

STUFEN UND GÜRTEL DER VEGETATION UND DES KLIMAS  
IN HOCHASIEN UND SEINEN RANDGEBIETEN

## A. HYGRISCHE RAUMGLIEDERUNG UND EXPOSITION

Mit 8 Abbildungen

CARL TROLL gewidmet von  
HERMANN VON WISSMANN*Inhaltsübersicht*

- A. *Hygrische Raumgliederung und Exposition*  
*Die Trockentäler des Himalaya*  
*Das trockene Grabental des Roten Flusses*  
*Höhengrenzen der Humidität und des Niederschlags; die untere Feuchtwaldgrenze*  
*Die Feucht- und Trockensavanne in den Tropen und Subtropen Monsunasiens*  
*Die Wirkung der Strahlungsexposition*  
*Wirkung von Luv- und Leelage*
- B. *Thermische Raumgliederung und Frostboden*  
*(im folgenden Heft)*  
*Die obere Baum- und Waldgrenze und ihr Abstand von der Schneegrenze*  
*Die Waldgrenzstufe (oder subalpine Stufe) und ihre verschiedene Ausbildung in der peripher-zentralen Gürtelbildung.*  
*Die subnivale Stufe*  
*Die klimatische Frostbodengrenze*  
*Noch zu behandelnde Fragen: die Grenzen der Warmtropen und der Subtropen*

*Vertical and horizontal zones of vegetation and of climate in Tibet and its surroundings. A. Hygric (humidity-) zonation and exposition of slopes*

*Summary:* Four studies of the last years induced me to consider, to what extent one may already be able to correlate climatical and vegetational lines, viz climatical iso-lines and vegetational borders, margins, outskirts and transitions in the huge mountain mass and plateau of Tibet down to its foot regions in Inner Asia, China and India. It should be taken into consideration that every classification of climate, which is not genetic, nor causal (H. FLOHN 1957) but arranged to show its effectiveness, has to choose the borders of climates out of an infinite number of iso-lines mainly by correlating these with margins of vegetation (and also of land forms, e. g. those caused by ice action, cryoturbation and solifluction). This is shown by W. KÖPPEN, especially in his earlier papers (1900). The author of this summary has stated this necessity in his paper on the "plant-climatical" borders of the "warm tropics" (1948) and has exemplified it by his map of Eurasia showing regions (and borders) of climate which simultaneously are regions (and borders) of vegetation (1939). The papers of T. C. WANG (1941) and of W. LAUER (1952) mean a progress in finding good humidity lines by figuring out the mean annual number of humid and arid months (LAUER with a simple formula for the tropics, WANG with a more complex one applicable for almost the whole

globe). C. TROLL has shown for the Old World in a map that the results of the papers of the author (1939) and those of LAUER can well be combined. It always has to be considered, however, that every margin of vegetation (mostly a belt of transition, which is bound to be narrower in vertical than in horizontal zonation) depends on very complex climatical factors (beside other edaphic ones), and that the parallelism or coincidence of iso-lines with vegetation lines (over far distances or even over the whole globe) can never be perfect (cf. A. VERNET 1958). We have to try out and compare always again. We will never get to an end, but we should not give up and be content for instance with KÖPPEN's or THORNTON's results. KÖPPEN himself has attempted until his last years of life to improve his system of climates, which had been outlined by him to show their effectiveness mainly on vegetation. Why should we stop where he ended?

Those studies serving as stimuli for the present paper have been: a comprehensive treatise of C. TROLL on the vertical and latitudinal zonation of vegetation and climate of tropical mountains and highlands (1959) and one of his scholar U. SCHWEINFURTH on the vegetation of the Himalaya with an excellent detailed coloured map in 1:2 millions including the whole mountain belt from Chitral in the West to the upper Yangtse valley in the East (1957)\*, as well as my own research on the present and late pleistocene snow line in southern Central Asia (1959, with maps), and the foundational papers of H. FLOHN on the climate of Tibet (1958, 1959) according to the present state of knowledge, which is still rather initial, although new Chinese meteorological stations are in action and already show results.

The contrasting climates of "High Asia" are unique on the globe. They are only comparable with those of Bolivia and Peru. But these highlands lie in the tropics, while "High Asia" is in subtropical latitudes. The bulky block of marginal mountain chains and very high interior plateaus diverts wind tracks up to the height of 16 000 ft. It serves as a heating surface for sun radiation at noon and in summer (e. g. the climate of Lhasa). Its Indian slope is an effective scree against northern winds, so that — in latitudes round 30° — the forest of the "warm tropics" below the frost line (v. WISSMANN 1948) rises to 3000 or 4000 ft. Its northern half and still more its northern foot towards the Tarim Basin and Western Kansu shows a strong continentality, a high range of temperature (Himalaya 10°, Kansu 32° C). So the whole North suffers from a severe and dry winter. In spite of the hot summers, this even affects the mean annual temperature, which in W. KANSU (Suchow, Kiuchwan, 4450 ft) in 40° lat. is the same as in northern Scotland. All this is combined with a vertical zonation from the lowlands up to 23 000, at most 29 000 ft.

\* My paper may serve as a review of U. SCHWEINFURTH's excellent contribution.

Interesting marginal questions concerning the history of vegetation are just touched in the present paper. The great richness in endemisms of the flora of the regions east of the Himalaya (the "Meridional River Gorges") must to some extent be due to the fact that the vegetation was able to retreat to the south during the cold pleistocene periods. The chains in the South offer much local variety of climate and edaphic circumstances. These and the land mass which then replaced the South China Sea were leading on southwards to the "Indopacific bridge" of islands (C. TROLL 1956, 1959). During the last glaciation (Würm), the depression of the snow line was equal here to that in other regions of the globe (3300 ft in humid areas). It has become certain, however, that in older periods of pleistocene glaciation, the snow line in Central and Eastern Asia was very much lower than during the last period of glaciation (DE TERRA, PATERSON 1939, TROLL 1938, NORIN 1932, v. LOCZY 1893, ANDERSSON 1939, GO 1943, v. WISSMANN 1959, KOZARSKI 1960), even if the arguments for the strongest and oldest of the glaciations discovered by J. S. LEE in Eastern China might not prove. How far is such a strong lowering of the snowline consistent with evasive plant migrations to the South? Was the position of the equator in Indonesia in early pleistocene a little more in the South?

In his research on local winds in tropical mountain regions and on their influence on precipitation and vegetation, C. TROLL (1952) brings excellent examples of arid transversal valleys in humid surroundings in Bolivia. These valleys cut through the main chains of the eastern Andes and connect the dry altiplano with the humid outer slopes which drain to the lowlands. They have a dry climate and a vegetation of thorny and of succulent bushland or of semidesert. This vegetation changes over, however, into a humid meso- and hygrophytic forest on the higher slopes above the valley. The lower slopes and the valley bottom are an isolated strip of arid land in very humid surroundings. Only the main arteries of transversal drainage show this phenomenon well. It is not only the stronger evaporation in the hot valley floor which is responsible for this contrast, but much more so a diurnal rhythm of local winds, the well known change between a daily valley wind (blowing mainly in the afternoon) and a nightly mountain wind (culminating in the early morning). The valley wind, the wind blowing up the valley, is as a rule by far the stronger one (V. CONRAD 1936, p. 236—252; A. WAGNER 1932). While the valley wind blows, air currents rising up the lateral slopes bring about precipitation to these. In the same time, a downward component of the wind in the space vertically above the valley accounts for cloudlessness and dryness there. In tropical Bolivia and Peru, the absence of thermal seasons and the day time air movement from the lowlands to the heated high plateau surfaces promote a strong development of the process. Also the Himalaya shows such a strong contrast between the dry Tibetan plateaus serving as heating surfaces and the slopes down to India, which are then much cooler in the same altitudes (for the Pamirs c. f. H. v. FICKER 1919). Really, U. SCHWEINFURTH (1956, 1957) has gathered many accounts of transversal dry valleys in the Himalaya, which cross the chains towards the Indian front as dry channels in moist surroundings, especially in Bhutan. His maps and his sections 3 and 8 give a good impression of their distribution and of the sequence of their vertical zones. Like in Bolivia, the dry valley stretches never reach the foot of the mountain belt.

The author can contribute a further example in some detail from his own visit, diary, route book and herbarium: the long graben-valley of the Red River round Yüankiang, which separates two very dissimilar units from each other, the plateau of Central-Yünnan (with folded palaeozoic strata and much limestone) and the rounded

mountain chains and the gorges and basins of Southern Yünnan (crystalline; red formations) (WISSMANN 1943). On the location of the area cf. map fig. 1. The valley running NW-SE is like a deep wound with a faceted southwestern mountain front and a straight and broad valley floor (figs. 2, 3). It drains part of the Yünnan plateau with its subtropical dry savanna forest (cf. p. 264) and the moist chains bordering the valley on both sides, the forests of which show all transitions to the fully humid subtropical forest of East China south of the Yangtse, with laurel leaved trees and conifers with long and broad needles (even *Cunninghamia*, cf. note 38). While the outlet of the Red River valley towards Tongking round Laokay is filled with a dense tropical rain forest — now mostly secondary forest covered with lianas, or bamboo thickets, or tall grass savanna —, the lower slopes and the bottom of the valley round Yüankiang (1500 ft) is covered with a dry short grass savanna mainly of *Heteropogon contortus* (fig. 5), burnt down annually at the end of the dry season; the gravel terraces are even desert-like and dotted with thorny or succulent bushes (figs. 6, 7). For plant lists cf. p. 266. Like in the valleys mentioned above the forest sets in on the slopes, here round 3000 to 4000 ft, first in the ravines, then on the ridges, and becomes the moister the higher we climb uphill. (On the number of humid months per year cf. note 38.)

Also along the Yüankiang valley bottom, a sharp daily upstream wind is felt, recurring regularly throughout the dry season, stiffening in the afternoon. After midnight, a stratum of clouds is spread above the valley touching and moistening the slopes in heights of 4000 to 5000 ft, a stratum of fogs, the dissolution of which begins above the valley axis round sunrise (fig. 4). In the monsoonal rainy season, the higher slopes may be wrapped into raining, drizzling clouds for periods of days, while the valley floor is often in sunshine and obtains but little rainfall.

The contrast shows up as well in land use and ethnic conditions. On the valley floor and its low hills, as far as the areas can be reached by irrigation canals from the lateral valleys and gulleys, there is an oasis agriculture with a double rice crop and some cotton and sugar cane; tropical fruit trees and *Areca* palms are grown along canals. No frost occurs. Two Tai tribes (fig. 2) live in small villages (fig. 5) with crowded, flat roofed houses. The lower slopes are uninhabited. Along the higher slopes — mostly in about 5000 to 8000 ft — there are villages of diverse Tibeto-Birman tribes and also of Chinese (fig. 2). They have burnt and cleared a part of the forest and grow mountain rice, buckwheat, maize, sorghum, *Setaria* and *Elesine* millets and even "Irish" potatoes, on sloping terraces, without any irrigation. There are various "Mediterranean" fruit trees, and also pears, walnuts, bananas, and *Trachycarpus* palms.

An important border — or belt of transition — of vegetation essentially due to the humidity factor is that between moist forest and light woodland mixed with rather short grassland. In the African and South American tropics, this is, as W. LAUER has shown, the margin between semihumid forest with tall grass savanna on one side of the line, dry forest with short grass savanna on the other (F. JÄGER, W. LAUER, C. TROLL). BURTT-DAVY (The classification of the Tropical Woody Vegetation Types, Oxford 1938) distinguishes between: moist deciduous forest and (tall) grassland on one hand, dry woodland and (short) grassland on the other. The tall grass savanna seems to be a secondary formation mostly. LAUER showed that in both of these continents this border mostly divides the regions with 7 and more humid months per year from those with 6 and less. (Senegambia is an exception, where one month less is humid on the moist side of the line.) Along the tropical foot of the Himalaya, this vegetational

margin is somewhat hidden by the fact that it runs between the moister and the dryer type of the Sal forest, a deciduous forest, in which the Sal (*Shorea robusta*) is leading, as a tree favoured by man (U. SCHWEINFURTH). This line separates the tall grass savanna from the short grass savanna. Here as well we find the "isohyromene", which divides regions with 7 and more from those with 6 and less humid months per year (cf. note 62). It seems that this line also divides tall and short grass savanna in other parts of India as well as in Burma, in Indochina and in Java (R. MISRA, M. SCHMID, VAN STEENIS). When we proceed into the subtropics, to the zones above and north of the frost line, which in the regions treated here is the upper and northern margin of the "warm tropics" (WISSMANN 1948), we find the equivalent of this border of vegetation due to humidity shifted over to the "isohyromene" separating the areas with 8 and more from those with 7 and less humid months. This is the case not only on the lower slopes of the Western Himalaya between Rawalpindi and Murree (humid periods from Jan. to Apr. and from June to Sept.) but also in Yünnan (humid period from May to Oct.). Round Rawalpindi, it lies above the hardleaf woods and the macchia with *Olea cuspidata* (cf. p. 269); on the plateau of Central Yünnan, it forms the upper limit of woodlands and light forests of small leaved trees which have hard leaves or are deciduous in the dry, but mild winter half of the year, and of conifers, especially *Pinus yunnanensis* (notes 38 and 69).

It has been observed and described (H. v. HANDEL-MAZZETTI), but it has never been expressly stated that the tall grass as well as the short grass savanna are spread not only in the tropics but just as much in the subtropics of the eastern flank of Asia south of the Yangtse. The same grasses as in the tropics are reigning here: *Imperata cylindrica*, *Saccharum arundinaceum*, *Themeda gigantea* and others in the tall grass savanna, *Heteropogon contortus* and *Themeda triandra* in the short grass savanna. I am not informed about eastern North America; it seems to be similar there.

The margin between forest and wooded steppe in the cool temperate zone up to the timber line has not obtained a systematical discussion here. It seems that this line can be represented by the "isohyromene" between the area where 6 and more months are humid and that where 5 and less are humid (cf. T. C. WANG 1941). R. JÄTZOLD has shown (1959) that this iso-line coincides surprisingly well with the borders between the short grass steppe of the Great Plains and the tall grass ranges of the Prairies (cf. the continuation of this paper in *Erdkunde* 1961). — The margin between thorny savanna and semidesert in the tropics and that between open steppe and desert steppe in temperate zones, both between 1 and 2 humid months (WANG, LAUER), was not treated.

The next chapter of the present paper deals with the effect of the exposition of slopes to solar radiation on vegetation. The contrast between the vegetation of slopes exposed to the north and those exposed to the south becomes the stronger the further we proceed from the inner tropics in direction to subtropical latitudes, the higher we climb and the smaller cloudiness and haziness are. The differences are exceptionally impressive in the inner, more continental belt of forests of the Tibetan highlands, where these forests occupy a vertical zone between the lower forest line (due to aridity) and the (upper) timber line, a zone which thins out, rises and finally vanishes towards the dry interior (cf. v. WISSMANN, *Erdkunde* 1961, map). Yet in these regions, the forest of the shaded slopes may still cover a relative height up to 4000 ft between its lower and upper boundary, while on the slopes exposed to the sun there is only steppe, at most dotted with single juniper

trees. On southern slopes, it is in a more humid belt of the country, more in direction to the outer edges of the Tibetan block that forest dwindles out between its upper and lower margin. The belt where forest is entirely reduced to slopes with northern exposition is comparatively narrow in the Himalaya (cf. U. SCHWEINFURTH), but it becomes broad east of Lhasa and stays so through Eastern Tibet, Sikang, Chinghai and Kansu. The Nanga Parbat is in this belt. The features described are marvelously shown on C. TROLL's detailed map of vegetation of this mountain (1939), the only existing map of this kind from Inner Asia. There is moist dense conifer forest with mosses on the shaded slopes, and steppe on the slopes exposed to the sun; both are sharply divided from one another on crests. E. SCHÄFER observed in Eastern Tibet that the southern slopes, intensely radiated in the dry winter, stay without any snow cover. Thus a strong evaporation combined with a change between daily heat and nightly strong frost can just be endured by the sward of the grasses but not by trees and bushes.

Some examples are given of the effect of exposition in moister regions, resulting in a dryer type of forest on southern, a moister on northern slopes. Finally an example is demonstrated, how the difference between windward and leeward conditions may affect forest vegetation in the Western Himalaya according to U. SCHWEINFURTH.

Das englische Summary möge auch den deutschen Lesern als Zusammenfassung des folgenden Aufsatzes dienen.

Dieser und seine Fortsetzung (1961, H. 1) wurden einerseits durch meine Abhandlung über die Höhe der heutigen und letzteiszeitlichen Schneegrenze in Hochasien (1959) und die grundlegenden Arbeiten von HERMANN FLOHN (1958, 1959) über das Klima in Hochasien, besonders aber auch durch CARL TROLLS 1959 zusammengefaßte Darstellung der dreidimensionalen klimatischen und pflanzengeographischen Zonierung der tropischen Gebirge und durch die Untersuchung der Vegetation des Himalaya von seinem Schüler ULRICH SCHWEINFURTH (1957) angeregt. Eine regional durchgearbeitete Vegetationsgeographie dieses Gebirges<sup>1)</sup> hatte bisher ganz gefehlt. Eine sehr umfangreiche, oft schwer erreichbare Literatur machte diese Aufgabe mühsam und schwierig. Nur durch ein zusätzliches Studium in Londoner Bibliotheken war es SCHWEINFURTH möglich, diese Literatur — ihr Verzeichnis umfaßt 900 Nummern — zu erfassen. Die schöne Karte, die in der Zusammenschau und der Darstellung eine hervorragende Leistung ist, zwang ihn, zu seinem Mosaik auch solche Literatur zu verwenden, deren Autoren nur sekundär an der Vegetation Interesse nahmen, somit fast die ganze Reiseliteratur, deren Angaben zwischen die relativ spärlichen Arbeiten der Pflanzengeographen, Botaniker und Forstleute abwägend eingegliedert werden mußten. Acht Profile verdeutlichen die Gliederung nach Höhenstufen, so daß auch der so

<sup>1)</sup> Das bearbeitete Gebiet reicht vom Hindukusch und Karakorum ostwärts bis zu den „Meridionalen Stromfurchen“ (bis zum Yangtse-Tal).

berechtigten Mahnung von C. TROLL (1959, S. 17), im Sinne von A. v. HUMBOLDT das dreidimensionale Bild nicht zu vernachlässigen, Genüge getan ist. Freilich fand SCHWEINFURTH gerade in dieser Beziehung in der Literatur große Lücken vor. — Der große Maßstab und die Vielfarbigkeit der Karte waren notwendig, um in diesem so außerordentlich kontrastreichen Hochgebirgsland am Rande der Tropen die große Zahl der als Höhenstufen ineinandergreifenden Areale von Vegetationstypen<sup>2)</sup> darstellen zu können<sup>3)</sup>. — Der von Westen nach Osten fortschreitende regionale Teil der Abhandlung umfaßt drei Viertel des Textes. Jeder der zwölf regionalen Abschnitte geht nicht nur auf die Darstellung der Vegetationsverhältnisse der durchzogenen Routen, sondern auch auf die Grundzüge von Relief und Klima und die Umgestaltung der Vegetation durch den Menschen ein. Die aufgestellten Vegetationstypen sind in erster Linie floristisch charakterisiert, wobei nach Möglichkeit eine Aufgliederung nach ökologischen standörtlichen und anthropogenen Assoziationen erfolgt. Es wird jeweils versucht, die Vegetationstypen nach ihren Klimabedingungen einzuordnen, insbesondere nach den Niederschlagsverhältnissen<sup>4)</sup>. Der letzte Abschnitt der Arbeit bringt unter dem Titel: „Das Gebirge als Ganzes — allgemeine pflanzengeographische Ergebnisse“ eine Zusammenfassung<sup>5)</sup>.

Eine Würdigung der floristischen Beziehungen und des Florenaustausches der Vegetation des Himalaya würde, wie SCHWEINFURTH mit Recht hervorhebt, für sich allein eine große Arbeit bedeuten. Der große Reichtum an Endemismen im Gebiet der Meridionalen Stromfurchen und des Südrandes von Osttibet sowie der etwas kleinere im östlichen Mittel- und Südchina hängen gewiß wesentlich mit den Ausweichmöglichkeiten der Höhenstufen und Breitengürtel der Vegetation in den quartären Kaltzeiten nach Süden zusammen. Sumatra, Borneo und Java waren damals jeweils

<sup>2)</sup> Unter Vegetationstypen werden räumliche Komplexe von Pflanzengesellschaften, in welchen jeweils eine physiognomische Formation dominiert, Vegetationsprovinzen (und -unterprovinzen) im Sinne von SCHMITHÜSEN (1959, S. 169—178) verstanden.

<sup>3)</sup> Es blieben zwar noch regionale Lücken bestehen, die auf der Karte als weiße Flächen erkennbar sind; sie liegen aber so, daß für das horizontale Gesamtbild keine größeren Überraschungen mehr zu erwarten sind. Selbst in Nepal und Bhutan konnten beträchtliche Landstriche dargestellt werden.

<sup>4)</sup> Dies war für einige, z. B. die *Pinus Khasya*-Hain-savanne, wegen des Fehlens von Beobachtungsstationen noch nicht möglich. In bezug auf die Temperaturverhältnisse wäre ein weiterer Ausbau fruchtbar. Vgl. Anm. 30.

<sup>5)</sup> Im Himalaya als einem Hochgebirge in den Subtropen und am Rande der Tropen wird mit Recht der Klimabedingtheit stärkste Beachtung geschenkt. In zweiter Linie behandelt SCHWEINFURTH hier zusammenfassend die Einwirkung des Menschen.

landfest, und die Inselbrücke zur Subantarktis, die C. TROLL (1956, 1959, Karte Abb. 22) „Indo-pazifische Brücke“ nennt und so anschaulich als Einwanderungsweg subantarktischer Gewächse beschreibt, und welche ich 1948 (am Beispiel der Koniferen) als „Australasiatische Brücke“ darstellte, war in den quartären Kaltzeiten noch stärker geöffnet als sonst<sup>6)</sup>. In der letzten Eiszeit lag die Schneegrenze über Zentral-Yünnan in 4000 m; sie fiel vom Westrand des Roten Beckens von Szetschwan nach Ostchina in gleicher Breite (30°) von 3900 m auf vielleicht 2400 m und lag in Mitteljapan zwischen 2400 (N) und 2900 (S) m Höhe, in Formosa in 3350 m, hier überall mit einer Depression von 1000 m und mehr gegenüber der heutigen. Freilich war die Vergletscherung in älteren quartären Eiszeiten eine wesentlich größere. Gegenüber der letzten Eiszeit lag nach den Ergebnissen von DE TERRA und PATERSON in Kaschmir die Schneegrenze in der vorletzten Eiszeit um etwa 250, in der drittletzten um etwa 500 m niedriger als in der letzten, in der ersten noch tiefer. Die Beobachtungen von C. TROLL am Nanga Parbat (1938) deuten auf ähnliche Verhältnisse. Wesentlich größer als in Kaschmir waren die Unterschiede nach NORIN (1932, Duwa-Bereich) und BELJAEVSKIJ 1947 (West-Kwenlun), ähnlich nach W. P. WENG und T. S. LEE im Nanschan südlich Sutschou. Groß ist die Vergletscherung älterer Eiszeiten auch in Ost-Tibet im Bereich des Tungho gewesen, da sich die Beobachtungen BABERS und v. LOCZYS (1893) bestätigen<sup>7)</sup>. ANDERSSON (1939, S. 58 u. Taf. 23)

<sup>6)</sup> Das in manchen Schlüssen sicher sehr angreifbare Werk von L. CROIZAT, „Manual of Phytogeography or an Account of Plant-Dispersal throughout the World“ (Den Haag 1952, S. 708) soll hier erwähnt werden. Es basiert auf den reichen Hilfsmitteln der Herbare und Bibliotheken der Harvard Universität und ihres Arnold-Arboreums über die Verbreitung vor allem von Angiospermen; und es glaubt den Schluß ziehen zu müssen, daß die Angiospermen insgesamt vor der Kreidezeit durch drei „Tore“ nach Norden sich ausbreiteten: das „West-Polynesisches Tor“ um Tasmanien und Neuseeland, das „Magellanische Tor“ um Feuerland und das „Afrikanische Tor“ südlich des Kaplandes. Der Verfasser ist temperamentvoller Gegner jeglicher Horizontalverschiebungen und Polwanderungen. Seine Karte der Verbreitung von Land und Meer (Fig. 98) in den Perioden der frühen Ausbreitung der Angiospermen beruht rein auf der Deutung durch Pflanzenareale (heutige und fossile). Jedenfalls zeigt das Werk den großen Reichtum der als (sub-)antarktisch zu bezeichnenden Flora an Gattungen. Gewiß treffen die Worte SKOTTSBERGS zu, daß das Verschwinden der antarktischen Tertiärflora in den Eiszeiten von grundlegender Bedeutung ist und bisher unterschätzt wurde (B. P. Bishop Mus. Bull. 16, 1925; vgl. R. GOOD 1953, S. 277).

<sup>7)</sup> BABER in R. Geogr. Soc., Suppl. Papers, Vol. I, Part I, S. 48 f. Wir sehen hier ab von einer Vorlandvergletscherung im Roten Becken von Szetschwan nach H. SALFELD 1936.

untersuchte die v. LOCZY beschriebenen Moränen und fand auf großen Blöcken reichlich Striae<sup>7a)</sup>.

Man vergleiche auch GO LINDJI (1943) für den Dabaschan sowie v. WISSMANN 1958 b<sup>8)</sup>. Die Verhältnisse in Ost-China, am Luschan vor allem, mögen hier beiseite gelassen werden<sup>9)</sup>. Für Japan vergleiche man SCHWIND 1942. Überblicken wir die gesamten Anzeichen für ältere quartäre Vergletscherungen und nehmen die umstrittenen aus, so ist mit Sicherheit zu sagen, daß die Schneegrenze in älteren quartären Eiszeiten einmal — sie mögen zur Günz- und Mindeleiszeit zu stellen sein oder nicht — in Kaschmir um wenigstens 600 m tiefer lagen als in der letzten Eiszeit, im West-Kwenlun, Nanschan und rings um das Becken von Szetschwan (und in Ost-China) um 1000 m und mehr. Ich vermute, daß der Pol und Äquator in diesen Perioden (die bis ins Pliozän zurückreichen mögen) bei 130° ö. L. um einige Grade südlicher lagen als heute<sup>10)</sup>; man vergleiche die Tertiärflora Grönlands und Japans miteinander.

#### Die Trockentäler des Himalaya

Von besonderem Interesse sind SCHWEINFURTHS Ausführungen über die Trockentäler des Himalaya (S. 316—320), die die Beobachtungen vieler

Forscher zusammenfassen und von SCHWEINFURTH noch eingehender in einem Sonderaufsatz gebracht werden (1956, vgl. 1957). Der Vegetations- und Klimakontrast zwischen einer Anzahl von trockenen Quertälern und ihrer feuchten Gebirgsumrahmung ist besonders in Bhutan und am Lohit<sup>10a)</sup> groß, wo diese Täler als steppenartige Furchen die mit Regen- und Nebelwald bekleideten Gehänge und Seitentäler des Hochgebirges queren. Das Steppenband steht manchmal mit der tibetischen Hochlandsteppe in Zusammenhang; nie aber erreicht es die äußere Gebirgspforte. (So sind ja auch die trockenen Talgaue der Alpen durch feuchte Bereiche an den Außenpforten geschlossen, selbst wenn diese Pforten breit sind.) Die Entsprechung zu den trockenen Durchbruchstätern der feucht-tropischen Nordost- und Ostabdachung der Anden von Süd-Peru und Bolivien, die C. TROLL (1952) uns beschrieb, ist augenfällig. Hier wie dort wird der regelmäßig einsetzende starke talaufwärts wehende Tageswind beschrieben, der sich zum Orkan steigern kann. Daher kann SCHWEINFURTH TROLLS Erklärung, daß diese Winde im Sinne von A. WAGNER (1932) echte Talwinde besonders starken Ausmaßes sind, übernehmen: Tags strömt die Luft taleinwärts und nährt Winde, die sich beiderseits hangaufwärts bewegen. Von diesen zweigen Luftbewegungen ab, die gegen die Mitte des Tales hin gerichtet sind und eine Komponente nach abwärts haben. Durch diese zusammengehörigen Vorgänge entsteht an den Gehängen Feuchtigkeitzunahme, Bewölkung und Kondensation, über dem Talstreifen aber Austrocknung, Wolkenauflösung und starke Bestrahlung.

Dieses Phänomen wird in einem gestreckten Talschlauch durch folgenden Umstand verstärkt: Ich zeigte<sup>11)</sup>, daß in jedem gestreckten breiten und tief eingesenkten Hochgebirgstal, das in einer Haupt-Windrichtung verläuft, der Talboden trockener ist als die begleitenden Gehänge; denn die Luftmassen können sich im Talschlauch schneller bewegen als beiderseits im Bereich des zerschnittenen Gebirgslandes. Das hierdurch bewirkte Ansaugen von Luftmassen von beiden Seiten und von oben her zu diesem Talschlauch hin führt dort zu absteigenden Luftbewegungen und Erwärmung. Infolgedessen sind über der Talmitte Bewölkung, Niederschläge und Humidität geringer, die Einstrahlung größer als über den Talrändern.

#### Das trockene Grabental des Roten Flusses

Aus eigener Anschauung kann ich ein weiteres tropisches Beispiel beitragen, das Grabental des

<sup>7a)</sup> ANDERSSONS Beobachtungen waren mir bei der Abfassung meiner Arbeit über Vergletscherung und Schneegrenze in Hochasien (1959) nicht zugänglich. Lutingtschiao ist auf ANDERSSONS Karte falsch eingetragen. Eine weitere Bestätigung sind die Funde von D. S. DYE beim Kloster Tsakaolao oberhalb Lifan an einem Nebenfluß des Minkiang in 1930 m Höhe, Ablagerungen, die nur Moränen sein können. Vgl. ANDERSSON, S. 52 und Karte.

<sup>8)</sup> Das hier gesagte zusammenfassend H. v. WISSMANN 1959 b, S. 244, 247, 235, 238, 200.

<sup>9)</sup> Von den Vergletscherungen des Luschan nach J. S. LEE (1947) erscheint mir die letzte, die „Luschan-Vergletscherung“, die nur die Gipfelregion betraf, die sicherste zu sein. Sie deutet auf eine Schneegrenze bei 1400 m (1200 m nordseitig) hin, auf eine Depression gegenüber der letzten Eiszeit von vielleicht 1000 m. Zwei Vergletscherungen reichten nach J. S. LEE bis ins Tiefland hinab. BARBOUR, TEILHARD DE CHARDIN und NORIN haben die Anzeichen dieser ins Vorland reichenden Vergletscherungen („Poyang-Eiszeit“ und „Taku-Eiszeit“) angezweifelt (maschinenschriftliches MS) und die Schrammen tektonisch gedeutet. Heute sind auch S. KOZARSKIS Beobachtungen (1960) einzubeziehen. Er fand am Luschan Solifluktionerscheinungen zweier Kaltzeiten in Höhen um 1000 m ü. M. Er vermutet, daß sie zur „Taku“- (Mindel?) und „Luschan“- (Riß?) Eiszeit gehören. Jedenfalls lag die Schneegrenze in diesen Perioden, wie KOZARSKI feststellt, höher als 1000 m. H. v. WISSMANN (1937, 1939b) hatte sie für die „Taku-Eiszeit“ bei 900 m (nordseitig) vermutet. Nach J. S. LEE hatte die „Taku-Vereisung“ die weiteste Ausdehnung.

<sup>10)</sup> Das würde bedeuten, daß der Pol bei 50° w. L. (Grönland) nördlicher lag als heute, bei 40° ö. L. und bei 140° w. L. in gleicher Breite wie heute.

<sup>10a)</sup> Vgl. Anm. 30.

<sup>11)</sup> Ich habe dies für das Steirische Ennstal dargelegt, das in der Richtung der Westwinde liegt (1927, S. 44 und Karte Tafel II).

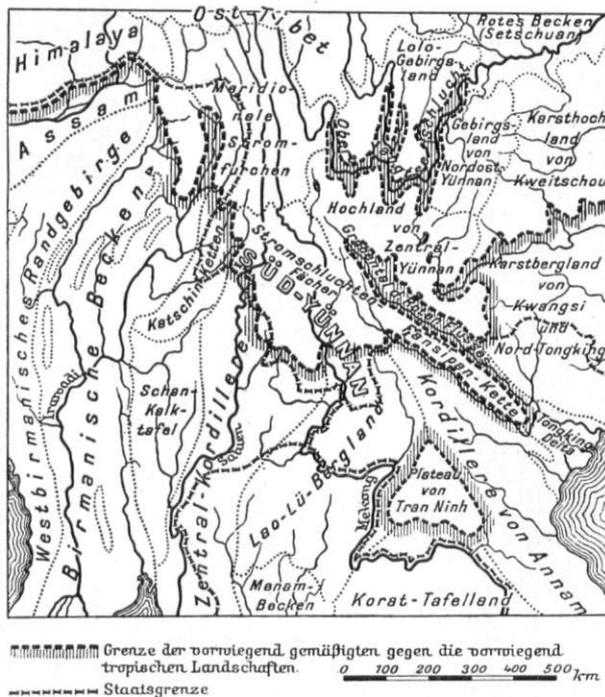


Abb. 1

Naturräumliche Großgliederung von Südwest-China und Nord-Hinterindien. Entwurf H. v. WISSMANN.

Roten Flusses, den die Annamiten Songkoi, die Chinesen in der von mir aufgesuchten Strecke Yüankiang nennen. Das gestreckte, von NW nach SO streichende Tal benutzt eine tiefe tektonische Wunde, durch welche das Hochland von Zentral-Yünnan im Nordosten von dem Stromschluchtenfächer im Süd-Yünnan geschieden ist<sup>12)</sup>. Das Gebiet mesozoischer Faltung im Nordosten mit seinen paläozoischen Kalken wird hier gegenüber dem im Südwesten anschließenden Kristallin auf 350 km schräg abgeschnitten<sup>13)</sup>. Die ummauerte Kreisstadt Yüankiang liegt auf dem Boden des 5 km breiten Grabentals in 460 m Seehöhe zwischen Hochrändern von maximal 2550 m im Nordosten, 2200 m im Südwesten. Sie liegt 250 km oberhalb der Eingangspforte von Laokai (93 m), welche die Grenze zwischen China und Vietnam bildet. Das Plateau von Zentral-Yünnan, mit weiten Becken von 1300 bis über 2000 m Höhe und aufgesetztem Mittelgebirge, ist im Kernraum wenig zertalt; im Stromschluchtenfächer im Südwesten ist keines der tiefen Kerb-

<sup>12)</sup> Abb. 1. Vgl. H. v. WISSMANN 1943, Karte von Mittel- und Süd-Yünnan, Zeichn. 3, S. 13.

<sup>13)</sup> Bei Yüankiang ist das Streichen hier südöstlich, parallel zum Graben. Es schart sich hier und wendet sich gegen Kunming über Ost gegen Nordost. Für die nördlichen Gebiete vgl. J. DEPRAT et H. MANSUY, Hanoi 1912, Skizze S. 300 und Carte tectonique.

täler so breit und so tief eingesenkt wie das Yüankiang-Tal. Die Südwestflanke dieses Grabentales ist geschlossen; sie ist beiderseits der Stadt durch kurze Steilschluchten in rel. 1000 m hohe regelmäßige Facetten gegliedert; ich zählte deren zwölf auf 30 km. Bei Yüankiang ist der nordöstliche Hochrand zwar noch nicht der Rand des geschlossenen Plateaus. Aber der eine Randkette abgliedernde, flussabwärts mündende Hotiho hat einen schluchtigen Talgrund. Flussaufwärts erhält das gestreckte Tal des Yüankiang ansehnliche Zuflüsse und Seitentäler vom Hochland im Osten und Norden.

Im Vorland und um Laokai und von dort mehr als 100 km talaufwärts (Manhao, 200 m)<sup>14)</sup> herrscht lianenüberwucherter warmtropischer Regenwald, meist Sekundärwald. Um Yüankiang sind der Talboden und die unteren Gehänge waldlos. Warmtropischer Wald findet sich nur versteckt in den Steilschluchten des Südwestrandes und wächst in den Talkerben im Bereich des Hotiho<sup>15)</sup>. Er ist zwar reich an Lianen; auch die Rotangpalme klettert hier; voller Regenwald ist er nicht<sup>16)</sup>. Er reicht sonenseitig zu 1400, schattseitig zu 1200 m hinauf. Der Boden des Yüankiang-Tales trägt abseits der Oasen und mancher von Baumreihen und Gebüsch begleiteten Wasserläufe auf den Schotterterrassen nur karge Dornbusch- und Sukkulente<sup>17)</sup>. An den Gehängen

<sup>14)</sup> Vgl. H. v. HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 116—121.

<sup>15)</sup> Mein Herbar aus Süd-Yünnan, das, trotz Verlusten bei der Versendung, über 1200 Nummern zählte, wurde von HEINRICH FREIHERRN v. HANDEL-MAZZETTI bearbeitet; die ganz oder für China neuen Arten wurden von ihm in der Österreichischen Botanischen Zeitschrift veröffentlicht. Das Herbar wurde demjenigen des Naturhistorischen Museums in Wien einverleibt und ist dort nur noch teilweise zugänglich. Denn Teile sind zu Kriegsende dort verbrannt. Doch hatte ich mir vorher von allen Namen Notizen gemacht.

<sup>16)</sup> *Wendlandia tinctoria* subsp. *Handelii*, *Marckhamia stipulata* var. *Kerrii*, häufig *Ficus Cunia*, *F. hirta*, die kleinblättrige große *Ficus retusa* var. *nitida*, *Melia Azedarach*, *Albizzia Kalkora*, *Eriobotrya obovata* und *Henryi*, *Buchanania latifolia*, *Duabanga grandiflora*, *Diospyros cordifolia*, *Rhus paniculata*, *Desmodium megaphyllum* und *oblongum*, *Clerodendron* sp., *Santaloides caudatum*, *Pithecellobium clypearia*, *Benzoin strychnifolium*, *Woodfordia fruticosa*; als Spreizklimmer *Calamus* sp. und *Mallotus philippinensis*; als Lianen *Caesalpinia decapetala*, *Acacia pennata*, *Millettia oosperma*, *Smilax ovalifolia*, *Thunbergia coccinea*, *Paldoria yunnanensis*, *Aganosma cymosum*; wilde Bananen; Riesenbambus; *Adiantum Edgeworthii* und *caudatum*.

<sup>17)</sup> Sukkulente: *Calotropis gigantea*, *Euphorbia trigona* (und vielleicht *E. Royleana*, die Euphorbie des West-Himalaya, die in der steppenhaften Yangtzeschlucht an der Yünnan-Sikang-Grenze wächst), *Opuntia monacantha*, kleiner: *Bryophyllum pinnatum*; *Aloë vera* var. *chinensis*; Dornbusch: *Acacia Farnesiana*, *Carissa spinarum*; *Jatropha Curcas*, *Bauhinia Faberi* und *Bonatia*, *Indigofera elliptica*; schütterer Graswuchs mit *Apluda mutica* var. *aristata*; ferner *Commicarpus chinensis*, *Corchorus olitorius*, *Crotalaria ferruginea*, *Cassia Sophera*, *Sida acuta* u. a.

schließt sich Grasland an, das auf der Sonnseite nur wenig von immergrünen Sträuchern durchsetzt ist. Es ist insgesamt aus wenigen Grasarten zusammengesetzt, die keinen Wasen bilden, sondern in Horsten stehen und zu durchschnittlich 70 cm aufragen. Den stärksten Anteil hat überall das rötlich-braune *Heteropogon contortus*, dessen Grannen sich zur Reifezeit leicht von Halm zu Halm verfilzen und sich durch die Strümpfe in die Haut einzubohren pflegen<sup>18</sup>. Stärker mit Sträuchern getupft ist die Schattseite, wo vielerorts immergrünes Buschwerk bis zum Talrand hinabsteigt<sup>19</sup>), während in wellig-hügeligem Gelände nordnordwestlich Yüankiang (Andjuangba, Dakaimen) Galerien von Bäumchen und Sträuchern den Kerbtälchen folgen<sup>19</sup>). In diesem Grasland fand ich auch kurze Stämme der urtümlichen *Cycas circinalis*, die gegen Grasbrände sehr widerständig ist, und die ich auch im feuchten Süd-Yünnan auf sonst baumlosen Grasflächen manchmal als einziges Holzgewächs sah. Wir haben eine typische Grasflur der Trockensavanne vor uns, wie sie sich zum Beispiel — ebenfalls mit *Heteropogon contortus* als Bestandsbildner und ebenfalls mit Beimengung von *Themeda triandra*<sup>20</sup>) — über weite Flächen Innerafrikas findet. Diese Pflanzengesellschaft wird S. 266 in anderem Zusammenhang zu betrachten sein. Hochgrasdickichte finden sich im Bereich des Yüankiang-Tales nur im Sand und Kies längs der Wasserläufe, auch derjenigen, die im trockenen Halbjahr wasserlos sind (*Saccharum spontaneum* [und *arundinaceum*], auch *Arundinella hispida*, *Neyraudia arundinacea*)<sup>12</sup>). In den

Zur Verbreitung der Dornbusch- und Sukkulentegehölze (sowie der „Garide“ und „Tomillares“) in anderen Trockentälern von Yünnan und Süd-Szetschwan bis zur Höhe von 1500 m vgl. HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 4, 1930, S. 7 f; H.-M. 1927: Yangtse-(Kinschakiang-)Schlucht S. 21, 83, 127; Yalung: S. 55, Abb. 32; Anningho: S. 31, Abb. 18; Litang-Fluß: S. 156; Mekong: S. 179; Symb., S. 225, 1313 ff. J. ROCK 1947: Yangtse-(Kinschakiang-)Schlucht: S. 238, 244, 400, Pl. 102, 105, 108, 109, 232; Mekong: S. 317, 319, 391, Pl. 167, 168, 201, 203; Wuliangho: Pl. 218. E. SCHÄFER 1938: S. 35, Tungho: Abb. 9 f; Yalung: Abb. 28. A. LU 1947, S. 89; DEPRAT et MANSUY, Phot. Planche 1—4 (Kinschakiang).

<sup>18</sup>) Dazu *Cymbopogon* sp., *Andropogon micranthus* var. *spirigerus* und var. *villosus*, *Arundinella setosa*, *Themeda triandra*, *Eulalia phaeothrix*; an Sträuchern *Lespedeza sericea*, die Tiliaceen *Grewia celtidifolia*, *Helicteres angustifolia*, *H. Isora* var. *tomentosa*. Zwischen den Gräsern schlingt von 1200 m aufwärts die stinkende *Mucuna pruriens*.

<sup>19</sup>) Z. B. *Phyllanthus Emblica* und *microcarpus*, *Gymnosporia Royleana*, *Diospyros mollifolia*, *Zizyphus rugosa*, *Grewia abutilifolia*, *Rhus paniculata*, *Quercus Schottkyana*, *Tarrenna* sp., *Cipadessa cinerascens*, *Desmodium cephalotes*, *Alylosia nivea*, *Sophora viciifolia*, *Elsholtzia incisa*, *Bridelia stipularis*, *Pistacia weinmannifolia*, als Baum *Erythrina stricta*, als Schlinger *Celastrus dependens*.

<sup>20</sup>) Vgl. J. LEBRUN, 1947.

<sup>21</sup>) Vgl. HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 99, 101; 1930, S. 8, Symb., S. 1279.

trockensten Abschnitten des Yüankiang-Tales, besonders an den unteren Gehängen der Sonnseite, mag eine baumarme Trockensavanne ursprünglich sein. In ihrer heutigen Ausbreitung und in ihrer artenarmen Zusammensetzung ist sie gewiß durch das alljährliche Abbrennen am Ende der Trockenzeit entstanden<sup>22</sup>).

Auf einer Terrasse des sonnseitigen Steppenhanges fand ich kleine mit Roterde ausgekleidete Dolinenschüsseln, die mit Süßkartoffeln, Erdnuß, Mais und Sorghum bepflanzt waren<sup>23</sup>). Sonst ist die Dörfergruppe von Yüankiang, deren Tai-Name Mungdjong ist, Oase, die von ihren Bewohnern, den Tai La und Tai Gao, kunstvoll terrassiert und aus den südlichen und auch den nördlichen Seitenschluchten durch lange Kanäle bewässert wird, die, oft mit geringem Gefälle, am Hang entlanglaufen. Der Niederschlag mag im Talboden 400 bis 500 mm jährlich betragen. Der meist auf gleichem Feld zweimal jährlich geerntete Reis war die einzige wichtige Feldfrucht<sup>24</sup>; Zuckerrohr und Baumwolle hatten einige Bedeutung. In Gärten wurden Taro, Tabak und anderes gezogen. An den Frucht- und Nutzbäumen aber, die meist längs der Wasserläufe gepflanzt sind, zeigt sich das volle warmtropische Klima: überall Betelpalmen (*Areca Catechu*), dann Tamarinden, Mangobäume, *Nephelium Litchi*<sup>25</sup>), *Carica Papaya*, *Citrus decumana* und (oder) *maxima*, Granatapfel, Bananestaude, halbwild *Psidium Guayava*; viel Kapokbäume (*Bombax malabarica*); eine Pflanzung von Tungöl (*Aleurites Fordii*); Lackbaum (*Rhus verniciflua*), *Asclepias curassavica*, Hecken von sukkulenten Euphorbien und von Akazien.

Voller Waldwuchs reicht in den Schluchten der Schattseite, wie gesagt, tief herab; an der Sonnseite beginnt er ziemlich scharf abgesetzt bei etwa 1300 m Höhe, mit der Untergrenze der hohen

<sup>22</sup>) Ich war im November 1934 und im Mai 1935 in Yüankiang. Im Mai, am Ende der Trockenzeit, lag die Trockensavanne abgebrannt oder abgeweidet da. Die Mittagstemperaturen pflegen im Mai, dem wärmsten Monat, bis gegen 40° zu steigen; die tiefsten von Herrn Missionar H. DIETRICH gemessenen Wintertemperaturen lagen, wie er mir sagte, um + 10°. Anscheinend ist Yüankiang wärmer als das 360 m tiefer liegende Laokai.

<sup>23</sup>) Soweit ich mich erinnere, waren diese Dolinenschüsseln nicht künstlich bewässert.

<sup>24</sup>) Ernten im Juni und im November. Felder, die nur in der sommerlichen Regenzeit vom Kanalwasser erreicht werden, haben eine Reisernte im Oktober. Für den Eigenbedarf bauen die Tai, wie auch in Süd-Yünnan, glutinösen Reis. Gewöhnlicher Reis wird nur zum Verkauf an die von Chinesen besiedelten Verkehrsorte angebaut, die vor allem auf den Höhen liegen. Die Zuckerrohrfelder nahmen die flachsten Geländeteile ein. Die Auskünfte verdanke ich zum Teil dem damaligen Kreishauptmann von Yüankiang, zum Teil Herrn Missionar H. DIETRICH, der mir auch jetzt — als Pfarrer in Untersiemau bei Coburg — ergänzende Informationen gab, wofür ich ihnen herzlich danke.

<sup>25</sup>) Findet sich bis etwa 1700 m Höhe.

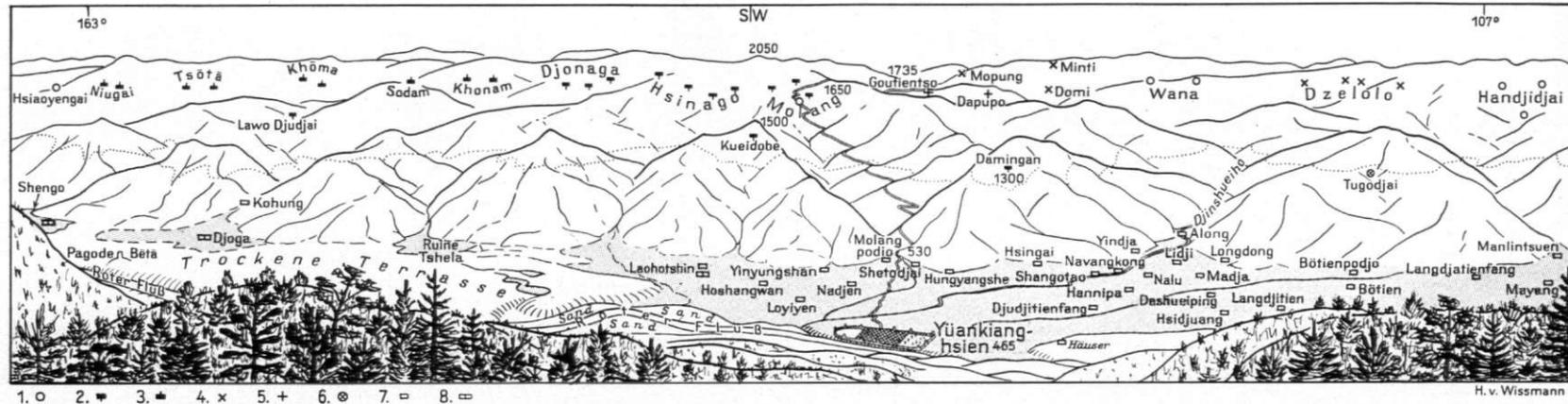


Abb. 2

Rückblick auf das Grabental des Roten Flusses und seinen in Facetten gegliederten südwestlichen Bruchrand vom Aufstieg von Yüankiang nach NO am kürzeren Weg nach Sheping, unterhalb des Dorfes Hungmaoling, aus dem höheren Teil der subtropischen Waldstufe, bei 1950 m Höhe. Die (stark durch Rodung verwischte) untere Waldgrenze ist in diesem Gehänge als punktierte Linie eingetragen. Die chinesische Kreisstadt Yüankiang, auf einer Terrasse über dem Roten Fluß in 465 m Höhe gelegen, nahm die Hälfte des Raumes innerhalb der Stadtmauern ein (Kreuzschraffur). Südwestlich Yüankiang erkennt man den steilen Aufstieg des damaligen Haupt-Karawanenweges von Kunming über Yüankiang nach Süd-Yünnan (Puerh, Szemao) zum Rastort Molang und zum Sattel bei Goutientso. Eine Straße müßte das enge Tal des Djinshueiho benutzen, der unweit hinter dem Kamm von 2050 m entspringt. Die Oase um Yüankiang (Raster), die durch Kanäle aus den Nebenflüssen bewässert wird, die aus dem Gebirge des Grabenrandes heraustreten (vor allem dem Djinshueiho und Nantschiüho), ist von vielen eng verbauten Dörfern der Tai Gao (7) und einigen der Tai La (8) überstreut. Weiter im Südosten schneidet der Rote Fluß in den hier gehobenen alten Talböden ein, so daß die kleinen Oasen auf die Deltas der Ausmündungen der Bäche in das Grabental beschränkt sind, während die trockene Terrasse mit Dornbusch bewachsen ist. Oberhalb der unteren Waldgrenze beginnt terrasserter Regenfeldbau mit Zuhilfenahme des Hangabflusses. Nur wenige Siedlungen liegen in Höhen um 1300 m auf den Facetten. Die meisten liegen erst zwischen 1550 und 1850 m Höhe als Waldrodungen. Im Blickfeld gibt es hier oben Siedlungen von Chinesen (1) und von folgenden Bergbauernstämmen: Lolo (2), Woni (3), Dotha (4), Lobi (5) und Pula (6). Die Bergbauerndörfer der Höhe sind zu Großgemeinden (Liandze) zusammengefaßt. Die vier südwestlichsten gehören zum Djegai-Liandze, die mittleren zum Molang-Liandze, die vier nordwestlichsten zum Kwanyinshan-Liandze. Die Zeichnung beruht vor allem auf meiner Routenskizze vom 11. Mai 1935 morgens um 7 Uhr (deren Winkelstellungen nicht ausgeglichen wurden), dazu auf zahlreichen Photographien und Kartenskizzen.



Abb. 3

Panorama des Grabentales von Yüankiang talabwärts (gegen SO) gesehen. Der südwestliche schattseitige Grabenrand rechts ist geradlinig und in Facetten aufgelöst. Hinter den Facettenspornen ist der darüber aufsteigende Hochrand nur wenig sichtbar. Dieser Grabenrand hat scharfe Kämme. Der nordöstliche sonneitige Gebirgsrand links hat gerundete Rücken und ist nicht geradlinig. Auf beiden Seiten erkennt man die Untergründe des stark gelichteten Waldes. Zwischen den Reisfeldern der Oase an den Kanälen Baumreihen. Der vordere Teil der Oase wird vom Nantshüho (Namtó) bewässert, der außerhalb des Bildes von rechts eintritt. Am untersten Gehänge des Bergfußes vorne rechts laufen übereinander zwei Kanäle entlang. Oben dort Tugodjai (vgl. Abb. 2). Im Vordergrund Talterrasse bei Mandjang mit trockenen Flächen. Die Stadt Yüankiang liegt im hintersten Teil des Oasengebiets links. Dort erkennt man die am Hang entlangziehenden Kanäle, die auf Abb. 5 aus der Nähe zur sehen sind. In der Ferne die trockene Talterrasse mit der Pagode Beitá. Nach unserem Photopanorama vom 24. November 1934 gezeichnet von H. v. WISSMANN.

Nebeldecke der Wintermorgen (vgl. S. 262). Hier beginnen auch die Dörfchen der vielen Bergstämme (Lolo, Sansu, Pula, Lobi, Biyo), die an den Steilhängen der Schattseite bis 1150 m Höhe herabkommen<sup>26</sup>). Die Vegetations-Obergrenze der Warmtropen und Vegetations-Untergrenze der Subtropen ist an den durch die menschlichen Eingriffe verarmten Hängen verwischt worden und zwar in ihren Holzgewächsen auf Kosten der warmtropischen<sup>27</sup>). Auf der Sonnseite nehmen von 1300 m Höhe an die Eichen im weiteren Sinne (*Castanopsis*, *Quercus*, *Lithocarpus* einschließlich *Pasania*) stark zu, zuerst die immergrünen<sup>28</sup>). Etwa bei 1400 m Höhe an der Sonnseite im Nordosten, aber schon bei 1150 m im steilen Südwesten beginnen sich Nadelbäume beizumischen und etwa oberhalb 1700 m (beiderseits) im Bestand zu dominieren. In dem zu höheren Rücken aufsteigenden Nordosten, wo die Niederschläge gewiß größer sind als im Südwesten, ist es allein *Keteleeria Evelyniana Masters*<sup>29</sup>) mit ihren wie Christbaumkerzen aufrecht stehenden Zapfen. Weiter westlich im Norden und auch im Südwesten gesellt sich schon an der Untergrenze *Pinus Khasya* hinzu<sup>30</sup>),

<sup>26</sup>) Abb. 2. Man vergleiche auch die Zeichnung 4 (Völkerschichtung am Grabental des Roten Flusses und auf dem Hochland von Zentral-Yünnan) in H. v. WISSMANN 1943, S. 15.

<sup>27</sup>) H. v. HANDEL-MAZZETTI beobachtete, daß weiter östlich, bei Manhao, wo die Obergrenze des warmtropischen Waldes sonst bei 1300 m Höhe liegt, der subtropische lichte Laubwald (mit Hartlaub, Fiederblättern oder kleinen behaarten Blättern und mit viel Grasunterwuchs) als Sekundärwuchs auf ehemaligen Rodungen bis zum Talrand bei 200 m Höhe hinabreicht (1930).

<sup>28</sup>) *Quercus Schottkyana*, *Castanopsis Delavayi*, *C. platyacantha*, *C. tribuloides*, *C. calathiformis* (?), *Lithocarpus spicata*, *L. truncata*, *L. fenestrata*, *Quercus Franchetii*, *Q. Helferiana*; über 2000 m fand ich dazu *Lithocarpus viridis* und *dealbata* und die sommergrünen *Quercus dentata* und *variabilis*.

<sup>29</sup>) Die Art wurde von *Keteleeria Davidiana* (Bertr.) Beissn. abgetrennt. Beide wachsen in der unteren subtropischen Stufe, *Keteleeria Davidiana* in den Randgebieten von Szetschwan (Omeischan-Minkiang), *Keteleeria Evelyniana* von Süd-Sikang (um Ningyüan) bis Süd-Yünnan (Puerh), westlich bis Tali (Cheng 1939, S. 99 f.).

<sup>30</sup>) *Pinus Khasya* (synn. *Pinus insularis*) ist vom Trockental des Lohit und dem Salwental südlich 28° 10' im Nordwesten und südlich der Berge, die das Grabental von Yüankiang im Norden begleiten (Grenzbereich gegen *Pinus yunnanensis*) durch Hinterindien und in den Philippinen verbreitet. Die klimatischen Ansprüche scheinen denjenigen von *Pinus Roxburghii* (synn. *Pinus longifolia*), die im Himalaya von dessen äußerstem Nordwesten bis gegen Sikkim hin weithin bestandbildend ist, recht ähnlich zu sein. Wie die Bestände von *Pinus Roxburghii* nehmen auch diejenigen von *Pinus Khasya* Stufen beiderseits der Frostgrenze ein. Ihre Wälder verhüllen dadurch gewissermaßen die Warmtropengrenze. Es sind Wälder mit ausgesprochener Monsunverteilung des Niederschlags. Die Niederschlagsansprüche scheinen bei *Pinus Khasya* etwas höher zu sein als bei *Pinus Roxburghii*. Für diese gibt SCHWEINFURTH 1000 bis 1400 mm an, während



Abb. 4

Der von Lolo und Chinesen bewohnte Rastort Molang am Karawanenweg von (Kunming und) Yüankiang nach Süd-Yünnan (Puerh, Szemao), im Waldbereich in 1650 m Höhe, 1200 m über dem Boden des Grabentales bei Yüankiang. Die Regenfelder sind terrassiert, aber nicht horizontal. Im Hintergrund sieht man über das Grabental hinweg auf die Berge im Nordosten. Morgens um 6 Uhr. Der nächtliche Hochnebel über dem Tal hat sich noch nicht ganz aufgelöst. Phot. H. v. WISSMANN, 27. November 1934. Zur Lage von Molang vergleiche man Abb. 2.

oberhalb etwa 1800 m auch die fünfnadelige *Pinus Armandi*. Es ist ein üppiger Mischwald mit reichem Unterwuchs<sup>31)</sup>, reich an Farnen<sup>32)</sup>; in tieferen

diejenigen von *Pinus Khasya* zwischen 1300 und 1800 mm zu liegen scheinen (Rima am Lohit 1500 bis 2000 mm, Szemao 1752 mm, Mung Hunö 1722 mm, Tschiangmai 1170 mm, die Kiefer wächst aber nur oberhalb). Daß *Pinus Khasya* im Lohit-Tal Charakterbaum der „trockenen“ Strecken ist, rührt daher, daß die umgebenden Gebirge von noch weit höheren Niederschlägen heimgesucht werden. Weite Wälder von *Pinus Khasya* finden sich in Süd-Yünnan um Szemao (eigene Beobachtungen) und bis Nord-Laos (AIME 1930) sowie in den Becken von Tschiangmai (CREDNER) und Kengtung (E. H. WILSON, J. ROCK, Journ. Arnold-Arboretum 6, 1926, S. 37, 245). Dies sind alles Bereiche älterer Rodung; der Mensch unterstützt das Aufkommen beider Kiefern. Im Süden ist *Pinus Khasya* mit *Pinus Merkusii* vergesellschaftet, die wohl nur bis zur Frostgrenze hinauf ansteigt und bis Sumatra verbreitet ist (vgl. Abb. 8). *Pinus Khasya* ist in Hinterindien von 800 bis 1800 m Höhe, am Salwen (HANDEL-MAZZETTI, Symb.) bis 2000 m, an Sonnhängen dort stellenweise bis 3550 m Höhe verbreitet. Über *Pinus Massoniana* in Mittel- und Südchina vergleiche man S. 267.

<sup>31)</sup> Neben den genannten Nadelbäumen und „Eichen“ wachsen hier *Betula alnoides* und *Alnus nepalensis*; die Ericaceen *Pieris (Lyonia) ovalifolia* und *Vaccinium fragile*

Teilen sind Riesenbambus-Bestände eingestreut. Schon von 1800 m Höhe aufwärts gibt es auf Lichtungen Edelweiß<sup>33)</sup> und Enzian<sup>34)</sup>, und auch sonst Anklänge an nördlichere Floren<sup>35)</sup>, während die

var. *myrtifolium*; *Albizia mollis*, *Pyrus Pashia*; die Theaceen *Schima Wallichii*, *Gordonia axillaris*, *Anneslea fragrans*; *Schefflera Delavayi*, *Phyllanthus microcarpus*; als Sträucher: *Rhododendron rufosquamum*, *Rh. microphyton*, *Rh. aff. mengtseensi* et *irrotato*, *Lespedeza* sp., *Buddleja yunnanensis*, *Brandisia Hancei*, *Hydrangea aspera*, *Osbeckia*- und *Plectranthus*-Arten; höher oben (2300 m) der purpurblütige Baum *Rhododendron Delavayi*, *Helicia* sp., *Smilax ferox*, *Trema laevigata*, *Actinidia nubricaulis*; als Schlingpflanzen *Bauhinia* sp., *Pueraria edulis*, *Clematis Kerriana*, die Winde *Porana racemosa*; hohe Bambusen; in Hangtälchen *Zingiber* sp., *Loranthus*-Arten; die bis 2 m hohe Staude *Lobelia rosea*.

<sup>32)</sup> Außer dem Adlerfarn und *Gleichenia* seien genannt: die sehr große *Woodwardia radicans*; *Dryopteris Beddomei*, *Lygodium japonicum*.

<sup>33)</sup> *Leontopodium sinense* und *Andersonii*.

<sup>34)</sup> *Gentiana rigescens*, *G. rodantha*, *G. hapalocaula*, *G. praticaula*.

<sup>35)</sup> So bei 2300 m Höhe *Stellaria saxatilis*, *Rosa lucens*, *Anemone rivularis*, *Ajuga lobata*, *Fragaria nilgerrensis*, *Paris polyphylla*, schon bei 1800 m Höhe *Thalictrum actaeaeifolium*, *Spiraea japonica*, *Lysimachia lobelioides*,



Abb. 5

Blick von WSW über das Tal von Yüankiang unmittelbar unterhalb der Stadt Yüankiang. Im Vordergrund Gestrüch und Kurzgrassavanne. Die flachen Abdachungen vor dem vorderen Bergfuß sind von künstlichen Reisfeldterrassen bedeckt. Bäume längs der Kanäle. Rechts am Bergfuß ein eng verbautes flachdachiges Dörfchen der Tai Gao. Der gegenüberliegende Talhang der Sonnseite zeigt in den unteren Teilen fast reines Grasland, in welchem sich die Baumreihen von drei am Hang entlanggeführten Wasserleitungen scharf abheben. Gestrüch auch in den Talrunsen. Dieser untere Teil des Gehänges ist ohne Siedlungen. Diese liegen erst im oberen Teil der Gehänge, in welchem der hier einsetzende Wald von Rodungen durchsetzt ist. Phot. H. v. WISSMANN, 23. November 1934.

Hochgrasdschungel<sup>36)</sup> und die Bewachung des dunkelroten Bodens der Wegräume, mit *Melastoma* und dem Farn *Gleichenia linearis*, in Sumatra nicht wesentlich anders wären. Das Klima der Hochländer von Yünnan nähert sich insofern dem Klima der inneren Tropen, als — abgesehen von Becken, die als Frostlöcher fungieren — bei geringer Amplitude die Differenz zwischen der Mitteltemperatur des wärmsten Monats und dem absoluten Temperaturminimum und daher der Höhenabstand zwischen Warmtrogengrenze und Baumgrenze klein ist. Damit hängt diese Florenmischung zusammen. Man vergleiche zu dieser Frage für Hinterindien und Süd-Yünnan C. TROLL 1954, S. 210 und 1959, S. 71 f.

Dieser Wald ist stark von den Dorf- und Brandrodungen der Stämme durchsetzt, mag aber hier doch noch ein Viertel des Geländes bedecken.

die Glockenblumen *Adenophora Bulleyana* und *Campanulomoea javanica*. Genannt sei *Inula Wissmanniana*.

<sup>36)</sup> Vor allem mit *Themeda gigantea*.

Möglichst um die Dörfer herum liegen kunstvolle Naßfeldterrassen für den Reis (und ein wenig Taro), während die (damals) im Rai-System bewirtschafteten Hangfelder — mit Buchweizen, Mais, Sorghum, unserer Kartoffel, Erbsen, damals auch Opium, im NO wenig Gerste, im SW des Grabens auch Bergreis, *Setaria italica* und *Eleusine coracana* — hier weniger wichtig als erstere sind. Um die Dörfer gibt es viel Bananenstauden und Walnuß-, Pfirsich- und Kaki-bäume, auch *Trachycarpus*-Fächerpalmen, Birn- und Apfelbäume, örtlich Orangenkulturen, bei der Mindja-Kolonie im SW Zypressen; der Kapok-Baum (*Bombax*) steigt hierher herauf<sup>37)</sup>. Daß die Niederschläge im Gebirge nordöstlich von Yüankiang höher sind als in den sonstigen Gebirgen des Hochlandes von Zentral-Yünnan erkennt man auch an den Stangenholz-Forsten der breitnadeligen *Taxodiacee* *Cunninghamia lanceolata*,

<sup>37)</sup> Kiefern werden geschlagen, um nach drei Jahren auf den Stümpfen gezüchtete Pilze zu ernten.



Abb. 6

*Euphorbia trigona* im trockenen Becken von Andjuangba (850 m), das sich nördlich an das Talbecken von Yüankiang anschließt. Tropische Dorngehölze und Trockenwald mit Trockensavanne. Phot. T. Y. YEN, 22. November 1934.



Abb. 7

*Acacia Farnesiana* im selben Vegetationsbereich wie *Euphorbia trigona* (Andjuangba). Der Dornstrauch ist von gelben Blütenständen übersät. Hinter ihm ein Hochwasserbett. Im Hintergrund schütterer Buschwald und Trockensavanne. Phot. H. v. WISSMANN, 22. November 1934.

eines Charakterbaumes des immerfeuchten östlichen Mittelchina, die hier einen Vorposten ihrer äußersten Westausbreitung haben. Diese Berge leiten zu den feuchten Höhenwäldern über den Warmtropen bei Laokai am Ausgang des Tales des Roten Flusses über, wo westlich Laokai am Fansipan (3142 m) Laubwald bis unter die steilen Gipfeltürme aufsteigt. Die klimatische Baumgrenze würde hier wohl bei etwa 3700 m erreicht. Die wegen der Härte ihres Holzes gesuchte und daher selten gewordene *Podocarpus kawai* sowie *Alnus nepalensis* dieser Wälder lassen an einen Vergleich mit dem Nebelwald von *Podocarpus parlatorei* und *Alnus jorullensis* am Anden-Ostrand südlich von 18° S denken (vgl. TROLL 1952).

Über die Anzahl der humiden und ariden Monate des Jahres im weiten Umkreis des Tales von Yüankiang soll eine Tabelle Auskunft geben<sup>38)</sup>. Während Yüankiang (460 m) schätzungsweise 4 (nicht über 5) humide Monate im Jahr hat<sup>39)</sup>, zeigen die Höhen über Laokai (1640 m) wenigstens

<sup>38)</sup> siehe Seite 261.

<sup>39)</sup> Die chinesischen *Climatological Data* geben für Yüankiang (1937—40) 1229 mm Jahresniederschlag. Die Angabe einer Seehöhe fehlt. Entweder sind die Messungen fehlerhaft, oder es liegt eine Verwechslung vor, oder die Station lag auf der Höhe über dem Tal, etwa in Molang (1650 m), das im Kreise Yüankiang liegt. Schon der Vergleich mit Hsinping (997 mm bei 1634 m Höhe in ähnlicher Hanglage wie Molang) zeigt, daß die Summe von 1229 mm für die Stadt Yüankiang nicht richtig sein kann.

9 (vgl. Kokiü, Schapa). Die Naßreis-Terrassen benötigen dort oben wenig zusätzliche Bewässerung. Leider stehen uns auch für die anderen Trockentäler im Raum der Hochgebirge West-Chinas nur wenige Daten zur Verfügung; die meisten dieser Täler sind schluchtig und werden von größeren Siedlungen gemieden. A. LU (1947) und W. C. CHENG (1939) bringen Daten über die Trockenheit des Tales des Tungho<sup>40)</sup> und besonders des Minkiang (Maohsien und Wentschuan um und unter 400 mm jährlich). Berücksichtigt man die hohe Temperatur und die starke Verdunstung in Yüankiang, so mag der jährliche Niederschlag dort 600 mm betragen.

Auch darin ist das Grabental von Yüankiang typisches Beispiel eines Trockentales in tropischem Randgebirge, daß in ihm in der trockenen Jahreshälfte, von November bis Mai, regelmäßig tagsüber, spätestens mittags, ein talaufwärts gerichteter Wind, hier ein Südostwind, aufkommt und dann nachmittags und gegen Abend sehr stark zu werden pflegt, so daß er Staub, in der Nähe des Flusses Sandkörner verfrachtet, und daß er bis

<sup>40)</sup> Tampa (3000 m) etwa 450 mm, weiter abwärts Trockenheit im Talgrund groß, doch keine Messungen. Unterhalb des Knies (Umbiegen nach Osten) schneller Anstieg der Niederschläge. Die Trockenheit der Kinschankiang-Schlucht klingt bei Leipo (700 mm) ab. Man vergleiche die Karte Abb. 3 in der Fortsetzung des vorliegenden Aufsatzes (1961, H. 1).



Abb. 8

*Cycas circinalis* in der Lichtung eines *Pinus Merkusii*-Haines am Loi Dzeleang um 1350 m Höhe, mit Hochgrassavanne, auch Farnen (und *Zingiber*). Die Gehölze von *Pinus Merkusii* erreichen hier, in diesem südwestlichsten Saum von Yünnan (um Dalo) ihre Obergrenze, und zwar im Bereich der Warmtrogengrenze (!). Eine ähnliche Verbreitung hat *Pinus caribaea* in Mittelamerika. Phot. H. v. WISSMANN, 24. Februar 1935. Vgl. Anm. 30.

<sup>38)</sup> *Mittlere monatliche und jährliche Niederschläge und Anzahl der humiden Monate des Jahres in Zentral- und Süd-Yünnan und in südöstlich benachbarten Gebieten:*

Hweili: trockenes Becken nördlich der Yangtse-Schlucht, Obergrenze typischer *Heteropogon*-Savanne; Tali: Westrand des Hochlandes von Zentral-Yünnan gegen die Meridionalen Stromfurchen; Kunming I und II: Becken des Hochlandes von Zentral-Yünnan; Amitschou: Tal des Westflusses unterhalb der Warmtrogengrenze; Schihping, Möngtze: südlichste, tiefste Becken des Hochlandes von Zentral-Yünnan; Hsinping: nordöstlicher Oberrand des Grabentales des Roten Flusses; Kokiu: nordöstlicher Oberrand des untersten Teiles des Grabentales des Roten Flusses; Laokai: Ausgangspforte des Tales des Roten Flusses; Schapa: Höhenstation südwestlich darüber; Szemao: Hochbecken im Stromschluchtenfächer von Süd-Yünnan; Munghu Nö und Phong Saly (gemittelt) in dem dort anschließenden nördlichsten Laos; Munghai: höheres Becken der Tai im südlichsten Yünnan (noch frostbefallen); Banhueisai: am Mekong (Laos) bei 20° 15' N.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Monate Humid	Höhe	Beob.-Jahre
Hweili	15	19	23	31	86	160	209	149	93	51	27	3	866	6	1875 m	1924-29
Tali**	7	43	92	25	157	285	254	288	213	100	46	24	1534	8-9	2100 m	1937-42
Kunming I	10	12	17	22	121	155	245	227	139	84	51	12	1095	7	1893 m	1908-23
Kunming II	5	24	19	26	135	201	291	270	180	73	47	13	1284	7	1922 m	1928-40
Amitschou	5	15	22	31	89	158	207	193	70	39	41	13	883	5	1059 m	1918-36
Schihping	1	31	23	23	115	182	229	248	106	48	50	25	1081	7	1310 m	1937-40
Möngtze	7	17	29	42	113	137	183	204	99	53	56	13	953	7	1305 m	1906-32
Hsinping	5	22	24	15	194	128	249	156	86	47	65	6	997	6	1634 m	1938-40
Kokiu	2	29	46	86	305	342	463	354	190	79	103	25	2024	9	1700 m	1937-40
Laokay	17	37	60	107	235	222	306	351	240	113	64	27	1779	9	93 m	1907-29
Schapa	43	80	108	180	398	342	511	487	343	192	118	45	2847	12	1640 m	1918-29
Szemao	15	2	3	104	186	223	410	464	135	125	80	6	1752	8	1340 m	1924-26
Munghu Nö*	(11	36	87	152	237	218	446	334	188	31	11	1)	1722	(7)	1160 m	1929-30
Munghai	4	25	8	64	206	161	281	340	166	73	64	41	1433	8	1250 m	1937-39
Banhueisai	11	11	31	89	197	223	370	443	187	102	52	15	1732	7	300 m	1913-29

3, 10, 11, 15 aus E. BRUZON, P. CARTON 1930; 12 *Observatoire Phulien* handschriftlich; 13 G. AIME 1930; 1, 2, 4 bis 9, 14 aus *Climatological Data of China* (bis 1942), Academia Sinica. \* Siehe oben. \*\* Tali I 1937-1940 (4. J.), Tali II 1940-1942 (3. J.), 1940 doppelt gerechnet.

zum späten Abend weht<sup>41)</sup>. Nächtliche talabwärts gerichtete Winde erlebte ich nicht. Auch Herr und Frau DIETRICH sind solche gar nicht erinnerlich. In jenen wolkenarmen Novembertagen beobachtete ich ferner, daß frühmorgens eine Hochnebeldecke über dem Tal lag, etwa zwischen 1250 und 1500 m Höhe, mit starkem Tau in dieser Stufe, und daß sie sich schneller über dem Tal als über den Gebirgsrändern (besonders im Nordosten) auflöste<sup>42)</sup>. Herr Pfarrer DIETRICH bestätigt mir, daß sich von Januar bis Mai fast allnächtlich über dem Grabental und seinen Ausläufern eine zusammenhängende Hochnebeldecke bildete. Als er später eine Mission in Bado in 2100 m Höhe, hoch über dem Grabental, bei Moscha oberhalb von Yüankiang betreute, freute er sich jeden Morgen nach Sonnenaufgang über das gleißende Wolkenmeer unter ihm<sup>43)</sup>. Gegen zehn Uhr kam Bewegung in die ebene Fläche; und gegen elf Uhr löste sich meist alles von der Talmitte her gegen die Ränder hin auf.

In der Regenzeit, so berichtet er, war es oft über dem Tal von Yüankiang und Moscha heiter, während Bado tagelang in feuchten Wolken steckte. Diese Wolken, die von Süden und Südwesten kamen, hielten sich lange auf den Gebirgen zu beiden Seiten des Grabentals, und zwar länger im Nordosten als im Südwesten. „Im Tal regnete es verhältnismäßig wenig, während an den Hängen viel Regen fiel.“

#### *Höhengrenzen der Humidität und des Niederschlags; die untere Feuchtwald-Grenze*

Mit H. v. SCHLAGINTWEIT (1876), HILL und HANN-KNOCH (1932) nimmt SCHWEINFURTH für die Südabdachung des Himalaya eine Höhenstufe größter Niederschläge an, oberhalb welcher diese wieder abnehmen. Beziehen wir unsere Untersuchungen streng auf jeweils das gleiche Gehänge, so spricht alles dafür, daß die Humidität<sup>44)</sup> im Ge-

<sup>41)</sup> Ich erlebte diesen Wind vom 22. bis 25. November 1934. Herr Missionar H. DIETRICH berichtet mir, daß dieser in der trockenen Jahreshälfte eine nie aussetzende Erscheinung ist.

<sup>42)</sup> Am 22. November morgens verließen wir an der Nordseite der Talweitung nördlich Yüankiang Tschinlungtschang, das in 1400 m Höhe liegt, bei Nebel und Tau gegen Süden und kamen im Abstieg bald unter die Nebeldecke, die sich über der Mitte der dortigen Talweitung (Andjuangba) schon auflöste, während sie den oberen Teil des südwestlichen Gebirgsrandes und seiner Facetten bis etwa 1300 m Höhe von unten her gesehen verdeckte, bis sie sich auflöste. Etwa zum Mittag setzte der Talwind dann ein und steigerte sich nachmittags zu einem steifen Sturm. Am 27. morgens hing in Molang, das in 1640 m Höhe über dem Südwesthang liegt, um 6.30 Uhr der Hochnebel nur noch in einer Schicht etwa zwischen 1250 und 1500 m an den Bergen der gegenüberliegenden Nordostseite des Tales (Abb. 4).

<sup>43)</sup> Es lag bei Moscha in 1000 bis 1200 m Höhe.

<sup>44)</sup> Niederschlag minus Verdunstung.

samen Raum mit der Höhe zunimmt: Überall wo im Himalaya hygrisch bedingte Höhengrenzen von Vegetationsstufen festgestellt wurden, scheiden sie am Gehänge eine trockenere tiefere von einer feuchteren höheren Stufe, mit einer einzigen, wohl nur scheinbaren Ausnahme, die noch zu besprechen ist. Ob auch die Niederschläge überall hangaufwärts zunehmen, geht freilich hieraus nicht mit Sicherheit hervor. Für den inneren Nordwest-Himalaya und den Karakorum wurde jedenfalls eine Zunahme bis über die Schneegrenze hinauf festgestellt. R. FINSTERWALDER (1937) hat aus dem Eishaushalt des Rakhiot-Gletschers für die nivale Stufe des Nanga Parbat einen sehr hohen Niederschlag (6400 mm jährlich) berechnet. Ich vermute jedoch, daß diese Zahl zu hoch ist<sup>45)</sup>. Wir werden wohl 2000 bis 3000 mm annehmen können. Dies steht in schroffem Gegensatz zu den Niederschlägen in der Halbwüste der Indus-Schlucht unmittelbar am Fuß des Nanga Parbat; Gilgit maß 133 mm. Für den Südwestrand des Karakorum zeigten die Beobachtungen von K. H. PAFFEN (1956), daß die Gebirgshöhen dort im Sommer sehr viel mehr Niederschläge empfangen als die wüstenhaften Täler. VISSER (1933, S. 32—36) errechnete für die höheren Teile des Rimo-Gletschers am Ostrand des Karakorum eine Jahressumme von 1050 mm, für die unteren Teile von 200 mm. PAFFEN meint, daß diese Werte zu niedrig seien, da VISSER den durch direkte Verdunstung aufgezehrten Schnee- und Eismassen nicht genügend Gewicht gegeben habe (vgl. VISSER, S. 36). Die Berechnung von VISSER ist sehr komplex und hat daher viele Unsicherheiten; so wurde das Areal des Einzugsbereichs des Schayok auf dem Rimo-Gletscher wahrscheinlich zu klein angenommen. Der Rimo-Gletscher liegt in Lee des Karakorum in Richtung auf den trockensten Teil von Tibet. Vor allem die Beobachtungen der Expedition DE FILIPPI (ALESSANDRI 1931) auf dem Depsang-Plateau vor der Zunge des Rimo-Gletschers lassen FLOHN (1958) vermuten, das Gebiet, das hier östlich anschließt, sei offenbar ganzjährig arid, jedenfalls gehöre es zu den trockensten Bereichen des Tibetischen Hochlands<sup>46)</sup>. Die Berech-

<sup>45)</sup> R. FINSTERWALDER berechnet die durchschnittliche Tiefe des Rakhiot-Gletschers am benutzten Profil zu 175 m. W. PILLEWITZER (1956) zeigt, daß man die Tiefe eines blockbewegten Gletschers (wie hier) nicht nach der Methode von LAGALLY aus seiner Geschwindigkeit berechnen kann. Aber selbst, wenn man die Tiefe an dieser Stelle nur zu einem Drittel des genannten Wertes annimmt, erhält man an der Schneegrenze auf dem Rakhiot-Gletscher statt 6400 mm immer noch 3400 mm Jahresniederschlag. Auch dies muß noch als hoher Wert im Verhältnis zur Trockenheit des Indus-Tales bezeichnet werden.

<sup>46)</sup> Die klimatische Schneegrenze fällt am Rimo-Gletscher von etwa 5950 m im Osten auf etwa 5600 m im Westen, während sie am Südwestrand des Karakorum in

nungen von K. WIEN (1935) für Fedtschenko- und Notgemeinschaftsgletscher in den Pamiren ergaben für den Niederschlag die Größenordnung von 1000 mm. Der Fedtschenko-Gletscher liegt in unmittelbarem Lee der höchsten, von tiefen Lücken durchsetzten Kette, die sich hier den Westwinden entgegenstellt, und zwar parallel zu dieser, somit im Bereich der höchsten Niederschläge; der Rimo-Gletscher liegt viel stärker in Leelage: Hinter der Salto-Kette (bis 7700 m) liegt der Siatschen-Gletscher, dahinter die Nord-Terong-Kette (bis 6900 m), die allerdings eine tiefe Lücke hat, dahinter erst der Rimo-Gletscher der Ostabdachung. So mag im Bereich der Gipfel und Firnfelder der Niederschlag im Karakorum von 1000 mm in Nordost-Lee (Rimo-Gletscher) auf 2500 mm in Südwest-Luv (und in unmittelbarem Lee der vordersten Hochkette: Tschogo Lungma-Gletscher) ansteigen und auf den Höhen des Nanga Parbat um 3000 mm betragen.

Nach den Beobachtungen von KERSTAN scheint die Südabdachung des Hindukusch westlich von Tschitral, im afghanischen Kuhistan, in höheren Stufen eine Abnahme der Humidität mit der Höhe zu zeigen. Noch am Tiritsch Mir über Tschitral sind Birken und Baumwacholder in 3500 m Höhe zu treffen. In Kuhistan aber fand KERSTAN (1937) Wald nur bis 2500 m aufwärts. So meinen SCHWEINFURTH (S. 16) und O. H. VOLK<sup>47)</sup>, die obere Waldgrenze sei in Kuhistan in erster Linie Trockengrenze. In diesem Teil des Hindukusch wäre eine eingehendere Untersuchung der Höhengrenzen nötig. Ich vermute, daß die Almweide hier besonders stark auf Kosten des Waldes erweitert worden ist und der obere Waldrand dadurch sehr weit herabgedrückt wurde. SCHWEINFURTH beschreibt nach SCHEIBE, VOIGT und VOLK den starken Almauftrieb — Rinder, Schafe, Ziegen — auch aus fernen Gebieten jenseits der Wasserscheide. Vielleicht hat KERSTAN kleine Waldreste meist nicht beachtet; bei Kantiwo meldet er um 3000 m Höhe *Betula utilis* und *Juniperus*-Bäume<sup>48)</sup>. HERMES (1955) faßt die Nachrichten verschiedener Reisender dahin zusammen, daß in Waziristan und am Sefid Kuh südlich des Khaibar-Passes und auch in Nuristan Wald mehr oder weniger geschlossen zu 3300—3400 m und Baumgruppen bis zu 3500 m ansteigen<sup>49)</sup>.

4700 m bis 5000 m Höhe liegt (v. WISSMANN 1959 b, Karte, Abb. 14, bei S. 144).

<sup>47)</sup> Vgl. HERMES 1955, S. 82, Brief von O. H. VOLK.

<sup>48)</sup> J. AITCHINSON, On the Flora of the Kuram Valley etc., Afghanistan. Journ. Linn. Soc. Botany, 18, 1881; 19, 1882 nennt nach HERMES Baumgruppen bis 3500 m. VOLK (vgl. Anm. 47) hält KERSTANS Höhenbestimmungen allgemein für zu niedrig.

<sup>49)</sup> HERMES, S. 83, nach LINCHEWSKI, Kew Bull. 1949, VOIGT, VOLK in: Vegetatio, Acta Geobotanica 3, 1951, HAY, Geogr. Journ. 72, 1928, SEYDACK, Z. f. Weltforst-

Die Untergrenze geschlossenen Waldes als Trockengrenze humider Wälder gegen einen Bereich von Natur lockerer Haine<sup>50)</sup> kommt in der Karte und den Profilen und auch im Text der Arbeit von U. SCHWEINFURTH überall gut zum Ausdruck. Als Beispiel für ein Einzelgebiet ist die schöne Vegetationskarte des Nanga Parbat von C. TROLL (1939) hierfür außerordentlich instruktiv. Unterhalb und außerhalb dieser Grenze bleibt eine Stufe von Hainsteppen und Hain-Trockensavannen, die in ihrer Vertikalausdehnung viel höher ist als der Kampfgürtel an der oberen Wald- und Baumgrenze. SCHWEINFURTH stellt sie in ihren verschiedenen Ausbildungen mit besonderer Sorgfalt dar: als Hartlaubgehölze oberhalb der Dornbusch-„Steppe“ des Gebirgsrandes im Pandjab; als Kaschmir-Busch am Rand des Kaschmir-Beckens; als untere trockene Stufe des Sal-Waldes (das heißt des warmtropischen Fallaubwaldes mit *Shorea robusta*) in Garhwal und West-Nepal; als Steppenaine mit *Quercus Ilex* oder *Pinus Gerardiana* in tieferen Talstrecken des Westens; als Stecheichen-Haine des Tsangpo-Tals westlich des Durchbruchs (unterhalb der feuchten Waldstufe<sup>51)</sup>). Ähnliche Stecheichen-Haine finden sich verstreut im Gebiet von der Ost- und Leeseite der Meridionalen Stromfurchen bis zur Ost- und Leeseite der Rand-

wirtschaft 12, 1948. HEDAYETULLAH (1958) gibt an, daß der Wald der Gebirge Balutschistans (*Pinus Gerardiana*, *Juniperus*) etwa von 5000 bis 10000 Fuß reiche.

<sup>50)</sup> Es ist meist schwer möglich, die untere oder kontinentale Trockengrenze des Baumwuchses ohne Eingriffe des Menschen festzustellen. Für die Tropen ist diese Schwierigkeit allgemein bekannt (Dornsavanne und „Steppenklima“). Ich erinnere aber auch an die Pistazienhaine der Halbwüste in Iran und in der Indusschlucht (TROLL 1939). Gemeint ist bei SCHWEINFURTH (S. 324), wenn er von unterer Baumgrenze spricht, eine Untergrenze des geschlossenen Waldes; die Hainsteppe und Hainsavanne und erst recht die Dornsavanne liegen unterhalb und außerhalb des Saumes dieser Wälder.

<sup>51)</sup> *Quercus* aff. *Ilex*, wahrscheinlich *Quercus semicarpifolia*. — *Quercus semicarpifolia* Sm. (einschl. subsp. *glabra* Hand.-Mzt.) variiert besonders im Osten sehr stark, ganzrandig lorbeerblättrig bis stachelig hartlaubig (von Buschwerk bis zu mächtigem Baum). Sie ist von der Warmtropengrenze bis weit in die kühlgemäßigte Stufe hinauf vom feuchten Lorbeerwald bis zur Hainsteppe verbreitet. Zu den „Stecheichen“ gehören auch andere Eichen der Gruppen, die SCHOTTKY in die drei „Kreise“ der *Quercus Ilex*, *semicarpifolia* und *dilatata* zusammenfaßt. HANDEL-MAZZETTI (Symb., S. 35—48) hat diese Sektion, soweit sie im Chinesischen Reich vorkommt, neu bearbeitet und zusammengefaßt und in einem Schlüssel die Art-Unterschiede gezeigt, auf welche es ankommt; manche Arten haben dabei eine große Variationsbreite. Unter diesen Arten bildet *Quercus pannosa* in trockenen Lagen von NW-Yünnan bis SW-Szetschwan oft die Baumgrenze, ja reicht als Krummholz über sie hinaus. Die Art *Quercus aquifolioides* wird aufgeteilt. Neu aufgestellt werden *Quercus pannosa*, *senescens*, *monimotricha*, *cocciferaoides*, *parvifolia*. Auch *Quercus dilatata* gehört in diese Sektion und reicht vom West-Himalaya ostwärts bis ins Yalung-Gebiet.

gebirge des Roten Beckens von Szetschwan<sup>52</sup>). Im Plateauland von Zentral-Yünnan liegt die Untergrenze des Feuchtwaldes zumeist etwa in der Höhe der Obergrenze der Subtropenstufe, die hier um 2900 m liegt, so daß den größten Teil des Hochlands ein subtropischer Trockensavannen-Wald einnimmt, mit Niederschlägen von 700 bis 1400 mm jährlich, dessen Baumwuchs entweder aus einem Gemisch von Hartlaub- und winter-trockenkahlen klein- oder behaartblättrigen Bäumen oder (in einer ein wenig fechteren Ausbildung) aus Kiefern, vor allem *Pinus yunnanensis*, weniger *Keteleeria Evelyniana*<sup>53</sup>, mit hartlaubiger *Castanopsis* und sommergrünen Eichen, besteht, während der Unterwuchs typische Trockensavanne ist<sup>54</sup>), die gegen die Ober- und Feuchtgrenze hin abklingt<sup>55</sup>). In den Trockentälern des Mekong und des Yalung-Bereichs, dann auch denen des Tatuho und des Minkiang, finden sich in der Subtropenstufe<sup>56</sup>) und bei wohl noch geringeren Niederschlägen Bestände von *Cupressus Duclouxiana*, am Salwen und Mekong auch von wilder *Thuja orientalis*. Im Gebiet nördlich des Plateaulandes von Zentral-Yünnan, wo die untere Trockengrenze des Feuchtwaldes in kühlere Stufen aufsteigt, schließt sich oberhalb der Subtropengrenze an die *Pinus yunnanensis*-Haine ein lichter Trockenwald der gesondert stehenden pinienähnlichen *Pinus tabulaeformis* var. *densata* Rehder an, mit einem grasarmen schüttereren, artenreichen Kräuterbestand als Unterwuchs, den HANDEL-MAZZETTI als Heide- wiese bezeichnet<sup>57</sup>). Die Verbreitung dieses Trockenwald-Typs reicht unterhalb der Trockengrenze des Feuchtwaldes vom Tchangpo-Tal westlich des Durchbruchs (2700—3400 m) über das ganze Gebiet des Gebirgslands östlich Lhasa (Gyamda Tschu, Po Yigrong, das Pome-Tal, die Meridionalen Stromfurchen (2800—3400 m), Nord-Yünnan (2900—3300 m), Süd- und Zentral-Sikang (Tatsienlu 3000—3600 m) bis zum Bereich westlich des Minkiang-Tales in Szetschwan (2000 bis 2600 m)<sup>58</sup>). In den höchsten Waldstufen, vor

allem in der subalpinen oder Waldgrenzstufe, sind dort, wo die untere Feuchtwaldgrenze sich der oberen Wald- und Baumgrenze sonnseitig und schließlich schattseitig nähert (vgl. S. 269), über den gesamten Raum vom Hindukusch im Westen bis zum Tsaodi von Sikang und den Waldrändern von Kansu und Tschinghai im Osten Haine und Gruppen von Baumwacholdern verschiedener Arten<sup>59</sup>) verbreitet. Am oberen Salwen um Nakscho Biru scheint der Gürtel verstreuter Wachholderbäume besonders breit zu sein. Im kühlgemäßigten Höhengürtel liegt die Trockengrenze des Feuchtwaldes zwischen 5 und 6 humiden Monaten.

In Yünnan liegt sie etwa bei einem Jahresniederschlag von 1400 mm und an der Grenze zwischen 7 und 8 humiden Monaten<sup>60</sup>). Im West-Himalaya zwischen Rawalpindi und Murree liegt sie vielleicht bei 1200 mm Niederschlag, ebenfalls zwischen 7 und 8 humiden Monaten, deren 2 frostgefährdet sind<sup>61</sup>). Sie steigt am Himalaya, in Yünnan und Szetschwan gegen das Hochland von Tibet hin jeweils viel steiler an als die thermischen Höhengrenzen, vor allem die Warmtropengrenze, Subtropengrenze und obere Baumgrenze. Man vergleiche mein schematisches Profil der Vegetationsstufen Asiens von Norden nach Süden in meiner Arbeit über die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens (1938, S. 13). Eliminiert man den Expositionscontrast, so läßt sich der Bereich der Hainwälder in einem Querprofil durch den Himalaya als Band darstellen, das von Süden nach Norden von den Warmtropen beginnend alle thermischen Höhenstufen der Vegetation bis zur Baumgrenze abschneidet und selbst an der Baumgrenze ausschmitzt, dort, wo diese am höchsten liegt. Die Untergrenze des Feuchtwaldes steigt zum Beispiel von schattseitig 1000 m bei Rawalpindi auf schattseitig (2600 bis) 3000 m am Nanga Parbat; sonnseitig wird schon südlich des Nanga Parbat die obere Baumgrenze erreicht (Burzilpaß). Der Feuchtwald nimmt somit am Gebirgsrand bei Rawalpindi eine rd. 2400 m mächtige Stufe ein (1000—3400 m), während diese am Nanga Parbat schattseitig 900 m (3000—3900 m) und mehr umfaßt, sonnseitig aber nicht mehr vorhanden ist, da sie schon etwas weiter südlich auskeilt. Schattseitig verliert sich das ausschmitzende

seits nordostwärts bis zum Tsinlingschan und Dabaschan (vgl. auch FENZEL 1937).

<sup>59</sup>) Zum Beispiel *Juniperus semiglobosa*, *J. turkestanica* und andere im Nordwesten, *Juniperus saltuaria*, *J. tibetica* und andere in Sikiang, *Juniperus Wallichiana* und andere in Krummholz übergehend.

<sup>60</sup>) 7 Monate ohne Frostgefahr: Mai bis Oktober. Vgl. Anm. 38.

<sup>61</sup>) 8 Monate: Januar bis April, Juni bis September. Es wäre zu untersuchen, inwieweit die Grenze der Hartlaubgehölze der sommertrockenen Subtropen gegen den Feuchtwald hygrisch äquivalent ist. Vgl. auch S. 269.

<sup>52</sup>) Hier vor allem *Quercus semicarpifolia* als Stecheiche (vgl. vorige Anm.).

<sup>53</sup>) Vgl. Anm. 29.

<sup>54</sup>) Über diese vergleiche man S. 266.

<sup>55</sup>) H. v. HANDEL-MAZZETTI 1930.

<sup>56</sup>) HANDEL-MAZZETTI 1927; W. C. CHENG 1939, S. 90 f, 165.

<sup>57</sup>) U. SCHWEINFURTH, S. 279 f.; HANDEL-MAZZETTI 1927, 1932, Symb., S. 14 ff.; CHENG 1939, S. 111; REHDER und WILSON über J. ROCKS Sammlung von Holzgewächsen, in: Journ. Arnold Arboretum 9, 1928.

<sup>58</sup>) Die fünfnadelige, wegen ihrer Zirbennüsse geschätzte *Pinus Armandi* hat eine größere Verbreitung. Beigemischt reicht sie über das Areal der subtropischen Trockenwälder von *Pinus yunnanensis* und der kühlgemäßigten von *Pinus tabulaeformis* var. *densata*, in deren fechteren Teilen sie heimisch ist, hinaus, einerseits in den Feuchtwald, anderer-

Band des Waldes und schließlich jeglicher (nicht oasenhafte) Baumwuchs in der Höhe der oberen Baumgrenze im Bereich des West-Karakorum (PAFFEN) und der Südabdachung des Ost-Karakorum.

#### Die Feucht- und Trockensavanne in den Tropen und Subtropen Monsunasiens

Zwischen der trockeneren und der feuchteren Stufe des Sal-Waldes, des warmtropischen Falllaubwaldes mit *Shorea robusta*, am Südfuß des Himalaya von Garhwal und West-Nepal (SCHWEINFURTH, S. 291—295), ist diese Grenze zugleich der Übergangssaum zwischen der Trockensavanne und dem Hochgrasdschungel, soweit dieser durch die Niederschläge bedingt ist und nicht in Auen und an Wasserläufen „oasenhaft“ auftritt, somit der Feuchtsavanne. Hier hat die Trockensavanne bis zu 6 feuchte Monate im Jahr, die Feuchtsavanne 7 und mehr<sup>62)</sup>. Freilich fallen die Expositionsunterschiede stark ins Gewicht. Den Ausdruck Savanne fasse ich hier wie SCHMITHÜSEN als Grasflur periodisch trockener und feuchter Gebiete. Wie ich ausführen werde, sehe ich mich jedoch gezwungen, neben den Warmtropen die Subtropen des asiatischen Monsungebiets als einen Bereich einzubeziehen, an welchem Feucht- und Trocken-Savanne teilhaben<sup>63)</sup>. Für Zentral-Indien (Madhya Pradesh) zeigt R. MISRA (1958), daß Hochgrasvegetation sich hier nur an Teichen und Wasserläufen findet, und daß die Trockensavanne sehr weit verbreitet ist. „*Heteropogon contortus* is the commonest species in open scrub jungle and rough grazing lands, especially when these lie on hill slopes.“ Im ganzen Gebiet gibt es nur 3 bis 5 humide Monate (bei 800 bis 1500 mm Niederschlägen). D. CHATTERJEE'S Vortrag über den Regenwald von Assam (1958) beschreibt neben Überschwemmungssavannen nur Feuchtsavannen, letztere mit *Imperata cylindrica* und *Themeda arundinacea*. *Themeda* werde oft 5<sup>1/2</sup> m hoch.

MAURICE SCHMID gibt 1958 eine vorzügliche Beschreibung der Vegetation des hohen und öst-

lichen Vietnam auf klimatischer und bodenkundlicher Basis. Die Trockengebiete der Ostküste bei derseits Kap Padaran mit Niederschlägen zwischen 600 und 1500 mm und einer Feuchtzeit von 5 bis 6 Monaten<sup>64)</sup> zeigen lichte Haine mit dichtem oder lockerem niederem Graswuchs. Wo in geringer Tiefe ein Horizont von Konkretionen oder ein Lateritpanzer ausgebildet ist, ist die Grasdecke vor allem von dem für die Trockensavanne so typischen *Heteropogon contortus* gebildet. In allen anderen von M. SCHMID beschriebenen Teilen des Gebiets (Niederschlag 2000 mm bis 4000 mm) sind auf guten Böden sekundär Hochgras-Savannen mit *Imperata cylindrica* und bei noch stärkerer Beanspruchung oder auf verlassenen Kulturen mit *Themeda arundinacea* weit verbreitet. (Statt *Imperata* erscheint wie heute allenthalben im warmtropischen Hinterindien oft das Gebüsch des aus Amerika eingewanderten blau blühenden Korbblütlers *Eupatorium odoratum*.) Oberhalb 600 m Höhe besteht die Hochgrassavanne mehr aus *Arundinella*- oder *Cymbopogon*-Arten oder aus *Heteropogon triticeus*. Auf schlechteren Böden, auch anthropogenen, sind Gesellschaften niederer Gräser verbreitet. Doch sind dies nicht Gräser der Trockensavanne<sup>65)</sup>.

Die Vegetationskarte des Malayischen Archipels und ihre eingehende Beschreibung von C. G. VAN STEENIS zeigt die große Ausdehnung des Graslandes<sup>66)</sup>, das sein Areal bisher durch Brände immer weiter ausbreitete. Alang Alang (*Imperata*) und *Themeda arundinacea* sind auch hier die wichtigsten Bestandbildner der Hochgrasdschungel, daneben *Saccharum spontaneum*. VAN STEENIS zeigt, wie sehr die Grenze der Verbreitung von *Heteropogon contortus*, der auch hier das wichtigste Gras der Trockensavanne ist, in Java klimatisch bestimmt ist. Das Gras überschreitet, wie VAN STEENIS in einem Kärtchen darstellt, kaum das Gebiet, in welchem in den vier trockensten Monaten im Mittel höchstens 10 Regentage vorkommen. Pasuruan hat in diesem Areal sieben humide Monate. Die geschlossenere Verbreitung der Trockensa-

<sup>64)</sup> Vgl. E. BRUZON und P. CARTON 1930.

<sup>62)</sup> Es erscheint mir nicht möglich, eine Isohyete als Grenzlinie zu bezeichnen. Dehra Dun mit 2113 mm und 6 Monaten liegt wohl auf der Trockenseite, Mukteshwar mit 1328 mm und 8 humiden Monaten und Katmandu mit 1467 mm und 7 humiden Monaten auf der Feuchtseite dieser Grenze. Sechs und weniger humide Monate: Ludhiana (4), Ambala (4), Dehra Dun (6), Almora (6?), Gorakhpur (5), Motshari (6). Sieben und mehr humide Monate: Simla (9), Chakrata (9), Mussooree (10), Ranikhet (7?), Mukteshwar (8), Katmandu (7).

<sup>63)</sup> Die Polar- und Obergrenze der Savanne mag etwas südlicher und tiefer als die Subtropengrenze im hier gewählten Sinne liegen.

<sup>65)</sup> M. SCHMID und D. CHATTERJEE benutzen den Ausdruck Savanne (wie von deutschen Autoren PASSARGE, JESSEN und THORBECKE) nur für Hochgrasfluren. Niedergrasfluren nennt M. SCHMID je nach der Dichte des Graswuchses prairie, prairie-steppe oder steppe. HANDEL-MAZZETTI und VAN STEENIS benutzen den Ausdruck Savanne nur für Wald mit Gras-Unterbewuchs oder Grasland mit Bäumen. Trockene Niedergras-Fluren nennt HANDEL-MAZZETTI Steppe.

<sup>66)</sup> Grasland und Gebüsch 20% des nicht kultivierten Landes in Niederländisch-Indien; Grasland 40% in den Philippinen. Vgl. C. G. VAN STEENIS 1935, S. 42, 47 ff., 186 ff. und im Atlas van Tropisch Nederland.

vanne liegt hier wohl in Gebieten mit sechs und weniger humiden Monaten<sup>67)</sup>.

In meinem Reisegebiet in Süd-Yünnan scheinen mit Ausnahme des Trockentales von Yüankiang die Jahresniederschläge nicht unter 1400 bis 1500 mm herabzugehen. Acht humide Monate im Jahr scheinen dort sonst nirgends unterschritten zu werden (vgl. Anm. 38). Trockensavanne habe ich außer um Yüankiang (vgl. S. 255) nicht angetroffen, jedoch weite Areale von alljährlich abgebrannten Hochgrasdschüngeln, in welchen, wie ich schätze, *Themeda arundinacea* häufiger als *Imperata cylindrica* herrscht. Auf den Pfaden überragen die Gräser vor dem Abbrennen in der Trockenzeit sogar den Reiter; ja sie können über seinem Kopf zusammenschlagen und so einen Hohlweg bilden. Von 1200 m aufwärts fand ich sie oft durchschlungen von *Mucuna pruriens*, einer Leguminose mit süßlich nach Aas duftenden violetten Blütenständen. Die Brände des Hochgraslandes und auch mancher Bambusbestände, Waldränder und Haingründe nehmen gegen Ende der Trockenzeit derartige Ausmaße an, daß allenthalben Rußflocken fallen und die Sonne selbst mittags als roter Ball, den man betrachten kann, am Himmel steht, und daß nur selten Fernsicht vorhanden ist. Das Abbrennen der hohen Bambusen verursacht ein Knattern, das Gewehrfeuer ähnelt. Auch in den wärmtropischen Talbecken Süd-Yünnans können sich die Tai des amerikanischen Eindringlings *Eupatorium odoratum* kaum erwehren<sup>68)</sup>.

Während das Waldkleid sich in der Höhe und Übergangszone der Frostgrenze stark ändert, reichen Feucht- und Trockensavanne mit ihren bestandbildenden Gräsern in die Subtropen hinein. Die Grenze zwischen beiden Savannenformen liegt in West-China nicht, wie zumeist in den Warmtropen, zwischen den Gebieten mit 6 und 7, sondern zwischen den Gebieten mit 7 und 8 humiden Monaten, die auf die warmen Jahreszeiten fallen. Der yünnanesische Trockensavannen-Hainwald mit Jahresniederschlägen von 700 bis 1400 mm wurde S. 264 beschrieben. Im Unterwuchs herrscht, je trockener sein Klima ist, desto mehr Graswuchs aus Gräsern, die für die Trockensavanne typisch sind. Von den Arten, die HANDEL-MAZZETTI nennt<sup>69)</sup>, sind Formen von *Themeda triandra* be-

sonders stark in den höheren, etwas feuchteren Stufen beteiligt, während in den trockeneren Beständen *Heteropogon contortus* dominiert. Durch die alljährlichen Grasbrände zu Ende der Trockenzeit kommt es besonders an besonnten Gehängen der Trockentäler zu fast reinen Beständen dieses Grases<sup>70)</sup>.

Wo in den Subtropen Chinas östlich des Hochlandes von Zentral-Yünnan die Niederschläge 1400 mm übersteigen und acht und mehr Monate humid sind<sup>71)</sup>, zwischen Süd-Kweitschou und Tschekiang, treten mit dem Erscheinen von *Cunninghamia lanceolata* und *Pinus Massoniana* auch abseits der Überschwemmungsflächen, sogar an Gehängen Hochgrasfluren auf (mit Formen von *Themeda gigantea* und mit *Imperata cylindrica*, *Saccharum arundinaceum*, *Arundo Donax*, *Neyraudia arundinacea*, *Arundinella hispida*<sup>72)</sup>). In Südwest-Anhwei, am Nordwestfuß des Hwangshan (30° 10' n. Br.), sind wir Anfang August 1937 in einem weglosen Hochgrasdschüngel fast steckengeblieben. — Dort aber, wo in den Subtropen Mittelchinas die Jahresniederschläge unter 1400 mm herabgehen, tritt in diesem überbesiedelten Raum auf den alten lateritisierten Roterden (J. THORP, S. 3336) des Hügellandes eine Flur niedriger, bis anderthalb Meter hoher Gräser auf, in welcher *Themeda triandra* vorherrscht<sup>73)</sup>, und die daher meines Erachtens als Trockensavanne bezeichnet werden kann. Die Gräser werden nahe den Dörfern mit der Sichel geschnitten und als Brennmaterial verwandt; weiter abseits werden sie jährlich abgebrannt. Seit die dünne Waldhumusdecke vorzeiten nach kurzer Feldnutzung abgewaschen wurde, sind diese Hügelflächen äußerst unfruchtbar. Aus den Monats-Mittelwerten des Niederschlags errechnet sich hier eine Dauer von 11 bis 12 humiden Monaten im Jahr, was nicht mit dem Auftreten von Trockensavannen vereinbar erscheint. Bestimmt man hingegen die Zahl der humiden Monate der Einzeljahre, so erhält man statt dessen eine Dauer von 8,6 bis 9,4 Monaten (Tschangscha, Hankau, Kiukiang). Aber

*Fimbristylis monostachya* im trockeneren Bereich. Man vergleiche HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 275, Symb. Bei *Eulalia* und *Eulaliopsis* hält die Wolle der Grundblattscheiden den Grasbränden stand.

<sup>67)</sup> Besonders in der Yangtse-Schlucht, aufwärts bis zum Knie nördlich des Yülungshan. Vgl. J. ROCK 1947, S. 25, 244, 394, 400, 404; HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 98.

<sup>71)</sup> Vgl. auch T. C. WANG 1941, Karte, und H. v. WISSMANN, Karten 1937, 1939.

<sup>72)</sup> HANDEL-MAZZETTI 1927 a, S. 282, 284, 291, 294, Abb. 131 f., 135. Ebenso in subtropischen Höhen der Gebirge der Meridionalen Stormfurchen (vgl. HANDEL-MAZZETTI 1927 b).

<sup>73)</sup> Dazu *Eulalia quadrinervis*, *Cymbopogon tortilis* var. *Goeringii*, *Arundinella hirta*. Vgl. HANDEL-MAZZETTI 1922, Taf. 9 a, 10 a, 12 a, 18, Symb.

<sup>67)</sup> Vgl. C. BRAACK, Klimakunde von Hinterindien und Insulinde. KÖPPEN-GEIGER, Handb. d. Klimatologie IV, Teil R, 1931.

<sup>68)</sup> Für Siam vgl. W. CREDNER 1935, S. 116—120, 157, 162.

<sup>69)</sup> 1930, S. 8 u. 13. *Heteropogon contortus*, *Cymbopogon tortilis*, *Andropogon annulatus*, *Themeda triandra* im gesamten Bereich; *Andropogon Delavayi*, *Arundinella setosa*, *Eragrostis harpachnoides*, *Axonopus semialatus* im feuchteren, *Cymbopogon filipendulus*, *Andropogon ascinioidis*, *Eulalia phaeothrix*, *Eulaliopsis binata*, *Cyperus niveus*,

auch in diesen Zahlen drückt sich anscheinend nicht die volle Ungunst für den Gras- und Kräuterwuchs aus. Aus der Tabelle der Anm. 74, in welcher

In manchen Teilen des Hügellandes von Hunan liegt der seit einem Jahrtausend mißhandelte purpurrote Boden auf weite Strecken unbewachsen da.

74) Anzahl der jährlichen humiden Monate nach den Mittelwerten :	Yünnan: Kunming	Hupe: Hankau	Hunan: Tshangsha	Kiangsi: Kiukiang	Anhwei: Wuhu	Tshekiang: Wentshou
	7	11	12	12	12	12
nach den Werten der einzelnen Jahre :	6,4	8,6	9,4	9,3	8,9	10,0

Die Anzahl der ariden Einzelmonate einer Beobachtungsperiode, ausgedrückt in Prozenten.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Periode	Jahressumme
Kunming	86	86	90	90	24	5	0	5	5	14	67	81	(21 Jahre)	1095 mm
Hankau	36	34	4	4	6	9	15	36	52	40	49	57	(58 Jahre)	1227 mm
Tshangsha	17	0	0	4	0	4	35	30	48	26	43	35	(23 Jahre)	1347 mm
Kiukiang	23	2	2	0	0	2	23	28	51	37	51	53	(43 Jahre)	1355 mm
Wuhu	26	28	6	10	12	6	22	26	38	44	38	58	(50 Jahre)	1193 mm
Wentshou	40	17	4	0	0	0	8	2	8	30	45	38	(47 Jahre)	1710 mm

Die als Grundlagen dienenden Daten aus: CHU, COCHING; Tu, CHANGWANG; CHANG, PAOKUN. Vgl. H. v. WISSMANN, Mean variability of Annual Rainfall in Eurasia. Academia Sinica, Memoir.

für jeden Einzelmonat untersucht wird, wie oft er im Lauf der Beobachtungsperiode arid war, läßt sich erkennen, daß in den drei Stationen, die diesen Raum charakterisieren, in der Zeit des Sommermonsuns, von Juli bis September, im Mittel 35 % der Monate arid waren, obwohl die mittlere Monatssumme des Niederschlags beträchtlich ist; sie beträgt 110 mm. So stark ist die Veränderlichkeit des Niederschlags von Jahr zu Jahr in diesen Monaten. Der Monsun hat sich im Juni noch nicht voll durchgesetzt; die Landregen dieses Monats, Mayü oder Pflaumenblütenregen genannt, sind eine stetige alljährliche Erscheinung<sup>75)</sup>. Im Juli und den folgenden Monaten aber kann ein lang anhaltender Monsunwind schwere Dürre hervorrufen (vgl. H. LAUTENSACH 1949); andererseits können durchziehende „Yangtse“-Zyklonen heftige konvektiv verstärkte Regen bringen. Steigungsregen an den Gebirgen verschärfen in dieser Zeit die Kontraste zwischen den Becken und den Gebirgsrändern. Man kann aus der Tabelle (Anmerkung 74) entnehmen, wie viele unter den Monaten des Jahres in mehr als einem Viertel der Beobachtungsjahre arid sind: Im Hochland von Zentral-Yünnan sind es 6 oder 7 Monate, in den großen Beckengebieten Mittelchinas (Hupeh, Hunan, Kiangsi, Süd-Anhwei) 5 bis 7 Monate. Von den Gebirgen Mittelchinas einschließlich ihres Fußes, wo mehr als 1700 mm, maximal wohl bis gegen 3000 mm Jahresniederschlag fallen, stehen mir keine langjährigen ungemittelten Messungen zur Verfügung; in Wentshou an der Ostküste, wo die Taifune von Wichtigkeit sind, sind es vier Monate. In den Gebirgen mögen die entsprechenden Werte zwischen 4 und 2 Monaten liegen.

<sup>75)</sup> Während der Zeit eines Hochdruckgebiets über der Japansee, das die Zyklonen aufstaut; Aufgleitvorgänge sind beteiligt. Vgl. LI, LIANGCHI und TU, CHANGWANG.

Die Untersuchungen über das *Themeda triandra*-Grasland in den Becken Mittelchinas (bis gegen 800 m hinauf) sollten zeigen, wie gefährlich Verallgemeinerungen klimatischer Koordinierens sind. Allerdings fehlt hier im Gegensatz zum Hochland von Zentral-Yünnan die an größere Trockenheit angepaßte Ausprägung der Trockensavanne mit *Heteropogon*. Die in Mittelchina einheimische und überall gepflanzte Fuchsschwanzkiefer, *Pinus Massoniana*, ist jedoch auch im niederschlagsreicheren Südchina bis in die Tropen, also beiderseits der Warmtrogengrenze, allgemein verbreitet. Sie meidet hinwieder das wintertrockene Hochland von Zentral-Yünnan, den Bereich der *Pinus yunnanensis*-Wälder, während die herrschende Kiefer in Süd-Yünnan *Pinus Khasya* ist (vgl. Anm. 30): *Pinus Khasya* herrscht in dem 8 bis 9 Monate feuchten Randgebiet zwischen Subtropen und Tropen von Süd-Yünnan und dem angrenzenden Hinterindien, mit Feuchtsavanne, *Pinus yunnanensis* in dem nur 6 bis 7 Sommermonate feuchten subtropischen Zentral-Yünnan, mit Trockensavanne, *Pinus Massoniana* im „immerfeuchten“, aber in den Becken durch Aussetzen der Regen der Monsunzeit gefährdeten subtropisch-randtropischen Mittel- und Südchina, mit Feucht- bis Trockensavanne.

Alle Pflanzensoziologen, die ihre Erfahrungen in Südasien sammelten, scheinen die Feuchtsavanne fast in ihrem ganzen Areal als eine vom Menschen zerstörerisch geschaffene und erhaltene Pflanzengesellschaft zu betrachten. Endemische Arten mögen in Auen, an Flußufeln, auf Rutschungsarealen im tiefgründigen Roterdeboden beheimatet sein. Seit dem Kandy-Symposium 1956 schenkt man diesem Problem stärkere Beachtung.

### Die Wirkungen der Strahlungsexposition

Unter den kleinklimatischen Phänomenen sind die Bestrahlungskontraste zwischen Süd- und Nordexposition bei weitem die wichtigsten. SCHWEINFURTH bringt viele Beispiele vom West-Himalaya und von der Innenzone des Osthimalaya. Er stellt sie, soweit es der Maßstab erlaubt, kartographisch dar. Die Farbigekeit der Karte erlaubt eine weitgehende Berücksichtigung dieses Phänomens. Man betrachte daraufhin auf seiner Karte zum Beispiel die Täler der Flüsse Kaghan, Kischaganga, Sindh, Tschénab, Satledj und im Garhwal-Himalaya, oder die Profile der nach der Exposition geschiedenen beiden Flanken des Satledj-Tales in Verbindung mit der Sonder-Karte 1 : 700 000 dieses Tales.

Die Kontraste der Strahlungsexposition erscheinen am augenfälligsten in dem Gegensatz zwischen der Steppe am Sonnhang und dichtem Feuchtwaldkleid am Schatthang. Besonders schön ist dieser Kontrast auf C. TROLLS Vegetationskarte des Nanga Parbat zu verfolgen, der einzigen großmaßstäbigen Vegetationskarte des ganzen Gebiets (!). Auf dieser erkennt man, daß die Untergrenze geschlossenen Waldes schattseitig 1200 m tiefer liegen kann als sonnseitig. E. SCHÄFER (1938) bringt wertvolle Beobachtungen aus Ost-Tibet: Die stark bestrahlten Südhänge bleiben im trockenen Winter fast ganz schneefrei. Die hohe Verdunstung in Verbindung mit sehr großen Temperaturdifferenzen — Auftauen am Tag, nachts gewöhnlich auf  $-15^{\circ}$  bis  $-20^{\circ}$  herabgehend — kann zwar von der Grasnarbe, nicht aber von Bäumen und Sträuchern überstanden werden. Auf den Nordhängen aber bleibt, bei niedrigem Sonnenstand, die Temperatur unter  $0^{\circ}$ ; so bleibt der Schnee dort fast durch den ganzen Winter liegen und schützt vor Austrocknen und Erfrieren.

Die Expositionsunterschiede nehmen mit der absoluten Meereshöhe zu, mit welcher die Absorption abnimmt und der Anteil an direktem gegenüber diffusum Licht zunimmt. Sie nehmen mit der Abnahme des Wassergehalts der Atmosphäre und der Abnahme der Bewölkung zu; dies bedeutet eine starke Zunahme vom Gebirgsrand im Süden und Osten gegen das Innere Tibets mit seiner Nebellosigkeit, klaren Fernsicht und tiefen Himmelsbläue<sup>76)</sup>.

Das augenfällige Phänomen, daß die Südhänge Steppe tragen, die Nordhänge aber in durchfeuchteten Wald gehüllt sind, ist für alle Gebirgsländer Zentralasiens, in welchen Waldwuchs zu finden ist, mit Ausnahme der feuchtesten charakteristisch,

<sup>76)</sup> Vgl. H. FLOHN 1958. — Darjeeling (2260 m): 115 Nebeltage jährlich, relative Feuchtigkeit Aug. 94%, Apr. 75%; Lhasa (3680 m): relative Feuchtigkeit Aug. 61%, Jan. 22%.

vom Pamirgebiet bis Sikang und zum Großen Khingan und vom Inneren Himalaya und dem Ostsaum der Meridionalen Stromfurchen bis zum Altai und Transbaikalien. Es seien Abbildungen und Literatur genannt, welche dies bekräftigen<sup>77)</sup>. Besonders eindrucksvoll sind die Aufnahmen von J. F. ROCK aus dem Gebiet auf der Nordabdachung der Kette östlich des Amnye Matschen<sup>78)</sup> bis zur dortigen Hwangho-Schlucht und auf der Gyüpar-Kette nördlich davon. TROLLS Karte des Nanga Parbat und ROCKS Beobachtungen und Abbildungen zeigen, daß (in diesen Lagen bis zu 1000 m unter der Höhe der Waldgrenze) dort, wo nur am Schatthang Feuchtwald auftritt, *Juniperus*<sup>79)</sup> nicht selten vereinzelt oder in Gruppen, hier und da auch in Hainen am Sonnhang erscheint; erst dort, wo auch schattseitig kein Feuchtwald mehr aufkommt, ist *Juniperus* anscheinend, wenn das Klima nicht auch für ihn zu trocken ist, auf die Schattseite beschränkt<sup>80)</sup>.

Selbst am Wendekreis fand ich, wie gesagt, an den Flanken des Grabentals von Yüankiang ziemlich ausgeprägte Expositionsunterschiede; scharfe Kontraste fand C. TROLL (1941, S. 76) in den Anden NW-Argentiniens bei  $25^{\circ}$  s. Br., auf den Drakensbergen bei  $29^{\circ}$ .

In Süd-Hochasien zeigen nur die feuchtesten Bereiche größere Gleichartigkeit der Nord- und Südhänge in hygrischer Beziehung; der äußere Ost-Himalaya (vgl. SCHWEINFURTH, S. 322), der Bereich der Pome-Zayul-Kette mit den Mischm-Bergen, Nord-Birma und die Westseite der Meridionalen Stromfurchen, die westlichen Randgebirge des Roten Beckens von Szetschwan mit Ausnahme der Talpforten, Süd-Yünnan, ebenso große Teile Hinterindiens, Mittel- und Süd-China. Die

<sup>77)</sup> P. BERKEY, K. MORRIS 1927, Khangai-Gebirge, Pl. 16a, 40a. Dort liegt die obere Baumgrenze in 2400 bis 2500 m Höhe (MURZAEV, 1954, S. 424). A. TAFEL, 1914, I, Taf. 44 (südöstl. d. Semenow-Gebirges), 74 (Südrand des Tsaidam-Beckens), II, Taf. 30 (Yangtse südöstl. Djerundo, ob. Waldgr. 4700 m). A. HEIM 1933, Abb. 88 u. a. (Tsaodi). E. SCHÄFER 1938, Abb. 21, 32, 33, 35, 102 (Batang-Begü-Derge). C. P. SKRINE 66, 1925, S. 385—411; 1952, S. 73—79. E. SHIPTON, London o. J., S. 208. G. PRINZ 1927 u. 1941 (SKRINE, SHIPTON u. PRINZ über schattseitigen Wacholder- und Fichtenwald im Kaschghar-Gebirge). W. HAUDE 1925. Vgl. K. HERMES 1955.

<sup>78)</sup> J. F. ROCK 1956, Text S. 63, 73, 75, 78, 100, 140, 142; Tafeln 2, 10 (Klöster Kumbum und Labrang), 30, 39 f., 43—49, 53, 70, 75 f.

<sup>79)</sup> Am Nanga Parbat *Juniperus semiglobosa*, im Gebiet östlich des Amnye Matschen *Juniperus glaucescens*, *Juniperus Przewalskii*, *Juniperus tibetica*.

<sup>80)</sup> J. ROCK beschreibt, wie der Unterwuchs des Fichtenwaldes (*Picea asperata*) am Hwangho und Nanschan an diesen Schattseiten, dort wo er gesund ist, in erster Linie aus Moosen (*Mnium*) besteht. Mit dem Absterben des Waldes, zum Teil wohl durch übermäßige Beweidung, sterben die Moose ab und dringen Steppengräser ein.

Grenze, an welchen die untere Feuchtwaldgrenze der Sonnseite die obere Waldgrenze erreicht, jenseits welcher es nur schattseitig Feuchtwald gibt, habe ich auf Karte 2 des zweiten Teils der vorliegenden Arbeit (1961, 1. Heft), einzuzeichnen versucht.

Wie sich in subtropischen Höhen die Sonnenauslage zwischen Feucht- und Trockenwald auswirkt, zeigt als gutes Beispiel die Vegetationsbeschreibung des Weges von Rawalpindi über Murree zum Jhelum-Tal bei SCHWEINFURTH (S. 24), bearbeitet nach den unveröffentlichten Tagebüchern von C. TROLL (Reise 1937): Bei Trat in 1000 bis 1500 m Höhe liegen allenthalben Hartlaubmacchie mit *Olea cuspidata* am Sonnhang und feuchterer *Pinus Roxburghii* (*Longifolia*)-Wald am Schatthang einander gegenüber, anscheinend bei einem Niederschlag, der an der Grenze der beiden Formationen herrscht (1200 mm?). (Dies erinnert mich an die Vegetation der Euganeen.) Von 2200 m Höhe (Murree 1445 mm) aufwärts beginnt der wiederum feuchtere Eichen-Koniferen-Mischwald — zuerst nur schattseitig — den *Pinus Roxburghii*-Wald zu verdrängen. Später steigen wir ins Jhelum-Tal hinab und treffen dort an den Hängen zu unterst Hartlaubwald, sonnseitig bis 2000 m, schattseitig bis 800 m hinauf, darüber beiderseits *Pinus Roxburghii*-Wald.

Am Yülungschan in Nord-Yünnan, am Doppelknie des Yangtse, sei ein weiteres Beispiel beschrieben<sup>81</sup>). In diesem Bereich liegt die Obergrenze der Subtropen<sup>82</sup>) bei rd. 2900 m, und wenig tiefer diejenige des Reisbaues (und der Fächerpalme *Trachycarpus excelsa*). Diese Grenzstufe bedingt den (bisherigen) Grenzgürtel zwischen den eingeborenen nicht tibetischen Hochlandstämmen und den chinesischen Siedlern einerseits, den Tibetern andererseits<sup>83</sup>). Am Ostfuß des steilen, heute noch vergletscherten Gebirgsstocks liegen 300 m hohe letzteiszeitliche Möranen zwischen 3100 und 3400 m Höhe<sup>84</sup>). Ihre Sonnhänge tragen *Pinus tabulaeformis*-Haine mit „Heidewiesen“-Unterwuchs, dem Stecheichen (vor allem *Quercus semicarpifolia*) beigemischt sind. Schatthänge tragen mesophilen Wald aus *Picea likiangensis*, *Abies Delavayi* sowie *Pinus Ar-*

*mandi*, *Acer multiserratum*, *Betula albo-sinensis*, *Prunus*-Arten und Unterholz von *Taxus*, *Ilex*, *Rhododendron*, *Salix*, *Sorbus* mit vielen Moosen und Flechten, durchdrungen von 3 m hohem Bambusdickicht; von oben her mischt sich *Larix Potaninii* bei.

Etwa folgende These läßt sich erkennen: Grenzen zwischen hygrophileren Pflanzengesellschaften oben, xerophileren unten können sich in trockenen Lagen ganz Hochasiens durch Südexposition hangaufwärts, durch Nordexposition hangabwärts so stark verschieben, daß ihr Höhenunterschied zwischen Süd- und Nord-Exposition bis zu 1200 m betragen kann. (Es versteht sich, daß die Pflanzengesellschaften zu beiden Seiten der Stufengrenze in der tiefen Lage der Schattseite im Vergleich mit denjenigen in der hohen Lage der Sonnseite, auch wenn sie hygrisch äquivalent sind, aus thermischen Gründen voneinander verschieden sind; sie liegen ja in verschiedenen thermischen Höhenstufen.) Je humider und ärmer an Sonnenschein das Klima ist, desto kleiner ist jedoch dieser Höhenunterschied. Die Ausmaße der jeweiligen Differenz wären zu untersuchen. Auch wäre herauszufinden, bis zu welchen Breiten diese These äquator- und polwärts planetarisch gültig ist.

#### Wirkungen von Luv- und Leelage

SCHWEINFURTH hebt hervor, daß neben der Sonnenauslage Luv und Lee der Niederschläge von Bedeutung sind. Der Himalaya als ganzer und in seinen Teilen ist ja ein vorzügliches Beispiel dafür, daß hohe Kämmen und Ketten, welche quer zur regenbringenden Windrichtung liegen, die Niederschläge an und vor ihrem Luv verstärken und in den Tälern in ihrem Lee herabsetzen, und daß sie dahinterliegende Ketten abschirmen. Bei zyklonalen, nicht bei reinen Steigungsregen fällt der stärkste Niederschlag insgesamt in unmittelbarem Lee des Kammes; das feuchtere Klima der Luvseite greift dort meist um eine Anzahl von Kilometern über den Kamm hinaus.)

Eigenartige Verhältnisse zeigt die vorderste Hochkette des Himalaya vom Pir Pandjal südlich des Kaschmir-Beckens bis zum Gebiet des Satledj-Durchbruchs (SCHWEINFURTH, S. 40—43, 322). Auf der Südabdachung überwiegen die sommerlichen Niederschläge über die winterlichen. Dies ist der Bereich des Eichen-Koniferen-Mischwaldes und des *Pinus Roxburghii*-Waldes. Auf der Nordabdachung überwiegen die Winterniederschläge mit Schneefall. Dies ist der Bereich des Waldes mit *Abies*, *Picea*, *Pinus excelsa* und *Cedrus Deodora* ohne Eichen. Eine Tabelle möge die dortigen Klimagegensätze verdeutlichen<sup>85</sup>).

<sup>81</sup>) Nach Unterlagen von HANDEL-MAZZETTI. Vgl. v. WISSMANN 1959 b.

<sup>82</sup>) In den höheren Subtropen dort *Pinus yunnanensis*- oder Hartlaub- (*Castanopsis Delavayi*-) Trockensavannenwald und Stecheichen-Busch, in feuchten Hangtälchen des Schatthangs Lorbeerreichen-Wald (*Lithocarpus dealbata*, *Lithocarpus Mairei*, *Quercus glauca*).

<sup>83</sup>) Vgl. v. WISSMANN 1943, Zeichnung 4.

<sup>84</sup>) Der Niederschlag mag hier 1400 mm (oder mehr) betragen. Die Kreisstadt Likiang in einem benachbarten Hochbecken in 2475 m Höhe hatte in dreijährigem Mittel 1012 mm Niederschlag. Vgl. Anm. 38.

<sup>85</sup>) s. Seite 270.

<sup>85)</sup> *Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, ausgedrückt in Prozenten der Jahressumme*

- (a) auf dem Profil von Simla über die Randkette nach Kilba im Satledj-Tal.  
 (b) auf dem Profil von Rawalpindi über Murree, (Pir Pandjal), Srinagar, Sonamarg (Zodji La, 3592 m), nach Dras am Nordfuß des Hohen Himalaya, sowie im Bereich des oberen Indus-Tales (Gilgit, Skardu, Leh).

	Winter	Frühj.	Sommer	Herbst	Nov.–April	Jahressumme
(a) Simla (2114 m)	6	16	67	11	17	1601 mm
Kilba (1525 m)	26	35	25	14	57	806 mm
(b) Rawalpindi (436 m)	17	17	53	13	30	823 mm
Murree (1903 m)	14	20	53	13	30	1445 mm
Srinagar (1586 m)	27	38	23	12	57	654 mm
Sonamarg (2750 m)	36	40	14	10	70	1782 mm
Dras (3066 m)	38	47	7	8	77	649 mm
Gilgit (1490 m)	12	46	28	14	47	121 mm
Skardu (2288 m)	31	44	16	9	64	160 mm
Leh (3514 m)	27	22	38	13	44	83 mm

Die Werte sind nicht auf eine Periode reduziert.

*Literatur (Teil A.)*

- C. ALESSANDRI, N. V. GINORI, Meteorologische Observationen. In: Relazioni scientifiche della spedizione Italiana DE FILIPPI nell' Himalaia, Caracorum e Turchestan Cinese (1913–14). Ser. 1, Vol. 3, Bologna 1931.
- G. AIME, Monographie du V<sup>e</sup> Territoire Militaire. Hanoi 1930 (Imprimerie d'Extrême-Orient).
- J. G. ANDERSSON, Topographical and Archaeological Studies in the Far East. The Museum of Far Eastern Antiquities. Bull. No. 11, Stockholm 1939.
- N. A. BELJAEVSKIJ, Über Klimawechsel im Postglazial im Nordwesten von Tibet. Priroda 1947, H. 4.
- N. A. BELJAEVSKIJ, Zur Orographie und Geomorphologie der Gebirgskette des westlichen Kuen Lun. Lvz. Vsesojuzn. Geogr. Obschtsch. 1948.
- C. P. BERKEY, F. K. MORRIS, Geology of Mongolia. Central Asiatic Expeditions. Natural History of Central Asia, Vol. II. New York 1927.
- C. BRAACK, Klimakunde von Hinterindien und Insulinde. Handb. d. Klimatologie IV, Teil R, 1931.
- E. BRUZON, P. CARTON, Le climat de l'Indochine et les typhons de la Mer de Chine. Hanoi 1930 (Imprimerie d'Extrême-Orient).
- D. CHATTERJEE, Tropical Vegetation of Eastern India. In: Humid Tropics Research — Study of Tropical Vegetation, Proc. of the Kandy Symposium. UNESCO 1958, S. 61–67.
- P. K. CHANG vgl. COCHING CHU.
- W. C. CHENG, Les forêts du Se-tchouan et du Si-kang oriental. Trav. du Labor. Forestier de Toulouse V, Géogr. for. du Monde I (l'Asie), Art. II. 1939.
- COCHING CHU, CH. W. TU, P. K. CHANG, The Chinese Rainfall. National Research Institute of Meteorology, Nanking, etwa 1935.
- Climatological Data of China (until 1941).* Academia Sinica, Research Institute of Meteorology. Nanking.
- V. CONRAD, Die Klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. Handb. d. Klimatologie I, Teil B, Berlin 1936.
- W. CREDNER, Siam. Land der Tai. (Länderkundl. Handbücher, hrsg. v. A. PENCK) Stuttgart 1935.
- L. CROIZAT, Manual of Phytogeography. The Hague 1952.
- J. DEPRAT, H. MANSUY, Étude géologique du Yun-Nan oriental. 2 Bde. Mémoires du Service géologique de l'Indochine, Vol. I, 1–2. Hanoi 1912.
- A. A. FEDOROV, The Tropical Rain Forest of China (russ. mit engl. Zusammenf.). Botanitscheskij Žurnal 43, 2, 1958, S. 1385–1408.
- G. FENZEL, Das Taipei-Massiv im Tsinlingschan, Nordchina. Pet. Mitt. 83, 1937, S. 203 ff.
- H. v. FICKER, Untersuchungen über die meteorologischen Verhältnisse der Pamirgebiete. Denkschr. Preuss. Ak. Wiss., math.-nat. Kl. 97, Berlin 1919, S. 151–255.
- R. FINSTERWALDER, Die Gletscher des Nanga Parbat. Glaziologische Arbeiten d. Deutschen Himalaja-Expedition 1934 und ihre Ergebnisse. Ztschr. f. Gletscherk. 25, 1937, S. 57–108. Karten 1 : 50 000, 1 : 100 000.
- H. FLOHN, Zur Frage der Einteilung der Klimazonen. Erdkunde 11, 1957, S. 161–175.
- H. FLOHN, Beiträge zur Klimakunde von Hochasien. Erdkunde 12, 1958, S. 294–308.
- H. FLOHN, Bemerkungen zur Klimatologie von Hochasien. Aktuelle Schneegrenze und Sommerklima. In: Ak. d. Wiss., Lit. Mainz, Abh. math.-nat. Kl., Jg. 1959, Nr. 14, S. 1409–1431.
- L. DJ. GO, Das Glazialrelief im östlichen Dabaschan. Dili 3, 1943, Nr. 3–4 (chines.).
- R. GOOD, The Geography of the Flowering Plants. London 1953, 2. Aufl.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Übersicht über die wichtigsten Vegetationsstufen und Formationen von Yünnan und Südwest-Setschuan. Bot. Jbb. Engler 56, 1921, S. 578–597.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Mittel-China. KARSTEN-SCHENCK, Vegetationsbilder 14. R., H. 2/3. Jena 1922.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Naturbilder aus Südwest-China. Wien, Leipzig 1927.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Das Nordostbirmanisch-westyünnanesische Hochgebirgsgebiet. KARSTEN-SCHENCK, Vegetationsbilder 17. R., H. 7/8. Jena 1927.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Die pflanzengeographische Gliederung und Stellung Chinas. Bot. Jbb. Engler 64, 1931, S. 304–323.
- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, Hochland und Hochgebirge von Yünnan und Südwest-Setschuan. 1. Subtropische und warmtemperierte Stufe. 2. Die temperierte Stufe. 3. Die kalttemperierte und Hochgebirgsstufe. KARSTEN-SCHENCK, Vegetationsbilder, 20. R., H. 7, 22. R., H. 8, 25. R., H. 2. Jena 1930, 1932, 1937.

- H. FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, *Symbolae Sinicae. Botanische Ergebnisse der Expedition der Akademie der Wissenschaften in Wien nach Südwest-China 1914/18. Teile VI, VII, 1—5 (Pteridophytae, Anthophytae).* Wien 1929—1936.
- J. v. HANN, F. KNOCH, *Handbuch der Klimatologie.* 4. Aufl. I. Bd. Allgemeine Klimalehre. Stuttgart 1932.
- W. HAUDE, Grenzen verschiedener Trockenklimate in Zentralasien. *Sven Hedin Festschrift. Geogr. Annaler XVII, 1935, S. 112—129.*
- S. HEDAYETULLAH, The Study of Tropical Vegetation with Particular References to Pakistan. In: *Study of Tropical Vegetation, Proc. of the Kandy Symposium. UNESCO 1958, S. 144—153.*
- A. HEIM, *Minya Gongkar.* Bern 1933.
- K. HERMES, Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schneegrenze. *Kölner Geogr. Arbeiten H. 5, 1955.*
- R. JÄTZOLD, Die Dauer der ariden und humiden Zeiten des Jahres in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Südkanada. MS. Diss. Tübingen 1959. — Gedruckter Diss.-Auszug mit Karte. Druck der ganzen Arbeit vorgelesen.
- G. KERSTEN, Die Waldverteilung und Verbreitung der Baumarten in Ost-Afghanistan und in Chitral. In: *Deutsche im Hindukusch, S. 141—167.* Berlin 1937.
- W. KÖPPEN, Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geogr. Zeitschr. 6, 1900; als Sonderband Leipzig 1901.*
- S. KOZARSKI, Fossil Congelifluction Covers in the Northern Part of Lushan (Central China). *Bull. de l'Acad. Polonaise des Sciences, Sér. sci., géol. et géogr. Vol. 8, Nr. 1, 1960, S. 69—73.*
- J. LEBRUN, *La végétation de la plaine alluviale au Sud du Lac Edouard.* Brüssel 1947.
- J. S. LEE, Quaternary Glaciation in the Lushan Area, Central China. *National Research Inst. of Geol., Acad. Sin., Monograph, Ser. B, Nr. 2, Nanking 1947.*
- L. CH. LI, CH. W. TU, Some regional Rainfall Types of China. *Memoir National Research Inst. of Meteor., Acad. Sin., Nanking 1935.*
- L. v. LOCZY, 3. Abschn. Geologie in: *Die Wissensch. Ergebn. d. Reise des GRAFEN BELA SZECHENYI in Ostasien 1877—1880. Bd. 1, S. 307—836.* Wien 1893.
- A. LU, Precipitation in the South Chinese-Tibetan Borderland. *Geogr. Review 37, 1947, S. 88—93.*
- R. MISRA, The Study of Tropical Vegetation in Madhya Pradesh and the Gangetic Valley. In: *Humid Tropics Research — Study of Tropical Vegetation, Proc. of the Kandy Symposium. UNESCO 1958, S. 74—83.*
- TH. MONOD, Notes botaniques sur le Sahara occidental et ses confins sahéliens, remarques générales. In: *La vie dans la région désertique nord-tropicale de l'Ancien-Monde. Soc. de Biogéogr. 6, Paris 1938, S. 351—405.*
- E. NORIN, Quaternary Climatic Changes within the Tarim Basin. *Geogr. Rev. 22, 1932, S. 591—598.*
- K. H. PAFFEN, Zum Klima des NW-Karakorum. — Die Pflanzenwelt des Hunzalandes. *Erdkunde 10, 1956, S. 22—30.*
- T. T. PATERSON vgl. H. DE TERRA.
- W. PILLEWITZER, Die glaziologischen Arbeiten im Hunza-Karakorum und am Nanga Parbat. *Erdkunde 10, 1956, S. 15—22.*
- W. PILLEWITZER, Der Rakhiot-Gletscher am Nanga Parbat im Jahre 1954. *Ztschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. 3, 1956, S. 181—194.*
- G. PRINZ, Beiträge zur Glaziologie Zentralasiens. *Mitt. a. d. K. Ungar. Geol. Anstalt XXV, H. 5. Budapest 1927.*
- G. PRINZ, *Der Bolor.* *Mitt. a. d. K. Ungar. Geol. Anstalt XXXV, H. 6. Budapest 1941.*
- J. F. ROCK, *The Ancient Na-Khi Kingdom of Southwest China.* 2 Bde. Cambridge Mass. 1947. Harvard-Yenching-Inst. Monograph Ser., Bd. VIII, IX. Mit Karten.
- J. F. ROCK, *The Amnye Ma-chhen Range and Adjacent Regions.* Istituto Italiano per il medio ed estremo oriente, Serie Orientale Roma, XII, 1956. Mit Karten.
- E. SCHÄFER, Ornithologische Ergebnisse zweier Forschungsreisenden nach Tibet. *Diss. Berlin 1938.*
- A. SCHEIBE, Organisation und Verlauf der Expedition. — Die Landbauverhältnisse in Nuristan. In: *Deutsche im Hindukusch, S. 8—54, 98—140.* Berlin 1937.
- M. SCHICK, Die geographische Verbreitung des Monsuns. *Nova Acta Leopoldina, N. F. Bd. 16, Nr. 112, Leipzig 1953.*
- H. v. SCHLAGINTWEIT, Die Pässe über die Kammlinien des Karakorum und des Künlün. *Abh. d. math.-phys. Cl. d. K. Bayr. Ak. d. Wiss. 12, I, S. 116.* München 1876.
- H. v. SCHLAGINTWEIT, Der klimatische Charakter der pflanzengeographischen Regionen Hochasiens. *Abh. d. math.-phys. Cl. d. Bayr. Ak. d. Wiss. 12, III, S. 197—243,* München 1876.
- M. SCHMID, Notes sur les formations végétales des hauts plateaux du Centre Viêt-Nam et des régions limitrophes. In: *Humid Tropics Research—Study of Tropical Vegetation, Proc. of the Kandy Symposium. UNESCO 1958, S. 183—194.*
- J. SCHMITHÜSEN, *Allgemeine Vegetationsgeographie. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie Bd. IV, hrsg. v. E. OBST, Berlin 1959.*
- U. SCHWEINFURTH, Über klimatische Trockentäler im Himalaya. *Erdkunde 10, 1956, S. 297—302.*
- U. SCHWEINFURTH, The Distribution of Vegetation in the Tsangpo George. *The Oriental Geographer I, Nr. 1, 1957, S. 59—73.* Dacca/Pakistan, East Pakistan Geogr. Soc.
- U. SCHWEINFURTH, Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaya. Mit mehrfarbiger Vegetationskarte 1:2 000 000 auf 2 Blättern mit Profilen. *Bonner Geogr. Abh. H. 20, 1957, 373 S.*
- U. SCHWEINFURTH, Über kartographische Darstellungen der Vegetation des Himalaya. *Erdkunde 12, 1958, S. 120—125.*
- M. SCHWIND, Die eiszeitliche Vergletscherung Ostasiens. *Geogr. Zeitschr. 48, 1942, S. 157—172.*
- C. G. G. VAN STEENIS, Malaise vegetatieschetsen I en II. Toelichting bij de plantengeografische kaart van Nederlandsch Oost Indie. *Tijdschr. v. h. K. Nederl. Aardrijksk. Genootschap 2. Ser., T. LII, Leiden 1935, S. 25—67, 171—203, 363—398.*
- C. G. G. VAN STEENIS, Plantengeografie: Plantengroei en Regenval (Vindplaatsen van *Andropogon contortus*) auf Nebenkarte 5, Blad 7, in: *Atlas van Tropisch Nederland, 1938.*
- C. G. G. VAN STEENIS, Concise outline of Malaysian vegetation mapping and literature. In: *Humid Tropics Research — Study of Tropical Vegetation. Proc. of the Kandy Symposium. UNESCO 1958, S. 68—73.*
- A. TAFEL, *Meine Tibetreise.* 2 Bde. Stuttgart 1944. Mit Karte.
- H. DE TERRA, T. T. PATERSON, *Studies on the Ice age in India and associated Human Cultures.* Carnegie Institution of Washington, Publ. 493, 1939.
- J. THORP, *Geography of the Soils of China.* Nanking 1936, Darin: Tentative map of vegetation groups in China, mit Erläuterungen, S. 46/47, sowie S. 336.
- C. TROLL, *Der Nanga Parbat als Ziel deutscher Forschung.* *Ztschr. Ges. Erdk. Berlin 1938, S. 1—26.*

- C. TROLL, Das Pflanzenkleid des Nanga Parbat. Vegetationskarte der Nanga-Parbat-Gruppe (NW-Himalaya) 1 : 50 000 mit Begleitworten. Wiss. Veröff. d. Dt. Museums f. Länderkde. zu Leipzig, N. F. 7, 1939. S. 151—180.
- C. TROLL, Die Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. In: Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen, S. 124—182. Bonner Geogr. Abh. H. 9, 1952.
- C. TROLL, Der Klima- und Vegetationsaufbau der Erde im Lichte neuer Forschungen. Jahrb. 1956 d. Ak. d. Wiss., Lit., Mainz. S. 216—229.
- C. TROLL, Die Jahreszeitenklimate der Alten Welt. Geogr. Taschenbuch 1956/56, S. 268 f., mit Karte.
- C. TROLL, Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. Bonner Geogr. Abh. H. 25, 1959, 93 S.
- CH. W. TU vgl. COCHING CHU, und L. CH LI.
- A. VERNET, Climates and Vegetation. In: Arid Zone Research X, Climatology, UNESCO, Paris 1958, S. 75—101.
- P. C. VISSER, J. VISSER-HOOFT, Wissenschaftliche Ergebnisse der Niederländischen Expedition in den Karakorum und die angrenzenden Gebiete i. d. J. 1922, 1925 und 1929/30. Bd. 2, Glaziologie. Leiden 1938.
- M. VOIGT, Kafiristan. Versuch einer Landeskunde auf Grund einer Reise im Jahre 1928. Diss. Halle-Wittenberg 1933.
- O. H. VOLK, Klima und Pflanzenverbreitung in Afghanistan. Vegetatio. Acta Botanica, Bd. V, VI, VIII, Den Haag 1954.
- A. WAGNER, Hangwind — Ausgleichsströmung — Berg- und Talwind. Met. Ztschr. 49, 1942, S. 209—217.
- T. C. WANG, Die Dauer der ariden, humiden und nivalen Zeiten des Jahres in China. Tübinger geogr. u. geol. Abh. R. II, H. 7. Öhringen 1941.
- W. P. WENG, T. S. LEE, A Preliminary Study on the Quaternary Glaciation of the Nanshan. Bull. Geol. Soc. China XXVI, 1946, S. 163—171.
- K. WIEN, Die Gletschergebiete in Pamir und Westturkestan. Ztschr. f. Gletscherkunde 23, 1935, S. 51—54.
- H. v. WISSMANN, Das Mitter-Ennstal. Forsch. z. dt. Ldes. u. Volksk. XXV, 1. Stuttgart 1927.
- H. v. WISSMANN, Die quartäre Vergletscherung in China. Z. Ges. Erdk. Berlin 1937, S. 241—262.
- H. v. WISSMANN, Niederschlagskarte von China mit Begleitworten. Z. Ges. Erdk. Berlin 1937, S. 38—43.
- H. v. WISSMANN, Die Klimate Chinas im Quartär. Geogr. Ztschr. 44, 1938, S. 321—340.
- H. v. WISSMANN, Die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens. Begleitworte zu einer Karte der Klimagebiete Eurasiens 1 : 40 000 000. Z. Ges. Erdk. Berlin 1939, S. 1—14. Darin auch Karte der Klimate Chinas.
- H. v. WISSMANN, Süd-Yünnan als Teilraum Südasiens. Schriften z. Geopolitik H. 22., Heidelberg 1943.
- H. v. WISSMANN, Die heutige Vergletscherung und Schneegrenze in Hochasien mit Hinweisen auf die Vergletscherung der letzten Eiszeit. Ak. Wiss., Lit., Mainz, Abh. math.-nat. Kl. Jg. 1959, Nr. 14, S. 1105—1407.
- H. v. WISSMANN, Die rezente und quartäre Vergletscherung des Yülingschan. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. 101, 1959, S. 165—182.

## GEOGRAPHISCHE BEOBACHTUNGEN BEI UND NACH DEM ERDBEBEN IN SÜDCHILE VOM MAI 1960

Vorwort des Herausgebers

Die ERDKUNDE ist in der Lage, über den Ablauf und die Wirkungen des großen Erdbebens in Südchile vom Mai 1960 einen sehr aufschlußreichen Doppelbericht zweier Fachgeographen, die das Beben im Gebiete miterlebt haben, zu veröffentlichen. Herr Dr. W. WEISCHET, München, z. Z. Professor der Geographie an der Universidad Austral de Chile, hat das Beben in Valdivia erlebt und sofort nach der Katastrophe in weiten Teilen Südchiles, in denen er bereits eingehendere geomorphologische Forschungen angestellt hatte, systematische Beobachtungen gesammelt, über die er einen vorläufigen Bericht vorlegt. Herr Dr. Dr. h. c. PETER-PAUL VON BAUER, Dr. honoris causa der Universität Bonn, ehemaliger Generaldirektor der Deutsch-Columbianischen Flugverkehrsgesellschaft SCADTA, hatte 1948 in dem Gebiet zwischen den Vulkanen Osorno und Calbuco und dem Llanquihue-See ein Landgut für Aufforstungsversuche erworben und seither auch eine genaue Erforschung dieses kleinen Gebietes in klimatischer, bodenkundlicher und hydrologischer Hinsicht durchgeführt. Die Arbeit ist unter dem Titel „Waldbau in Südchile. Standortkundliche Untersuchungen und Erfahrungen bei der Durch-

führung einer Aufforstung in La Ensenada, Prov. Llanquihue, Chile“ als Heft 23 in den Bonner Geographischen Abhandlungen und auch in spanischer Sprache unter dem Titel „Silvicultura en el Sur de Chile. Investigaciones ecológicas y experiencias recogidas en una reforestación en La Ensenada (prov. de Llanquihue)“ als Heft 23 E erschienen. Auf diesem für Südchile einzigartig gut erforschten Stückchen Erde, das mitten im andinen Teil des Schüttergebietes gelegen ist, hat er während der ganzen Zeit der Bebenfolge genaueste Aufzeichnungen gemacht und der ERDKUNDE einen Bericht zur Verfügung gestellt, der auch durch die genaue kartographische Erfassung der Erdspalten und Erdrisse und durch die Aufzeichnung der Grundwasserstände dokumentarischen Wert besitzt. Aus diesem Bericht mußten aus Raummangel die persönlichen Erlebnisse und die über die sozialen und technischen Auswirkungen fortgelassen werden. Die naturkundlichen Teile des Berichts sind dagegen vollständig mitgeteilt. Der Herausgeber spricht den beiden Verfassern seinen Dank aus, daß sie ihre wertvollen Beobachtungen für die Veröffentlichung bereitgestellt haben.