

## FORSCHUNGEN IM HUNZA-KARAKORUM

Vorläufiger Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten der Deutsch-Österreichischen Himalaya-Karakorum-Expedition 1954.

*KH. Paffen, W. Pillewizer, H.-J. Schneider*

Mit 3 Abb., 10 Bildern und 1 Karten- und Profiltafel

*Field investigation in the Hunza-Karakorum*

Preliminary report of the scientific work of the joint German-Austrian Himalaya-Karakorum Expedition, 1954.

*Summary:* Between the areas which had been investigated by German scientific expeditions in the Pamir, Hindukusch, north-western Himalaya and south-eastern Karakorum, there still existed a gap in the north-western Karakorum. To close this gap was the aim of the German-Austrian Himalaya-Karakorum Expedition, 1954, which consisted of one group of seven mountaineers and another of four scientists.

The first and most fundamental task was to make a map on a scale of 1 : 100,000 of an area of about 3,000 sq. Km. The very difficult task of triangulation was accomplished by *K. Heckler* who, while returning, met with a fatal accident in the Hunza gorge on 26 July 1954. He and *W. Pillewizer* together carried out the photogrammetric survey, the results of which are at present being plotted.

*H. J. Schneider* and *K. Wienert* carried out earth magnetic measurement at 132 stations in a north-south profile across the north-western Karakorum; no particular anomalies were encountered. In the north-western Karakorum which, according to its tectonic development, lies between the early consolidated Pamir and the Himalaya range which has been very active tectonically until most recent times, *Schneider* distinguished in a north-south sequence the following north-west-south-east striking zones: V the late paleozoicmesozoic sedimentary zone of the "Tethys Karakorum"; IV the axial granodiorite massif of the Karakorum main crest; III the highly metamorphic schist mantle; II the lesser metamorphic schist zone of the Hunza longitudinal valley depression; I the crystalline series of the Rakaposhi-Masherbrum chain. This asymmetrical structure is mainly due to two major tectonic epochs; an older pre-alpine, lasting until the middle carboniferous period, and the alpine, post-upper cretaceous main folding of the Karakorum system.

Although no intensive study of the relief features was possible, the three authors were nevertheless able to make many geomorphological observations. For instance, the marked dependence of the relief forms on the lithological zones is remarkable, as are the absence of planation surfaces of great extent and the occurrence of several, some 1,000 m. deep, antecedent transversal and longitudinal valley sections forming part of a pre-Pleistocene valley system. Above 4,000 m. there are at some levels remains of a pre-Pleistocene relief. Very problematical is the question of the extent and age of the recent mountain uplift and valley incision which, in the longitudinal Hunza valley, probably amounts to as much as 2,000 m. On the whole, however, it must have been completed at the height of the Pleistocene period.

As compared with the present day snow line at 5,000 m., the snow line during the last glaciation was about 1,000 m. lower. It was proved that, north of the main chain, where cirque glaciers prevail, this resulted in a rise of the glaciation by several 100 m., whereas south of the chain, with the

prevailing avalanche fed glaciers without cirques, the rise amounted to barely 100 m. Consequently the longitudinal Hunza valley remained free of ice during the last glaciation.

*W. Pillewizer* observed that today the contrast in the glacier types is expressed in a pronounced oscillation of the glaciers on the southern side and a balanced regime of the glaciers on the northern side. Measurements of glacier movement and ablation will provide data for calculating the amount of precipitation in the high regions. These are beyond the range of influence of the Indian monsoon; cyclones coming from the west are the main agents responsible for precipitation during spring and summer.

The study of the vegetation of the Hunza region by *K. H. Paffen* had the following three objectives: collection of the flora; a general view of the plant associations and their ecological conditions; and preparation of a vegetation map. In comparison with the Nanga Parbat district this region was shown to be poorer in flora by 40—45 per cent., which physiognomically showed itself in the fact that many species of trees and shrubs were absent. The vertical zoning of vegetation is asymmetrically developed on adret and ubac slopes; only on slopes with a northern or western aspect is it fully developed and shows the sequence from semi-arid desert steppes at the valley bottom, to *Artemisia* and wood steppe, humid temperate coniferous forest, sub-alpine birch willow and ash scrub and cool-humid alpine zone. Corresponding with the northward increasing aridity, the altitudinal limits of the vegetation zones also increase, those of the lower zones to a greater degree than those of the higher, so that the humid arboreal zone becomes increasingly smaller and eventually disappears. On the return trip to Rawalpindi it was possible to enlarge the vegetation profile (cf. plate) across the northwestern Karakorum and Himalaya into the foreland. In this context the main Himalaya crest proved to be a climatic, vegetation and landscape boundary of the first order. On the way back *W. Pillewizer* carried out photogrammetric measurements on the Rakhiot glaciers to enable a comparison to be made with those of *R. Finsterwalder* in 1934.

Besides studying problems of physical geography *K. H. Paffen* paid attention to the cultural landscape, which presents many problems and would really require a separate study, especially if the social structure is also to be considered. The main settlement zone, with a chain of irrigation oases, lies in the longitudinal Hunza valley between 2,000 and 2,500 m. in altitude; around 3,000 m. are dispersed settlements with arable cultivation in summer, and up to 3,800 m. many summer grazing settlements exist in the side valleys. The arable cultivation is intensive both as regards labour as well as the use of the fields themselves; two crops of bread grain are harvested annually. After the winter wheat, which prevails in lower altitudes, the catch crop is buckwheat, whereas spring barley, which dominates in the higher altitudes, is followed by millet or maize. The second source of food is the widely practised fruit cultivation in which apricots and mul-

berries take first place. The number of livestock fed mainly on natural pasture is considerable but as a result of the poor quality of the fodder the yield is fairly low. The highly developed rural cultural landscape stands in pronounced contrast to the primitive and unpretentious material civilisation of the Hunza population, which is highly diversified linguistically and racially as well as regards religion.

### Inhalt

1. Einführung (*Pillewizer*)
  2. Der Verlauf der Expedition (*Pillewizer*)
  3. Die Kartenaufnahme des Expeditionsgebietes (*Pillewizer*)
  4. Geologische und erdmagnetische Arbeiten im NW-Karakorum (*Schneider*)
  5. Geomorphologische Beobachtungen im Hunza-Karakorum (*Paffen*)
  6. Die glaziologischen Arbeiten im Hunza-Karakorum und am Nanga Parbat (*Pillewizer*)
  7. Zum Klima des NW-Karakorum (*Paffen*)
  8. Die Pflanzenwelt des Hunza-Landes und die Vegetationsstufen und -zonen des NW-Himalaya und -Karakorum im Profil (*Paffen*)
  9. Die Kulturlandschaft des Hunza-Tales (*Paffen*)
- Literatur

### Einführung (*W. Pillewizer*)

Mit dem Wiederaufleben der deutschen Auslandsforschung nach dem letzten Krieg tauchte auch der Plan auf, die bergsteigerische und wissenschaftliche Erschließung der Hochgebirge Zentralasiens fortzuführen, zu der deutsche Expeditionen, vor allem im Gebiet zwischen Pamir-Plateau und nordwestlichem Himalaya, schon früher wesentlich beigetragen hatten<sup>1)</sup> (vgl. hierzu Abb. 1).

Der Deutsche und Österreichische Alpenverein hatte bereits 1913 eine Expedition in den NW-Pamir (15/18) entsandt, der 1928 die vom Alpenverein und von der Notgemeinschaft deutscher Wissenschaften betreute Deutsch-Russische Alai-Pamir-Expedition (46) folgte.

Damals wurde jener Typ einer bergsteigerisch-wissenschaftlichen Expedition entwickelt, der in den folgenden Jahren mit Erfolg zur Erschließung zahlreicher Hochgebirgsgruppen in Asien, Südamerika, Afrika, Europa und in der Arktis führte. Dabei waren neben den Bergsteigern, die sich die Ersteigung von Hochgipfeln zum Ziel gesetzt hatten, immer auch Wissenschaftler tätig, die geodätisch-topographisch arbeiteten und geologische, geophysikalische, geomorphologische,

glaziologische, vegetationskundliche und sonstige geographische Untersuchungen ausführten.

Während der deutschen Himalaya-Expedition von 1934 wurde das Nanga-Parbat-Gebiet in dieser Weise durchforscht (11/24). 1935 arbeiteten deutsche Wissenschaftler im Hindukusch (33). 1937 wurden die wissenschaftlichen Untersuchungen im NW-Himalaya am Nanga Parbat fortgesetzt (39/40). — Im SO-Karakorum hatte bereits in den Jahren 1927/28 die *Trinklersche* Zentralasien-Expedition (37) auf einer großen Reiseroute zwischen Srinagar und dem Tarim-Becken (vgl. Abb. 1) wertvolle geographische und geologische Erkenntnisse gebracht. Im mittleren Karakorum waren es vor allem italienische wissenschaftliche Expeditionen (30/35/31/6/2), welche hier die Grundlagen unserer derzeitigen geologisch-geographischen Kenntnis dieses Gebietes schufen. Und auch 1954 war es wiederum eine italienische Expedition unter Leitung von *A. Desio*, die nicht nur die bergsteigerische Bezwingung des K2 vollbrachte, sondern auch intensive, noch unveröffentlichte Feldforschungen im Bereich dieses zweithöchsten Bergmassivs der Erde durchführte.

Zwischen den Forschungsgebieten im Pamir und Hindukusch einerseits sowie im NW-Himalaya und SO-Karakorum andererseits verblieb nun noch eine bedeutende Lücke, nämlich das nordwestliche Karakorum-Gebirge.

Zwar hatte schon 1902 *K. Oestreich* den Chogo Lungma-Gletscher im Saloro-Karakorum untersucht; in der Karakorum-Hauptkette hatte 1925 die niederländische Expedition *Ph. C. Vissers* das Gebiet des Batura-Gletschers erkundet.

Eine Durchforschung im Sinne der genannten deutschen Unternehmungen war jedoch im NW-Karakorum noch nicht erfolgt; die Südseite der Hauptkette wies sogar mehrere Gletschertäler auf, die noch kein Europäer betreten hatte. Wegen dieser besonderen Lage des NW-Karakorum zwischen den ebengenannten Expeditionsgebieten und zufolge seiner Unerforschtheit wurde dieser Hochgebirgsraum westlich der Hunza-Schlucht als Forschungsgebiet für die Deutsch-Österreichische Himalaya-Karakorum-Expedition 1954 ausersehen.

In Gilgit, dem Ausgangspunkt der Expedition, konnte der Anschluß an die Arbeiten der Nanga Parbat-Expeditionen hergestellt werden, und wenn auch gegenwärtig aus politischen Gründen ein direkter Anschluß an die deutschen Forschungsgebiete im Pamir nicht möglich ist, so leiten die Bergketten nördlich des Karakorum-Hauptkammes, die noch im Arbeitsbereich der Expedition liegen, formenmäßig und klimatisch doch schon ins Pamir-Gebiet hinüber.

Der Tradition früherer Unternehmungen entsprechend, setzte sie sich aus einer bergsteigerischen und einer wissenschaftlichen Gruppe zusammen. Erstere stand unter der Führung von *Mathias Rebitsch*, Innsbruck, die wissenschaftliche Leitung war dem Verfasser übertragen. Von vornherein wurde auf eine gute Zusammenarbeit beider Gruppen geachtet; denn zur Erschließung eines solch extremen Hochgebirges bedarf es

<sup>1)</sup> Eine umfassende Geschichte der Erforschung von Karakorum und westl. Himalaya mit Angabe der gesamten Literatur bis zum Jahre 1933 schrieb *G. Dainelli* (3). Die Zahlen in Klammern geben die Nummer des Literaturverzeichnisses an.

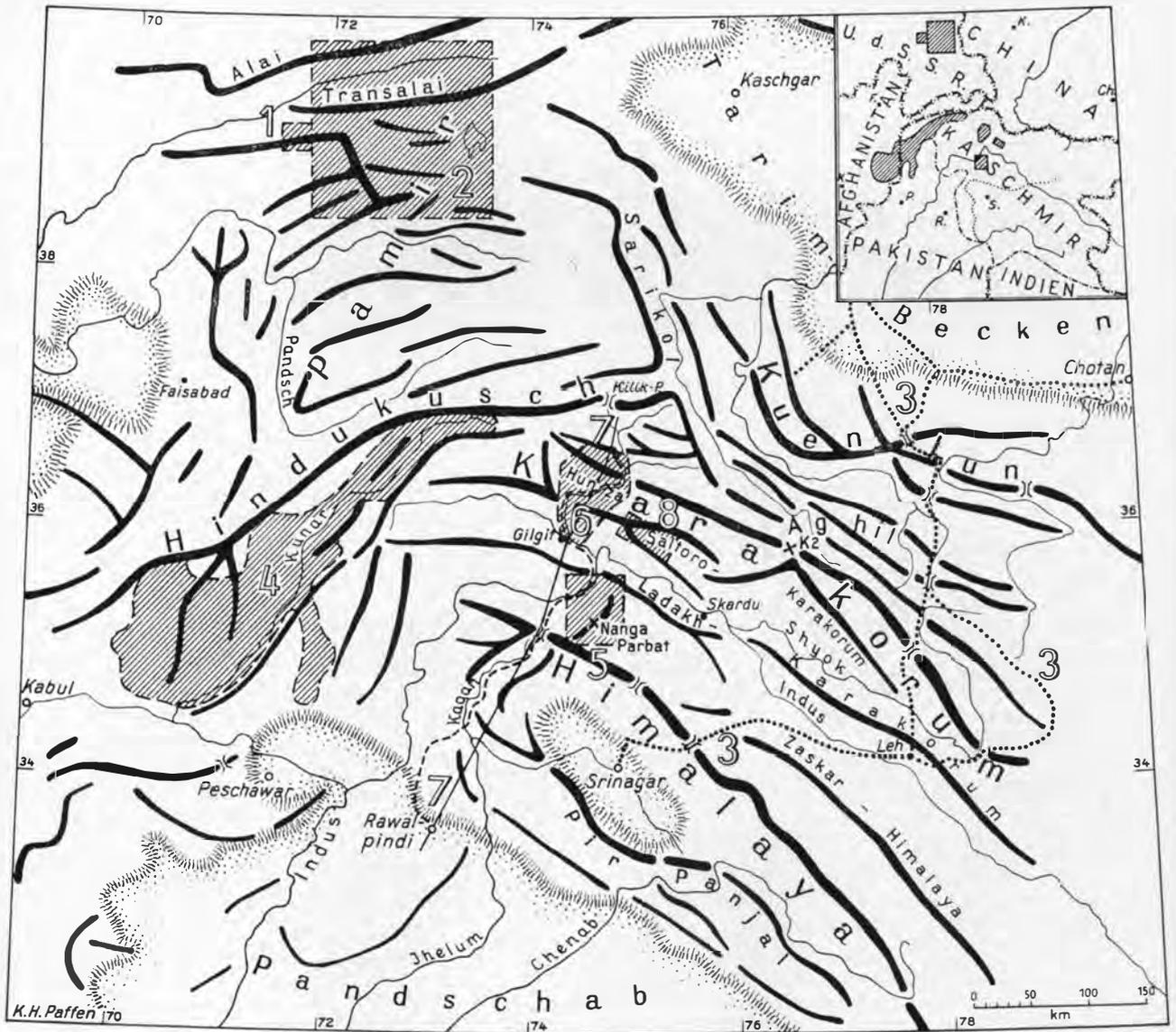


Abb. 1: Deutsche Forschungsgebiete zwischen Pamir und Himalaya

1 Pamir-Expedition des D. u. Ö. Alpenvereins 1913; 2 Deutsch-Russische Pamir-Exped. 1928; 3 Trinklersche Zentralasien-Exped. 1927/28; 4 Deutsche Hindukusch-Exped. 1935; 5 Deutsche Himalaya-Expeditionen z. Nanga Parbat 1934 u. 1937; 6 Deutsch-Osterreichische Himalaya-Karakorum-Exped. 1954; 7 Reiseroute der DÖHKE 1954 u. Lage des von K.H. Paffen aufgenommenen Vegetationsprofils; 8 Deutsche Chogo Lungma-Expeditionen 1954 u. 1955 und Arbeitsgebiet von K. Oestreich (1902).

neben dem Fachwissen auch bergsteigerischer Fähigkeiten aller Teilnehmer.

Die wissenschaftliche Gruppe setzte sich folgendermaßen zusammen:

K. Heckler — Stuttgart, Geodäsie, Photogrammetrie

K.H. Paffen — Bonn, Pflanzengeographie, Geomorphologie, Kulturgeographie

W. Pillewizer — München, Photogrammetrie, Glaziologie

H. J. Schneider — München, Geologie, Erdmagnetische Vermessung

In Pakistan schlossen sich der wissenschaftlichen Gruppe an:

K. Wienert — dzt. Kairo, Geophysik (Durchführung erdmagnetischer und luftelektrischer Messungen) und

Sahib Shah, Surveyor vom Survey of Pakistan in Murree. Er leistete durch seine Landes- und Sprachkenntnisse gute Dienste.

Die Mittel für die Teilnahme der vier erstgenannten Wissenschaftler wurden von verschiedenen Institutionen in der Heimat getragen, denen schon an dieser Stelle der beste Dank ausgesprochen sei. Es waren dies in erster Linie die Deutsche Forschungsgemeinschaft, der Deutsche Alpenverein und das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut. Auch aus Kreisen der deutschen Industrie waren erhebliche Mittel für die Durchführung der wissenschaftlichen Arbeiten bereitgestellt worden.

## 2. Der Verlauf der Expedition. (W. Pillewizer)

Nach Anreise über Karachi und Rawalpindi wurde von dort aus Gilgit auf dem Luftweg am 20. Mai 1954 erreicht. K. Heckler begann sofort mit der Triangulation im Rakaposhi-Massiv und W. Pillewizer mit den glaziologischen Arbeiten am Shispar-Gletscher.

In der Zwischenzeit war das Gepäck der wissenschaftlichen Gruppe mit Jeeps bis wenige Kilometer vor Chalt gebracht worden, wo sich die Gruppe Ende Mai zu ihrem ersten Vorstoß in die Südtäler der Karakorum-Hauptkette versammelte. Mit einer Kolonne von 30 Trägern ging es das Tal des Bola Das aufwärts bis zu seinem Ursprung aus dem Kukuar-Gletscher bei Toltar. K. Heckler setzte dort seine Triangulationsarbeiten fort und führte die photogrammetrische Aufnahme des Kukuar-Tales durch, während W. Pillewizer das Baltar-Tal aufnahm und am Baltargletscher 4 photogrammetrische Geschwindigkeitsprofile errichtete. K. Wienert biwakierte auf einem Kamm oberhalb Toltar in 5000 m Höhe eine Woche lang, um luftelektrische Messungen vorzunehmen. H. J. Schneider führte in Zusammenarbeit mit K. Wienert erdmagnetische Messungen aus und besuchte mit KH. Paffen die Toltar-Gruppe und das Baltar-Tal. Als die Bergsteigergruppe in Baltar eintraf, wo die Besteigung verschiedener Hochgipfel geplant war, hatte die wissenschaftliche Gruppe ihre Arbeiten gerade abgeschlossen und rückte wieder nach Chalt ab. Dort verließ K. Wienert die Gruppe und kehrte nach Gilgit zurück, wobei er auf dem Weg dorthin ein erdmagnetisches Meßprofil anlegte.

Die nächste Etappe war der Aufnahme des Hunza-Längstales gewidmet. Während K. Heckler, auf der Südseite (Nagar) des Tales verschiedene Hochpunkte aufsuchte, um die Triangulation fortzuführen und die Südflanken des Hauptkammes topographisch zu erfassen, zog W. Pillewizer auf der Nordseite (Hunza) zusammen mit H. J. Schneider und KH. Paffen taleinwärts. Er bestieg den T. P. Hachindar (4550 m), von wo die Aufnahme der Rakaposhi-Nordflanke und des Talkessels von Baltit gelang.

Anschließend wurde das Hasanabad-Tal erkundet. Die Schlechtwetterperiode vom 21. bis 27. Juni wurde in einem Lager am Shispar-Gletscher verbracht, der während dieser Zeit in 3 Profilen seiner Bewegung nach untersucht wurde. Anschließend gelang die topographische, geologische und vegetationskundliche Aufnahme dieses wilden Lawinengletschertales. Beim ersten Besuch des benachbarten Mutschual-Gletschers wurde erkannt, daß dieser Gletscher offensichtlich im Vorrücken begriffen ist; an seinem Zungenende wurde deshalb eine Meßstandlinie angelegt.

K. Heckler hatte zusammen mit Sahib Shah während dieser Zeit vergeblich versucht, vom Buri Harar aus oberhalb Nagar die Hunza-Schlucht aufzunehmen. Schlechtwetter- und Trägerschwierigkeiten veranlaßten ihn nach Baltit zu gehen, wo er große Unterstützung durch den Mir von Hunza fand. Von Gulmit nördlich der Hunza-Schlucht konnte er mit guten Hunza-Trägern den Buri Harar noch-

mals erreichen und seine Aufnahmen erfolgreich weiterführen.

H. J. Schneider und KH. Paffen setzten ihre geologischen und vegetationskundlichen Studien im Hunza-Tal fort; die erdmagnetische Meßreihe, die im Shispar-Tal bis an die höchste Kulmination des Hauptkammes herangebracht worden war, wurde durch die Hunza-Schlucht auf die Nordseite des Gebirges durchgeführt. KH. Paffen, der täglich meteorologische Messungen vornahm, sammelte außer den Wildpflanzen auch alle im Hunza-Land angebauten Kulturpflanzen und versuchte Einblick in Land- und Almwirtschaft des Hunza-Volkes zu erlangen. W. Pillewizer besuchte den Ghulkin- und den Pasu-Gletscher, an denen photogrammetrische Geschwindigkeitsprofile angelegt wurden.

Anfang Juli versammelte sich die wissenschaftliche Gruppe in Pasu zum Vorstoß in das Tal des 58 km langen Batura-Gletschers. Mit Yaks ging es 40 km weit gletschereinwärts bis zum Hauptlager von Lupdur, von wo die Bearbeitung der schwierig erreichbaren Ursprungstäler erfolgte. Die topographische Aufnahme wurde von K. Heckler und W. Pillewizer gemeinsam durchgeführt; die höchsten Meßstandpunkte lagen auf Firngraten in 5300—5400 m Höhe. Die Bewegung des Batura-Gletschers wurde in 10 Profilen gemessen; außerdem wurden im Blankeis dieses Gletschers Ablationsmessungen ausgeführt.

Für die geologischen Untersuchungen erwies sich das Batura-Gletschertal als äußerst wichtig. In der Kalkkette nördlich des Gletschers gelang es H. J. Schneider, Fossilien zu finden; er dehnte seine Untersuchungen bis Khaibar nördlich des ersten Kalkzuges aus. Auch KH. Paffen konnte die pflanzengeographischen Aufnahmen bis dorthin weiterführen, so daß sein vegetationskundlicher Querschnitt bis auf die innerasiatisch trockene Nordseite des Karakorum-Gebirges reicht.

Als die wissenschaftliche Gruppe Anfang Juli ins Batura-Tal hineinzog, erkundete sie die Möglichkeit eines Anstiegs zur höchsten Gruppe des Batura-Mustahs (7785 m) über einen in gewaltigen Eisbrüchen zum Hauptgletscher abstürzenden Seitengletscher. Hiervon wurde die Bergsteigergruppe verständigt, die dann auch den schwierigen Anstieg über diesen Seitengletscher unternahm. Die wissenschaftliche Gruppe war zu dieser Zeit bereits wieder auf dem Rückweg durch das Hunza-Tal. Dabei wurde sie von einem schweren Schlag betroffen: Am 26. Juli stürzte Karl Heckler in der Hunza-Schlucht bei Saret vom kühn in die Felswände gebauten, nur 30 cm breiten Pfad in den Hochwasser führenden Hunza-Fluß, wo er vor den Augen seiner Kameraden ertrank. Seine Leiche konnte erst drei Monate später geborgen werden; sie wurde im christlichen Friedhof von Gilgit beigesetzt. Karl Heckler war einer der besten Fachleute für Vermessungsarbeiten auf Hochgebirgs-Expeditionen, und nur seinem unermüdligen Einsatz ist es zu verdanken, daß die Kartenaufnahme des nordwestlichen Karakorum-Gebirges gelang. Sein Tod war nicht nur ein unersetzlicher Verlust für die wissenschaftlichen Arbeiten, sondern ebensowohl für die ganze Expedition, deren Hauptstütze er durch seine reiche Erfahrung und seinen lautereren, liebenswerten Charakter war.

Für den Abschluß der Kartenaufnahmen waren noch topographische Arbeiten im Mutschual-Tal und im Becken von Chalt notwendig, die W. Pillewizer mit gletscherkundlichen Untersuchungen am vorgehenden Mutschual-Gletscher verband. Anfang August zog KH. Paffen von Baltit nach Nagar hinüber, wo er an der Rakaposhi-Nordflanke die nördlichsten Fichten-Kiefernwälder des Arbeitsgebietes aufsuchte. Er vervollständigte seine vegetationskundliche Aufnahme durch die Begehung des wüstenhaften Hunza-Tales zwischen Chalt und Gilgit, bis wohin auch H. J. Schneider seine erdmagnetische Meßreihe von nunmehr schon über 200 Punkten verlängerte. Mitte August

verließ H. J. Schneider die wissenschaftliche Gruppe in Gilgit und kehrte in die Heimat zurück.

Die beiden letzten Mitglieder der Gruppe K. H. Paffen und W. Pillewizer besuchten in der 2. Augusthälfte zusammen mit *Sahib Shah* noch das Rakhiot-Tal am Nanga Parbat. Für den Pflanzengeographen war es wichtig, dort den Anschluß an die vegetationskundlichen Aufnahmen von C. Troll aus dem Jahr 1937 zu gewinnen. W. Pillewizer hatte die Aufgabe, den Rakhiot-Gletscher neu aufzunehmen und seine Bewegung zu bestimmen, um Veränderungen an diesem Gletscher seit der ersten Aufnahme durch R. Finsterwalder 1934 ermitteln zu können. Trotz Träger- und Transportschwierigkeiten wurden nur 10 Tage benötigt, um von Gilgit zur Rakhiot-Brücke (1100 m) und zum Lager 1 am Nanga Parbat (4550 m) zu gelangen sowie dort alle vermessungstechnischen und gletscherkundlichen Arbeiten durchzuführen. Der Rückweg wurde vom Indus-Tal über den Babusar-Paß der Himalaya-Hauptkette und weiter das Kagan-Tal abwärts nach Rawalpindi genommen, wo sich Anfang September 1954 die bergsteigerische und die wissenschaftliche Gruppe der Expedition wieder vereinigten.

### 3. Die Kartenaufnahme des Expeditionsgebietes (W. Pillewizer)

Eine der ersten und grundlegendsten Aufgaben der Expedition war die Herstellung einer topographischen Übersichtskarte des Arbeitsgebietes. Unser Ziel war es, eine Karte im Maßstab 1:100 000 eines Gebietes von etwa 3000 km<sup>2</sup> Fläche aufzunehmen, das die Karakorum-Hauptkette vom Kukuar-Gletscher im Westen bis über die Hunza-Durchbruchsschlucht im Osten und außerdem die Tallandschaften von Hunza und Nagar sowie die Längstalfurche des Batura-Gletschers umfaßt.

An Grundlagen standen hierfür frühere Triangulationen und die Quarter-Inch Blätter (1: 253 440) des Survey of India zur Verfügung. Blatt Baltit, das unser Arbeitsgebiet enthält, wurde z. T. von Topographen des Survey of India mit dem Meßtisch im Anschluß an die Errichtung der Triangulationskette aufgenommen, die kurz vor dem ersten Weltkrieg durch das Hunza-Tal zur Verbindung der indischen und russischen Netze gelegt worden war. Damals wurden auch eine Reihe der Hochgipfel im Karakorum-Hauptkamm als Intersected Points trigonometrisch bestimmt. Später wurden dann für diese Karte noch Expeditionsaufnahmen verarbeitet, so insbesondere die Aufnahme des Batura- und des Pasu-Gletschers durch die Expedition *Ph. C. Vissers* (43) von 1925.

Die Güte der topographischen Aufnahme ist bei der Meßtischmethode sehr abhängig von der Person des Topographen. Es verwundert daher nicht, daß die Aufnahme der Karakorum-Nordseite mit dem Batura-Gletscher, die der ausgezeichnete Topograph *Afraz Gul Khan* auf der Visserschen Expedition machte, recht zuverlässig ist, während die Südtal des Hauptkammes, die der "Hunza valley and Taghdumbash Pamir map 1 inch to 4 miles" von 1915 entnommen wurden, nur sehr mangelhaft und an vielen Stellen völlig falsch dargestellt sind.

Die Triangulation wurde von K. Heckler im Anschluß an die erwähnten Arbeiten des Survey of India ausgeführt. Der Survey of Pakistan in Karachi und Murree stellte dankenswerterweise die Koordinatenwerte der alten Beobachtungsstandpunkte und der Intersected Points zur Ver-

fügung. Es galt nun, in erster Linie einige der trigonometrischen Punkte von 1912 aufzusuchen und an ihnen die neue Triangulation anzuschließen. Dies gelang K. Heckler bei den vier Punkten Haraj (4735 m), Zangia Harar (4260 m), Buri Harar (4200 m) und Shanoz (4040 m). Leider lagen sie für eine topographische Aufnahme des Gebietes etwas ungünstig, da sie ja nur für die Durchführung der Triangulationskette durch das Hunza-Tal angelegt worden waren. Der Anschluß an die 4 Festpunkte erübrigte astronomische Beobachtungen, die ursprünglich vorgesehen und auch instrumentell vorbereitet waren. Außer auf den vier alten Festpunkten triangulierte K. Heckler noch auf sechs weiteren, von ihm neu errichteten Punkten. Er begann im Gebiet von Toltar und umkreiste im Laufe von 2 Monaten den Hauptkamm über Süden und Osten nach der Nordseite.

Bei der Triangulation, die mit einem vom Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut in München zur Verfügung gestellten Wild-Theodoliten T2 durchgeführt wurde, wurden zahlreiche Gipfel des Hauptkammes vorwärts abgeschnitten — z. T. handelt es sich um Intersected Points der indischen Triangulation —, die dann als Festpunkte der photogrammetrischen Aufnahme dienen. Da bei dieser Triangulation die einzuschneidenden Punkte vorher weder erkundet noch signalisiert werden konnten — handelte es sich doch durchweg um unbestiegene Gipfel von 6000 m und 7000 m Höhe —, stellte diese Arbeit besondere Anforderungen an das Orientierungsvermögen und die Improvisationsgabe des Beobachters. K. Heckler kamen hierbei seine Erfahrungen von früheren Triangulationsarbeiten ähnlicher Art in der Cordillera Blanca von Peru zustatten.

Als K. Heckler am 26. 7. 54 tödlich verunglückte, war die Triangulation so weit abgeschlossen, daß sie nun auf Grund seiner Feldbücher berechnet werden kann. Dieser Aufgabe unterzieht sich gegenwärtig das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut in München, dem hierfür an dieser Stelle schon bestens gedankt sei.

Die topographische Aufnahme erfolgte nach der Methode der terrestrischen Photogrammetrie und wurde von K. Heckler und von mir gemeinsam durchgeführt. Auf Karte 1, die auch die Triangulationspunkte enthält, sind die 74 photogrammetrischen Standlinien eingetragen, auf denen über 400 Topoplatten belichtet wurden.

Schon gleich zu Beginn der photogrammetrischen Aufnahmearbeiten, für die zwei leichte Feldphototheodolit-Ausrüstungen T A F 13 × 18 cm von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und vom Geodätischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart bereitgestellt worden waren, stellte sich eine starke Abhängigkeit von der Geländegestaltung heraus.

K. Heckler nahm das Tal des Kukuar-Gletschers auf und fand dort ein Flachrelief in mittlerer Höhe um 4000—5000 m vor, wo die photogrammetrischen Standlinien gut angelegt werden konnten; die westalpin an-

mutenden, weiträumigen Firnhochmulden des Berglandes im Westen des Kukuar-Gletschers ließen sich von dort vollständig erfassen. Anders war es im Baltar-Tal, wo ich bei der Anlage der Standlinien durch das extrem steile Gelände dieses echten Karakorum-Tales außerordentlich behindert wurde. Es gelang dort nicht, die photogrammetrischen Standpunkte hoch genug hinauf zu legen, da der Anstieg über lawinengefährdete Felsflanken und Hängegletscher nicht durchführbar war. Die Talschlüßenden einiger Südtäler des Hauptkammes, die von einem grandiosen Halbrund lawinendurchzogener Steilwände umgeben sind, entziehen sich der genauen Kartenaufnahme mit terrestrischen Methoden überhaupt, da an den Flanken keine sicheren Aufnahmestandpunkte gefunden und die Grate ohne großen bergsteigerischen Aufwand nicht erstiegen werden können. Auch aus größerer Ferne sieht man in diese innersten Talverzweigungen nicht hinein, die daher wohl nur aus der Luft genau erfassbar sein dürften. In der Kartenaufnahme des NW-Karakorum sind deshalb einige Lücken verblieben; sie betreffen die Talschlüsse des östlichen Baltar-Tales und des Mutschual-Tales und einige der innersten Verzweigungen des Batura- und Pasu-Gletschers (vgl. Karte 1).

Außerdem ist der Seitenkamm, der zwischen dem Mutschual-Tal und dem Hunza-Tal bei Chalt liegt, nur unvollständig erfaßt worden, da erst bei der Sichtung des photogrammetrischen Aufnahmемaterials *K. Hecklers* festgestellt wurde, daß hier noch einige Nachaufnahmen nötig gewesen wären, die *Heckler* wohl beabsichtigt hatte.

Im ganzen gesehen ist jedoch die Übersichtsaufnahme des Arbeitsgebiets im Maßstab 1:100 000 gelungen. Die Auswertung der 400 Meßaufnahmen soll nach Abschluß der Triangulationsberechnungen am Zeiß-Stereoautographen der Technischen Hochschule München erfolgen. Der Auswertemaßstab wird 1:50 000 sein und das Gelände soll mit Höhenlinien im Abstand von 50 m dargestellt werden.

Das photogrammetrische Aufnahmемaterial wird es auch ermöglichen, verschiedene, für Spezialstudien wichtige Gebiete, also einzelne Gletscher oder etwa den sowohl morphologisch wie auch kulturlandschaftlich interessanten Talkessel von Chalt in größerem Maßstab zur Darstellung zu bringen.

Neben ihrer unmittelbaren Bedeutung für die Kartenauswertung bieten die Meßbilder aber auch noch die Möglichkeit geologisch-geographischer Bildauswertung und gewinnen damit einen unschätzbaren Wert für die geologischen, glaziologischen, vegetationskundlichen und sonstigen geographischen Untersuchungen der Expedition. Da sie das Gelände fast lückenlos erfassen und sie außerdem stereoskopisch betrachtet werden können, ist es möglich, auf den Bildern etwa die Grenzen geologischer oder vegetationskundlicher Einheiten aufzufinden und zu kartieren. Die Erdmeßbilder ersetzen hierbei weitgehend Luftbilder. Zu solchen Interpretationszwecken erhielten deshalb alle an den Feldarbeiten beteiligten Wissenschaftler vollständige Sätze der Topoaufnahmen; unter dem Spiegelstereoskop kann damit an Hand der Feldaufzeichnungen die

Landschaft gleichsam nochmals, diesmal aber in Ruhe am Schreibtisch, durchwandert werden.

#### Die Neuaufnahme des Rakhiotgletschers am Nanga Parbat<sup>2)</sup>.

Da seit der ersten Kartenaufnahme dieses Gletschers durch *R. Finsterwalder* (10) 20 Jahre vergangen waren, schien 1954 eine Neuaufnahme gerechtfertigt, da nur mit ihrer Hilfe sichere Aussagen über Veränderungen an diesem wichtigsten Gletscher des Nanga Parbat möglich sind. Mit Hilfe der Meßbilder von 1934 gelang es, die photogrammetrischen Standpunkte *R. Finsterwalders* im Bereich der Märchenwiese (3304) und der Großen Moräne (4542) aufzufinden und die Aufnahmen zu wiederholen<sup>3)</sup>. Damit wurde die Zunge des Rakhiotgletschers bis etwa 3700 m Höhe erfaßt. Weiterhin wurde eine neue Standlinie von 615 m Länge auf der Großen Moräne gegen den Hauptarm des Gletschers angelegt. Zur Bestimmung dieser Meßstandpunkte und von fünf Geschwindigkeitsprofilen wurde ein lokales Triangulationsnetz beobachtet, das an Festpunkte von 1934 anschloß.

#### 4. Geologische und erdmagnetische Arbeiten im NW-Karakorum (*H.-J. Schneider*)

##### Vorbemerkungen

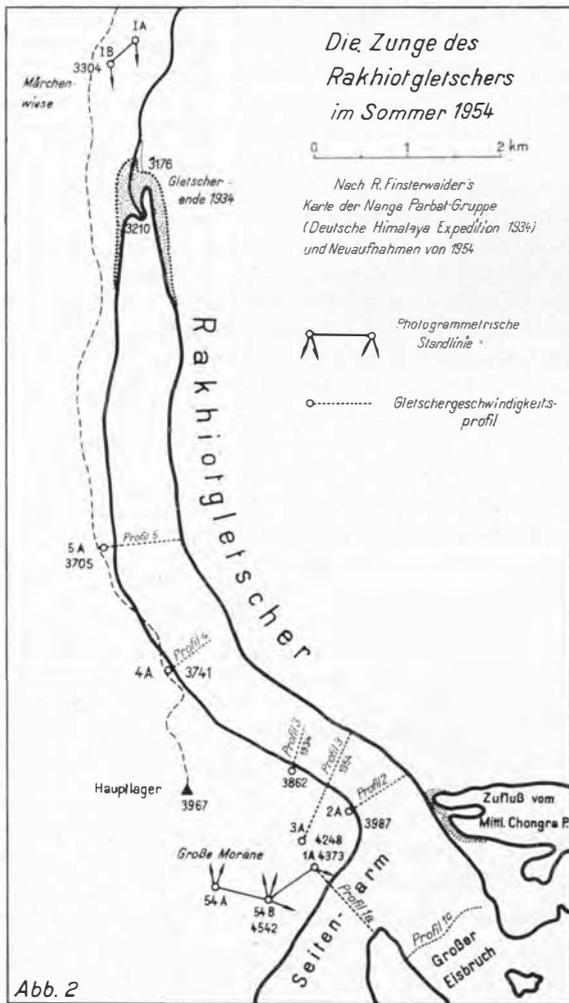
Der NW-Karakorum stellt durch seine Lage am Südrand der ‚großen Scharung‘ der zentralasiatischen Faltengebirgszüge (Abb. 1) die geologische Verbindung zwischen dem großen Pamir-Hindukusch-K<sup>2</sup>un Lun-Knoten im NW und dem Karakorum-Himalaya-System im SE dar. Während nun der geologische Rahmen dieses Gebietes bisher schon relativ gut bekannt war<sup>4)</sup>, blieben die Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen Pamir-Knoten und Zentral-Karakorum so gut wie unbekannt. So zeigt die modernste geologische Übersichtskarte des Indischen Subkontinentes (44) gerade im NW-Karakorum noch einen großen ‚weißen Fleck‘, in dessen Zentrum ‚Hunza‘ steht.

Obwohl das Arbeitsgebiet der Expedition für eine Klärung regionaler geologischer Zusammenhänge zu klein war und die geologisch-erdmagne-

<sup>2)</sup> Ein ausführlicher Bericht über die Arbeiten am Rakhiot-Gletscher wird unter dem Titel „Der Rakhiot-Gletscher am Nanga Parbat im Jahr 1954“ in der Zeitschrift für Gletscherkunde veröffentlicht.

<sup>3)</sup> Vgl. Abb. 2. — Die Berechnung der Standpunktkoordinaten führte *G. Wehrmann* vom Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut in München durch, die Auswertung der Meßbilder am Stereoautographen nahmen *H. Maier* und *H. Baumert* vom Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule München vor.

<sup>4)</sup> Neuere Zusammenfassungen s. z. B. *Gundlach* (14), *Leuchs* (19), *Schaffer* (32), *de Terra* (37b) und *Wadia* (44).



tischen Arbeiten in der Hauptsache auf die Talzüge und die ohne größere Schwierigkeiten erreichbaren mittleren Höhen beschränkt werden mußten, bieten die kartierten Routen und Profile einen guten Einblick in den komplizierten Bau dieses Faltengebirgsbereiches und erweitern unsere Kenntnisse über die geologischen Verhältnisse innerhalb der zentralasiatischen Hochgebirge.

Die folgenden Ausführungen geben nur eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten geologischen Feldbeobachtungen und einer erst begonnenen petrographischen und paläontologischen Auswertung. Sie können daher nur Teilprobleme und regionale Zusammenhänge andeuten.

Da die neuere geologische Literatur über Zentralasien in zahlreichen fremdsprachigen Zeitschriften (mit meist kleineren Beiträgen) verstreut ist oder aus weniger verbreiteten Sonderveröffentlichungen besteht, wird im Folgenden nur auf allgemein zugängliche Sammelwerke und wichtige Zusammenfassungen verwiesen.

In den Jahren 1951 und 1952 wurde der NW-Karakorum von einem Geologen des Geological Survey of Pakistan, MHD. ABU BAKR, hauptsächlich zur Prospektion auf Mineralagerstätten, besucht und die Existenz verschiedener Gesteinszonen (vgl. S. 8 f.) im Großbau festgestellt<sup>5)</sup>.

### Die erdmagnetischen Messungen

Sie wurden als sogenannte Variometermessungen der Vertikal- (= Z) und Horizontalintensität (= H) mit einer, zeitweise zwei modernen magnetischen Feldwaagen (Typ Gf 6) der ASKANIA-Werke, Berlin, durchgeführt<sup>6)</sup>. Das Arbeitsprogramm, ein Meßprofil quer durch den NW-Karakorum zu legen, konnte erfüllt werden.

Insgesamt wurden 132 Feldstationen, z. T. in Z und H — größtenteils mehrfach zum Rückanschluß — vermessen. Die Meßprofile erstrecken sich über das ganze Hunza-Tal, von Gilgit im S bis Khaibar/Hunza im N, sowie über die Nebentäler auf der S-Seite des Hauptkammes nordwärts bis zum Baltar- und inneren Shispar-Gletscher und entlang der N-Seite des Hauptkammes, den Batura-Gletscher aufwärts bis über das Lager Lupdur hinaus. Dadurch sind im wesentlichen drei größere Querprofile (im W—E-Abstand von ca. 25 km) durch den NW-Karakorum gelegt, von denen das längste, von der Basis Gilgit ausgehend, etwa 80 km Luftlinie in S—N-Richtung überdeckt. Dieses lange S—N-Profil konnte, da K. Wienert mit einer zweiten Feldwaage am ersten Arbeitsabschnitt der Expedition teilnahm, in Z und H vermessen werden.

Die Basis Gilgit ist in Z und H an die Absolutstation Rawalpindi, einem Punkt I. Ordnung der erdmagnetischen Landesvermessung von Indien, mit den gleichen Feldwaagen angeschlossen.

Die rechnerische Auswertung, insbesondere die Ermittlung des Nordgradienten und des magnetischen Normalfeldes im NW-Karakorum, der sich K. Wienert angenommen hat, wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Erst nach Abschluß dieser Vorarbeiten ist die Diskussion über die geologischen Ursachen einiger interessanter Lokalanomalien möglich.

Sofern die Meßreihen schon jetzt eine Beurteilung erlauben, sind in dem bearbeiteten Hochgebirgsraum keine ungewöhnlichen, größeren Anomalien vorhanden. Die relativ starken Lokalanomalien im Querprofil von Chalt und in der Hasanabad-Talgabel können geologisch erklärt werden: Der basische Intrusivgesteinskörper südlich Chalt (s. S. 10) enthält randlich auch Magnetitshlieren, während die lokalen Störungen im Hasanabad-Tal auf durchstreichende hochmetamorphe Grünschiefer (Amphibolite und Hornblendegneise, s. S. 10) zu beziehen sind. Die axiale Granodioritmasse des Hauptkammes (s. S. 10) dagegen ist relativ ungestört.

<sup>5)</sup> Der Direktor des Geological Survey, Herr Dr. Crookshenk, Quetta, gestattete mir freundlicherweise eine Einsicht in das Berichtsmanuskript, wofür ich auch an dieser Stelle danken möchte.

<sup>6)</sup> Eine Feldwaage stellten die ASKANIA-Werke in dankenswerter Weise dem Verf. für die Dauer der Expedition kostenlos zur Verfügung. Das andere Instrument brachte Herr Dr. Wienert, damals Quetta/Pakistan, mit.

Erst auf der Nordseite des Hauptkammes, im Streichen der Tallinie des Batura-Gletschers deutet sich eine schwache, erdmagnetische Störung an. Da hier die N-Grenze des Zentralkristallins gegen die jungpaläozoisch-mesozoischen Serien des ‚Tethys-Karakorums‘ (s. S. 9) verläuft, steht der Störungszug, dessen Ursache im tieferen Untergrund verdeckt ist, offenbar im Zusammenhang mit dieser großtektonischen Störungslinie.

### Der geologische Rahmen des NW-Karakorum

Das Karakorum-System ordnet sich mit seinen Gesteinen und seinem Bauplan dem großen System der jungen alpiden Faltengebirgszüge Zentralasiens ein. Ihre Streichrichtung bildet den Verlauf eines weitgespannten, in der alpidischen Ära (Oberkreide bis Tertiär) letztmalig überprägten Orogenbündels ab, welches sich vom Ältpaläozoikum bis ins Jungmesozoikum zwischen dem relativ früh konsolidierten Angara-Block im Norden und dem Gondwana-Kontinent im Süden entwickelte. Dabei wanderte die orogene Aktivität der alpidischen Ära in zunehmendem Maße nach SE gegen den Himalaya-Südrand hin:

Während im Pamir (*Gundlach* [14]) und K'un-Lun (*de Terra* [37b]) die Hauptfaltungsphasen ‚variskischen Alters‘ sind, denen später eine im wesentlichen ‚germanotype Tektonik‘ (z. B. eine fragliche ‚jungkimmerische Phase‘) mit Bruchfaltungen und ohne größere Deckenschübe folgte, stellte *de Terra* die (alpidische) Hauptfaltung im östlichen Teil des Karakorum-Systems „im Hangenden der marinen Oberkreide“ fest, in deren Folge jedoch ebenfalls keine weitreichenden Deckenschübe (wie im NW-Karakorum! vgl. S. 9) stattfanden.

Die alpidische Überprägung des Himalaya-Systems dagegen setzte als ‚Himalaya-Faltung i. w. S.‘ erst im Obereozen ein, hielt mit weitgespannten, südwärts gerichteten Deckenschüben bis in das Jungtertiär hinein an und ist lokal sogar intradiluvial noch mit Sicherheit festzustellen<sup>7)</sup>. Mit diesem letzten tektonischen Geschehen sind auch jene vertikalen Krustenbewegungen verknüpft, die zur größten Massenerhebung unserer Erde, den zentralasiatischen Hochgebirgssystemen, führten. Diese Hebungsprozesse wirken noch heute fort, wie u. a. das jugendliche Relief in Karakorum und Himalaya bezeugt<sup>8)</sup>.

Der NW-Karakorum steht somit auch in seiner tektonischen Entwicklung etwa in der Mitte zwischen dem frühzeitig konsolidierten Pamir-System im NW und dem noch in jüngster Zeit tektonisch sehr aktiven Himalaya-Bogen im SE.

Die geologischen Achsen der einzelnen Faltengebirgszüge nehmen heute ausgedehnte Kri-

stallingebiete<sup>9)</sup> ein, denen weniger metamorphe Sedimentzonen an- oder aufgelagert sind. Diese ‚kristallinen Massen‘ stellen das Produkt aller, in vielen Fällen nur unsicher unterscheidbaren älteren und jüngeren Gebirgsbildungen und der damit verbundenen magmatischen Intrusionen, (meist mehrfachen) metamorphen Überprägungen und synorogenen Regenerationen dar. Wohl ist die Existenz ‚präalpidischer‘ Kristallinkomplexe im betrachteten Rahmen des NW-Karakorum mehrfach nachgewiesen<sup>10)</sup>, doch konnte der Anteil jüngerer (alpidischer, i. e. S. tertiärer) Überprägungen bisher nur in wenigen Fällen sicher davon abgegrenzt werden<sup>11)</sup>.

Dagegen ermöglichen die von metamorphen Überprägungen verschonten Sedimentzonen eine relativ weitgehende Klärung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der zentralasiatischen Orogene. Gleichzeitig ergeben sich dadurch auch Anhaltspunkte über den Ablauf der tektonischen Ereignisse und deren magmatisch-metamorphe Äußerungen in zeitweise tieferen Teilen der Erdkruste. Wir müssen also mit unseren Betrachtungen über den geologischen Bau des NW-Karakorum, entgegen dem chronologischen Ablauf der Feldarbeiten während der Expedition, in der nördlichen Sedimentzone (dem ‚Tethys-Karakorum‘) beginnen.

### Die zonale Gliederung des NW-Karakorum<sup>12)</sup>

Am Aufbau des NW-Karakorum sind fünf geologische ‚Zonen‘ beteiligt, die alle im Generalstreichen des Gebirges von NW nach SE verlaufen und sowohl petrologisch-faziell verschiedenartige ‚Gesteinszonen‘ als auch mehr oder weniger scharf getrennte tektonische Einheiten darstellen.

Sie sind in gleicher oder ähnlicher Ausbildung in streichender Fortsetzung nach SE auch aus dem Baltoro-Gebiet (*Desio* [5], *Dybhrenfurth* [7]) und dem E-Karakorum (*de Terra* [37b]) bekannt. Ihre Fortsetzung nach NW, d. h. der Übergang in das Hindukusch- und Pamir-System ist noch wenig erforscht, scheint jedoch im großen ganzen gesichert zu sein (vgl. *Gundlach* [14]).

Im Querprofil (s. Tafel) ist zu sehen, daß eine nördlich der axialen Kulmination des Hauptkammes gelegene Sedimentzone (der ‚Tethys-

<sup>9)</sup> Im Sinne von *Misch* (24/S. 96) möge unter „kristallinen Zonen und Gebieten... durchaus nichts einheitliches“ verstanden werden, „denn entsprechend unserer geringen regionalen Kenntnis (und Vergleichsmöglichkeiten! d. Verf.) können wir als ‚Kristallin‘ vorläufig nur die Summe aller Intrusive und Metamorphose zusammenfassen“.

<sup>10)</sup> Vgl. *Dainelli* (4), *Gundlach* (14), *Wadia* (44) u. a.

<sup>11)</sup> Z. B. nach *G. Fischer* in *de Terra* (37b) für den E-Karakorum und *Misch* (26) für das Nanga-Parbat-Massiv.

<sup>12)</sup> Vgl. hierzu Karte 3.

<sup>7)</sup> Vgl. *Heim* u. *Gansser* (17), *Misch* (25).

<sup>8)</sup> Vgl. u. a. *de Terra* (37b), *Dybhrenfurth* (7), *Wadia* (44).

Karakorum<sup>6</sup> = Zone V) der kristallinen Hauptmasse des Gebirgskörpers gegenübersteht, die an ihrem N-Rand auf die Sedimentzone überschoben ist (Nordvergenz!). Das Kristallin wiederum enthält in seinem Nordteil (quasi als ‚zone axiale‘ im Verlauf des Hauptkammes!) ein Granodioritmässig (= Zone IV), dessen hochmetamorphe Schieferhülle (= Zone III) südwärts gerichtete Faltungen- und Überschiebungsvergenz aufweist. Diesen meso- bis katazonalen Kristallinserien, deren südliches Äquivalent die Rakaposhi-Masherbrum-Range (= Zone I) darstellen könnte, ist ein schwächer metamorpher Sedimentkomplex eingefaltet (= Zone II), der dem Typus einer alpinen ‚Grauwackenzone‘ entspricht.

Wir sehen also: Das Karakorum-System weist wohl einen asymmetrischen Bau in bezug auf die beteiligten ‚Gesteinszonen‘ auf, zeigt dagegen in seiner alpiden Tektonik die Züge eines zweiseitig entwickelten Orogens. Der Vergenzwechsel vollzieht sich im Querprofil der ‚zone axiale‘ auf etwa 15 km Luftlinie bei durchschnittlich 4 km Aufschlußhöhe.

#### Der „Tethys-Karakorum“

Mit ihren weit über 1000 m mächtigen Kalk- und untergeordnet auch Schiefererrien repräsentieren die Gebirgskämme nördlich des Batura-Gletschers (Lupghar- und Ghujerab-Gruppe) ein Teilstück des großen jungpaläozoisch-mesozoischen Geosynklinalenzuges Eurasiens (Bild 3).

Im Bereich der ‚großen Scharung‘ (Abb. 1) zwischen Pamir und NW-Himalaya deutet sich eine Aufgliederung des jungpaläozoisch-mesozoischen Tethys-Meeres in einen nördlichen (Pamir-Karakorum-Tibet) und einen südlichen Teiltrog (Belutschistan-Himalaya-Burmesische Ketten) an. Dies weist darauf hin, daß die jungpaläozoische Tethys-Transgression auf einen im Unter- und Mittelkarbon verschiedenartig und verschieden stark gefalteten Untergrund erfolgte (s. S. 8).

Das Profil des Sedimentkomplexes beginnt nördlich des Batura-Gletschers mit feinschichtigen Quarziten, Kalkschiefern und schwarzen, intensiv durchbewegten Tonschiefern. Letztere lieferten bei der Alm Put Mahal eine vermutlich oberkarbonische Bryozoen- und Spiriferenfauna, wie sie *de Terra* (37b) auch aus Aghil-Range (E-Karakorum) und K'un-Lun beschrieben hat.

Das Hangende der Tonschiefer bilden dickbankige, rötlich- und gelblichgraue Kalke, die bankweise reichlich Organodetritus führen (Crinoidenstielglieder, Kalkalgen, Muschelschill usw.) und vermutlich permisches Alter haben. Obwohl die Ober- und Untergrenze dieser fossilführenden Serien tektonisch gestört ist, können

sie mit Sicherheit als das stratigraphisch liegende der höheren Kalkkomplexe bezeichnet werden.

Diese mächtigen Kalkserien sind die eigentlichen Gipfelbildner nördlich des Batura-Gletschers (Bild 3 u. 8). In ihrem Formenschatz und ihrem tektonischen Bau, der komplizierte Faltungen und Überschiebungen mit Nordvergenz zeigt, erinnern sie sehr an die Nördlichen Kalkalpen. Ihre ungewöhnliche Fossilarmut (im Gegensatz zu den klassischen ‚alpinen‘ Profilen der ‚Himalaya-Serie‘) und die komplizierte Tektonik erschweren eine sichere stratigraphische Gliederung; sie dürften in der Hauptsache jedoch Trias und Jura vertreten.

Im Querprofil des Guchisham-Tales treten nämlich nördlich des mittleren Batura-Gletschers in den Kalkserien phyllonitische Schiefer mit ausgewalzten Belemniten auf, die für einen Teil des Sedimentkomplexes Jura-Kreide-Alter nachweisen. Diesen jüngsten Schichtgliedern sind wohl auch jene stark ausgewalzten, serizitisierten Kalkkonglomerate zuzuordnen, die im Hunza-Tal südlich Khaibar in großen Blöcken (als Sturzmasse vom höher Anstehenden) verstreut vorkommen.

Regionale Vergleiche deuten hierzu paläogeographisch-fazielle Übergänge und stratigraphische Zusammenhänge an:

Der streichenden Fortsetzung unseres ‚Tethys-Karakorum‘ entspricht im NW die ‚südliche Sedimentzone‘ des Pamir (*Gundlach* [14]). Dort herrschen zwei mächtige Serien dunkler Schiefer vor, deren untere, schwach metamorphe Abteilung (= ‚Murgab-Schiefer‘) jungpaläozoisch-triadiisches Alter hat, während die obere Abteilung (paläontologisch gut belegt) Rhät bis mittleren Jura vertritt. Wahrscheinlich entsprechen der tieferen Abteilung des ‚Tethys-Pamir‘ die mächtigen, fossilereeren Tonschiefererrien mit Quarzitbänken, die sich zwischen die Kalkkämme nördlich des Batura-Gletschers und die axiale Granodioritmase einschalten (‚Pasu-Schiefererrie‘ = Zone Va) und die morphologische Depression SE des unteren Batura-Gletschers vorzeichnen (s. Bild 3, S. 17).

Im SE-Teil des ‚Tethys-Pamir‘ setzen dann die mittel- bis oberjurassischen Kalkserien ein (der ‚Pamir-Limestone‘ *Haydens* [16]), welche offenbar gegen den ‚Tethys-Karakorum‘ hin als sedimentärer Fazieswechsel an Ausdehnung und Mächtigkeit zunehmen. Die ungestörte Wechselagerung von Kalk- und Schieferkomplexen im NW des oberen Batura-Gletschers (Lupghar-Gruppe) und die gegen SE (Ghujerab-Aghil-Kette) zunehmenden Mächtigkeiten der Kalkkomplexe auf Kosten der Schiefererrien lassen vermuten, daß die Kalkfazies gerade im NW-Karakorum auch auf tiefere Schichtglieder der Tethys-Formationen übergreift. Denn aus dem E-Karakorum (Aghil-Kette), von W-Tibet und in der ‚Himalaya-Serie‘ (mit den klassischen Profilen von Inner-Kaschmir und Kumaon-Himalaya) ist die Trias in ‚europäisch-alpiner‘ Faziesentwicklung mit reicher Fossilführung bekannt (*de Terra* [37b], *Wadia* [44] u. a.).

Gegen Ende der Kreidezeit lassen vorwiegend klastische Sedimente (marine Konglomerate etc.) in SE-Pamir, E-Karakorum und W-Tibet eine letzte große Regression der Tethys erkennen, die mit Faltungen und Abtragungsprozessen verbunden ist. Wenn die von Khaibar erwähnten Konglomerate (s. oben) zu diesem Schichtkomplex gehören sollten, wäre ihre tektonische Überprägung, die gleichzeitig (?) auch den gesamten Tethys-Schichtkomplex erfaßte, ein Beweis für die von *de Terra* (37b) festgestellte

„nachoberkretazische“ Karakorum-Hauptfaltung (s. S. 8) im NW-Karakorum.

Tertiäre Deckeschichten sind, als terrestrische Ablagerungen aus Pamir und Karakorum-Ostrand/W-Tibet bekannt, im NW-Karakorum nicht nachzuweisen. Dadurch wird eine stratigraphische Relation der jüngeren Gebirgsbewegungen hier unmöglich. Mit dem Beginn des Tertiärs ist die marine Geosynklinale im Bereich des Pamir-Karakorum-Systems getrennt, und das Meer zieht sich nach NW (Alai-System/Ferghana-Becken) und SE (Himalaya)<sup>13</sup> an den Außenrand der zentralasiatischen Scharung zurück.

Von besonderem Interesse sind noch junge, lokale Granit- und Lamprophyrintrusionen im Sedimentkomplex der Tethys-Formationen. Im Pamir (*Gundlach* (14)) ist ihr intrusiver Kontakt gegen Oberkreide nachgewiesen. Für den NW-Karakorum ist vorläufig nur festzustellen, daß die junge Intrusivserie eine auffallend schwache tektonische Überprägung zeigt und den älteren „Granodiorit“ (s. unten) in Fragmenten mitführt. Auf der N-Seite des oberen Batura-Gletschers enthält dieser junge Granit Molybdän-glantz.

#### Der kristalline NW-Karakorum

Im Bauplan dieses Gebirgskörpers sind mit Sicherheit drei verschiedene Gebirgseinheiten zu erkennen, die sich sowohl im Stoffbestand als auch nach Alter und Ausmaß ihrer metamorphen Überprägung unterscheiden lassen.

Soweit die Feldbeobachtungen bereits einen ersten Überblick ermöglichen, sei zu dem auf S. 9 Gesagten noch hinzugefügt:

Die axiale Granodioritmasse (= Zone IV) der Hauptkette („Batura-Mustagh“ i. e. S.) scheint ein charakteristisches Bauelement der gesamten Karakorum-Achse auf über 500 km streichender Länge zu sein (Bild 5, 6 u. 8).

Offenbar tritt sie auch weiter im SE im „Baltoro-Mustagh“<sup>14</sup> und „Sasir-Mustagh“<sup>15</sup> in gleicher oder ähnlicher Ausbildung auf. Nach *Dainelli* (4) wäre die Verbreitung dieses typischen „Glimmeramphibolgranites“ noch weiter nach SE, im Streichen des Transhimalaya bis in die Gegend von Lhassa, zu verfolgen, weshalb er ihn „transhimalayischen Granit“ taufte.

Im NW-Karakorum ist die Intrusion dieses „Granodiorites“ in ein älteres, bereits gefaltetes und regionalmetamorphes Schieferdach erfolgt. Diese kristalline Schiefer-Paragneiszone (= Zonen III + IV) besteht aus einer mächtigen Bankfolge extrem grobkörniger Marmore in Wechsellagerung mit Granatamphiboliten, reinen Hornblendeschiefern und dunklen, feinschichtigen Quarzitschiefern. Sie werden von *Desio* (5),

*de Terra* (37b) u. a. im E-Karakorum als ein altpaläozoischer Sedimentkomplex (Silur-Devon?) angesehen. Ein tieferes Metamorphosestockwerk und evtl. einen noch älteren Bestandteil dieser Zone stellen (z. B. im Hunza-Talprofil oberhalb Saret, s. Bild 1) mächtige „Bändergneise“ dar, die eine charakteristische schieferungs- und schichtungsparallele Einlagerung „pegmatitischer“ Lagen und Linsen aufweisen.

Als jüngste Intrusionsphase treten helle, feinkörnige Granite auf, die in Gangschwärmen und langen Zungen (Bild 2) vorwiegend die kristalline Schieferzone und ihre Gneisserien durchgreifen. Diese junge Granitintrusion, der auch eine basische Ganggefolgschaft zuzuordnen ist, erfolgte offenbar während oder auch nach einer letzten Faltungsphase; denn sie durchquert unbeeinflusst alle älteren Lagerungsverbände (Bild 2) und zeigt keine merkliche tektonische Überprägung. Sie gleicht darin der jungen Intrusivserie im Tethys-Karakorum (s. oben). Dieser jüngeren magmatischen Abfolge gehört vermutlich auch der basische Intrusivkörper südlich Chalt (s. S. 7) an.

Die Gneismassen mit ihrem metamorphen Sedimentkomplex gehören offenbar einem älteren, voralpiden Orogen an. Seinem magmatischen ‚Herd‘ entstammt, durch vielfältige anatektische Übergänge markiert, der primäre Stoffbestand der axialen Granodioritmasse. Den magmatischen Äußerungen der jüngeren alpiden Orogenese könnte dann die ‚junge Intrusivserie‘ entsprechen. Diese scheint im kristallinen Zentral-Karakorum vorwiegend granitischer Art zu sein, während weiter im S, mit Annäherung an das Teilorogen des NW-Himalaya, extrem basische Differentiate in größeren, geschlossenen Körpern<sup>16</sup> vorherrschen.

Dem durchweg meso- bis katazonal metamorphen, teilweise magmatisch regenerierten Kristallinkomplex ist nun ein (etwa epizonaler) schwächer metamorpher Schieferzug eingefaltet (= Zone II), der eine Ausraumzone im Generalstreichen des Gebirges hervorruft und das mittlere Hunza-Tal von Chalt aufwärts bis in die Gegend von Hindi begleitet (Bild 7 u. 9).

Der Schieferzug zeigt eine eigene intensive Faltentektonik, bei der Südvergenz überwiegt. Den Nordrand bildet dementsprechend auch eine ausgeprägte tektonische Grenzlinie, entlang der das höhermetamorphe Zentralkristallin südwärts auf die Schieferzone aufgeschoben ist. Der Südflügel dieses großen Muldenzuges überlagert am Rakaposhi-Gipfelkamm das Kristallin der Rakaposhi-Masherbrun-Ränge (= Zone I).

Der metamorphe Sedimentkomplex enthält eine bunte Schichtfolge, bei der geschieferte Grungesteine (basische

<sup>13</sup> Die ‚Himalaya-Serie‘ umfaßt marines Kambrium bis Eozän, mit einer marinen Schichtlücke im Unter- u. Mittelkarbon (*Dainelli* [6], *Wadia* [44]).

<sup>14</sup> *Dybhrenfurths* (7), ‚Gneis des K2‘.

<sup>15</sup> *de Terra's* (37b), ‚Hornblendegranit‘.

<sup>16</sup> Aus der Mantelzone der Nanga Parbat-Gneiskuppel sind alttertiäre Gabbrokörper bekannt, die während der tertiären „Granitisation“ noch mit überprägt wurden (*Misch* [26]).

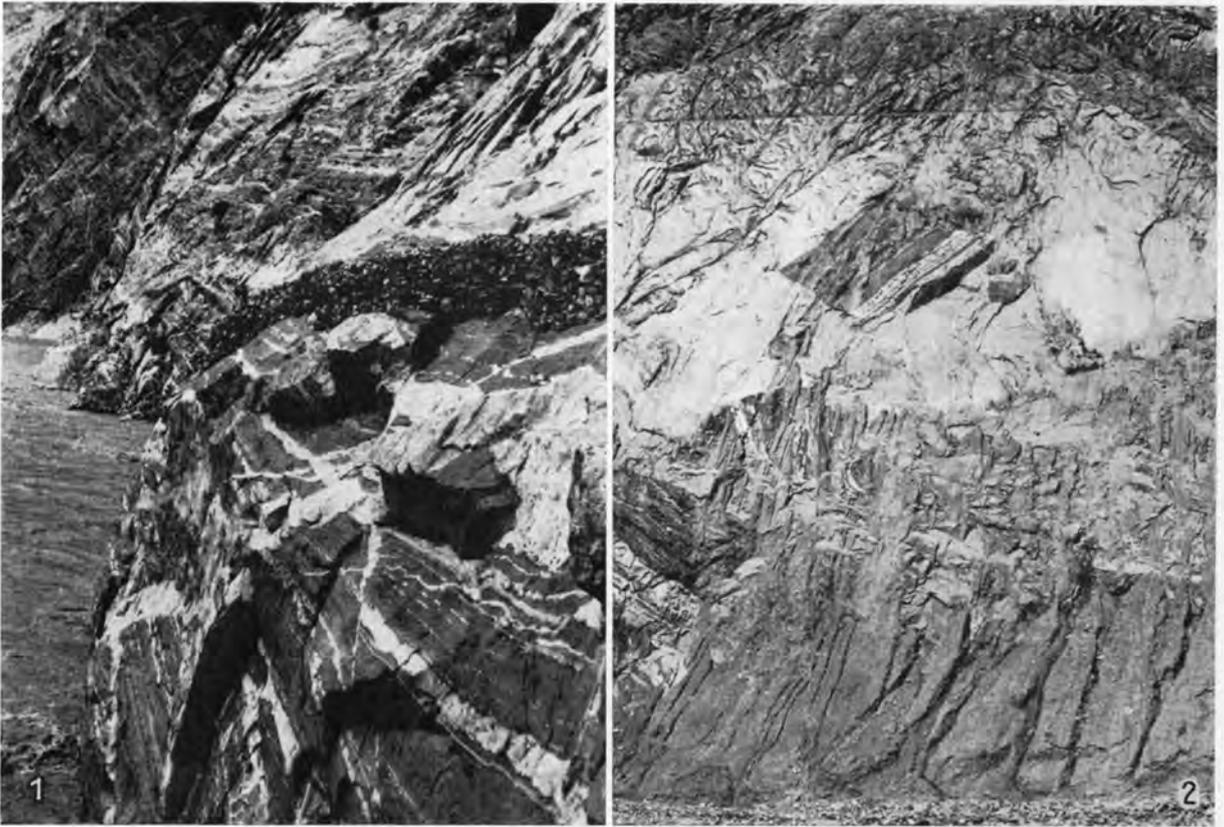


Bild 1: Serie der „alten Bändergneise“ in der Hunza-Schlucht oberhalb Saret

Südseite der axialen Granodioritmasse des Karakorum-Hauptkammes (Zone III u. IV); charakteristisch die zahlreichen, in das Generalstreichen u. -fallen eingeschichteten hellen „pegmatitischen Lagen“, nach älterem Beanspruchungsplan meist zu Schnüren und Linsen ausgewalzt; viel jünger (u. relativ unbeanspruch) dagegen diskordant durchsetzende Aplitgranit- u. quarzreiche Pegmatit-Gänge (Vordergrund); hier auch der trockengemauerte Karawanen-Saumpfad („Rafik“) durchs Hunza-Tal zu erkennen. Aufn. H. J. Schneider

Bild 2: Teil eines Wandprofils bei der Hasanabad-Talgabel

(Gesamtaufschlußhöhe ca. 800 m) im unteren Teil über Schottern des Shispar-Gletschervorlandes anlehnender dünner Schleier alter Seitenmoräne; darüber Intrusion jungen aplitischen Granites (helle Fläche); in bereits gefaltetes Schieferdach (Zone III) mit vorwieg. mechanischer Platznahme des Granites ohne wesentliche Resorption des Nebengesteins (helle Marmorbänke u. dunkle Amphibolitzüge nach rechts = NNE einfallend); in der Granitzone „unverdauter“ rhombenförmiger Marmor-Amphibolit-Schieferblock. Aufn. H. J. Schneider.

Eruptiva?) und phyllitische, pyritführende Tonschiefer vorherrschen. Untergeordnet, aber sehr charakteristisch, sind Quarzitkonglomerate, Quarzite, feinkörnige Marmore und typische ‚Grauwackenserien‘. In seiner streichen den Fortsetzung nach NW ist offenbar der gleiche Sedimentzug als ‚Sedimentzone von Chitral‘ durch Hayden (16) bekannt geworden, welche Devon bis Kreide umfassen soll. Unterkreide ist durch marine Kalke mit Hippuriten vertreten, die Trias soll fazielle Anklänge an die ‚Himalaya-Serie‘ aufweisen (Gundlach [14]).

Südlich des eigentlichen Expeditionsgebietes wurde während des An- und Abmarsches durch das untere Hunza-Tal im Querprofil des Saltoro-Karakorums eine Kristallinserie gequert (Rakaposhi-Masherbrum-Range = Zone I), die in vielen Zügen dem Schiefermantel der Nanga Parbat-Granitgneiskuppel entspricht und

wohl bereits zum N-Rand des alpidisch regenerierten Himalaya-Kristallins zu stellen ist (*Misch* (24/26) und *Wadia* (44)).

Der kristalline NW-Karakorum enthält somit ebenfalls eine Sedimentzone, die in ihrer jüngeren Abteilung jedoch Schichtkomplexe des südlichen Tethys-Zuges (Himalaya-Chilas-Hindukush-Bogen) aufweist. Die vermittelnde Stellung des NW-Karakorum wird dadurch noch deutlicher.

In der Ausbildung der Sedimentkomplexe wie auch im Ablauf der magmatisch-metamorphen Phasen sind im NW-Karakorum mit Sicherheit vorläufig zwei großtektonische Epochen zu erfassen:

Die ältere Epoche schließt mit der Überprägung der älteren Sedimentserien und Intrusiva im Unter- bzw. Mittelkarbon ab, womit sie Anklänge an die ältere Entwicklung des Himalaya-Systemes zeigt. Danach folgt die jüngere, alpine Epoche, die mit einer Teilung des Tethys-Raumes (s. S. 9) in einen pamirisch und einen himalayaisch beeinflussten Faziesbereich einsetzt und mit der „postoberkretazischen Stammfaltung“ des Karakorum-Systems beendet wird. Dabei fügt sich der NW-Karakorum in zunehmendem Maße dem großtektonischen Bauplan der „zentralasiatischen Scharung“ ein und löst sich vom jüngeren tektonischen Geschehen im Himalaya-System ab.

#### 5. Geomorphologische Beobachtungen im Hunza-Karakorum (KH. Paffen)

Unsere Kenntnisse der Formenwelt und Formenentwicklung im Karakorum sind äußerst spärlich. Seit den Untersuchungen von E. Trinkl (37a/38) und H. De Terra (36/37b), die sich jedoch nur auf die östlichen Teile beziehen, sind im Karakorum in morphologischer Hinsicht keinerlei Fortschritte gemacht worden. Um so mehr mußten wir selbst es bedauern, daß anläßlich unserer Expedition nicht auch ein eingehendes systematisches Studium der Formenwelt und ihrer Genese von uns durchgeführt werden konnte. Die gestellten Hauptaufgaben, der Zeitmangel und auch das Fehlen einer hinreichend genauen, großmaßstäbigen topographischen Unterlage mußten diese Aufgabe zunächst zurücktreten lassen. Gleichwohl wurden von den drei Verfassern zahlreiche morphologische Einzelbeobachtungen zusammengetragen, über die hier nur kurz berichtet werden soll, vor allem unter Herausstellung der wichtigsten Probleme. Eine detailliertere Ausarbeitung kann erst nach Fertigstellung der topographischen Karte an Hand des umfangreichen Bildmaterials, vor allem der Phototheodolitaufnahmen erfolgen.

Der gesamte Formenschatz im NW-Karakorum ist von ungeheurer Schroffheit und macht den Eindruck außerordentlicher Jugendlichkeit. Es herrscht überall die Vertikale. Dahinter treten Ebenheiten ganz zurück, ausgenommen in den tieferen Talregionen mit ihren jungen Aufschüttungsflächen.

Ein erstes Problem ist die Gesamtanlage des Talsystems mit seinen gewaltigen Durchbruchschluchten. Der Hunza-Fluß als Hauptentwässerungssader ist, von Norden nach Süden gerichtet, über den Gilgit-Fluß dem Indus tributär.

Dabei überrascht die Tatsache, daß nicht die Karakorum-Hauptkette auch die Hauptwasserscheide darstellt, sondern

der Hunza weiter nördlich im wesentlich niedrigeren östlichen Hindukusch entspringt. Nach dem kurzen Durchbruch durch die Lughar-Kette bei Khaibar und der bis Pasu anschließenden kurzen Längstalstrecke durchbricht er dann die beiden Karakorum-Ketten in zwei großen, steilflankigen und mehrere tausend Meter tiefen Durchbruchschluchten, die genau Nord-Süd und damit schräg zum Gebirgstreichen verlaufen. Beide werden zwischen Sarat und Chalt durch eine breite Längstalstrecke verbunden, die durch einen kurzen, gesteinsbedingten, engen Durchbruch zwischen Aliabad und Minapin noch einmal untergegliedert ist. Auch das große Längstal verläuft nicht parallel, sondern diagonal zwischen Karakorum-Haupt- und Rakaposhi-Kette und wird daher spitzwinklig von den Gesteinszonen gequert — eine Erscheinung, die sich auch beim Batura-Längstal jedesmal beim Abweichen vom gebirgsparallelen Verlauf wiederholt. Daraus erklärt sich beim Hunza-Längstal auch die ständige Aufeinanderfolge von Talweiterungen und -engen zwischen Chalt und Baltit.

Die ganze Erscheinung, welche der Hunza mit zahlreichen anderen Flüssen des Karakorum und vor allem des Himalaya (Indus, Tsangpo usw.) gemeinsam hat, wurde von Oldham (1893) durch rückschreitende Erosion, jedoch bereits von Medlicott (1879) und später vor allem von Oestreich (27) durch Antezedenz erklärt. Für letztere sprechen beim Hunza-Tal vor allem der gewundene Lauf mit mehrmaligem Wechsel von Längs- und Quertalstrecken sowie deren zum Gebirgstreichen zum Teil schräge Richtung (vgl. Karte 3). Die Gesamtanlage des Hunza-Flußsystems ist daher mindestens praepleistozänen Alters und die Bildung der Durchbruchstrecken gleichzeitig mit der Hauptgebirgshebung erfolgt.

Das zu dieser frühen Talanlage gehörige praepleistozäne Relief ist im NW-Karakorum außerordentlich stark verwischt und nur noch durch schlecht erhaltene hochgelegene Verebnungsflächen und andere Erscheinungen angedeutet.

So sind im Hunza-Längstal und in manchen Seitentälern in 4000—5000 m Höhe auffällige und immer wiederkehrende Gehängeverflachungen feststellbar. Von den Steilformen der Kamm- und Gipfelregion der Rakaposhi-Kette<sup>17)</sup> springen von ca. 5000 m Höhe ab flacher geneigte Käme als scharfgratige Seitentalscheiden gegen das Hunza-Tal vor. Diese Kammverflachung, die unterhalb 4000 m in die Steilhänge des Hunza-Tales übergeht, zeigt eine deutliche Zweistufung, die sich auch im Längsprofil der mit Hängegletschern erfüllten Seitentäler in Gefällknicken und flacheren Talbodenstücken äußert.

Zu dem tieferen dieser beiden Niveaus, das also rund 2000 m über der heutigen Haupttalsohle liegt, sind wahrscheinlich auch die in der Höhe ziemlich gleichen und gleichbleibenden, langgestreckten Rücken und flachen Kuppen des Buri Harar (4200), Zangia Harar (4260), Hachindar (4550) und zahlreicher anderer zu rechnen. Auffällig ist auch die Lage verschiedener wohl diluvial gestalteter Großkare in rund 4000 m Höhe sowie das keineswegs seitene Vorkommen frei ausstreichender, allerdings glazial umgeformter Hochtalböden und firnmuldenähnlicher Verflachungen über 6000 m (Bild 10).

<sup>17)</sup> Vgl. Bild 9.

Größere Ausdehnung und landschaftliche Bedeutung erlangen solche Verebnungsflächen erst nördlich des eigentlichen Karakorum in der aus dunklen Schiefen bestehenden *Lupghar-Gruppe*. Hier herrschen etwa zwischen 4500 bis 5200 m weiche gerundete, wellige Formen, stumpfe Gipfel und Hochflächenreste mit sanft eingeschnittenen breiten Hochtälern; nur die maximal bis 5930 m aufragende Gipfel- und Kammregion ist steiler und schärfer profiliert. Im ganzen also sehr ähnliche Formen, wie sie *de Terra* aus dem Aghil, dessen westliche Fortsetzung die *Lupghar-Gruppe* (vgl. Abb. 1) darstellt, beschrieben und zunächst als postkretazisch, später als jungtertiär gedeutet hat (nach *Machatschek* wohl alttertiär<sup>18</sup>).

Schon der unmittelbar südlich vorgelagerte *Shaujerab-Zug*, der die Nordflanke des *Batura-Längstales* und mit seiner Fortsetzung jenseits des *Hunza* die des *Shimshal-Tales* bildet und aus Kalkserien besteht, besitzt völlig andere Formen — bizarr, scharfkantig, steil und stark gegliedert, wie sie für Kalkhochgebirge typisch sind. Daher tritt hier die Region des ewigen Schnees gegenüber der *Lupghar-Gruppe* trotz gleicher Höhenlage flächenhaft stark zurück, weshalb auch der *Batura-Gletscher* von hier aus keinerlei Nahrung erhält (Bild 3).

Auf der Südseite des *Batura-Längstales* in der *Granodiorit-Zone* des *Karakorum-Hauptkammes* mit seiner Gipfelkette von zahlreichen kleinen und großen Siebentausendern und dazwischen kaum unter 6000 m hinabreichenden Sätteln herrschen dagegen mehr klotzige, massige, schwach gegliederte Großformen mit zu beiden Seiten steil abfallenden Flanken (Bild 5 u. 8).

Die im Gebirgsstreichen orientierte Gesteinszonierung (vgl. Teil Geologie und Karte 3) wirkt im ganzen auffallend formenbestimmend und -variierend. Wo jedoch über 4000 m Höhe Verebnungen, Kammverflachungen usw. feststellbar sind, liegt es nahe, anzunehmen, daß diese Erscheinungen, deren genaue Verbreitung und Höhenlage erst die Bildauswertung nach Fertigstellung der topographischen Karte ergeben wird, Reste eines voreiszeitlichen Reliefs darstellen. Über seine Altersstellung und Entstehungsgeschichte lassen sich jedoch auf Grund unserer Beobachtungen vorläufig keine Angaben machen.

Der Mangel großflächig ausgeprägter, alter Verebnungsflächen berechtigt zweifellos zu der Annahme, daß der heutige jugendliche Formenschatz im wesentlichen aus dem Quartär datiert. Diese Frage hängt allerdings aufs engste mit der Lösung zweier Hauptprobleme zusammen, die wieder untrennbar miteinander verknüpft sind: 1. Wie groß ist der Betrag der quartären Gebirgshebung und Talvertiefung im Karakorum? und 2. Welches Ausmaß hat die pleistozäne Vereisung im NW-Karakorum besessen?

Es ist seit langem bekannt, daß die jungen Gebirge noch in der Eiszeit eine zum Teil recht stürmische Tektonik erfahren haben. Besonders stark waren diese Bewegungen im NW-Himalaya, wo in der *Pir Panjal-Kette* nach *Dainelli* (35a), *de Terra* u. a. mit einem Hebungsbetrag

von etwa 2000 m gerechnet werden muß<sup>19</sup>). Im allgemeinen schwanken aber die Annahmen über das Ausmaß der jungen Gebirgshebung im NW-Himalaya beträchtlich. Am *Nanga Parbat* schloß *Troll* (39) aus der Höhenlage diluvialer Aufschüttungsterrassen 750 m über dem heutigen Indus auf eine mindestens diesen Betrag ausmachende diluviale Tektonik.

Auch im NW-Karakorum scheinen die Beweise für eine junge, lebhaft Hebung und Talvertiefung augenfällig zu sein. Es sind dies außer der Steilheit aller Gehänge und der Gipfelformen vor allem die zwischen oft fast senkrechten Wänden messerscharf eingeschnittenen Schluchttalstrecken und die unterhalb eines deutlichen Gehängeknickes in den Tälern fast allgemeine außerordentliche Hangversteilung, die gegen die Talsohlen hin zunimmt und nicht selten zu Hangunterschneidungen führt, oft nur durch die steilen Hangfußschuttkegel etwas gemildert. Es ist nun die Frage, wo man diesen für die diluviale und nacheiszeitliche Gebirgshebung entscheidenden Gehängeknick anzusetzen hat. Nimmt man ihn wenig unterhalb des beschriebenen 4000-m-Niveaus an, so würde das eine Talvertiefung von rd. 2000 m seit der Eiszeit bedeuten. Im Querprofil vor allem des *Hunza-Längstales* ist aber in etwa 3000 m Höhe ein weiterer deutlicher Gehängeknick mit Hangversteilung nach unten hin feststellbar, der häufig durch eine ausgeprochene Talschulter oder angedeutete Felsterrasse markiert ist. Der von hier ab V-förmige Taleinschnitt beträgt rund 1000 m (Bild 10).

*Machatschek* hält eine diluviale und postglaziale Talvertiefung von fast 2000 m im Karakorum für unwahrscheinlich<sup>20</sup>) und spricht sich auf Grund der in die heutigen Täler eingelagerten diluvialen Schotter gegen eine Überschätzung der diluvialen Hebung im Himalaya aus<sup>21</sup>). In der Tat stehen denn auch im *Hunza-Längstal* die den gesamten Talboden bis über 100 m Mächtigkeit ausfüllenden, häufig zweistufig terrassierten diluvialen Schuttmassen (= allgemeine Siedlungsterrasse<sup>22</sup>) und die allerdings nur gelegentlich bis ca. 300 m über der Talsohle vorkommenden Reste von mindestens zwei weiteren Diluvialterrassen (Terrassen von *Miachar* und *Atabad*) in offensichtlichem Widerspruch zu dem geschilderten Erscheinungsbild einer starken diluvialen Gebirgshebung und Taleintiefung. Diese Terrassen bestehen nämlich nur zum geringsten Teil aus Flußschottern, vielmehr ganz überwiegend aus sehr unterschiedlichem, eckigem, bisweilen geschichtetem und meist verbackenem Gesteinschutt oder verkitteten Blockpackungen. Sie dürf-

<sup>19</sup>) Vgl. *Troll* (39) mit ausführlicher Literatur.

<sup>20</sup>) Lit. (22) Bd. I, 287.

<sup>21</sup>) Lit. (22) Bd. II, 43.

<sup>22</sup>) Vgl. Bild 4, 9 u. 10.

<sup>18</sup>) Lit. (22), Bd. I, 286.

ten daher nur durch eine mächtige diluviale Talverschüttung, wie sie auch das Bola Das-Tal zeigt, und im Gefolge einer ruckweisen Gebirgshebung durch eine entsprechend terrassierende Ausräumung zu erklären sein. Das würde aber voraussetzen, daß zur Zeit der Talverschüttung bereits die heutige Taltiefe vorhanden gewesen wäre.

Daß die heutige Taltiefe zumindest schon im Spätdiluvium annähernd erreicht gewesen sein muß, beweisen die zahlreichen Moränenwälle<sup>23)</sup>, welche sich im Längstal vor vielen Seitentaleinmündungen der Talterrasse aufgelagert finden, die tiefsten bei Chalt in 2000 m Höhe. Es sind die spät- bis postglazialen Endmoränen der bis ins Längstal vorgestoßenen Seitentalgletscher. In ganz ähnlicher Situation fand *Dainelli* die Endmoränen zahlreicher kleiner Seitentalgletscher an den Ausgängen ins mittlere und obere Shyok-Tal und schrieb sie seiner „vierten“ Vergletscherung zu, d. h. dem ersten großen Postglazialstadium. Im Hunza-Tal haben sie zum Teil den Fluß zeitweilig aufgestaut, wie Seeablagerungen auf der

breiten Talterrasse beweisen (z. B. vor der Hasanabad-Talmündung).

Aus der gleichen Zeit dürften auch die mächtigen terrassierten Seeablagerungen (feingeschichtete Feinsande und Tone mit warvenähnlicher Jahresbänderung) im Becken von Saret stammen<sup>24)</sup>, die sich durch das ganze Durchbruchstal bis ins Becken von Pasu hinauf verfolgen lassen. Da sie vor der heute noch bis ins Haupttal reichenden Zunge des Ghulkin-Gletschers von rezenter Endmoräne überlagert und gestaucht sind, ist anzunehmen, daß es sich um eine postglaziale Bildung handelt. Sie wurde verursacht durch einen Bergsturz unmittelbar unterhalb von Saret, bis wohin im Spätdiluvium ein von der Nordseite des Karakorum-Hauptkammes kommender großer vereiniger Talgletscher seine mächtige, die heutige Talsohle fast 300 m überragende Endmoräne vorschob. An derselben Stelle staute um 1850 ein Bergsturz 6 Monate lang einen bis Gulmit hinaufreichenden See auf, der eine 6 m mächtige Tonfüllung im Becken von Saret zurückließ (Abb. 3).

<sup>23)</sup> Siehe Bild 4, 7 u. 9.

<sup>24)</sup> Vgl. Abb. 3.

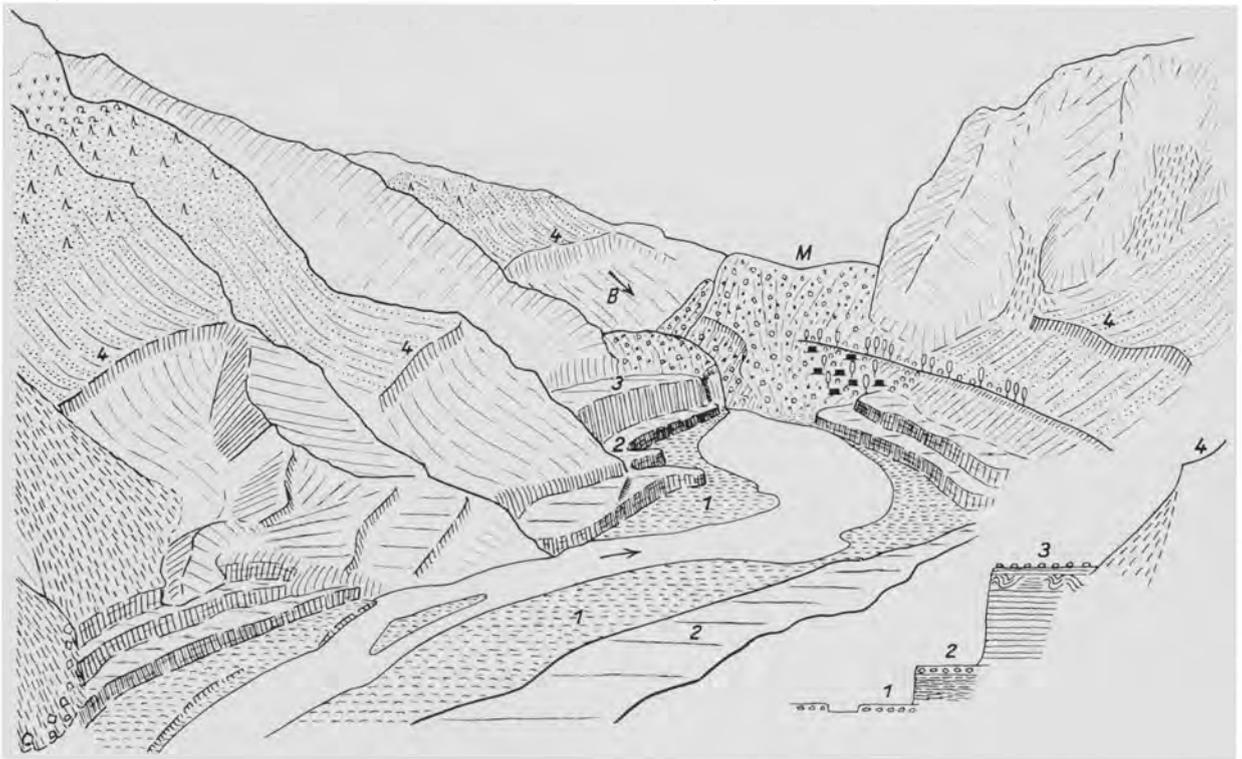


Abb. 3: Das Becken von Saret Hunza-abwärts gegen W (Zeichnung KH. Paffen)

M = späteiszeitliche Endmoräne des vereinigen Nordseiten-Gletschers; B = Stelle des Bergsturzes der 1850er Jahre u. wahrscheinlich auch früherer Bergstürze, welche das Becken zeitweilig abriegelten; 1 junge Schotterauflagerung, 2 ca. 6 m mächtige, ungeschichtete Seetonfüllung des vorigen Jhs. mit dünner Schotterauflagerung, 3 um 20 m mächtige warvenähnliche Feinsand-Tonschichtung mit stellenweiser Schlierenzone im ob. Teil und dünner Grünsandaufflagerung; 4 letztzeitliche Schliftgrenze mit trogschulterähnlicher Verflachung. Punktiert Artemisia-Steppe, im oberen Teil mit Baumwacholder, darüber Birken und Weiden.

Wenn auch in der letzten Eiszeit sicherlich kein durchgehender Gletscher das Hunza-Längstal erfüllt hat, so sprechen doch gewisse Trogtalformen<sup>25)</sup> und vor allem die zahlreichen, zum Teil über eine hohe Talstufe, meist jedoch durch eine tiefe Klamm einmündenden Seitentäler insbesondere der Nordflanke für eine glaziale Überbetiefung des Längstales. Denn daß die Vergletscherung des Hunza-Karakorum während des Diluviums zeitweilig recht beträchtlich gewesen sein muß, beweisen u. a. Granitblöcke in 4000 m Höhe auf dem Kalkrücken des Shanoz, 800 m über der heutigen Oberfläche des Batura-Gletschers, hoch über dem unteren Batura- und Pasu-Gletscher gelegene Transfluenztäler und überschiffene Kuppen, das häufige Auftreten von Erdpyramiden in diluvialen Moränen mehrere hundert Meter hoch über dem heutigen Gletscher- und Talniveau und schließlich die zahlreichen um 4000 m gelegenen großen diluvialen Kare (Bild 10).

Auf Grund der letzteren Tatsache wäre bei der heutigen mittleren Schneegrenzhöhe um 5000 m mit einer eiszeitlichen Schneegrenzerniedrigung von rd. 1000 m zu rechnen<sup>26)</sup>, unter der Voraussetzung, daß seit der Karbildung keine nennenswerten tektonischen Bewegungen stattgefunden haben. Das stimmt sehr gut mit den Beobachtungen *Dainellis* überein, der für das ganze Kaschmir-Gebiet eine Durchschnittslage der jungeiszeitlichen Schneegrenze um 3800 m angibt. Würde man hingegen für den Hunza-Karakorum stärkere jung- und nacheiszeitliche Hebungen annehmen, so müßte man mit einer bedeutend größeren späteiszeitlichen Schneegrenzdepression rechnen, was aber schwer vorstellbar ist.

So scheint also vieles dafür zu sprechen, daß seit der Jungeszeit keine größeren Hebungen im Hunza-Karakorum stattgefunden haben, sondern die seitdem eingetretene Talvertiefung kaum mehr als 100 m ausmachen dürfte, um welchen Betrag der Hunza-Fluß sich canyonartig in die diluviale Talausfüllung bis auf den anstehenden Fels eingeschnitten hat. Demnach bliebe für die doch offensichtlich starke, junge Gebirgshebung im NW-Karakorum nur das Früh- und Hochdiluvium.

Wenn wir auch heute noch weitgehend im unklaren sind über die Formenentwicklung im Hunza-Karakorum, so ist hier doch eine Fülle von Erscheinungen gegeben, deren eingehendes Studium zweifellos zu greifbaren und vor allem für die Diluvialgeschichte des NW-Karakorum und -Himalaya grundsätzlichen Ergebnissen füh-

ren dürfte, zumal hier die Verknüpfung mit den Ergebnissen der Eiszeitforschung im Indus-Tal und am Nanga Parbat möglich ist.

#### 6. Die glaziologischen Arbeiten im Hunza-Karakorum und am Nanga Parbat (W. Pillewizer)

In enger Verbindung mit der photogrammetrischen Geländeaufnahme führte ich Untersuchungen an den Gletschern des Arbeitsgebietes durch, die folgendermaßen geplant waren:

1. Kartenaufnahme der wichtigsten Gletscher und ihres Vorlandes,
2. Gletschergeschwindigkeitsmessungen nach der photogrammetrischen Methode<sup>27)</sup> in möglichst vielen Profilen,
3. Ablationsmessungen nach der Pegelmethode.

Damit sollte Einblick in den gegenwärtigen Zustand der Vergletscherung gewonnen werden, wobei vor allem die Frage der Entstehung und Erhaltung der großen Karakorum-Gletscher interessierte.

Die Kartenaufnahme der Gletscher erfolgte im Zusammenhang mit der allgemeinen Kartierung des Arbeitsgebietes. Nach Fertigstellung der Übersichtskarte wird es möglich sein, die Größe des vergletscherten Areals festzustellen. Nach *Pb. C. Visser* (43b) sind im Hunza-Karakorum 36% der Gebirgsfläche vergletschert (Alpen ca. 2%); doch dürfte diese Angabe wohl meist auf Schätzungen beruhen. Wichtige Gletscher, wie der Shispar-Gletscher auf der Südseite oder der Batura-Gletscher auf der Nordseite der Hauptkette sollen außerdem in einem größeren Maßstab als 1:100000 dargestellt werden.

Die Höhenlage der Firnlinie konnte an den Gletschern nicht direkt beobachtet werden, da die Untersuchungen zu früh im Sommer vorgenommen wurden, um die höchste Lage dieser Linie erfassen zu können, und außerdem die ungewöhnlich reichlichen Niederschläge des Sommers 1954 die temporäre Schneegrenze tiefer hielten als 1925. Damals fand *Visser* für die Südseite des Gebirges die Höhe der Schneegrenze bei 5200 m und für die Nordseite bei 4900 m. Es dürfte jedoch möglich sein, nach Vorliegen der Expeditionskarte Aussagen über die Höhe der Schneegrenze an Hand eben noch oder gerade nicht mehr vergletscherteter Gipfel zu machen, wie dies *R. Finsterwalder* (10) für die Nanga Parbat-Gruppe mit Erfolg getan hat.

Die Gletschertypen.

Die untersuchten Gletscher gehören mit wenigen Ausnahmen zum Firnkesseltyp oder zum La-

<sup>25)</sup> Siehe Bild 4 u. 10.

<sup>26)</sup> Vgl. hierzu *Machatschek* (21).

<sup>27)</sup> Vgl. *Finsterwalder* (9).

winen-Vergletscherungstyp (nach *Visser*), letzterer nach *v. Klebelsberg* (18) auch firnfeldloser Typ genannt. Der Firnmulden- oder alpine Typ tritt nur ganz im Westen im Einzugsbereich des Kukuar-Gletschers auf. Formenmäßig unterscheidet sich dieses Gebiet, in dem weite Firnmulden dem Gebirge einen fast westalpinen Charakter verleihen, deutlich vom übrigen Arbeitsgebiet, in dem im allgemeinen ungegliederte Steilflanken von mehreren tausend Metern Höhe von den Kämmen zu den Tälern abstürzen. Aus diesem Formengegensatz heraus kann mit Recht die Westgrenze des Karakorum-Gebirges am Kukuar-Gletscher angenommen werden.

Die vom Hauptkamm nach Süden abströmenden großen Gletscher, also der Baltar-Gletscher mit seinen beiden Armen, der Mutschual- und der Shispar-Gletscher, gehören ebenso wie die vielen meist namenlosen kleinen Gletscher der Südseite zum firnfeldlosen Lawinengletschertyp. Die großen Gletscher der Nordseite, der Ghulkin-, Pasu- und Batura-Gletscher, zählen zum Firnkesseltyp. Die Gletscher der Rakaposhi-Nordflanke, die bei der Kartenaufnahme mit erfaßt wurden, ohne daß an ihnen nähere Untersuchungen vorgenommen werden konnten, können am ehesten noch dem Firnkessel- und auch dem Firnmuldentyp zugerechnet werden (siehe Bild 9).

Die firnfeldlosen Lawinengletscher: Die engen Tröge der Südtäler reichen ohne wesentliche Stufung zurück bis an den Hauptkamm, wo sie in großartigen Zirkustalschlüssen endigen, die aus unnahbaren, von Eisrinnen durchfurchten Felswänden bestehen. Der gesamte Eiskörper der Gletscher liegt im Zehrgebiet; denn die flachen Gletscherböden der Talschlüsse liegen nicht wesentlich über 4000 m Höhe, während die Schneegrenze für die Südseite nach *Visser* (43b) bei 5200 m anzusetzen ist. Nur Lawinen und vereinzelte sehr steile Hängegletscher ernähren die Gletscher, weshalb sie vom Talschluß bis zum Zungenende fast völlig von Schutt bedeckt sind.

Es ist eine auffallende Tatsache, daß die Lawinengletscher der Südseite innerhalb der letzten Jahrzehnte einen außerordentlich starken Rückgang zu verzeichnen hatten, während die Firnkesseltypen der Nordseite in derselben Zeit nur sehr wenig oder gar nicht zurückgegangen sind.

Auf Blatt Baltit der Quarter Inch Map, dessen Darstellung des Kukuar- und Baltar-Gletschers aus der „Hunzavalley and Taghdumbash Pamir map“ von 1915 stammt, reichen diese beiden Gletscher noch vereinigt mehrere Kilometer weiter talaus als heute. Wenn auch die Darstellung der inneren Gletschertäler völlig unrichtig ist, so kann doch angenommen werden, daß die Kartierung des Zungenendes eines großen Talgletschers, der in Sichtweite von Dauersiedlungen lag, einigermaßen zuverlässig war. Heute

erfüllen nur noch Moränenmassen, durchsetzt von Toteisresten, das Haupttal. Der Kukuar-Gletscher endet mit seiner in starker Auflösung begriffenen Zunge bei Toltar. Von ihm hat sich der Baltar-Gletscher getrennt, der sich noch mehrere Kilometer weiter in sein Tal zurückgezogen hat. Die genauen Maße des Rückgangs aller untersuchten Gletscher werden erst bei der Konstruktion der Expeditionskarte ermittelt werden können.

Ebenso bedeutend ist der Rückgang der Gletscher des Hasanabad-Tales. Der früher aus der Vereinigung von Mutschual- und Shispar-Gletscher gebildete Hasanabad-Gletscher, von dem bisher nur das Zungenende bekannt war, wurde von *Visser* noch 1925 ca. 2 km oberhalb der Brücke des Hauptweges über den Hasanabad-Fluß beobachtet und kartiert. In den seither vergangenen 29 Jahren ist der Hasanabad-Gletscher verschwunden, sein westlicher Ursprungsarm endigt nunmehr unter dem Namen Mutschual-Gletscher ca. 7 km oberhalb des Gletscherendes von 1925 und der östliche Arm hat sich nach einem Rückzug um ca. 4,5 km als Shispar-Gletscher selbständig gemacht. Vom Hasanabad-Gletscher, dessen Wasser einst auf die Fluren von Aliabad geleitet wurde, liegen auch aus früherer Zeit Nachrichten über Schwankungen großen Ausmaßes vor. So muß nach den Angaben eines indischen Surveyors das Zungenende 1889 schon über 9 km von der Brücke entfernt gelegen sein, also mindestens so weit zurück wie heute. 1893 wurde das Gletscherende durch einen anderen indischen Surveyor nur 3,4 km von der Brücke entfernt beobachtet, also ein Vorrücken um fast 6 km in 4 Jahren. Der Vorstoß ging weiter bis 1906, als der Geologe *H. H. Hayden* das Zungenende 1825 m von der Brücke entfernt kartierte und mehrere Meßmarken im Gletschervorfeld anlegte, die bis jetzt erhalten geblieben sind. Bei diesem Vorstoß wurde auch der Bewässerungskanal von Aliabad überfahren und zerstört. Mindestens bis 1925 blieb der Gletscher in ungefähr derselben Lage; *Visser* bemerkte allerdings schon starke Verfallserscheinungen des Zungenendes.

Bild 3: Hunza-Tal unterhalb Pasu gegen Ghujerab-Gruppe im Norden

Im Hintergrund die scharfgratigen Ketten (über 6 000 m) aus Trias-Jura-Kalkserie des ‚Tethys-Karakorum‘; im Mittelgrund die niedrigen weichen Formen der ‚Pasu-Schieferserie‘ (Zone Va) mit diluvialen Transfluenztal; im Vordergrund rechts dunkler Felspeiler aus Granodiorit (Zone IV).

Bild 4: Hunza-Längstal gegen W mit Talweitung von Baltit

angelegt in altkristallinen Schiefen (Zone III); die über 100 m mächtige Talverschüttungsterrasse mit canyonartig eingeschnittenem Hunza und Terrassenfluren von Baltit-Aliabad (Hunza) rechts, u. der Nagar-Seite links; dort im Vordergrund (heller Hügel) Seitental-Endmoräne; im Kammprofil rechts die charakteristischen Verflachungen und Gehängeknickbe bei ca. 4 000 m (Mitte) u. 3 000 m (unten) mit anschließendem V-Taleinschnitt.

Bild 5: Shispar-Talschluß mit Karakorum-Hauptkamm (Granodiorit, 7 500 m Gipfelhöhe); die 3 000—4 000 m hohen Lawinenflanken ernähren die mäßig schuttbedeckte Zunge des Shispar-Gletschers; ca 100 m darüber (rechts) diluviale Aufschüttungsterrasse. Aufn. *H. J. Schneider*

Bild 6: Firnkessel am oberen Batura-Gletscher links Granodioritmasse des Hauptkammes, rechts Schiefer- und Kalkserien des ‚Tethys-Karakorum‘.

Aufn. *K. Heckler*



Diese enormen Schwankungen sind verständlich, wenn man sich vor Augen hält, daß es sich dabei um firnfeldlose Gletscher handelt, die nur von Lawinen ernährt werden. Läßt die Lawinentätigkeit in den Einzugsgebieten nach, so wird die Gletscherzunge sehr rasch von der Ablation aufgezehrt, und der Gletscher zieht sich in wenigen Jahren um Kilometer zurück. Es fehlen hier eben die Firngebiete, in denen sich die Niederschläge vieler Jahrzehnte ansammeln, und aus denen ein dauernder Nachschub in die Zehrgebiete strömt, auch wenn die Niederschläge nachlassen.

Die Steilhänge der Lawingletschertäler erlauben keine Ansammlung größerer Firmengen; der gefallene Schnee geht immer sofort in Form von Lawinen auf die flachen Gletscherzungen ab. Die firnfeldlosen Lawingletscher sind deshalb sehr empfindlich für alle klimatischen Veränderungen.

So konnte ich am Mutschal-Gletscher, wie unten näher ausgeführt wird, feststellen, daß er gegenwärtig wieder im Vorgehen begriffen ist, nachdem er sich am weitesten von allen beobachteten Gletschern zurückgezogen hatte. Anscheinend reagiert er besonders empfindlich auf Klimaschwankungen.

Sein Vorstoß um über 7 km von 1889 bis 1906 entspricht dem Vorgehen der Alpengletscher um die Jahrhundertwende, und sein Rückzug nach 1925 ordnet sich dem weltweiten Gletscherrückgang der letzten Jahrzehnte ein. Vielleicht kann sein neuerliches Vorgehen als Anzeichen für ein allgemeineres Aufhören des Gletscherrückganges gelten, worauf auch meine Beobachtungen am Rakhiot-Gletscher des Nanga Parbat hindeuten (s. S. 21).

**Die Firnkesselgletscher:** Auch dieser Gletschertyp ist durch das Steilrelief der Karakorum-Täler geprägt. Ähnlich wie beim Lawinentyp liegen langgestreckte Zungen in der Tiefe der Trogtäler, die von den Steilhängen des Zirkusschlusses umrahmt werden. Diese Steilhänge sind jedoch weitgehend mit Firn verkleidet (Bild 6), bilden ein den alpinen Firnmulden vergleichbares Nährgebiet und sorgen für dauernden Eisnachschub in die Zehrgebiete. Auch hier stürzen zwar Lawinen über die Steilhänge ab; sie berühren aber selten den Fels und bringen deshalb längst nicht so viel Schutt auf die Gletscherzungen, die deshalb bedeutend weniger schuttverhüllt sind als jene der Lawingletscher.

Die starke Firnverkleidung der Hänge des Einzugsgebietes dürfte zwei Ursachen haben: Einmal sind diese Hänge meist nicht so steil wie bei den Südgletschern; ja manche vom Hauptkamm zum Batura-Gletscher absteigenden Seitengletscher entströmen firnmuldenähnlichen Verflachungen in 6000—7000 m Höhe, so daß hier gelegentlich Mischtypen zwischen Firnkessel- und Firnmuldengletschern entstehen. Die andere Ursache dürfte eine klimatische sein: Die schneebbringenden Südwest- und Westwinde der Höhen-

zone laden den Niederschlag wahrscheinlich hauptsächlich im Lee des Hauptkammes, also auf der Nordostseite des Gebirges ab, wo ja auch die Schneegrenze um mehrere hundert Meter tiefer liegt als auf der Südseite.

Das Vorhandensein eines richtigen Firngebietes verhinderte bei den großen Gletschern der Nordseite weitgehend den Rückgang, der die Lawingletscher der Südseite so stark betraf.

Der Ghulkin-Gletscher hat sich anscheinend überhaupt nicht zurückgezogen; er dürfte seit längerer Zeit stationär sein. Seine Zunge ist nur im unteren Teil schuttverhüllt, wo sie tief unter der Schneegrenze von felsigen Steilhängen überragt wird.

Der Pasu-Gletscher ist der einzige fast völlig schuttlose Gletscher des Arbeitsgebietes, wohl eine Folge der Lage seiner Zunge in einer Schieferzone, die keine hohen Felsabhängen ausbildet. Er ist seit dem Besuch *Visser's* im Jahre 1925 um ca. 1 km zurückgewichen; doch dieser Rückgang ist in seinen Ausmaßen nicht mit jenen der Südgletscher zu vergleichen.

Dasselbe gilt für den Batura-Gletscher, dessen Zungenende wie schon vor Jahrzehnten bis zum Hunza-Fluß reicht, wenn auch das Gletschertor sich um etwa 300 m vom Fluß zurückgezogen hat. Im Bereich seines 58 km langen Laufes vereinigt der Batura-Gletscher verschiedene Gletschertypen: Als Ganzes ist er als Firnkesselgletscher anzusprechen; doch ist einer seiner nördlichen Zuflüsse, der Gletscher von Lupdur, ein ausgesprochener Lawingletscher, und selbst Firnmulden treten in den höchsten Lagen des Hauptkammes auf. Die Schuttbedeckung des 2—3 km breiten Gletschers entspricht dieser Zusammensetzung aus verschiedenen Komponenten; besonders charakteristisch sind lange Blankeisstreifen mit Druckwülsten, die sich als Ausläufer von Firnkesselseitengletschern viele Kilometer lang in der sonst schuttbedeckten Zunge verfolgen lassen (Bild 8).

Trotz der geschilderten Zusammensetzung des Batura-Gletschers konnte ich dort keine Gletscherüberschiebungen beobachten, wie sie *Visser* vielfach von den großen Karakorum-Gletschern beschrieben hat. Die einzelnen Teilströme des Batura-Gletschers liegen, wie dies Bild 8 deutlich zeigt, nebeneinander. Das große

Bild 7: Becken von Chalt gegen Hunza-Längstal (E)

Im Vordergrund der zerschnittene Schwemmfächer des von links einmündenden Chaprot- und Bola Das-Tales mit Flur und mehreren Siedlungskernen von Chalt; mitten darin als Umlaufberg erhaltener Endmoränen-Rest der Seitental-Gletscher; rechts Rakaposhi-Nordabdachung (= aufgeboGENER Südrand der Schieferzone), links die weichen Formen der südvergenten Schiefer (Zone II) mit von riesigen, zerfurchten Schuttfächern verkleideten Hängen.

Meßaufn. W. Pillewizer

Bild 8: Batura-Gletscher von Lupdur abwärts gegen Osten

Blankeisstreifen mit Druckwülsten als Ausläufern von Seitengletschern im schuttverhüllten 2,5 km breiten Hauptstrom; links zwischen Berghang der Kalkgipfel („Tethys-Karakorum“) und Ufermoräne Eisrandtal; im Vordergrund links „Pasu-Schieferserie“, die Batura-abwärts das Tal queren und im Hintergrund (etwa Schneegrenze) unter den nordvergenten Granodioriten des Hauptkammes untertauchen.

Meßaufn. W. Pillewizer



Längstal am Nordrand der Hauptkette bietet eben genügend Platz für die Gletscherentwicklung und gestattet sogar noch die Ausbildung stellenweise recht breiter Eisrandtäler, auf die unten noch näher eingegangen wird. Auch an den anderen von uns besuchten Gletschern wurde das Phänomen der Gletscherüberschiebung nicht beobachtet.

Eine andere, für die Karakorum-Gletscher charakteristische Erscheinung, nämlich die der Firnpyramiden und der Firneisséracs, hatte ich im Batura-Gebiet anzutreffen gehofft. Sie wurde nämlich von *Visser* (43b), *Mason* (23), *Desio* (5) und anderen hauptsächlich von den Gletschern beschrieben, die vom Karakorum-Hauptkamm nach Norden abströmen, so z. B. von den Gletschern des Shaksgam-Tales oder von jenen des Shimshal-Tales, die dieselbe Lage haben wie die vom Hauptkamm kommenden Zuflüsse des Batura-Gletschers<sup>28)</sup>.

Auf der Oberfläche des Batura-Hauptstroms waren jedoch nirgendwo solche Firnpyramiden oder -Séracs zu sehen, was wohl damit zusammenhängt, daß hier keine Gletscherüberschiebungen vorkommen. Wären die oben erwähnten Blankeis-Ausläufer der Seitengletscher auf den Hauptstrom aufgeschoben, statt in ihn eingelagert, so würden auch hier wahrscheinlich Firneisséracs entstanden sein; denn für deren Bildung auf der Oberfläche eines Talgletschers scheint die Überschiebung einer Firneismasse über den Hauptgletscher erforderlich zu sein. Tatsächlich sind nun solche zur Sérac-Bildung neigenden Firneismassen auch im Batura-Gebiet vorhanden. Die Bergsteigergruppe der Expedition kam bei ihrem Anstieg über den zur höchsten Gruppe des Batura Mustaghs führenden Seitengletscher nach Überwindung eines ungeheuren Eisbruches durch eine Zone 10 bis 15 m hoher Séracs, die aus Firneis bestanden, und die ganz jenen von *Visser* beschriebenen Formen entsprachen. Infolge der Steilheit und der raschen Bewegung des Seitengletschers (vermutlich mehrere Meter Tagesgeschwindigkeit) stürzen jedoch die Séracs im unteren Teil des Eisbruches um. Zu einer Neubildung kommt es dann in dem flachen, 15 km lang auslaufenden Blankeisstreifen dieses Gletschers nicht mehr, da er in den Batura-Hauptstrom eingelagert ist. Jedenfalls deutet das Vorhandensein von Firneisséracs im Batura-Gebiet darauf hin, daß auch im NW-Karakorum die Verhältnisse der Strahlungsablation herrschen, wie sie für subtropische Hochgebirge charakteristisch sind<sup>29)</sup>.

<sup>28)</sup> Zusammenfassend und vergleichend mit anderen subtropischen Hochgebirgen vgl. *Troll* (41).

<sup>29)</sup> Vgl. hierzu Kap. Klima sowie *Troll* (41).

## Bewegungs- und Ablationsmessungen:

Photogrammetrische Geschwindigkeitsmessungen wurden an folgenden Gletschern vorgenommen, wobei derselbe Phototheodolit verwendet wurde wie bei der Kartenaufnahme (vgl. Karte 1):

Bezeichnung des Gletschers	Anzahl der Profile	Wiederholungsmessungen
Nördl. Baltar-Gletscher	2	1
Ostl. Baltar-Gletscher	2	1
Mutschual-Gletscher	2	1
Shispar-Gletscher	3	5
Ghulkin-Gletscher	1	1
Pasu-Gletscher	1	3
Batura-Gletscher	10	3
Rakhiot-Gletscher	5	1
	26	

Bisher wurden erst einige wenige Geschwindigkeitsprofile am Stereokomparator ausgemessen, da eigentlich die topographische Karte vorliegen sollte, bevor dies geschieht. Immerhin konnten jedoch an einigen typischen Gletschern die Bewegungsverhältnisse jetzt schon ermittelt werden:

**Mutschual-Gletscher:** Beim ersten Besuch dieses Gletschers wurde an der Form der stark gewölbten Zunge, von der dauernd Felsblöcke und Eistürme abstürzten, erkannt, daß sich dieser Lawingletscher im Vorgehen befindet, im Gegensatz zum benachbarten Shispar-Gletscher, der typische Rückgangerscheinungen zeigt. Am Zungenende wurde eine Geschwindigkeitsmessung angelegt und nach einem Monat wiederholt. In diesem Monat schob sich das Gletscherende um 11 m über sein Vorland vor, d. h. im Tag um 35 cm. Die Geschwindigkeit des Gletschers wurde oben auf der Wölbung der Zunge, also unmittelbar über der steilen Gletscherstirn, zu ca. 60 cm im Tag bestimmt. Diese Bewegung kommt aber dem Vorrücken des Gletschers über sein Vorland nicht als Ganzes zugute, da die Ablation entgegenwirkt, die von dem Vorrücken um 60 cm täglich 25 cm aufzehrt.

**Ghulkin-Gletscher:** Da dieser Gletscher anscheinend stationär ist, wurde auch sein Bewegungsprofil ausgemessen. Unmittelbar unterhalb des Zungenendes leiten alte Bewässerungsgräben das Gletscherwasser auf die Fluren von Seson. Dies ist ein sicherer Beweis dafür, daß der Gletscher schon seit längerer Zeit in derselben Lage verharrt; denn wäre er vorgegangen, so hätte er die Kanäle zerstört, und wäre er zurückgewichen, so würden die Kanäle nicht die jetzige Lage zum Gletscherende haben.

Das Profil liegt etwa 2 km oberhalb der Gletscherstirn, seine Laufzeit beträgt 22 Tage. Solch lange Laufzeiten sind bei den blockbedeckten Karakorum-Gletschern durchaus möglich, da die zahlreichen Blöcke sichere Meßpunkte abgeben, die durch die Ablation nicht verändert werden. In der Mitte erreicht der Gletscher eine Tagesgeschwindigkeit von 40 cm, was anscheinend ausreicht, um der Ablation am Zungenende gerade die Waage zu halten.

**Batura-Gletscher:** Es wurde das Profil Nr. 5, welches 20 km vom Gletscherende entfernt liegt, ausgemessen. Der bewegte Eisstrom ist dort ca. 2200 m breit; zwei Drittel sind schuttbedeckt, ein Drittel ist schutfrei als Ausläufer eines großen Seitengletschers, der vom Hauptkamm kommt. In schmalen Randzonen von etwa 200 m Breite steigt die Bewegung rasch auf 40 cm im Tag an und bleibt dann im 1800 m breiten Mittelteil durchwegs auf 50 bis 60 cm im Tag. Ob man aus dieser Geschwindigkeitsverteilung schließen kann, daß der Batura-Gletscher Blockbewegung be-

sitzt, wird sich erst nach Ausmessung der anderen 9 Profile dieses Gletschers entscheiden lassen, die in Abständen von je 4 km angelegt wurden. Aus ihnen können Rückschlüsse auf Mechanik und Eishaushalt dieses Gletschers gezogen werden.

Es ist zu hoffen, daß wir durch diese Messungen auch Einblick in die Bildungsbedingungen der Ablationstäler erhalten werden, die den Batura-Gletscher auf 30 km Länge begleiten. Ihre Entstehung nur durch Rückschmelzung vom erwärmten Berghang, wie von *K. Oestreich* (28) und *Ph. C. Visser* (43b) angenommen wurde, erscheint bei dem girlandenförmigen Verlauf dieser Eisrand-Täler und -Schluchten nicht sehr wahrscheinlich. Es dürften hierbei auch gletschermechanische Ursachen beteiligt sein, die vermutlich aus den zahlreichen Bewegungsprofilen erkannt werden können. Neben dieser Art von Eisrandtälern gibt es, vor allem an den Lawinengletschern der Südseite, auch richtige tiefe Ablationsschluchten zwischen Gletscherzunge und Berghang, die sicherlich nur durch Rückschmelzung vom erwärmten Hang entstanden sind.

Um Eishaushaltsuntersuchungen anstellen zu können, wurden am Batura-Gletscher auch direkte Ablationsmessungen ausgeführt. Zu diesem Zweck wurden mit einem Eisbohrer etwa 1 m tiefe Löcher ins Blankeis des Gletschers gebohrt und darin Pegelstangen versenkt, deren Ausschmelzen gemessen wurde. Solche Messungen wurden am Batura-Gletscher vorgenommen, da dieser Gletscher entsprechende Blankeispartien auf seiner ganzen Länge aufweist. Die schuttbedeckten Lawinengletscher der Südseite sind für solche Messungen nicht geeignet, aber auch an ihnen wird die Ausmessung der Topoplatten Ablationsbestimmungen zulassen, da aus den Geschwindigkeitsaufnahmen nicht nur die Horizontalparallaxen der Gletscherbewegung, sondern auch die Vertikalparallaxen des Einsinkens der Eisoberfläche durch die Ablation vor allem in der Umgebung von Gletschertischen bestimmt werden können.

Es ist zu hoffen, daß sich aus den Bewegungs- und Ablationsmessungen an den Lawinengletschern der Südseite und an den Firnkesselgletschern der Nordseite Hinweise auf deren Eishaushalt ergeben werden. Sie würden nicht nur von Bedeutung sein für das Verständnis der gegenwärtigen Vergletscherung, sondern sie würden auch Licht werfen auf die eiszeitlichen Vergletscherungsverhältnisse.

Die Lawinengletscher der Südseite erreichten in der letzten Eiszeit wahrscheinlich gerade noch das Hunza-Tal, ohne im Haupttal längere Gletscherzungen zu bilden; der Hasanabad-Gletscher war damals nur um 4 bis 5 km länger als im Jahre 1925; der letzteiszeitliche Vorstoß entspricht in seiner Größenordnung durchaus den rezenten Schwankungen dieses Gletschers. Für die Nordseite scheint

es hingegen sicher, daß Batura-, Pasu- und Ghulkin-Gletscher vereinigt einen großen Gletscher im Hunza-Tal bildeten, der das Haupttal 25 km weit erfüllte und dessen Endmoränen das Becken von Saret abriegelten<sup>30)</sup>.

Auch in diesen Beobachtungen wird der Gegensatz zwischen firnfeldlosen und Firnkesselgletschern sichtbar: Die eiszeitliche Senkung der Schneegrenze erlangte wegen der Steilheit des Einzugsgebietes für die firnfeldlosen Gletscher nur geringe Bedeutung, solange diese Grenze im Bereich der Lawinenflanken verblieb — und das war selbst bei einer Senkung um 1000 m noch der Fall. Erst wenn die flachen Gletscherböden in der Tiefe der Talschlüsse über die Schneegrenze zu liegen kamen, konnten die eiszeitlichen Gletscher stärker anwachsen. Ob dies aber eintrat, erscheint nach Beobachtungen im Shispar-Talschluß fraglich; denn dort wurden Beweise dafür gefunden, daß die eiszeitliche Gletscheroberfläche nur um vielleicht 100 m über der heutigen lag. Bei den Firnkesselgletschern der Nordseite mußte sich die Senkung der Schneegrenze viel stärker auswirken, kamen doch damit große, flacher geneigte Hangpartien in den Nährbereich, abgesehen davon, daß hier auch die Gletscherböden der Talschlüsse höher liegen als bei den Gletschern der Südseite.

#### Der Rakhiot-Gletscher am Nanga Parbat

Die Kartenaufnahme von 1954 ergab folgendes Bild (vgl. Abb. 2): Der Rakhiot-Gletscher hat sich seit 1934 um ca. 450 m zurückgezogen (gerechnet vom Gletschertor des Jahres 1934 bis zu jenem von 1954). Mit Ausnahme der untersten 1,5 km ist der Gletscher jedoch nicht eingesunken; er hat mindestens dieselbe Höhenlage wie 1934. Dies gilt auch für den Großen Eisbruch zwischen 4100 und 5100 m Höhe. Nur ein Seitenarm des Rakhiot-Gletschers, der vom Westlichen Chongra Peak kommt, zeigt auch in höheren Lagen Rückgangerscheinungen.

Die Bewegung des Gletschers wurde in 5 Profilen gemessen, deren obere 4 mit den Profilen *R. Finsterwalders* (10) von 1934 übereinstimmen. Sie erfassen den Gletscher zwischen 3700 und 4400 m Höhe und wurden, da für die Gesamtarbeiten nicht mehr als 4 Tage zur Verfügung standen, nur einmal wiederholt. In den Profilen 1—4 wurde übereinstimmend eine im Durchschnitt um 30 % raschere Bewegung des Gletschers festgestellt als 1934. Die größte Geschwindigkeit wird im Großen Eisbruch mit 2,45 m/Tag erreicht, wobei die Tagesbewegung nur 40 m vom Gletscherand entfernt bereits 1,90 m beträgt.

Der Rakhiot-Gletscher besaß also 1954 dieselbe Blockbewegung, wie sie von *R. Finsterwalder* 1934 festgestellt wurde. Die erhöhte Geschwindigkeit gegenüber 1934 vermag eine Erklärung dafür zu geben, daß der Gletscher, abgesehen vom Zungenende, nicht eingesunken ist,

<sup>30)</sup> Vgl. oben S. 14 und Abb. 3.

obwohl er zweifellos zurückgeht, wie die Verkürzung um 450 m seit 1934 zeigt. Es hat den Anschein, als ob ein bedeutender Eisverlust der letzten 20 Jahre, der sich früher auch durch ein Einsinken höherer Zungenteile ausgewirkt hat, inzwischen durch vermehrten Nachschub aus den Firngebieten wieder aufgeholt wurde. Ob dieser erhöhte Nachschub auch weiterhin anhalten wird und damit ein Nachlassen oder Aufhören des Gletscherrückganges zu erwarten ist, werden nur weitere Messungen klären können, die hier und vor allem am Mutschual-Gletscher vorgenommen werden sollten.

### 7. Zum Klima des NW-Karakorum (KH. Paffen)

Die außerordentlich starke Vergletscherung des Karakorum im ganzen wie speziell des NW-Karakorum wirft die Frage nach den Ursachen auf, warum sich gerade hier in subtropischen Breiten um 36° N die Masse der längsten außerpolaren Gletscher entwickeln konnte, die mit ihren Zungen zum Teil bis in die Wüstensteppenstufe der Talregion vorstoßen. Mit dieser Frage, die bei der Kürze dieses ersten Gesamtberichtes hier nicht behandelt werden kann, hat sich *Visser* (43b) schon eingehend beschäftigt und dabei elf Ursachen teils orographischer, teils klimatischer Natur aufgeführt, wobei er jedoch hinsichtlich der klimatischen Faktoren auf Schätzungen und vage Berechnungen angewiesen war. Leider hat sich in den seitdem vergangenen 30 Jahren die Kenntnis der speziellen klimatischen Verhältnisse des NW-Karakorum kaum weiter entwickelt. Langjähriges meteorologisches Beobachtungsmaterial steht nur von 2 Stationen zur Verfügung:

Gilgit (1490 m), unmittelbar südlich des Expeditionsgebietes, und Skardu (2230 m), 140 km südöstlich davon. Beide liegen jedoch auf der Sohle des Gilgit- bzw. Industales und sind daher nur repräsentativ für die trockenhheiße Talregion.

Beob.- jahre	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gilgit	28	6.4	5.3	12.7	24.6	18.5	8.9
Skardu	29	29.7	19.8	24.1	40.4	24.6	7.9
Murree	53	82.0	88.4	106.4	97.8	81.0	105.2

Beob.- jahre	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Gilgit	28	12.2	9.1	7.1	1.3	2.8
Skardu	29	13.5	11.4	3.6	1.8	12.4
Murree	53	353.3	127.8	37.8	24.4	32.3

Die vorstehend mitgeteilten Niederschlagswerte<sup>31)</sup> für Gilgit und Skardu geben, vor allem durch den Vergleich mit dem in gleicher Höhe in der Vorbergzone des Himalaya gelegenen Murree, eine ungefähre Vorstellung von der außerordentlichen Niederschlagsarmut und Trockenheit dieser nördlich des Himalaya-Hauptkammes ge-

legenen Täler, die nach N hin Hunza-aufwärts und ganz besonders nördlich des Hunza-Karakorum-Hauptkammes noch stark zunimmt. Der Vergleich mit Murree zeigt aber auch gleichzeitig, daß der Sommermonsun, der in Murree im Juli/September fast die Hälfte des gesamten Jahresniederschlags bringt, jenseits des Himalaya-Hauptkammes zumindest in den tiefen Talregionen sich überhaupt nicht mehr auswirkt. Hier fällt fast die Hälfte der geringen Niederschläge in den Frühjahrsmonaten, während in den Wintermonaten (November bis Februar) in Gilgit infolge der trockenkaltten Nordwinde nur insgesamt 15,8 mm fallen, die nur gelegentlich eine dünne, selten geschlossene Schneedecke in der Talregion des Hunza-Längstales aufkommen lassen.

Für die Höhegebiete mit ihrer starken Vergletscherung fehlen dagegen meteorologische Daten völlig. Deshalb seien hier, ohne eine Klima-Analyse und -Darstellung des Expeditionsgebietes geben zu wollen, einige wesentlich erscheinende Beobachtungen mitgeteilt<sup>32)</sup>.

Im Jahre 1954 fielen in den 3 Monaten unseres Aufenthaltes im Expeditionsgebiet (Mitte Mai — Mitte August) in Gilgit nur 24 mm Niederschlag — und das, obwohl wir während der ganzen Zeit in den höheren Lagen immer wieder durch vorübergehende, mehrtägige Schlechtwetterlagen mit oft anhaltenden und ergiebigen Regen behindert wurden. Die Lufttrockenheit der Talregion war jedoch so außerordentlich groß, die relative Feuchte so gering<sup>33)</sup>, daß — wie häufig beobachtet werden konnte — der in der Höhe fallende Regen gar nicht die Talregion erreichte. Daher findet sich in den Daten der Station Gilgit oft nur „Trace“ (nicht meßbare Niederschlagsspuren) verzeichnet, während wir in den Höhen um 3500 m ausgesprochene Regentage hatten.

Dieser Umstand der großen Lufttrockenheit ist zu berücksichtigen, wenn man den Jahresgang des Niederschlags von Gilgit auf die Höhegebiete projizieren will, worauf hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Es spricht aber alles dafür, daß in den Höhen die Hauptniederschläge im Frühjahr und Sommer fallen, während der Winter bei zwar höherer relativer Feuchte, aber extrem geringen Niederschlägen im Talgrund auch in den Höhen relativ niederschlagsärmer sein muß.

Daß es sich bei den Sommerniederschlägen in den Höhegebieten des NW-Karakorum zumindest im Jahre 1954 keinesfalls um Monsunregen gehandelt hat, geht eindeutig daraus hervor, daß der Monsun 1954 eine starke Verzögerung erfuhr und Mitte August, nachdem wir das Expeditionsgebiet bereits verlassen hatten, Rawalpindi noch nicht erreicht hatte.

<sup>32)</sup> Vom Verfasser wurden während der Dauer des Aufenthaltes im Expeditionsgebiet laufend Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit gemessen und allgemeine Witterungsbeobachtungen durchgeführt, zwar immer nur für den jeweiligen, ständig wechselnden Standort, aber in Übereinstimmung mit den Beobachtungszeiten der Station Gilgit, wodurch ein Vergleich mit den später von dort erhaltenen gleichzeitigen Messungen möglich wurde.

<sup>33)</sup> Typischer Tagesgang der relativen Feuchte für Chalt (2000 m) im Juni/Juli bei klarem Wetter: 5 Uhr 20 %, 8 Uhr 19 %, 11 Uhr 13 %, 14 Uhr 12 %, 17 Uhr 12 %, 20 Uhr 15 %.

<sup>31)</sup> entnommen aus *Walker* (45).

Der ganzen Erscheinungsweise nach hat es sich bei den Sommerniederschlägen 1954 um Schlechtwetterlagen gehandelt, die durch von Westen kommende Depressionen verursacht wurden. Daß diese generell die Hauptniederschlagsbringer im NW-Karakorum sind, geht auch aus den Witterungsbeobachtungen am Nanga Parbat hervor, wo nach *Flobn* (13) der sommerliche Wetterablauf „in erster Linie von den aus der Höhe wirksamen Einbrüchen ursprünglich polarer Kaltluft innerhalb der außertropischen Westdrift, die in den Hochlagen ganzjährig herrscht“, bestimmt wird. Diese Beobachtungen stimmen auch mit der veränderten Auffassung *A. Wagners*, *H. Flobns* u. a. über Wesen und Verbreitung des indischen Monsun überein<sup>34</sup>).

Leider geben die zahlreichen von mir zwischen 2000 und 5000 m durchgeführten Messungen der relativen Feuchte keinen Aufschluß darüber, wie sich die Änderung der Feuchtigkeit mit zunehmender Höhe vollzieht — ein vor allem hier für die Pflanzenwelt entscheidender Umstand.

An klaren Strahlungstagen betrug selbst bis 5000 m hinauf die relative Feuchte nur 25—30 %. Für die ausgeprägte Trockenheit bis in größere Höhen spricht auch die Tatsache, daß die Artemisia-Steppe an südexponierten Hängen bis 4000 m hinaufreicht und die darüber beginnende alpine Stufe nach N hin einen zunehmend trockeneren Charakter annimmt mit ausgesprochener Tendenz zur Kältesteppe hin (vgl. Kap. Pflanzenwelt).

Wenn auch zweifellos im NW-Karakorum vor allem südlich des Hauptkammes in den Höhenlagen um 3500 bis 4000 m mehr Niederschläge fallen als in der Talregion, so scheint mir für die Pflanzenwelt dieser Höhenstufe aber ein anderer Umstand vielleicht noch entscheidender. Das ist die Tatsache, daß gerade in dieser Höhenlage im Sommer häufig ein Kondensationsniveau gelegen ist, so daß sich oft bei sonst klarem Himmel an den Bergketten eine bisweilen recht stabile Wolkenzone entlangzieht, die an südexponierten Sonnenhängen natürlich schneller der Auflösung unterliegt als an nordexponierten Schattenhängen — eine Erscheinung, die m. E. eine wesentliche Voraussetzung für die in 3500 bis 4000 m entwickelte feuchte Gehölzstufe und eine wichtige Ursache des klimatischen und vegetationsmäßigen Expositionsgegensatzes gerade in diesen Höhen darstellt.

Umgekehrt dürften die im Juni/Juli mit ziemlicher Regelmäßigkeit beobachteten nachmittäglichen, äußerst heftigen Luftbewegungen, die — oft als Sand- und Staubsturm — auf die Talsohle beschränkt Hunza-aufwärts gerichtet waren, mit

<sup>34</sup> Vgl. zuletzt *M. Schick* (34) mit ausführlicher Literatur.

ihrer stark austrocknenden, aber auch korrodierenden Wirkung mitverantwortlich sein für die in der untersten Talregion entwickelte Halbwüste.

Von der Größe der Niederschlagsmengen in den Höhegebieten des NW-Karakorum etwa über 5000 m, die ja die eigentlichen Ernährer der ausgedehnten Vergletscherung sind, haben wir leider gar keine Vorstellung, da es weit und breit keine Vergleichsstationen gibt.

Die von *Visser* (43b) für den mittleren Karakorum am Rimo-Gletscher angestellten Berechnungen, in denen er für die höheren Regionen zu einer Jahresniederschlagssumme von 1055 mm, für die niedrigeren zu einer solchen von 200 mm kommt, haben sicherlich zu geringe Werte ergeben, da er die durch die intensive direkte Verdunstung aufgezehrten Schnee-, Firn- und Eismengen nicht einkalkulieren konnte.

Gerade diese Strahlungs- oder Verdunstungsablation aber müssen wir im Karakorum, worauf *Troll* (42) schon hingewiesen hat, wegen der in den subtropischen Hochgebirgen herrschenden niedrigen Lufttemperaturen, großen Lufttrockenheit und starken Insolation sehr hoch ansetzen bei verhältnismäßig geringer direkter Abschmelzung.

Ausdruck dieser besonders starken Strahlungsablation im NW-Karakorum sind die dort vorkommenden charakteristischen Ablationsformen: episodischer Bißerschnee auf Winterschnee, „Firn-Séracs“ auf Gletschern und tiefe gletscherrandliche Ablationsschluchten<sup>35</sup>). Und auch die von mir auf Karakorum-Gletschern angestellten Messungen der relativen Feuchte, die allenthalben ein Ansteigen der Werte in unmittelbarer Nähe der schutfreien Gletscheroberfläche zeigten bei in 1 m Höhe bereits wieder sehr geringer relativer Feuchte, sprechen für eine starke Verdunstungsablation.

Es ist zu hoffen, daß die von *W. Pillewizer* am Batura-Gletscher durchgeführten Ablationsmessungen mittels Pegelstangen, womit ja die Gesamtablation erfaßt wurde, hierüber auch einen quantitativen Aufschluß vermitteln werden.

Die von *Pillewizer* am Batura durchgeführten Ablations- und Bewegungsmessungen dürften uns auf dem Wege über die Berechnung des Eishaushaltes vor allem aber auch exaktere Werte über die auf der Nordseite der Karakorum-Hauptkette im Einzugsbereich des Batura-Gletschers fallenden Niederschlagsmengen liefern und damit zur Lösung der Frage nach den Ursachen der starken Vergletscherung im Karakorum beitragen.

#### 8. Die Pflanzenwelt des Hunza-Landes und die Vegetationsstufen und -zonen des NW-Himalaya und -Karakorum im Profil (KH. Paffen)

Nachdem durch *C. Troll* (40) am Nanga Parbat ein eingehendes Studium der dortigen Flora und

<sup>35</sup> Siehe oben S. 20; vgl. auch *Troll* (41).

Vegetation vorgenommen worden und eine detaillierte Vegetationskarte 1:50000 entstanden war, erschien es wünschenswert und ratsam, diese Arbeiten anlässlich der Deutsch-Österreichischen Himalaya-Karakorum-Expedition 1954 nach Norden hin fortzusetzen, um auf diese Weise auf einem großen Süd-Nord-Profil quer durch den NW-Himalaya und -Karakorum genaueren Einblick in den horizontalen und vertikalen Vegetationsaufbau und -wandel zu bekommen. Das Studium der Pflanzenwelt des Hunza-Karakorum war daher meine Hauptaufgabe. Sie umfaßte: 1. eine möglichst vollständige Sammlung der Flora des Gebietes, 2. einen Überblick über die vorkommenden Pflanzengesellschaften, ihre ökologischen Standortbedingungen und räumliche Anordnung zu gewinnen; 3. zu letzterem Punkt das Material für eine möglichst genaue Vegetationskarte zu sammeln.

Leider waren die Voraussetzungen hierzu im Expeditionsgebiet nicht so günstig wie s. Z. im Nanga Parbat-Gebiet, wo die topographische Unterlage 1:50000 durch *R. Finsterwalder* 1934 bereits geschaffen war, so daß *Troll* 1937 eine direkte Kartierung im Gelände im Originalmaßstab vornehmen konnte. Für das Expeditionsgebiet lag lediglich die Quarter Inch Map des Survey of Pakistan (1:253440) vor, die wegen des kleinen Maßstabes und beträchtlicher Ungenauigkeiten kaum eine unmittelbare Vegetationskartierung zuließ. Auf ihrer Grundlage ist nach einigen Berichtigungen im Kammlinienverlauf die beigegebene vorläufige Übersichtskarte der Vegetation des Hunza-Karakorum entworfen (Karte 2). Die eigentliche Vegetationskarte kann erst nach Erstellung der von *Heckler* und *Pillewizer* photogrammetrisch aufgenommenen topographischen Karte 1:100000 gezeichnet werden. Für ihren Entwurf müssen außer dem Beobachtungsmaterial die zahlreichen im Gelände aufgenommenen Vegetationskizzen in Verbindung mit Farbaufnahmen und vor allem die große Zahl der Phototheodolit-Aufnahmen ausgewertet werden, die meist eine direkte Horizontal- und Höhenabgrenzung der im Gelände erkannten Vegetationseinheiten erlauben.

Die Vegetationskarte des Hunza-Karakorum schließt zwar nicht unmittelbar an die Nanga Parbat-Vegetationskarte *Trolls* nach Norden an. Es bleibt eine Kartenlücke von rund 50 km. Doch wurde im Gelände der Anschluß insofern hergestellt, als der Verfasser nach Abschluß der Arbeiten im eigentlichen Expeditionsgebiet noch das südliche Hunza-Durchbruchstal durchritt, die Umgebung von Gilgit rekonozitierte, einen Blick in die südlichen Rakaposhi-Täler hineinwarf und mit *W. Pillewizer* durch das Gilgit- und Indus-Tal abwärts ins Rakhiot-Tal am Nanga Parbat reiste.

Der Besuch des Expeditionsgebietes am Nanga Parbat machte den unmittelbaren Vergleich der Pflanzenwelt von Nanga Parbat und Hunza-Karakorum möglich. Dieser Vergleich betrifft zunächst die florengeographische Situation, worüber hier nur einige wenige, mehr summarische Angaben gemacht werden können<sup>36)</sup>.

<sup>36)</sup> Die mitgebrachte Pflanzensammlung liegt zur Zeit zwecks Bestimmung der Arten bei der Bayerischen Botanischen Staatssammlung. Es ist beabsichtigt, ein Arten- und

Im ganzen kann jetzt schon festgestellt werden, daß sich vom Nanga Parbat nach Norden auf rund 100 km Entfernung eine rapide und beträchtliche floristische Artenverarmung vollzieht. Während *Troll* im Umkreis des Nanga Parbat noch rund 1000 Gefäßpflanzen sammeln konnte, brachte es der Verfasser im Hunza-Karakorum trotz erstrebter Vollständigkeit kaum noch auf 500. Danach scheint sich der Artenbestand beider Gebiete etwa wie 1:2 zu verhalten — ein Verhältnis, das sich bei den Bryophyten noch wesentlich ungünstiger gestaltet, da sich die Moose im Hunza-Karakorum auf einige wenige Arten in äußerst spärlichen Beständen beschränken.

Die ganze Erscheinung ist in erster Linie Ausdruck der vom Nanga Parbat ab nordwärts so außerordentlich stark zunehmenden Trockenheit, die keinen grundsätzlichen Florenwandel, sondern ein einseitiges, von Süden nach Norden gerichtetes starkes Florengefälle bedingt.

Welche Arten im einzelnen vom Nanga Parbat zum Hunza-Karakorum ausfallen und ob in letzterem Gebiet auch andere, vor allem mehr zentralasiatische Arten auftreten, was in geringem Umfang wahrscheinlich ist, darüber kann erst nach Bestimmung der Pflanzensammlung berichtet werden. Sicher ist, daß sich das Verhältnis ganz überwiegend zugunsten der zentralasiatischen Elemente verschiebt und in erster Linie die Vertreter der sich am Nanga Parbat noch berührenden und vergesellschafteten ostmediterran-armenischen, temperiert-himalayischen und ostasiatischen Arealtypen ausfallen. Hier sei nur das Verhalten einiger Baum- und Straucharten im Zusammenhang mit der kurz zu schildernden Vegetationsstufung erwähnt, weil es für das physiognomische Vegetations- und Landschaftsbild bedeutsam ist.

### Die Vegetationsstufen im Hunza-Land

Wenn auch der Hunza-Karakorum mit seinen Tälern zwar noch viel wald- und baumärmer als das Nanga Parbat-Gebiet ist, so entspricht die vertikale Höhenstufung der Vegetation im großen doch ganz der am Nanga Parbat, indem sich die dort von *Troll* ausgeschiedenen vier bzw. fünf Höhenstufen — lediglich in ihrem Artenbestand unterschiedlich verarmend — sonst aber unverändert nach Norden fortsetzen. Ihre Verbreitung im Expeditionsgebiet ist aus der Übersichtskarte zu ersehen (Karte 2).

Die Sohle und unteren Hangpartien der trockenen heißen Talregion des Hunza-Tales und einiger Nebentäler werden im allgemeinen von Wüstensteppe eingenommen, die am extremsten in den Engtalstrecken entwickelt ist — eine niedrige und schütterere Vegetation von häufig rutenästigen oder halbsukkulenten Sträuchern,

Fundortverzeichnis zusammen mit der noch unveröffentlichten Artenliste vom Nanga Parbat gemeinsam mit *C. Troll* zu publizieren zur Ergänzung und Erweiterung der Flora des Karakorum von *Pampanini* (29).

Gräsern und Kräutern, die überwiegend von zentralasiatischen Arten gestellt werden.

Der Grad der Bodenbedeckung ist sehr schwankend von bisweilen kaum 5 bis ca. 35 %. Charakteristisch sind Artemisia-, Salsola-, Ephedra-Sträucher und der Kapernstrauch *CAPPARIS SPINOSA*, eine Kugeldistel (*ECHINOPS SPEC.*) sowie Gräser der Gattungen *STIPA*, *PENNISETUM* und *ANDROPOGON*. Die im Indus-Tal in dieser Stufe noch verbreiteten Bäumchen *PISTACIA SPEC.* und *OLEA CUSPIDATA WALL.* sind anscheinend nicht mehr bis ins Hunza-Tal nordwärts gedrungen.

Standörtliche Varianten der Halbwüste finden sich in Form soziologisch abweichender Pflanzengesellschaften auf Schwemmelterrassen und alluvialen Schotter- und Sandfluren vor allem der Nord-Süd-Strecken Khaibar—Sarat und Chalt—Hunza-Mündung, auf den Blockschutthalde und steilen Hangschuttfächern, den Felshängen sowie schließlich an Fluß- und Bachufern und Grundwasseraustritten. An letzteren Standorten finden sich die charakteristischen niedrigen Gehölze aus Tamarisken, „Silberölweide“ (*ELAEAGNUS HORTENSIS*); und vor allem Sanddorn (*HIPPOPHAË RHAMNOIDES*), der im Hunza-Tal stellenweise außerordentlich dichte und ausgedehnte Bestände bildet.

Wenn die Stufe der Wüstensteppe auch auf die tiefsten Teile der Täler beschränkt bleibt, so steigt sie im Hunza-Tal bis Khaibar doch bereits bis auf 2700 m Meereshöhe und damit also wesentlich höher als im Nanga Parbat-Gebiet, wo nach Troll die meisten Arten dieser Stufe nicht über 2000 m hinaufsteigen. Doch räumt Troll sehr richtig ein — was auch bestätigt wird —, daß viele dieser Arten weiter aufwärts im Indus-Tal und gegen Tibet, wo die obere Trockengrenze bedeutend höher ansteigt, noch in viel größeren Meereshöhen angetroffen werden können. Im ganzen nimmt jedoch die Mächtigkeit dieser Stufe infolge der nach Norden stark ansteigenden Talböden nordwärts erheblich ab (vgl. Vegetationsprofil).

Hangaufwärts geht die Wüstensteppe überall ohne scharfe, erkennbare Grenze in die alles beherrschende Stufe der eigentlichen Artemisia- oder Wermutstrauchsteppe über. Ihre Bestände besitzen im allgemeinen einen wesentlich höheren Deckungsgrad (bis 70% und mehr), wobei die Zwergsträucher, allen voran *ARTEMISIA MARITIMA*, weitaus dominieren, je nach Standort mehr oder weniger mit lockerwüchsigen, ausdauernden Gräsern und im Frühsommer oft mit einem relativ dichten Zwischenwuchs zahlreicher einjähriger Gräser und Kräuter. Beherrscht in der Wüstensteppenstufe die jeweilige Farbe des Verwitterungsbodens oder anstehenden Gesteins das Landschaftsbild, so ist es in der Steppenstufe das Graugrün der Artemisia-Sträucher. Unregelmäßig hineingestreut sind, bergan zunehmend, dunkelgrüne Tupfen, die im Expeditionsgebiet weit überwiegend von dem auch im Nanga Parbat-Gebiet verbreiteten Baumwacholder (*JUNIPERUS SEMIGLOBOSA REGEL*) herrühren.

Dagegen fehlen im Hunza-Karakorum in dieser Stufe eine ganze Reihe von Baum- und Straucharten des Nanga Parbat-Gebietes. So sind die dort noch reich entwickelten Bestände an Fallaubbüschen in der Steppenstufe des Expeditionsgebietes floristisch verarmt und recht spärlich. Die in den Steppenwäldern nördlich des Indus-Tales verbreitete mediterrane stechpalmenähnliche, immergrüne *QUERCUS ILEX* (= *QU. BALOOT GRIFF.*) — die einzige hier noch vertretene Eiche von insgesamt 30 Himalaya-Arten — hat in den Tälern der südlichen Rakaposhi-Abdachung ihre nördlichsten Standorte. Im eigentlichen Expeditionsgebiet fehlt sie. Dagegen durchdringt die Trockenkiefer *PINUS GERARDIANA WALL.* — Charakterbaum der Waldsteppen des Nanga Parbat-Gebietes — gerade noch das südliche Hunza-Durchbruchstal, um lediglich in der SW-Ecke des Expeditionsgebietes im Chaprot-Tal westlich Chalt noch in kleinen Beständen aufzutreten.

So kommt es, daß in der Steppenstufe des Hunza-Karakorum auf weiten Strecken meist *JUNIPERUS SEMIGLOBOSA* die einzige Baumart ist, und zwar in den tieferen Lagen häufig ganz fehlend oder sehr spärlich und erst über 2600 bis 2800 m, an südexponierten Hängen oft erst über 3000 m häufiger werdend (im Nanga Parbat-Gebiet meist schon ab 2200—2300 m), so daß sich in höheren Lagen — nach Exposition unterschiedlich — eine Art lichter Waldsteppe entwickeln kann.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Baumwacholder seit Jahrhunderten für die relativ dichte Besiedlung des Haupt- und einiger Nebentäler bei der natürlichen Holzarmut des Gebietes und den empfindlichen Wintertemperaturen den nächsterreichbaren, wichtigsten Brennholzlieferanten darstellt. Es steht außer Zweifel, daß dadurch wie auch durch die starke Beweidung der Artemisia-Steppe mit Ziegen der Baumbestand bei der geringen Produktivität dieser trockenen Höhenstufe eine Dezimierung und Zurückdrängung erfahren hat und die Waldsteppe noch stärker aufgelichtet wurde. Doch ist über den Umfang dieses Vorganges nichts bekannt.

Mit zunehmender Feuchtigkeit und stärkerer Humusentwicklung und -anreicherung bergaufwärts erfährt auch die Artemisia-Steppe eine Veränderung durch einen im ganzen feuchteren Charakter, höheren Deckungsgrad und größeren Artenreichtum, gekennzeichnet durch eine frischgrüne Artemisia-Art, oft reichlich Edelweiß (*LEONTOPODIUM LEONTOPODIUM*) und andere, mehr feuchtigkeitsliebende Arten sowie in noch größeren Höhen gegen 4000 m durch Einmischung alpiner Elemente. Troll nennt daher mit Recht diese feuchte Höhenvariante der Artemisia-Steppe den subalpinen Typus. Er ist vor allem dort entwickelt, wo — wie besonders schön auf der nach S exponierten Batura-Nordflanke — die Artemisia-(Wald-)Steppe in 4000 m Höhe unmittelbar bis an die alpine Stufe hinauf-

reicht. An der nordexponierten Südflanke des Hunza-Längstales reicht dagegen die Artemisia-Steppe mit *JUNIPERUS SEMIGLOBOSA* nur bis etwa 3400 m, in Seitentälern bis 3300 m. Zwischen diesen Extremen schwankt je nach Exposition und von S nach N leicht ansteigend die Obergrenze der Artemisia-Steppenstufe.

An der Rakaposhi-Nordabdachung gegen das westliche Hunza-Längstal folgt darüber die Stufe des feuchten Höhennadelwaldes, der hier auf seinen letzten, nördlichsten Standorten gegenüber den entsprechenden Wäldern des Nanga Parbat-Gebietes (dort durchschnittlich schon ab 2800 m) natürlich ebenfalls artenmäßig verarmt erscheint, vor allem in der Strauch- und Krautschicht<sup>37)</sup>.

In der Baumschicht finden sich außer den in dieser Stufe wohl optimalwüchsigen Exemplaren von *JUNIPERUS SEMIGLOBOSA* schönwüchsige, dichte Bestände der Fichte (*PICEA MORINDA LINK*) und der Feuchtkiefer (*PINUS EXCELSA WALL.*), und zwar beide hier in ihren am nördlichsten gefundenen Positionen, während die Edel-tanne des Nanga Parbat (*ABIES WEBBIANA LINDL.*), die nach Troll bereits südlich des Indus ausklingt, hier fehlt<sup>38)</sup>. In den von Almen (vor allem oberhalb Minapin) im Höhennadelwald angelegten Rodungsinseln begegnet man blumen-, vor allem edelweißreichen Hochstauden- und Kräuterwiesen, wie ich sie weiter nördlich nirgendwo mehr angetroffen habe.

Im östlichen Hunza-Längstal (Buri Harar-Nordhang) und an einigen nordexponierten Talhängen der Südseite des Hunza-Karakorum findet sich der feuchte Höhennadelwald nur noch andeutungsweise zwischen 3500—3800 m mit *JUNIPERUS SEMIGLOBOSA* als einzigem Nadelbaum und einem relativ dichten, wenn auch weiter verarmten Strauch- und Krautunterwuchs. Nördlich des Karakorum-Hauptkammes fehlen solche feuchten Nadelwälder völlig.

Auf der nordexponierten Batura-Südflanke und an einigen Schattenlagen von Seitentälern der Nordflanke ist die Zone des feuchten Höhenwaldes nur noch in ihrer oberen Stufe ausgebildet, nämlich dem subalpinen Birken-Weiden-Ebereschen-Gebüsch mit *BETULA UTILIS D. DON.*, mehreren *Salix*-Arten, *SORBUS AUCUPARIA*, Legwacholder (*JUNIPERUS SPEC.*) und einem überraschend dichten, arten- und blumenreichen Unterwuchs aus vielen uns vertrauten Sträuchern, Kräutern und Gräsern (*RUBUS*, *RIBES*, *ROSA*, *LONICERA*, *GERANIUM*, *AQUILEGIA*, *FRAGARIA*, *HIERACIUM*, *PIROLA* usw.)

Südlich des Karakorum-Hauptkammes finden sich diese subalpinen Gebüsch regelmäßig über der Zone des feuchten Höhennadelwaldes, mit diesem stark verzahnt und im Unterwuchs arten-

mäßig vermischt, in Lawinenrinnen und Tälchen gelegentlich auch tiefer in ihn eindringend, sowie ferner auf alten Moränenwällen höherer Lagen (Große Baltar-Moräne 3500 m).

In der Regel erscheinen Birken-Weiden-Gebüsch auf Nordhängen oder in Schattenlagen erst um 3600 m Höhe und gehen höchstens im Innern großer Gletschertäler (Batura) auch einmal bis 3400 m hinab. Nirgendwo sah ich sie darunter, auch nicht in Lawinenrinnen, wie das nach Troll am Nanga Parbat bis 2700 m (Mushkin) der Fall ist.

Nach oben hin setzen, ähnlich wie im Nanga Parbat-Gebiet, Birke und Eberesche auch im Hunza-Karakorum im allgemeinen bereits bei 3800—3900 m aus, nördlich des Batura-Gletschers bis an 4000 m, und bilden dann die Baumgrenze, während *JUNIPERUS SEMIGLOBOSA* als höchstwachsender Baum an Sonnenhängen meist bis 4000, gelegentlich sogar bis 4100 m hinaufsteigt.

Weiter aufwärts geht das Birken-Weiden-Ebereschen-Gebüsch häufig in ein knie- bis manns-hohes alpines Weiden-Gesträuch (wahrscheinlich von *SALIX HASTATA L.*) über, das bis etwa 4100—4200 m hinaufreicht. Eingestreut sind ihm weit ausgebreitete Teppichsträucher von Legwacholder (*JUNIPERUS SPEC.*), die jedoch meistens, wenn auch nicht in geschlossenen Beständen, das Weiden-Gesträuch auf Sonnenhängen vertreten (Gegensatz Batura-Nord- und -Südflanke).

Ein charakteristischer Begleiter des Weiden-Gesträuchs am Nanga Parbat, der dort als einziger von den zahlreichen Himalaya-Rhododendron-Arten noch vorhandene

#### Bild 9: Nordflanke des Rakaposhi vom Hachindar aus

Höhenunterschied vom Gipfel (7793 m) bis zur Hunza-Talsole fast 6000 m auf 11000 m Horizontale Entfernung; Firnmulden- und Firnkessel-Gletscher, die letzt- zum Teil wohl auch nacheiszeitlich mit zahlreichen Seiten- und mächtigen Endmoränen bis ins Tal vorstießen = helle Erhebungen auf der Talverschüttungsterrasse von Hindi diesseits des Flusses; jenseits auf den Schwemmkegeln der Minapin (links) und Pisan-Gletscherwässer (rechts) die gleichnamigen Siedlungen; mehrfache Kammverflachungen und Gehängeknick (auch Talstufen) an den vom aufgebogenen Südrand der Schieferzone (II) gebildeten Seitentalscheiden (weitere Hinweise s. Text). Meßaufn. W. Pillewizer

#### Bild 10: Hunza-Längstal vom Zangia Harar gegen Westen

Berghänge rechts bis halbe Höhe aus Grün- und Tonschiefern, Quarziten und Marmor der Zone II, von südvergent aufgeschobenem Altkristallin der Zone III überlagert; rechts oben karförmige Verflachung zwischen 5000—6000 m, darunter vorne rechts der Hachindar (4550 m) mit freiausreichendem diluvialen Kar; im gesamten Taleinschnitt Kammverflachungen und Gehängeknick (weitere Hinweise im Text). Meßaufn. W. Pillewizer

<sup>37)</sup> in Bild 9 wenig über der horizontalen Mittellinie.

<sup>38)</sup> Nach Dutchie, Report on a Botan. tour in Kashmir, 1883 soll sie noch in dem bei Nomal von NW in den Hunza mündenden Naltar-Tal vorkommen.



gelbblühende *RHODODENDRON HYPENANTHUM BALF. F.*, fehlt im ganzen Expeditionsgebiet und mit ihm zahlreiche weitere alpine Arten.

Die alpine Stufe des Hunza-Karakorum macht im ganzen einen artenmäßig ziemlich verarmten Eindruck. Es fehlen vor allem die von *Troll* beschriebenen kniehohen, blumenreichen alpinen Wiesenmatten des Nanga Parbat. Verbreitet sind dagegen, neben kurzrasigen Sauergras-Matten verschiedener *Cobresia*-Arten, in beträchtlicher Ausdehnung vor allem niedrige Zwergspalierstrauch-Matten des bis 4500 m hinaufsteigenden Knöterich *POLYGONUM AFFINE D. DON*. Doch hat sich bis in diese Höhe hinauf überall bereits eine starke Auflösung der Vegetationsdecke vollzogen, woran zweifellos auch Bodenfrosterscheinungen nicht unwesentlich beteiligt sind.

Für ausgesprochene Froststrukturböden, die nirgendwo beobachtet wurden, ist das Gesamtklima wohl zu trocken. Doch konnte ich gelegentlich bemerken, wie an verwitterungsbodenreichen Hängen im subnivalen Bereich oberhalb 4200 m der frisch aper gewordene, durchtränkte Auftau-Oberboden über dem darunter noch gefrorenen Boden ins Gleiten geraten war und „Rasenwälzen“ verursachte und dadurch zur Zerstörung der Vegetationsdecke beitrug.

Über 4500 m steigt im Hunza-Karakorum noch eine kleine Schar hochalpiner Pflanzen in isolierten Standorten weiter aufwärts, manche bis über 5000 m, vor allem an warmen Fels-Standorten südexponierter Hänge. Die oberste Grenze der Gefäßpflanzen konnte zwar nicht ermittelt werden. Sie dürfte jedoch nach den wenigen hierzu gemachten Beobachtungen wie am Nanga Parbat auch im Expeditionsgebiet allgemein über der Schneegrenze liegen.

Leider war das Jahr 1954 infolge eines ungewöhnlichen Witterungsverlaufes auch im NW-Karakorum für Schneegrenzbestimmungen wenig geeignet, zumal die Zeit unserer Anwesenheit im Expeditionsgebiet (Ende Mai bis Anfang August) nicht die unmittelbare Beobachtung der 1954 sehr tief gelegenen temporären Schneegrenze erlaubte. Nach *Ph. C. Visser* (43b) scheint die mittlere wirkliche Schneegrenze im Hunza-Karakorum um 5000 m zu liegen und je nach Nord- und Südexposition zwischen 4800 und 5200 m zu schwanken. In der Übersichtskarte der Vegetationsstufen wurden diese Höhen recht schematisch zur ungefähren Abgrenzung der Region des ewigen Schnees verwendet.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen:

1. Die vertikale Gliederung der Flora erweist sich, je tiefer man in die Täler hinabsteigt, um so zentralasiatischer geprägt, je höher man an den Bergflanken hinaufsteigt, um so ähnlicher unserer europäischen Gebirgsflora mit z. T. glei-

chen Arten, zumindest aber gleichen Gattungen. Den wohl größten Artenreichtum besitzt zwischen 3500 und 4000 m die temperierte Mittelregion der feuchten Gehölze bzw. der subalpinen Wiesensteppe, von wo nach unten infolge zunehmender Temperatur und Trockenheit, nach oben infolge Temperaturerniedrigung ständige Artenverminderung erfolgt.

2. Das horizontale Florengefälle zwischen Nanga Parbat und Hunza-Karakorum beträgt ca. 40—45%, ist fast einseitig überwiegend von S nach N gerichtet und macht sich auch zwischen Süd- und Nordrand des Expeditionsgebietes (Rakaposhi- und Lupghar-Kette) stark bemerkbar.

3. Die vertikale Vegetationsstufung ist nur an nord-, z. T. auch westexponierten Schattenhängen mehr oder weniger vollständig entwickelt mit einem temperiert-feuchten Gehölzgürtel zwischen der warm-trockenen Steppen- und kühl-feuchten alpinen Stufe; auf den süd-, z. T. auch ostexponierten Sonnenhängen geht die *Artemisia*-Steppe mit einer feuchteren subalpinen Variante unmittelbar in die alpine Stufe über. Daraus resultiert eine starke Vegetationsasymmetrie insbesondere des Hunza- und Batura-Längstales, wobei die Höhengrenzen ins Innere gletschererfüllter Täler hinein leicht absinken (Batura).

4. Der Vergleich der Vegetationsstufen zwischen Nanga Parbat und Hunza-Karakorum zeigt infolge der nach Norden zunehmenden Trockenheit ein allmähliches, aber unterschiedliches Ansteigen der Höhengrenzen, und zwar die tieferen stärker als die höheren. Dadurch erfährt nach Norden hin vor allem der feuchte Gehölzgürtel in der Höhenausdehnung eine Einengung seines Lebensbereiches, indem er allmählich auskeilt und der feuchte Nadelwald bereits südlich des Hunza-Karakorum aussetzt (vgl. Vegetationsprofil). Ähnliches gilt auch für die von S nach N an Baumarten immer mehr verarmende und lichter werdende *Artemisia*-Waldsteppe.

Die Vegetationsstufen und -zonen im NW-Himalaya und -Karakorum im Profil

Leider war es nicht möglich, das Verhalten der Vegetation nach Norden hin bis zum Hindukusch zu verfolgen, da die politische Situation ein weiteres Vordringen über Khaibar hinaus nicht erlaubte. Die nördlich des Karakorum-Hauptkammes außerordentlich und fast sprunghaft zunehmende Trockenheit, wie sie im gesamten Landschaftsbild zum Ausdruck kommt, sowie vereinzelte nördlich des Batura-Gletschers gegen die Lupghar-Gruppe hin angestellte Beobachtungen, die auf den dort herrschenden äußerst

trockenen Schiefergrusböden nur ein minimales Pflanzenleben erkennen ließen, sprechen jedenfalls dafür, daß die feuchte Gehölzstufe weiter nördlich nicht mehr viele geeignete Standorte zu finden vermag und wahrscheinlich sehr bald ganz ausklingt. Ebenso tritt auch der Baumwacholder nach N hin in immer spärlicherer Verbreitung auf und dürfte sich gegen den Hindukusch wahrscheinlich seiner Trockengrenze nähern. — Eine offene Frage ist weiterhin, ob — und wo gegebenenfalls — die im Hunza-Karakorum gegenüber dem Nanga Parbat schon erheblich trockeneren, aber noch relativ feuchten alpinen Matten nach Norden hin allmählich in trockene alpine Steppen übergehen.

Nach Süden hin konnte der Verfasser auf dem gemeinsam mit W. Pillewizer zu Lande durchgeführten Rückweg von Gilgit nach Rawalpindi einen Überblick über den Vegetationscharakter und seine Wandlungen auf der fast 500 km langen Strecke bis zum Südfuß des Himalaya gewinnen. Dadurch wurde der Anschluß an das von Gilgit bis Khaibar quer durch den Saltoro-(Rakaposhi-) und Hunza-Karakorum aufgenommene Vegetationsprofil und seine Fortsetzung nach Süden bis Rawalpindi möglich — ein Vegetationsprofil über fast 400 km Luftlinie hinweg vom Himalaya-Vorland quer durch den gesamten NW-Himalaya und -Karakorum bis auf dessen Nordseite. Neben den im Profil fünfmal überhöhten Höhenverhältnissen und der Gliederung des Gebirgssystems in im ganzen W-O-verlaufenden Ketten soll das westlich am Nanga Parbat vorbei gelegte Profil vor allem die zonale Vegetationsanordnung und vertikale Höhenstufung veranschaulichen, ohne hier auf Einzelheiten eingehen zu können.

Äußerst eklatant in die Augen springend ist zunächst der gewaltige Gegensatz im Vegetationsbild der Südseite des Himalaya und seiner Nordseite einschließlich des gesamten Karakorum. Der Himalaya-Hauptkamm westlich des Nanga Parbat erweist sich dabei als eine Klimascheide sowie Vegetations- und Landschaftsgrenze erster Ordnung. Bis hierher reicht von Süden die Hauptwirkung der Monsunregen, und zwar bis auf die tief gelegenen Talsohlen hinunter.

Nördlich des Hauptkammes, wo wahrscheinlich nur noch aus SW-W kommende Depressionen Niederschläge in Höhen über 3000 bis 3500 m bringen, führt dies auf der südexponierten Nordflanke des Indus-Tales (= Südabfall der ersten Karakorum-Kette) und abgeschwächt auch auf der Südseite des Rakaposhi noch zur Ausbildung der feuchten Gehölzstufe (Nadel- und Birkenwald), die dann in der geschilderten

Weise nach Norden hin auskeilt und völlig ausklingt. Auch die Vegetation der alpinen Stufe erfährt dadurch von S nach N, wie angedeutet, nur eine allmähliche, wenn auch im ganzen erhebliche Veränderung vom Feuchten zum Trockenen hin (alpine Wiesenmatten am Nanga Parbat — alpine Steppe im östlichen Hindukusch?). Dagegen liegen die außerordentlich tief und steil in das Gebirge eingesenkten Täler (Indus, Gilgit, Hunza usw.) bereits unmittelbar jenseits des Himalaya-Hauptkammes im völligen Regenschatten und damit im Herrschaftsbereich des Trockenklimas und der entsprechenden Vegetationsformationen, nämlich der Halbwüste, Artemisia-Steppe und -Waldsteppe.

Diese Vegetationsstufung findet sich südlich des Himalaya-Hauptkammes nirgendwo mehr. Von Chilas im Indus-Tal, wo die Halbwüstenstufe infolge der tiefen Lage der Talsohle (1100 m) eine Höhenausdehnung von fast 900 m besitzt, durch das Thak-Tal mit seinen außerordentlich reichen Quercus Ilex-Beständen zur Wasserscheide aufsteigend, gelangt man nach Überschreiten des 4173 m hohen Babusar-Passes auf der Südseite des Himalaya in eine gänzlich andere Vegetations- und Landschaftszone.

Nur im oberen Teil des nach S führenden Kagan-Tales erscheint unter der aus feuchten, krautreichen Matten gebildeten alpinen Stufe noch einmal Artemisia-Steppe, jedoch mit z. T. völlig anderen Arten und bei fast gänzlichem Fehlen von Baumwacholder, und zwar in ausgesprochener Bindung an die Exposition nach O und S.

Dort wo das Kagan-Tal vorübergehend in die Ost-West-Richtung umbiegt, erscheint dann von rund 2800 m abwärts (also wesentlich tiefer als nördlich des Himalaya-Hauptkammes), und zwar zunächst nur in West- und Nordlage, der feuchte Nadelwald mit einem außerordentlich üppigen Unterwuchs. Weiter südlich, etwas unterhalb Narang (2400 m), wo das NW-Ende der Pir Panjal-Kette auf die Himalaya-Hauptkette stößt, beginnt dann die herrliche Himalaya-Zeder (*CEDRUS DEODORA*) das Vegetations- und Landschaftsbild zu beherrschen, im oberen Teil dieser Stufe stark mit *AESCULUS* (wahrscheinlich *A. INDICA*) durchmischt, talauswärts nach unten hin mehr und mehr mit üppigen Laubmischwald-Beständen mit Eichen, Ahorn, Eschen u. a. durchsetzt.

Wo das Kagan-Tal nördlich Balakot nach einer kurzen Ost-West-Strecke aus der äußersten Hochgebirgskette herauszutreten beginnt, da schiebt sich von außen von der Vorbergzone her der nun schon wieder trockenere, floristisch arme Kiefernwald von *PINUS LONGIFOLIA* unter die temperierte Koniferenwaldstufe. Und schließlich begegnet uns im Mündungsbereich des Kagan in den Jhelum bereits der subtropische immergrüne Hartlaub-Buschwald, der — allerdings stark vernichtet — vor allem die äußere Fußregion der Vorbergzone unter dem dort herrschenden *PINUS LONGIFOLIA*-Wald besiedelt, nach unten hin in die Akazien-Dornbuschsteppe der Hochfläche von Rawalpindi übergehend.

Damit ergeben sich aus der jeweils unterschiedlichen Vegetations-Höhenstufung folgende sich klar gegeneinander abhebenden Vegetationszo-

nen: 1. die Vorbergzone; 2. die Pir Panjal-Zone; 3. die Südseite der Himalaya-Hauptkette; 4. Himalaya-Nordseite und Karakorum-Ketten bis zum Hunza-Längstal; 5. Hunza-Karakorum und nördlich anschließende Ketten.

### 9. Die Kulturlandschaft des Hunza-Tales (KH. Paffen)

Wer mit dem Flugzeug den Sprung über den Himalaya tut und von Gilgit aus nordwärts wandert, ist überrascht, in der Weltabgeschiedenheit dieses Hochgebirgstales kaum 100 km von der chinesischen Grenze entfernt auf eine hochentwickelte und in manchem vertraute bäuerliche Kulturlandschaft zu stoßen. Erinnerung sie doch in vielem an die Bewässerungslandschaft des trockenen mittleren Wallis. Darüber ist bisher erst wenig bekannt geworden.

In den Berichten *Vissers* (43a) und *E. O. Lovimers* (20) ist in erster Linie der Ethnographie und Volkskunde Rechnung getragen, worin sich natürlich auch wertvolle Angaben über die wirtschaftlichen Verhältnisse finden. Die allzu idealisierende kompilatorische Darstellung *R. Birchers* (1) bietet darüberhinaus nichts Neues.

Der verhältnismäßig kurze Aufenthalt erlaubte es mir leider nicht, neben der geschilderten Hauptaufgabe auch noch ein intensives Studium der außerordentlich interessanten und problemreichen Kulturlandschaft des Hunza-Tales und seiner Nebentäler zu betreiben. Dazu wären vor allem eingehende sozialgeographische Untersuchungen erforderlich gewesen, um die komplizierten Besitzverhältnisse, Erb- und Wasserrechte und die Sozialstruktur zu klären. Haben wir es doch in den beiden, in etwa durch die Längstalstrecke des Hunza-Flusses voneinander getrennten, halbsouveränen Staatsgebilden Hunza und Nagar<sup>39)</sup> noch mit einem halbfeudalen Lehnswesen zu tun. Über diese Dinge konnten jedoch wegen der Kürze der Zeit und der sprachlichen Verständigungsschwierigkeiten nur unvollständige und oft ungenaue Angaben gewonnen werden. Hinzu kommt eine sprachliche, rassische und konfessionelle Differenzierung der Bevölkerung des Hunza-Tales.

Hier können daher in aller Kürze nur einige Beobachtungen zur Charakterisierung des Kulturlandschaftsbildes wiedergegeben werden.

Die Hauptsiedlungszone von Hunza und Nagar, die beide zusammen ca. 40 000—45 000 Einwohner beherbergen, findet sich (s. Karte 1) im westlichen und mittleren Hunza-Längs- und unteren Hispar-Tal. Hier reiht sich von Chalt (2000 m) bis nach Baltit und Nagar, den Haupt- und Residenzorten (beide ca. 2500 m hoch), eine Kette blühender, grüner Bewässerungsoasen aneinander, während das trockenere östliche Längs- und die beiden Nord-Süd-Talstrecken sowie das Bola Das-Tal nur vereinzelte isolierte Siedlungskerne aufweisen. Im Längstal liegen sie vor allem auf dem breiten, gegen die Talflanken sanft ansteigenden Talverschüttungsboden, in den der Hunza-Fluß bis zu 80 m tief, steil canyonartig

eingeschnitten ist (s. Bild 4); seltener liegen sie auf höherem Terrassenspornen und Hangvererbungen (Bild 10). Ganz allgemein ist die Lage auf den von Seitentälern ins Haupttal vorgeschobenen Schlemmkegeln (Bild 7 u. 9).

Da am allerwenigsten in der trocken-heißen Talregion im Übergang von der Halbwüste zur Artemisia-Steppe Anbau ohne künstliche Bewässerung möglich ist, der Hauptfluß wegen seiner tiefen Canyonlage hierfür jedoch nicht in Frage kommt, so ist man überall auf die von den feuchten Höhengebieten aus den Seitentälern kommenden Gletscherbäche angewiesen. Die feuchtere Nordexposition der Nagar-Seite (Gletscherreichtum und Höhennadelwald der Rakaposhi-Nordabdachung) stellt diese in wasserwirtschaftlicher Hinsicht besser als die trockenere südexponierte Hunza-Seite, was sich schon in der größeren Siedlungszahl und einer geschlosseneren Anbauzone äußert (s. Bild 9 u. Karte 1).

Die Siedlungsform ist im allgemeinen die eines kleinen geschlossenen Haufendorfes, wobei die immer einzeln stehenden, flachdächerigen, primitiven Häuser je nach Siedlungslage und verfügbarem Platz sehr dicht zusammengedrückt (Wehrschutzlage auf Spornen) oder lockerer vergesellschaftet sein können mit kleinen hausnahen Wiesen und Weiden und vielen schattenspendenden Obstbäumen dazwischen. Meist finden sich in einer größeren, zusammenhängenden Bewässerungsoase mehrere solcher geschlossenen Siedlungskerne. Daneben aber sind fast immer über die ganze Flur Einzelhöfe oder kleine Gruppen von solchen verstreut, die jedesmal im Schatten von Obstbäumen und Pappeln liegen (vgl. Bild 7).

Da die Nährfläche im Tal kaum ausreicht für die relativ dichte Bevölkerung, sind von manchen Siedlungen aus in den höheren Lagen der Seitentäler Sommerfeldsiedlungen angelegt worden, die nur zur Zeit der Feldbestellung und Ernte von einigen Leuten bezogen werden. Sie liegen im allgemeinen um 3000 m, unterhalb der eigentlichen Almenzone. Doch fand ich Höhenfelder in Yashpirt (Batura-Gletscher) noch in 3300 m, im Shispar-Tal bis 3500 m Höhe, während die höchstgelegenen festen Almhütten in 3800 m angetroffen wurden.

Hochentwickelt in engster Anpassung an die Naturgegebenheiten ist die Feldbautechnik, die hier mehr als anderswo landschaftsprägend ist. Der charakteristische Terrassenfeldbau bestimmt weit überwiegend das Landschaftsbild, unterschiedlich je nach Hangneigung: an steilen Hängen kleinparzellig mit oft mehrere Meter hohen Stützmauern, an flachen Hängen oder auf Ebenheiten als großblockige Flur, jedoch immer

<sup>39)</sup> Vgl. Karte 1.

mit trennenden, bindemittelfreien Natursteinmauern. Sie sind ein wesentliches Charakteristikum dieser Kulturlandschaft, ebenso wie die kunstvollen Kanalbauten, die in oft komplizierten Systemen das gesamte Kulturland durchziehen.

Der landwirtschaftliche Anbau wird von den beiden Hauptnahrungsquellen der Hunza-Bevölkerung bestimmt: Brotfrucht und Obst<sup>40</sup>). Für die Brotnahrung der Hunza-Bevölkerung — überwiegend in Form ungewürzter Fladenbrote (Tschapatis) aus grobem Mischmehl und Wasser hergestellt — stehen eine ganze Reihe von Körnerfrüchten zur Verfügung.

Die beiden Hauptfruchtarten sind Winterweizen und Sommergerste, wobei in den unteren Talabschnitten bis Baltit der Weizen überwiegt, talaufwärts und in den Seitentälern sich das Verhältnis zugunsten der Gerste verschiebt, so daß auf den hochgelegenen Sommerfeldern schließlich nur noch Gerste angebaut wird.

Die ständige Mineraldüngung des Bodens durch die Bewässerung und das Klima erlauben in der Talregion im allgemeinen im gleichen Jahr Anbau und Ernte einer zweiten Frucht. Nach der früher reifenden Gerste (Ende Juni/Anfang Juli) folgt in der Regel die Hirse, und zwar vorwiegend Kolbenhirse (*SETARIA ITALICA*), seltener Rispenhirse (*PANICUM MILIACEUM*). Im klimatisch günstiger gestellten westlichen Längstabschnitt vor allem um Chalt sowie allgemein in besonders günstigen Jahren baut man als Zweitfrucht auch sehr gerne Mais. Auf den später reifenden Weizen (2. Juli-hälfte/Anfang August) folgt in der Regel nur noch der durch eine besonders kurze Vegetationszeit ausgezeichnete Buchweizen (*FAGOPYRUM SAGITTATUM*), und zwar in zwei Varietäten, dem anspruchsvolleren, großkörnigen „süßen“ Buchweizen und der kleinkörnigen, unbeliebteren „bitteren“ Sorte, die auf armen Böden und bei infolge später Weizenernte stark verkürzter Vegetationszeit noch zur Reife gelangt. Roggen fehlt im Hunza-Tal völlig, während Hafer trotz einiger Pferdehaltung nur gelegentlich mehr oder weniger beabsichtigt oder unbeabsichtigt der Gerste untermischt zu sehen war.

Von den im Hunza-Tal vorkommenden Hülsenfrüchten sind die meist feldmäßig angebauten Saubohnen (*VICIA FABA*) und kleinsamigen Linsen (*LENS ESCULENTA VAR.*) mehr der Brotfrucht zuzurechnen, da wohl der größte Teil mitvermahlen wird. In Kleingärten werden ferner Strauch- und Windebönnen (*PHASEOLUS*-Arten) und Erbsen (*PISUM*) gezogen, außerdem verschiedene andere Gemüse und Gewürze, jedoch nur in sehr kleinen Mengen, u. a. Tomaten, Rote Rüben, Gurken, Kürbisse, Mohn, Amarant und in größerem Umfang ein Blattgemüse. Der Anbau von Kartoffeln — erst

seit drei Generationen eingeführt — wird in steigendem Maße betrieben. Gelegentlich angetroffene, kleine Parzellen von Flachs und Raps dienen angeblich nicht der Öl- und Fasergewinnung, sondern medizinischen Zwecken.

Die zweite Hauptnahrungsquelle vor allem für die Wintervorratswirtschaft stellt der Obstbau dar. Überall in Hausnähe, aber auch verstreut über die Flur, insbesondere entlang den Kanälen sind Obstbäume gepflanzt, über die sich hier und dort in Gruppen oder Zeilen schlanke Pappeln erheben — das einzige Bauholz im Tal.

Der Artenreichtum an Obst ist zwar erstaunlich groß, aber die Sortenzahl gering.

An erster Stelle rangieren, alles beherrschend, Aprikosen in verschiedenen Sorten, mit Abstand gefolgt von Maulbeeren und Walnüssen. Mangels anderer Ölfrüchte dienen letztere auch der Ölbereitung neben den in erster Linie hierfür verwendeten, aber auch als „Mandlersatz“ beliebten Aprikosenkernen.

Stark zurück treten dahinter Kirschen, Pfirsiche, Granatäpfel (alle nur im warmen Längstal), Birnen und Äpfel. Schließlich ist im Längstal der Rebbau auch im mäßigen Umfang üblich, und zwar stärker auf der Hunza- als auf der Nagar-Seite. Das hat einmal eine natürliche, in der Sonnen- und Schattenlage begründete Ursache, zum anderen aber auch religiöse Hintergründe. Denn die eigentlichen Hunza-Leute gehören im Gegensatz zu den schiitischen Nagar-Leuten der freieren Ismailia-Sekte des Aga Khan an und verarbeiten infolgedessen ihre Reben z. T. zu Wein. Daraus resultieren noch mancherlei andere unterschiedliche Erscheinungen der beiden Talseiten, worauf hier jedoch nicht eingegangen werden kann.

Sehr unterschiedlich ist überall der Anteil des Grünlandes und Futterpflanzenareals an der Landwirtschaftsfläche. Ausgesprochener Futterbau ist sehr gering verbreitet, und zwar lediglich in Form kleiner Luzerne-Felder. Dagegen begegnet man häufig bis kniehohen kräuter- und staudenreichen Wiesen, die mehrmals im Jahr geschnitten werden, meist als Bungert mit Obstbäumen bestanden. Und auch die Anlage hausnaher Viehweiden mit Hilfe gemischter Grassamen ist nicht unbekannt.

Die Viehhaltung ist trotz der schmalen Futterbasis allgemein erstaunlich groß. Das liegt zum Teil in der außerordentlichen Anspruchslosigkeit der dortigen Viehrassen, zum Teil aber auch in den sehr intensiven Methoden der Futterbeschaffung begründet. Sie stützt sich im wesentlichen auf die sommerliche Naturweide, die einmal in der siedlungsnahen Artemisia-Steppe gegeben ist, zum anderen aber vor allem in den gras- und kräuterreichen, frischeren Vegetationstypen der Höhengebiete zwischen 3000 und 4000 m, wo sich zahlreiche Almen finden. Die Winterstallhaltung basiert in der Hauptsache auf der Strohfütterung, nur in geringem Umfang durch Heu ergänzt.

Im Durchschnitt besitzt jede Familie 1—2 Stück Rindvieh einer sehr kleinen asiatischen Gebirgsrasse und 15—20 Stück Schafe und Ziegen (kurzhaarige, kleine

<sup>40</sup>) Es war eine kleine Nebenaufgabe des Verfassers, für die Bayerische Landessaatzuchtanstalt in Weißenstephan Saatgut möglichst aller im Expeditionsgebiet vorkommenden Kulturpflanzen und bestimmter Wildarten (z. B. Gräser und Leguminosen) zu sammeln. Stellen doch die Gebirge des westlichen Himalaya, Karakorum und Hindukusch eines der Gen-Zentren und Heimatgebiete zahlreicher Varietäten unserer Kulturpflanzen dar (Scheibe [33]). Diese Tatsache berechtigt zu der Erwartung, daß das mitgebrachte Saatgut, das zur Zeit in Weißenstephan erprobt und untersucht wird, Eigenschaften und Erbfaktoren besitzt, die für eine Einkreuzung in unsere oft gealterten und ermüdeten Sortiments geeignet sind.

Hochgebirgsrasse und große, langhaanige Rasse), Großbauern dagegen bis zu 300 Stück. Dazu kommt ein meist sehr geringer Hühner- und bei reicheren Bauern auch Pferdebestand. Im oberen Hunza-Tal werden außerdem tibetanische Yaks gehalten.

Die Nutzungsweise der Haustiere ist im allgemeinen sehr intensiv und mannigfaltig. Jedoch dienen Rinder und Ochsen in erster Linie der Arbeitsleistung, Pferde als Tragtiere und zum Polo-Spiel, Schafe der Wollproduktion und Ziegen der Milch-, Butter- und Käseerzeugung. Die beiden letzteren sind gleichzeitig auch die Hauptfleischlieferanten. Doch ist die Fleischnahrung im Hunza-Tal allgemein und vor allem im Winter rar, da zu diesem Zweck keine eigentliche Aufzucht betrieben wird. — Auf der Basis der Hochalmen hat sich eine interessante Almwirtschaft entwickelt, die sich in Auf- und Abtrieb, Milchwirtschaft und Verteilung der Produkte streng geregelt und wohlgeordnet vollzieht. Wenn auch der unsrigen in vielem ähnlich, besitzt sie doch mancherlei seltsame Eigenarten, zumal sie sich überwiegend auf Ziegen und Schafe stützt.

Insgesamt gesehen ist die landwirtschaftliche Bodenkultur des Hunza-Tales höchst arbeits- und nutzungsintensiv, worauf hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Doch stellt das Hunza-Tal in dieser Hinsicht keineswegs eine beispiellose, einsame Insel dar, wie man nach *Birchers* (1) Ausführungen vermuten könnte. Daß sich im benachbarten Chitral und weiter westlich in Nuristan (Hindukusch) ganz ähnliche Verhältnisse finden, geht aus dem Bericht der Deutschen Hindukusch-Expedition (*A. Scheibe* (33)) hervor.

Obwohl man im Hunza-Tal gelegentlich Brachfeldern begegnet, ist mir das Einschalten einer regelmäßigen Brache nirgendwo bekanntgeworden. Ebenso fand ich nirgends eine streng geregelte mehrjährige Fruchtfolge, wenn man von dem geschilderten jahreszeitlichen Fruchtwechsel absieht, bei dem jedoch Körnerfrucht auf Körnerfrucht folgt, nur gelegentlich von Hülsenfrüchten unterbrochen, deren bodenbereitende Wirkung durchaus bekannt ist — so vor allem bei Neuanlage von Feldern. Diese Nutzungsintensität erfordert naturgemäß auch eine entsprechende Düngungsintensität, die in erster Linie durch die ständige Mineraldüngung durch Gletscherwasser erfolgt, daneben in mäßigem Umfang auch durch Stallmistdüngung. Denn die Stallmistproduktion ist infolge der primitiven Stallhaltung ziemlich gering. Von der bei *Bircher* beschriebenen einzigartigen „Dünger-Fangwirtschaft“ habe ich nirgendwo etwas beobachtet, ausgenommen bei dem mit Rindvieh üblichen Dreschen, wo es aber nicht um den Dünger, sondern um die Reinhaltung des Kornes geht.

Erstaunlich hoch entwickelt, wohl geordnet und harmonisch gestaltet ist diese bäuerliche Kulturlandschaft, in der manches modern Anmutende altertümlich ist. Unverständlich aber bleibt der hierzu so krasse Gegensatz der äußerst primitiven Wohn- und Lebensweise der Hunza-

Bevölkerung, deren materielle Kultur von einer unvorstellbaren Einfachheit und Anspruchslosigkeit ist. Aber schon deuten sich unter der Oberfläche Wandlungen an. Denn die Zeit der Weltabgeschiedenheit auch dieses Tales geht zu Ende. Heute fährt der Jeep des Mir von Hunza bereits bis Chalt — dies nur als ein Symptom.

#### Literatur

1. *Bircher, R.*: Hunsa. Das Volk, das keine Krankheit kennt. 4. Aufl., Bern-Stuttgart 1952.
2. *Dainelli, G.*: My expedition in the Eastern Karakoram, 1930. *Himalayan Journ.* IV, 1932.
3. *Dainelli, G.*: La esplorazione della regione fra l'Himalaja occidentale e il Caracorum. In: *Spedizione Italiana de Filippi nell'Himalaja, Caracorum e Turchestan cinese* (1913—14). Ser. II. Vol. I. Bologna 1934.
4. *Dainelli, G.*: Beiträge zur Geologie des Himalaya. *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 15./16., 1—36, Wien 1939.
5. *Desio, A.*: Geological work of the Italian Expedition to the Karakoram. *Geogr. Journal* LXXV/1930.
6. *Desio, A.*: Risultati geografici della spedizione geografica italiana al Caracorum 1929. *Milana-Roma* 1936.
7. *Dyhrenfurth, G.*: Baltoro. Basel 1939.
8. *Filippi, F. de*: La spedizione nel Karakorum e nell'Himalaya occidentale, 1909. Bologna 1911.
9. *Finsterwalder, R.*: Geschwindigkeitsmessungen an Gletschern mittels Photogrammetrie. *Z. f. Gletscherkde.* 1931.
10. *Finsterwalder, R.*: Die Gletscher des Nanga Parbat. *Z. f. Gletscherkde.* 1937.
11. *Finsterwalder, R.*: Die geodätischen, gletscherkundlichen und geographischen Ergebnisse der Deutschen Himalaya-Expedition 1934 zum Nanga-Parbat. In: *Deutsche Forschung N. F. 2.* Berlin 1938.
12. *Flohn, H.*: Zum Klima der Hochgebirge Zentralasiens. *Meteor. Rdschau* I/1947/48.
13. *Flohn, H.*: Zur Meteorologie des Nanga Parbat. In: *Herrligkoffer, Nanga Parbat* 1953. München 1954.
14. *Gundlach, K.*: Das Pamirsystem (auf Grund neuerer Literatur). *Geol. Rdsch.*, 25, 330—355, Stuttgart 1934.
15. *Gruber, O. v.*: Topographische Ergebnisse der Pamir-Expedition des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1913. *Internat. Archiv für Photogrammetrie* VI, Wien 1923.
16. *Hayden, H. H.*: Notes on the geology of Chitral, Gilgit and the Pamirs. *Rec. Geol. Surv. India*, 45, 271—335, Calcutta 1916.
17. *Heim, A. u. A. Gansser*: Central Himalaya (Geological Observations of the Swiss Expedition 1936). *Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges.*, Bd. 73, Zürich 1939.
18. *Klebelberg, R. v.*: Der Turkestanische Gletschertypus. Begleitwort zu der ... Karte des Borolmas und des Kisilsu-Gletschers (Gebirge Peters d. Gr., Zentralasien) *Z. f. Gletscherkunde* XIV, 1925/26.
19. *Leuchs, K.*: „Geologie von Asien“ in „Geologie der Erde“. (Herausg. E. Krenkel). Berlin 1935/37.
20. *Lorimer, E. O.*: Language Hunting in the Karakoram. London 1939.
21. *Machatschek, F.*: Diluviale Hebung und eiszeitliche Schneegrenzdepression. *Geol. Rdschau* 34/1944.
22. *Machatschek, F.*: Das Relief der Erde. Bd. I 1938, Bd. II 1940 Berlin.
23. *Mason, M. K.*: Exploration of the Shaksgam valley and Aghil Ranges. *Records of the Survey of India* 1926.
24. *Misch, P.*: Arbeit und vorläufige Ergebnisse des Geologen. In: *Forschung am Nanga Parbat. Sonderveröff. d. Geogr. Ges. Hannover* 1935.

25. *Misch, P.*: Ein gefalteter junger Sandstein im Nordwest-Himalaya und sein Gefüge. Stille-Festschr., Stuttgart 1936.
26. *Misch, P.*: Metasomatic granitization of batholithic dimensions. I. Synkinematic granitization in Nanga Parbat area — Northwest Himalayas. American Journ. Sc. 1949, 211—245.
27. *Oestreich, K.*: Die Täler des nordwestlichen Himalaya. Pet. Mitt. Erg. H. 155, 1906.
28. *Oestreich, K.*: Der Tschochogletscher in Baltistan. Z. f. Gletscherkunde VI, 1911/12.
29. *Pampanini, R.*: La flora del Caracorùm. In: Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaja, Caracorùm etc. — Ser. II, Vol. X—XI, Bologna (o. J.).
30. *Savoia, L. A. di*: Esplorazione nei monti del Karakorum. Boll. della Soc. Geogr. Ital. XLVII, 1910.
31. *Savoia, Aimone di*: The Italian Expedition to the Karakoram in 1929. Geogr. Journ. LXXV, 1930.
32. *Schaffer, F. X.*: „Lehrbuch der Geologie“, Bd. III. „Geologische Länderkunde“, Wien 1941.
33. *Scheibe, A.* (Hrsg.): Deutsche im Hindukusch. Bericht der Deutschen Hindukusch-Expedition 1935 der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Berlin 1937.
34. *Schick, M.*: Die geographische Verbreitung des Monsum. Nova Acta Leopoldina N. F. 112. Halle 1953.
35. Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaja, Caracorùm e Turchestàn cinese (1913—14). Serie I: Geodesia e Geofisica. 3 Vol. Bologna 1925/29/31.
- a) Serie II: Risultati Geologici e Grafici, 12 Vol. Direzione G. Dainelli. Bologna 1922—34.
36. *Terra, H. de*: Geomorphologische Studien zwischen oberem Industal und südlichem Tarimbecken. Z. f. Geomorph. V/1930.
37. *Trinkler, E.* u. *Terra, H. de*: Wissenschaftliche Ergebnisse der Dr. Trinkler'schen Zentralasien-Expedition 1927/28. Berlin 1932.
- a) Bd. I: *Trinkler, E.*: Geographische Forschungen im westlichen Zentralasien und Karakorum-Himalaya.
- b) Bd. II: *Terra, H. de*: Geologische Forschungen im westlichen K'un-lun und Karakorum-Himalaya.
38. *Trinkler, E.*: Morphologische Studien aus den Hochregionen Zentralasiens. Z. f. Geomorph. VI/1931.
39. *Troll, C.*: Der Nanga Parbat als Ziel deutscher Forschung. Z. Ges. f. E. Bln. 1938.
40. *Troll, C.*: Das Pflanzenkleid des Nanga Parbat. Begleitwort zur Vegetationskarte der Nanga Parbat-Gruppe 1:50 000. Wiss. Veröff. d. Dt. Mus. f. Länderkunde z. Lpz. N. F. 7/1939.
41. *Troll, C.*: Neue Gletscherforschungen in den Subtropen der Alten und Neuen Welt (Karakorum und argentinische Anden). Z. Ges. f. E. Bln. 1942.
42. *Troll, C.*: Schmelzung und Verdunstung von Eis und Schnee in ihrem Verhältnis zur geographischen Verbreitung der Ablationsformen. Erdkunde III/1949.
43. *Visser, Ph. C.* u. *Visser-Hooft, J.*: Wissenschaftliche Ergebnisse der Niederländischen Expeditionen in den Karakorum und die angrenzenden Gebiete in den Jahren 1922, 1925 und 1929/30.
- a) Bd. I: Geographie, Ethnographie, Zoologie. Leipzig 1933.
- b) Bd. II: Glaziologie. Leiden 1938.
44. *Wadia, D. N.*: „Geology of India“ (3. Aufl.), London 1953.
45. *Walker, G. T.*: Monthly and annual normals of rainfall and of rainy days. Memoirs of the Indian Meteorol. Depart. Vol. XXIII/Part. VII. Calcutta 1924.
46. Wissenschaftliche Ergebnisse der Alai-Pamir-Expedition 1928. Im Auftrag der Notgemeinschaft d. Dt. Wiss. hrsg. von H. von Ficker und W. R. Rickmers. 3 Teile in 6 Bdn. Berlin 1932/33.

## DIE ENTSTEHUNG DER POLJEN UND IHRE STELLUNG IN DER KARSTABTRAGUNG, auf Grund von Beobachtungen im Taurus

*Herbert Louis*

mit 4 Karten und 3 Abbildungen

*The origin of poljes and their place within the karst cycle of erosion based on observations made in the Taurus Mountains*

*Summary:* The question of the origin of karst poljes still remains open despite certain advances achieved during recent decades. Observations in the western part of the middle Taurus between Lake Beyşehir and the Mediterranean coast near Manavgat, especially in the neighbourhood of Akseki, and also west and north of Antalya in the western Taurus, have shown that there the real reason for the formation of karst plains is to be found in the deposition of insoluble debris in concave relief forms within the limestone area. The source of these alluvial deposits are the sandy and marly rocks which were incorporated into the limestone massif by the folding process.

The polje basins are always situated in vales which were once sections of a genuine valley network and which were formed before the fractures in the limestone had become active in the karst hydrography (as understood by *Otto Lehmann*). In many cases, but not always, major guiding lines of this valley mesh are tectonically determined. After genuine karst formation has set in (i. e. underground drain-

age), and when the drainage has ceased to run in one direction, closed circumference karst hollows with non-soluble rocks in their catchment area function as vessels for the deposition of the waste material of these rocks. As long as the infilling continues the deposits take on a fan shape. These fans make the limestone base layer impermeable so that the water of the streams causing the deposit disappears at the lower end of the fans into the cracks in the limestone, where then pronounced karst erosion takes place. The limestone slopes forming the frame recede with a cliff-like lower section. The fan surface, i. e. the polje surface, occupies the area where the limestone mountain frame was pushed back by corrosion, and the alluvial plain stretches nearly horizontally across the remaining limestone strata. These may dip in any direction. It is thus that a karst pediment surface, thinly covered with alluvial material, is originated.

The conical fan shape of the polje bottom can only be preserved while insoluble deposits are brought into the polje. Once an appreciable supply of such material ceases, the polje bottom gradually assumes an almost plain or gently undulating surface as is the case for instance in many of the large poljes of the Dinaric karst.

