus ihnen nur jurassische Horizonte bekannt. Während dieser Zeiten dringen in den äußeren, nördlichen Gebieten Porphyrite und andere Eruptivgesteine auf.

Mit dem Tertiär beginnt eine neue Periode starker tektonischer Umgestaltungen. Sie äußern sich in verschiedener Weise, nämlich durch Bewegungen in radialer und tangentialer Richtung. Die radialen Bewegungen führen zu Einbrüchen und Absinken großer Teile des Gebirges, die schon vorhandenen Becken und Buchten zwischen den Ketten werden vertieft, lange und breite Gräben durchschneiden oder trennen die Ketten, und diese ragen als Horste über ihre Umgebung hervor. Die Wirkungen dieser Bewegungen sind naturgemäß in den äußeren Gebieten am besten zu erkennen, wo die Zusammendrängung der Ketten kein so hohes Maß erreicht als im Innern.

Die tangentialen Bewegungen erzeugen Faltungen und Überschiebungen. Sie sind bis jetzt nur aus den nördlichen und südlichen Randgebieten bekannt, wo auch die radialen Bewegungen am stärksten gewirkt haben. Das legt den Gedanken nahe, daß sie nur in deren Gefolge auftreten, daß sie nur Begleiterscheinungen der radialen Bewegungen sind. In der Tat zeigen sie sich im Norden nur als Auslösungserscheinung des von den Horsten gegen die Gräben wirkenden Druckes, sowie als

Faltung der in die Gräben einsinkenden Massen. Ähnlich ist es im Süden. Hier erfolgt Faltung und Überschiebung in zwei ungefähr senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen, in N.—S. vom Gebirgsrand gegen das gesunkene Vorland und, später, in W.—O., ebenfalls von höheren gegen tiefere Gebiete.

Es scheint demnach sicher, daß die tektonischen Veränderungen der Tertiärzeit, welche wiederholt stattgefunden haben und noch vom Ende des Pliocäns festgestellt sind, hauptsächlich in radialer Richtung gewirkt haben. Das alte carbonische Gebirge verhielt sich ihnen gegenüber als starre Masse, die schon gefalteten und aufgerichteten Gesteine konnten nicht weiter gefaltet werden, und die Druckkräfte lösten sich zumeist in radialen Bewegungen aus.

Die Ablagerungen der Tertiärzeit tragen die Anzeichen kontinentaler Entstehung noch deutlicher zur Schau als die Angaraschichten. Die einzigen postcarbonischen marinen Sedimente finden sich im westlichsten Teil, wo sich im Cenoman, dann wieder im Senon und Eocän durch das Ferghanabecken an der Südseite des Gebirges und über das Grenzgebiet zwischen Tian-Schan und Alai hinüber bis in das westliche Tarimbecken ein Meeresarm erstreckte und in den Randgebieten des Tian-Schan Sedimente, wahrscheinlich nur senonen und eocänen Alters, absetzte. Noch jüngere marine Sedimente (Jungtertiär) sind am Westrand des Gebirges abgelagert.

Von diesen räumlich eng begrenzten Ablagerungen abgesehen, sind die tertiären Sedimente kontinental entstanden. Der Mangel von genügenden Unterscheidungsmerkmalen macht es zurzeit nicht möglich, von den tertiären Sedimenten die posttertiären mit Sicherheit zu trennen. Die ganze Serie wird unter dem Namen Hanhaischichten zusammengefaßt.

Aus den Störungen, welche noch die jüngeren (mittel- bis oberpliocänen) Glieder dieser Gruppe betroffen haben, ferner aus den bei den Erdbeben von 1887, 1902 und 1911 beobachteten Erscheinungen geht hervor, daß tektonische Bewegungen vom Ende des Tertiärs bis in die Gegenwart andauern.

Es ist jedoch daran festzuhalten, daß die Zusammensetzung des Gebirges aus einer großen Zahl von Ketten und ihre z. T. nach Süd konvexe Bogenform in der Hauptsache durch die alten Gebirgsbildungen zustande gekommen ist. Diese alten Ketten verhalten sich den jungen Bewegungen gegenüber als starre Massen, die Wirkung der jungen Bewegungen zeigt sich hauptsächlich in der Herausbildung von Horsten und Bruchzonen, verbunden mit örtlichen Faltungen und Überschiebungen. Eine tangentielle Bewegung der Massen über große Gebiete, etwa in N.—S.-Richtung, erscheint ausgeschlossen.

Die lange Kontinentalzeit des Mesozoicums führt zur Ausbildung von weiten Rumpfflächen. Durch die tertiären Bewegungen werden sie zerstückelt und die voneinander getrennten Teile liegen heute in verschiedener Höhe.

In der Eiszeit war das ganze Gebirge, das noch heute eine sehr ausgedehnte Vergletscherung besitzt, in viel höherem Maß vergletschert. Die Beweise dafür sind überall zu sehen, die heutige Physiognomie des Gebirges ist größtenteils auf die Wirkungen der gewaltigen Eis- und Wassermassen jener Zeit und die dadurch bedingten Anhäufungen von Moränen, fluvioglacialen Schottern und Seeablagerungen zurückzuführen. Dazu kommt als weiterer, die Physiognomie, besonders in den Randgebieten, wesentlich beeinflussender Faktor die zentrale Lage des Gebirges. Daraus ergibt sich die Anhäufung der mächtigen Schutt- und Sandmassen in den Gebieten zwischen den einzelnen Ketten, sowie an den Rändern des Gebirges; daraus entstehen die in ihrem eigenen Schutt erstickenden Gebirgszüge besonders des südöstlichen Tian-Schan, wo der Pe-Schan den Typus eines solchen Gebirges darstellt, bei welchem durch die rein kontinentalen Abtragungsvorgänge der Charakter als Kettengebirge nahezu vollständig verwischt ist, und der Rumpf des Gebirges heute als eine Felsenwüste erscheint.
