

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

Mit 7 Abbildungen

B. THERMISCHE RAUMGLIEDERUNG (1. TEIL) UND FROSTBODEN

CARL TROLL gewidmet von HERMANN VON WISSMANN

Inhaltsübersicht

(Teil A. siehe Bd. XIV, 1960, S. 249–272).

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

Summary: Vertical and Horizontal Zones of Vegetation and of Climate in Tibet and its Surroundings. B. Thermic Zonation (Part I), including the Zone of Solifluction. (Here and in the first part English by the author.)

An English introduction is given in the first part of this study in *Erdkunde* 14, 1960, p. 249 to 251. Not all thermic vegetational borders are examined in the second part submitted here, but mainly those of the zone between the snow line and the (upper) timber line, and down to the subalpine zone, while a treatment of the upper borders of the subtropical and of the tropical vegetation was postponed to a later paper. In a former publication (1959a), I have dealt in detail with the climatological snow line of Central Asia. A map of the "isochionies", the lines of equal height of the climatological snow line, is reproduced here in a smaller scale (fig. 1), in order to compare it with a new map of the timber line of the same area (fig. 2). A list compares the height of the snow line with that of the timber line and gives the vertical distance of these lines from one another in known places (p. 23). In Central Asia except in its moister marginal regions the orographical snow line measured on glaciers is as an average about 1300 ft lower in shaded than in southern exposures. This means that in northern exposition it is about 650 ft lower than the (mean) climatological snow line, while in southern exposition it is about 650 ft higher than the climatological snow line. The vertical range of the height above sealevel of the timber line in different exposures, however, is comparatively small. Both climatological snow line and (upper) timber line rise from the moist outer margins of the highlands of Central Asia towards the dry interior, remaining in a mean vertical distance to each other of about 3300 ft. So the snow line surface is about parallel to the timber line surface. (The inclination of both these surfaces is a little steeper than the inclination of the surfaces of the isotherms of the warmest month which rise in the same direction.)

There is a belt in the inner Himalayas and a large area in Eastern Tibet, in which the moist forest is reduced to the shaded slopes. But even on these shaded slopes, the lower timber line due to aridity finally reaches the upper timber line due to temperature conditions, when we proceed in direction to the dry interior, in which forest lacks

entirely. The highest cupola of the snow line surface is situated in this dry area without forest in Inner Tibet. It rises to about 12 500 ft, while in the region of Eastern Tibet, in which the upper timber line culminates in forests on shaded slopes, we find a climatological snow line of 18 700 ft, a timber line of 15 400 ft, 3300 ft below the snow line. This is the highest location of the timber line in the Old World. On the Isluga in the Puna of Bolivia, scattered *Polylepis* trees rise to 16 000 ft, thus forming the highest timber line of the globe. As the timber line in Eastern Tibet is the upper boundary of dense conifer forest, in other words: as timber line and forest line coincide here, but not in Bolivia, these forests of Eastern Tibet are the highest forests of the globe.

In the dry interior of Tibet, trees are only growing in natural or artificial oases. Little attention has been paid to the question, to what altitude tree growth can rise there. One knows of *Populus euphratica* up to 14 600 ft, and of barley fields even up to 14 900 ft.

Usually, the vertical zone between timber line and snow line is called the alpine zone. C. TROLL (1959) proposes the term "subnival zone", which seems better. It is still impossible until now to determine the lower margin of this subnival zone in the dry regions of Inner Tibet, where no forest can grow even on shaded slopes. For really the vertical zonation of the vegetation of shrubs and perennial and annual herbs and grasses of the dry interior of Tibet is very little known yet. The wild and the cultivated six-rowed barley do not reach up as far as the lower border of the subnival zone; this border must also be higher in Western, Central and Southern Tibet, where the snow line surface culminates in a high dome, than the timber line at its culmination in Eastern Tibet. It may be situated near the isotherm of 8° C of the warmest month which seems to rise maximally to about 15 800 ft above sealevel (cf. fig. 5). This means that the vertical distance between the lower border of the subnival zone and the climatological snow line, the vertical dimension of the subnival zone, may be up to 5600 ft here instead of 3300 ft in areas above forests. This again shows that the highest dome of the snow line surface is mainly due to the scarcity of precipitation. Along the margins towards the dry interior of the area with forests exposed to the North, the snow line is situated round the summer isotherms of + 5° and + 6° C. In the core of its dome it is situated round that of - 1° C.

North of the lake plateau of Central Tibet, temperature decreases northward (in the same level) even in summer, while there is but little change in humidity. Both the snow line and the lower border of the subnival zone show a considerable slope in that direction (cf. fig. 5). (The cultivated oases and all permanent settlements except a few Chinese posts are in some distance below the subnival zone.)

In the whole dry interior of Tibet, the subnival zone can be vertically subdivided into a lower arid and an upper humid zone (cf. fig. 5). (Obviously the subnival zone is entirely humid where it is situated above forested slopes; the lower timber line is a visible margin between humid and arid vegetation.)

The phenomena of solifluction and even of a strong soliflual denudation and pedimentation are widely spread in

"High Asia". The most extensive area is in Northern Tibet in the humid upper part of the subnival zone (cf. figs. 2 and 5). Vegetation is very scanty there. Large areas have been worn down to form a rolling land. The surface of this land is swampy and in downward movement even on almost imperceptible slopes, when it is not frozen, which is the case in summer and at day time. Steep slopes are restricted to high areas of glacial erosion. (In the last ice age, the depression of the snow line was less than 1000 ft.) There are good descriptions of these "Tibetan quagmires" by SVEN HEDIN and by A. TAFEL. They both show the difficulties and dangers for caravans travelling there in summer.

In lower levels, i. e. more than 1600 ft below the snow line, where the roots of a vegetation of hard grasses and sedges form a tight sod, wide stretches of the rolling land are densely dotted with small pools of different size, separated from each other by narrow and low dams which are built up of the sod of these grasses (fig. 6). These areas are the so called "naka" bogs. They may reach down the gentle inclines to the swamps of river plains in which larger pools and lakes are spread. The holes of the naka bogs, which are filled with water in summer, sometimes contain "pipkrake" (ice needles) in their frozen state in winter, in which the bogs are much easier crossed by caravans. Good descriptions are given by PRZEVALSKIY (1888) and especially by TAFEL (cf. the maps of FILCHNER 1933). This form of solifluction retarded and restrained by vegetation is spread over wide areas in the uppermost basins of the Yangtse and the Hwangho and round the sharp turn of the Hwangho towards Northwest round Sogchang-gomba.

A peculiar phenomenon in the large expanses in which present solifluction and cryoturbation are spread in Tibet and in the central Pamirs is the interspersed of dunes which are closely indented with the soils of free solifluction and of the naka bogs. In summer these dunes may be the only islands of dry and firm ground in a vast swampy area. They are formed in the dry winter, when the western storms send spouts of dust and sand over the frozen surfaces. In the swamps around the Hwangho knee of Sogchanggomba, these islands of dunes in a land which is amphibious in summer, are — beside some half drowned bedrock hills — the only places where the nomads can place their tents (A. TAFEL 1914, II, S. 294). There is some similarity between the climate of Central Europe during the culmination of the last ice age and the present climate of these parts of Tibet. In Central Europe, winter must have obtained less precipitation in that period than at present. But it certainly was not as dry in winter as in Tibet nowadays. Like in Tibet of today, winter must have been the season of dust storms in the last ice age in Central Europe. But these storms only resulted in loess transportation and deposition, not in the formation of dunes. H. POSER (1948) has shown that the fossil dunes of North Germany are mostly of late-glacial age.

While in most parts of Tibet the lower border of the zone, in which recent cryoturbation and solifluction have been found, is situated in or above the timber line or the lower border of the subnival zone, these processes reach down below the height of the timber line in all areas north of the Bayen Kara Mountains: in Northeastern Tibet, in Kansu and in the Nanshan. Regionally recent solifluction is found as far as 1400 ft below the timber line there. In these levels, however, all tracts with gentle slopes covered with soliflual and naka soils are entirely bare of trees; forest is restricted to steep slopes, where bedrock crops out or where it is near the surface.

It seems that the lower border of present solifluction and cryoturbation in Central Asia coincides with the isotherm of a mean annual temperature of 0° C or is not far from this. (This isotherm is about 15 000 ft above

sealevel in Sikkim on the southern slopes of the Himalaya, about 18 000 ft near Lhasa, about 17 000 ft near Chiamdo, about 11 800 ft near Hsining, about 10 000 ft on the northern border of the Nanshan; cf. note 68.) Just as the lower border of solifluction, also the surface of this isotherm dips down below the timber line surface north of the Bayen Kara Mountains. It is known that the southern border of permafrost (of the perennial tjåle) runs along the belt between the isotherms of a mean annual temperature of -2° C and of the freezing point. Where the snow cover is thick and stays long, this border approaches the isotherm of -2° C; where the snow cover is thin and rare, it is nearer to the isotherm of 0° C. Central Asia except its utmost West (Leh) is dry in winter. Winter precipitation is not just rare but scarce. Caravans are never hindered in Tibet by a thick snow cover. We know little about permafrost in Central Asia. But it is most probable that it is present in all areas of extensive solifluction there. The presence of a frozen, especially of a perennially frozen subsoil must be decisive also in Tibet for the development of an effective solifluction.

H. FLOHN (1958) has worked out means from the meteorological notes of SVEN HEDIN 1900/02 and 1906/08. These and other data collected and critically compiled by H. FLOHN indicate the following conditions of freezing and thawing in inner Tibet along the isotherm of a mean annual temperature of 0° C: All winter temperatures including most maxima stay below freezing point; winter shows almost permanent frost. Spring and autumn show diurnal regelation, a diurnal frost-thaw-cycle; and frost may occur in any clear summer night. Along the annual isotherm of -0,7° C, FLOHN figured out 230 days per year with a frost-thaw-cycle. C. TROLL (1944) has demonstrated that on tropical mountains below the snow line, a long period of a diurnal frost-thaw-cycle produces miniature forms of cryoturbation polygons and of solifluction stripes, while in subarctic regions the annual frost-thaw-cycle produces these forms in a large size. The combination of a strong annual frost-thaw-cycle and long seasonal periods of diurnal frost-thaw-cycles in the dryer parts of Central Asia probably result in a coalescence or in some modus of interference yet unknown of both types of forms. Miniature forms are known from the central Pamirs above 13 800 ft, from near the Karakorum Pass in 17 650 ft and from the Nanshan (Richthofen Chain above 11 500 ft, Humboldt Chain above 14 100 ft; C. TROLL 1944, 1948). Large forms were observed on the moist outer margins of the High Himalaya and from the Minyang Gongkar region. A combination of large and miniature forms is reported from the Arka Tagh and recently from the borders of the Khumbu-Glacier on the southwestern slope of Mount Everest round 17 400 ft, where F. MÜLLER found a precipitation of only about 15 inches per year. A final report of F. MÜLLER and future expeditions may contribute important informations on the questions involved.

Regarding the composition of the forest vegetation of „High Asia“ and its marginal mountains in the highest zone, in the zone immediately below the timber line, we find strong differences between an outer belt with higher precipitation and a lower annual and diurnal range of temperature and an inner belt with lower precipitation and a higher range of temperature. U. SCHWEINFURTH shows for the Himalaya that these continentality-belts show up in the vegetation of all vertical zones down to the tropics or subtropics, so that it is possible to speak of an inner and an outer forest belt, each of which comprises the whole set of vertical zones from top to bottom. East of 84° or 85°, from the Eastern Himalaya as far as Szechuan, the outer as well as the inner belt may each be regarded as one unit, in which each vertical zone is homogeneous to some degree, notwithstanding the great richness of the flora

in endemismus restricted to small areas, and notwithstanding the fact that often characteristic and predominant trees of a formation are replaced by other species of the same genus in other sections of the same zone of the belt. I have tried to show these belts in a preliminary map (fig. 3). H. v. HANDEL-MAZZETTI was the first to recognize the inner belt as a unit. He also stated that the subtropical zone of the inner belt, which forms ribbons along the slopes there, is closely related to the subtropical vegetation of the plateau of Central Yunnan and southern Sikang. The map fig. 3 also shows, how the vegetation of the dry valleys described in Erdkunde XIV, 1960 (p. 253 ff.) interrupts the moister belts which these valleys cross, and how all of these valleys lose their arid vegetation and become moist, before they enter the moist foreland. The Red Basin of Szechwan is left white on the map; as its natural vegetation is mostly destroyed by burning and cultivation, one can merely speak of a potential vegetation there. Except round Chengtu, this belongs to the climatical and vegetational unit of moist subtropical China and Japan, about which a few questions were treated in Erdkunde XIV, 1960, p. 266 f. (cf. H. v. WISSMANN 1939).

The inner, intermediate and outer belts of the Western Himalaya treated in detail by U. SCHWEINFURTH are only characterized in a few sentences in the present paper. But special attention is given to the forest types of the upper zones of the inner and outer belts between the Central Himalaya and Szechwan, especially the forest types of the "subalpine" zone along the timber line.

Here the timber line of the inner belt is mostly formed by groves and forests of larches (*Larix Griffithii* in the West, *Larix Potaninii* in the East), often also by birches, rarely by *Quercus pannosa* with its hard prickly leaves. About 700 ft below the timber line, we meet with the first fir trees; five species replace each other, when we proceed from the Central Himalaya to Szechwan (*Abies Webbiana*, *Delavayi*, *Georgei*, *squamata*, *Faxoniana*). *Pinus excelsa* of the Western Himalaya reaches to the Everest section and (scarcely) more to the East. About 1300 ft below the timber line, spruces turn up (from Inner Sikkim to Szechwan: *Picea morinda*, *complanata*, *Balfouriana*, *retroflexa*, *purpurea*).

In the moist outer belt, the upper margin of the forest is mostly a thicket of *Rhododendron* trees 15 to 20 ft high, a knee-timber woodland, similar to that of *Pinus montana* in the Alps. But *Pinus montana* is not tall enough to be called a tree; it partly grows above the timber line, while the knee-timber association of these tall *Rhododendrons* must be called a forest. Yet there are other associations of smaller species of *Rhododendron* growing up to about 10 ft. Often they occur higher up on the slopes, so that it is difficult to decide where trees end and where shrubs begin and where one should put the timber line. The tops of the *Rhododendron* trees join closely together and so form a canopy of evergreen leaves dotted with bright inflorescences (fig. 4). Similar physiognomic types of dense canopies and domes of hard leafed tree tops are typical for the upper forest line of mountains which rise out of tropical lowlands (cf. C. TROLL 1959), as this is the case in the Central and Eastern Himalaya. In Szechwan, however, the mountain foot is not tropical but subtropical. Fir trees, single and in groups, may approach the timber line too. Their species are from West to East: *Abies spectabilis*, *Webbiana*, *densa*, *Delavayi*, *Forestii*, *Faberi*, *Faxoniana*. Mostly however, they only reach the lower border of the subalpine zone. Spruces are only spread in subtropical altitudes, very little in the Himalaya (*Picea Smithiana* in the Annapurna Himal), but more from the Great River Gorges eastward (from West to East: *Picea complanata*, *ascendens* and *likiangensis*, *brachytyla*). The hemlock-fir is restricted to subtropical altitudes of this

outer belt (from West to East: *Tsuga dumosa*, *intermedia*, *yunnanensis*, *chinensis*).

In Eastern Tibet, there is a third, an innermost area, which in the South and Southeast is surrounded by the inner belt. This is the extensive region, in which moist forest is restricted to northern slopes (cf. figs. 2 and 3). The spruce dominates here in the whole forest zone from the lower to the upper timber line (from South to North: *Picea retroflexa*, *Balfouriana*, *purpurea* and *asperata*; cf. fig. 7). This is an area of very high annual range of temperature, especially north of the Bayen Kara Mountains, where the mean annual temperature is below 0° C, as has been mentioned above. Juniper trees, single or in groups, are the only trees on slopes of southern exposition, like in the innermost zone of the Western Himalaya and the mountains surrounding the Pamirs in the East.

The outer and the inner belts south and east of Tibet may be compared with the forests of the marginal parts and of the core of the Alps. In the northern marginal belt of the Alps, the spruce forms the timber line; forests of beech and fir are common. In the core of the Alps, the larch and the Cembra pine form the timber line, while the fir and the beech are lacking (cf. the "hygric continentality" of H. GAMS 1932 and the "Trodenkälte" of H. v. WISSMANN 1939, p. 8).

The belts round the South and East of Tibet also suit well into the thesis of a system of spatial (not temporal) transformation of geographical features („geographischer Formenwandel“) presented by H. LAUTENSACH (1952), in particular of the change of features from the periphery to the core of a land mass („peripher-zentraler Formenwandel“).

Der tibetische Hochlandblock reicht — in subtropischen Breiten — in so große Meereshöhen hinauf, daß er wie ein breiter Keil die Winde bis zur Höhe von 5000 m zu seitlichem Umströmen (und im östlichen Lee zur Wirbelbildung) zwingt¹⁾. Zudem verstärkt er vor allem im Winter den Kontrast der Temperaturen zwischen der durch Spalierlage begünstigten Südabdachung des Himalaya und dem besonders im Nanschan den Nordwinden offenen Nordfuß. Ferner ist das trockene Plateau so stark Heizfläche am Mittag und im Sommer, daß sich dies selbst auf die Mitteltemperaturen des Jahres noch kräftig auswirkt. Aber auch innerhalb des Hochlandes sind die Temperaturen auf gleicher Höhe im Norden sehr viel niedriger als im Süden. Nord-Tibet ist im kältesten Monat um rd. 12°, im wärmsten um rd. 5°, im Jahresmittel um rd. 9° kälter als Lhasa²⁾. Die starke Aufwölbung der Isothermenflächen, die Zunahme der Jahres- und Tagesschwankung der Temperatur und die Abnahme der Niederschläge vom Rand gegen das Innere des großen Hochlandes laufen daher nicht zueinander parallel, so daß aus ihrem verschiedenen Zusammenwirken recht verschiedene Klimate und Klimastufen resultieren.

¹⁾ Vgl. H. FLOHN 1957.

²⁾ Nord-Tibet: Mittel aus NO-Tibet, Dulaan, Hsining. Vgl. Anm. 68.

*Die obere Baum- und Waldgrenze
und ihr Abstand von der Schneegrenze*

Unter den thermisch bestimmten Grenzsäumen schenkt U. SCHWEINFURTH der oberen Baumgrenze besondere Beachtung (S. 323 f.), findet aber, daß im Himalaya nur wenige Forscher exakte Beobachtungen zu ihrer Bestimmung lieferten. Für die Höhe der Baumgrenze sind die Differenzen der Exposition viel kleiner als für die Höhe der Schneegrenze, die ich für Hochasien untersuchte (1959a)^{2a}). Die Expositions-differenz der Schneegrenzhöhe beträgt in Hochasien mit Ausnahme der feuchtesten Teile der Randgebiete um 400 m, diejenige der Baumgrenzhöhe anscheinend nur um 100 m.

Folgende Zusammenstellung möge die Höhe der Baumgrenze im Vergleich mit der klimatischen Schneegrenze des jeweils gleichen Kleinraumes und das Ansteigen der Baum- und Schneegrenze vom Gebirgsrand gegen das innere Hochasiens veranschaulichen. Es werden hier folgende Profile betrachtet³):

- (1) Tschitral: Lawarai-Paß—Tiritsch Mir.^{3a})
- (2) Pir Pandjal—Tragbal-Paß nördlich Kaschmir (TROLL)—Darël und Tangîr (A. STEIN)⁴)—Nanga Parbat, Nordhälfte (TROLL)—Batura-Karakorum (PAFFEN).

^{2a}) In der Karte Abb. 1 der Schneegrenzhöhe wurden gegenüber der Hauptkarte 1 : 5 000 000 in WISSMANN 1959 a diejenigen Korrekturen angebracht, die sich schon aus dem Text von 1959 a ergaben (Hsüehpaoting, Ritter-Gebirge), die aber dort nicht mehr eingetragen werden konnten. Zum Teil waren sie schon in der Karakorum-Schneegrenzkarte von 1959 a, bei S. 144, berücksichtigt worden. Die relativ tiefe Lage der Schneegrenze in Luv des Karakorum wurde für den Tschogo Lungma-Gletscher durch die Spezialkarte von W. KICK bestätigt: Südlich der Zunge errechnet sich bei acht kleinen Gletschern eine schattseitige Schneegrenzhöhe von 4500 bis 4625 m, im Mittel von 4578 m. Das klimatische Mittel liegt daher dort bei rd. 4780 m. — Die Karte 1 : 750 000 von N. AMBOLT und E. NORIN in E. NORIN 1953, die meiner Karte 1959 a noch nicht zugrunde lag, erforderte keine Änderung der Isochienen. — F. MÜLLERS Beobachtung der Schneegrenze auf dem Khumbu-Gletscher (Mittelhöhe im schattseitigen Eisbruch 5600 m) stimmt gut mit meiner Berechnung (1959 a, S. 160) nach E. SCHNEIDERS Karte überein (Expositionsmittel 5780 m).

³) Wo keine Referenzen angegeben sind, beruhen die Angaben auf U. SCHWEINFURTH oder H. v. WISSMANN 1959 a und b, für die Schneegrenze auf H. v. WISSMANN 1959 a. Die Örtlichkeiten sind auf den Karten Abb. 1 und 2 eingetragen.

^{3a}) Westlich außerhalb der Karten Abb. 1 und 2. Für den Safed Kuh (und Nuristan) zwischen Peshawar und Kabul gibt VOLK (1954, Tabelle) die Schneegrenze (wohl schattseitig) zu 4500 m, die Baumgrenze zu 3600 m, die Gerstenbau-Grenze zu 3400 m an.

⁴) A. STEIN 1928, S. 19. *Betula utilis* 3750 m, Nadelwald 3350 m, Wald-Untergrenze 2200 m; Nanga Parbat (C. TROLL) *Betula* 3900 m, Nadelwald 3600 m, Feuchtwald-Untergrenze 3000 m.

- (3) am Satledj-Durchbruch.
- (4) Südabdachung der Annapurna-Kette—Kette nördlich des Annapurna (KAWAKITA)^{4a}).
- (5) in Sikkim von Süden nach Norden.
- (6) Einzelwert: Atsa-See (Trasum Kye La), Vorposten des Waldwuchses östlich Lhasa (30° 35', 93° 10') (WARD).
- (7) Südwestabdachung der Pome-Zayul-Kette am Ata Kang La⁵)—Pome-Tal bei Schugden Gomba—Ostabdachung der Salwen-Kette nordöstlich des Trakye La (WARD, KAULBACK).
- (8) in 28° bis 28° 10' von W nach O: Tschhawn-dam am westlichen Irawadi-Quellfluß (WARD)—Gomba La in der Irawadi-Salwen-Kette (HANDEL-MAZZETTI)—nördlich des Si La in der Salwen-Mekong-Kette (HANDEL-MAZZETTI)—Paimangshan östlich des Mekong (ROCK).
- (9) Yülungschan (HANDEL-MAZZETTI, WISSMANN)—Muli mit dem Konkaling (HANDEL-MAZZETTI, ROCK)—Gambu Gongkar (KREITNER, GILL, LOCZY).
- (10) Westrand des Roten Beckens von Szetschwan (CHENG)—Tatsienlu (CHENG)—Djerkundo am hohen Yangtse (TAFEL, SCHÄFER).
- (11) Hsüehpaoting bei Sungpan (32° 40', 103° 30') (CHENG)—Tsangskar, Ostabdachung (32° 30', 102° 40') (TAFEL II, S. 259).
- (12) Nordabdachung des Richthofengebirges bei Kantschou⁶) (A. STEIN, TENG)—Wahong-Kette südlich des Kuku Nor (TAFEL, PRZEWALSKI)⁷) und Gebirgsabdachung zwischen Amnye Matschen und Hwangho-Schlucht (Rock)⁸).

^{4a}) Auf der Südseite des Mt.-Everest-Massivs liegt zwischen Pang- und Dingpotsche die schattseitige (herabgedrückte?) Waldgrenze bei 4230 m Höhe (SCHNEIDER 1959) unter einer klimatischen Schneegrenze von etwa 5500 m (WISSMANN 1959 a).

⁵) Weiter nordwestlich, wo die vorgelagerten Mischmiberge höher sind, liegt die Schneegrenze an der Luvseite der Pome-Zayul-Kette am vergletscherten Gangri Karpo La (4712 m) wohl bei 4800 m, die Baumgrenze bei 4000 m (Diff. 800 m), auf der Leeseite des Jo La (4820 m) gegen das Pome Tal die Schneegrenze in etwa 5000 m, die Baumgrenze in 4100 m (Diff. 900 m). KAULBACK. Vgl. v. WISSMANN 1959 b, S. 171.

⁶) A. STEIN 1928, Kartenblätter 1 : 500 000 Nr. 43, 46; 1919 II, Phot. 246—252. S. C. TENG, The Forest Regions of Kansu. Acad. Sinica, Botan. Bull. 1, 1947, S. 187—200. Untergrenze des Waldes dort bei 2500—2900 m. Südlich Sutschou nur wenige Waldreste.

⁷) Etwa die gleiche Zahlengruppe ergibt sich wahrscheinlich für die Wacholderwälder im Südostwinkel des Tsaidam-Beckens an der Nordseite des Ostendes des Burkhan Buda-Gebirges (Obergrenze des Waldes 3900 m, Untergrenze 3500 m, Schneegrenze Mittel 4900 m (TAFEL I, Taf. 74, S. 337—341).

Höhenlage und Mächtigkeit der subnivalen Stufe zwischen Schnee- und Baumgrenze
im südlichen und östlichen Hochasien.

(Höhe in Metern; die eingeklammerten Zahlen sind weniger sicher.)

	Lawarai- Paß	Tiritsch Mir, SO.	Pir Pandjal	Tragbal- Paß	Darël, Tangir	Nanga Parbat	Batura- Karakorum ¹⁰⁾	Sat- ledj S.	Sat- ledj N.
Schneegrenze	(4500)	(4800)	4350	4400	(4600)	4800	5000	4700	5400
Baumgrenze	(3400) ⁹⁾	3600	3400	3500	3750	3900	4050	3600	4200
Differenz	(1100)	(1200)	950	850	(850)	900	950	1100	1200
	Anna- purna S.	Anna- purna N.	Sikkim, Süd	Sikkim, Nord	Atsa- See	Ata Kang La, SW	Pome- Tal		n. ö. des Trakye La
Schneegrenze	(4800)	(5500)	4900	5400	(5500)	4700	4950		(5500)
Baumgrenze	3600	(4500)	3900	4200	4500	(3800)	4000		(4400)
Differenz	(1200)	(1000)	1000	1200	(1000)	(900)	950		(1100)
	Tschhawn- dam	Gomba La	Nördl. Si La	Doker La	Paimang- schan	Yülung- schan	Muli		Gambu Gongkar
Schneegrenze	4800	4900	5100	5200	(5350)	5150	(5350)		5600
Baumgrenze	3900	4050	4200	4350	(4400)	4200	4400		4700
Differenz	900	850	900	850	(950)	950	(950)		900
	Ost rand	Tatsienlu	Djer- kundo	Hsüeh- paoting	Tsang- skar	Richthofen- Gebirge	Wahong- Kette		S.d.Hwang- ho-Schlucht
Schneegrenze	5000	5200	5650	(4900)	(5100)	4650	4900		4900
Baumgrenze	4000	4200	4700	3800	(4100)	(3500)	3900		3900
Differenz	1000	1000	950	(1100)	(1000)	(1150)	1000		1000

Ergänzend seien Werte von der Luvseite des Kaschghar-Gebirges, die gegen das Tarim-Becken gewandt ist, angeführt. Es sind die letzten Fichtenwälder, wenn man den Kwenlunbogen ostwärts verfolgt, bis zum Richthofen-Gebirge und zur Wahong-Kette. Auch der Baumwacholder, der im östlichen Teil des Tsaidam-Beckens am Burkhan-Buda-Gebirge wieder auftritt, reicht im Westen wohl nicht weit über den Durchbruch des Yarkand-Flusses ostwärts. Bostanardja n. ö. Ulugart: Fichte, *Juniperus* 3400 m. — Djagos-Paß, Ostende des Kaschghar-Gebirges, Luv: Baumgr. 3600 m, klimat. Schneeogr. 4550 m, Diff. 950 m. — Kungur Tübe (Schiwakte), Luv: Baumgr. 3650 m, klimat. Schneeogr. 4550 m, Diff. 900 m. Untergrenze (Fichte) 2500 m. Überall nur Schattgänge. Dies vor allem nach G. PRINZ, ferner nach A. STEIN und C. P. SKRINE. F. W. REINIG gibt für das Ost-Pamir-Gebiet 3800 m als oberste Baumgrenze an. R. D. ZABIROV sagt, daß in seinem Arbeitsgebiet *Juniperus* bis zu höchstens 3700 m aufsteige, Strauchwuchs bis 3800 m¹¹⁾.

Auf einige der im vorliegenden Abschnitt genannten Arbeiten wurde ich erst durch die so sehr wertvolle Abhandlung von K. HERMES (1955) über die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde aufmerksam, die eine erstaunlich umfangreiche, oft schwer erreichbare Literatur exakt verwertet. Seine bei SCHMITHÜSEN (1959, S. 158) klein wiedergegebene Erdkarte der Waldgrenzhöhe stellt in Hochasien die wesentlichen Züge gut dar. Wie TROLL (1939, S. 168 f, 1959)

zeigt, gibt es im Gegensatz zu den inneren Tropen in Hochasien zumeist „keinen eigentlichen Kampfgürtel des Waldes, mit dessen Hilfe man deutlich eine Baum- und eine Waldgrenze unterscheiden könnte“¹²⁾. Trotzdem muß TROLLS Erfahrung am Nanga Parbat, daß über die Waldgrenze bei 3900 m einzelne Birken bis 4100 m, verkrüppelte Baumwacholder bis 4250 m zu finden sind, davor warnen, die hier angeführten Höhenzahlen der Baum- und Waldgrenze in ihrer Genauigkeit zu überschätzen. Abgesehen von der Unsicherheit der Angaben hängt diese Höhe stark von den beteiligten Spezies ab (und ob z. B. der Birkenwald, und von welcher Baumhöhe an der Rhododendren-Krummwald eingerechnet wurden). Auch die Massenerhebung eines einzelnen Gebirgsstocks ist für die Baumgrenze von Bedeutung, während sich ihre Einwirkung auf die klimatische Schneegrenzhöhe kaum feststellen läßt, die nur durch Mitteln der stark divergieren-

⁸⁾ Vergleicht man die Beschreibungen von ROCK 1956, S. 139 mit der Tafel 70 aufmerksam, so erkennt man, daß in den Bergen südlich der Hwangho-Schlucht *Picea asperata* nordseitig bis etwa 3900 m aufsteigt, *Juniperus tibetica* auch sonnenseitig mit einzelnen Bäumen und Baumgruppen zu noch größeren Höhen. Vgl. hier Abb. 7.

⁹⁾ Nadelwald bis etwa 3100 m; Birken noch oberhalb des Passes (3125 m). Die Birkenstufe pflegt in diesen Bereichen 300 m hoch zu sein.

¹⁰⁾ Bei Khardung an der Nordabdachung der Ladakh-Kette nördlich Leh in einer Schlucht ein Standort von *Juniperus excelsa* in 4250 m Höhe (Th. THOMSON 1852, S. 398; vgl. SCHWEINFURTH 1957, S. 67); die klim. Schneegrenze liegt dort in etwa 5500 m Höhe (Diff. 1250 m).

¹¹⁾ G. PRINZ 1927, S. 159 u. a.; A. STEIN 1928, Abb. 357 und S. 844, Anm. 4. F. W. REINIG 1932. R. D. ZABIROV 1955, S. 22. *Juniperus semiglobosa*, *J. seravshanica*, *J. sibirica*.

¹²⁾ H. GAMS hat für die Alpen gezeigt, daß der Krummholzgürtel (einschließlich der Alpenrosen) zum Waldgürtel zu rechnen ist. Man vergleiche PRZEWAŁSKIS Angaben für den Dschakhar und die „Süd-Tetungischen“ Gebirge (1884, S. 232).

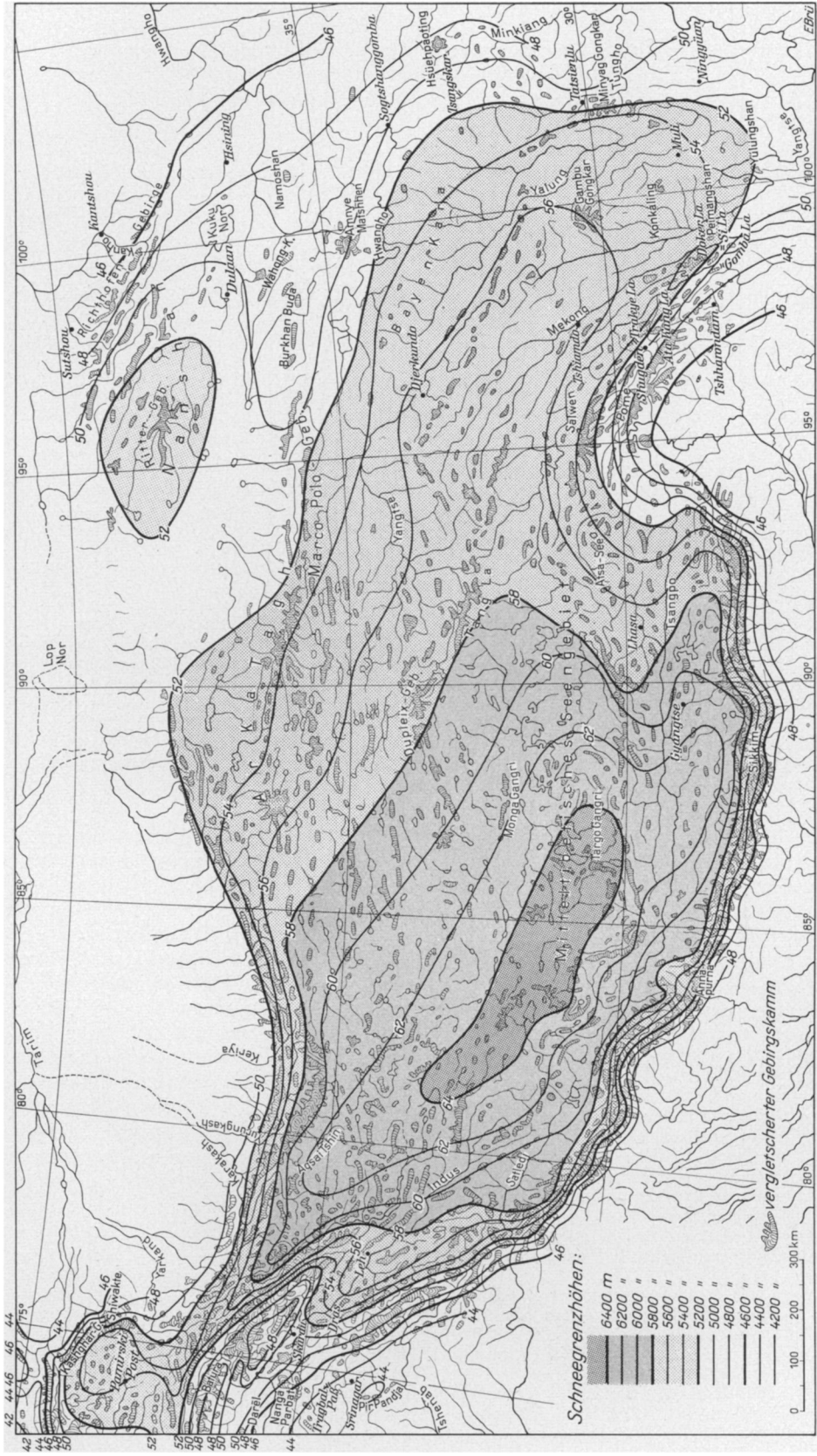


Abb. 1: Die Höhe der klimatischen Schneegrenze in Hochasien, dargestellt in Linien gleicher Schneegrenzhöhe (Isochronen).

Maßstab 1 : 13 000 000. Entwurf H. v. WISSMANN, Zeichnung E. BRÜSHAVNER. Man vergleiche Anm. 2 a und H. v. WISSMANN 1959 b, Karte.

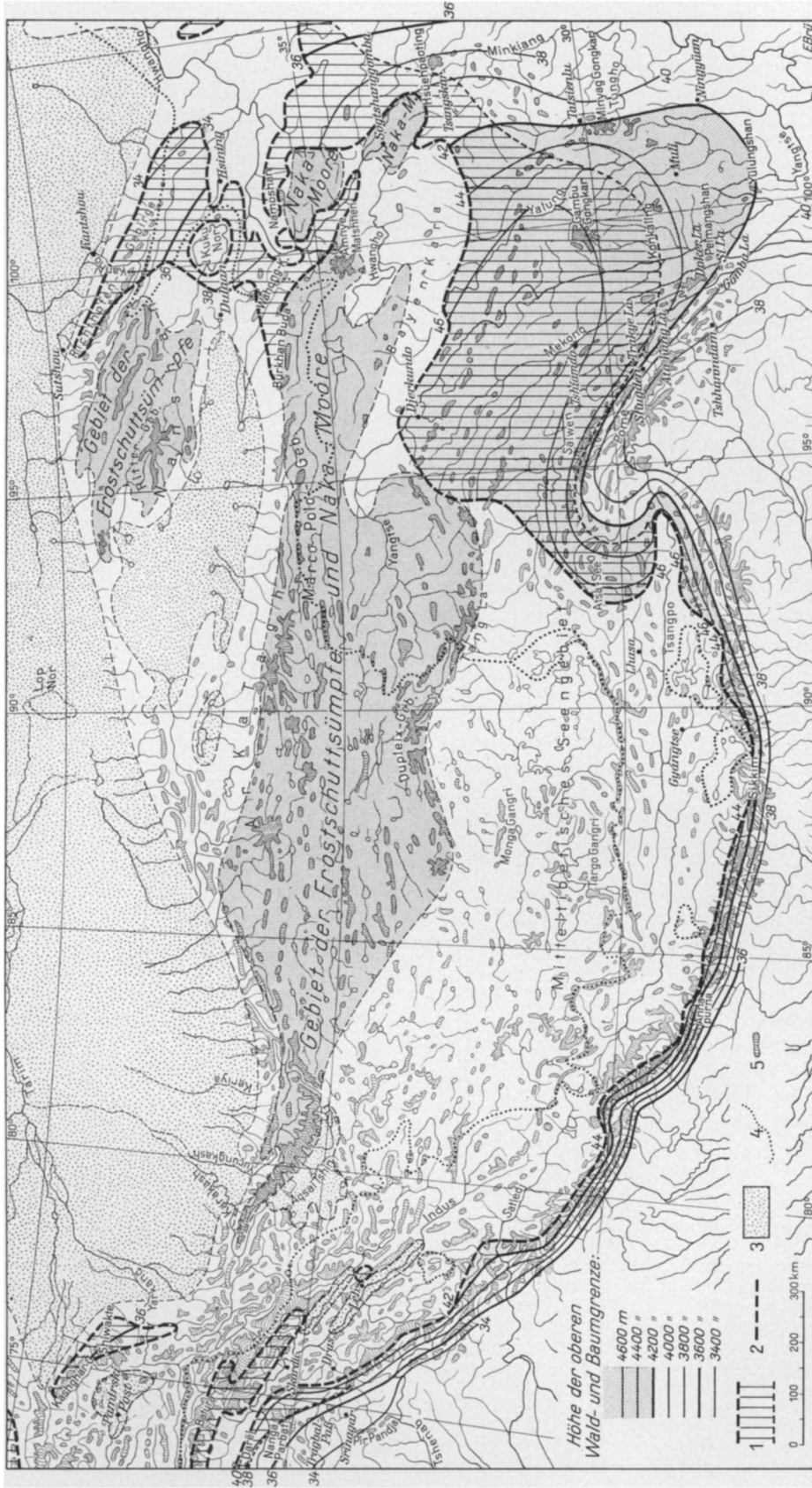


Abb. 2: Die Höhe der oberen Wald- und Baumgrenze in Hochasien, dargestellt in Linien gleicher Waldgrenzhöhe. Eingetragen sind ferner die Areal- und Baumgrenzen in den Frostschuttsümpfen, die Gebiete, in denen Frostschuttsümpfe weit verbreitet sind, und die Gebiete, aus denen „Naka-Moore“ bekannt sind. Maßstab 1 : 13 000 000. Entwurf H. v. WISSMANN, Zeichnung E. BRÜSSHAVER.

1 Senkrechte Schraffur: Der Wald ist auf die Schattseite beschränkt. Der schmale hierher gehörige Saum im Himalaya wurde nicht ausgeschieden. **2** Grenze gegen das außerhalb von Oasen baumlose Gebiet. **3** Punktierter Saum: Volles und extremes Trockenwüsten-Klima. **4** Grenze zwischen peripherer und zentraler Entwässerung. **5** Vergleichsgerade Gebirge.

den Expositionswerte errechnet werden kann¹³). Das Mittel der Abstände zwischen Schnee- und Baumgrenzhöhe, somit der Mächtigkeit der subnivalen Stufe¹⁴) (vgl. TROLL 1959, S. 40) beträgt nach der gegebenen Liste rund 1000 m. Nichts deutet in der Tabelle darauf hin, daß die Baumgrenze gegen das Innere Tibets weniger steil ansteige als die Schneegrenze, wie es die von HERMES zusammengestellten Daten und seine Darstellung dieses Abstandes in einer Erdkarte (Taf. 4) zu erweisen scheinen. (Darüber, daß HERMES dennoch in gewissem Sinne Recht hat, vergleiche man Anm. 21, S. 28.) Die klimatische Schneegrenze und die ebenfalls niederschlagsbedingte Baumgrenze steigen gegen die gehobene Heizfläche von Tibet, die zudem wolkenärmer und trockener ist als ihre südliche und östliche Umgebung, etwa gleich steil an, steiler als die Isothermenfläche des wärmsten Monats¹⁵).

Es ist darauf hinzuweisen, daß dieses gleichartige Verhalten der Waldgrenze und des Expositionsmittels der Schneegrenze sehr eigenartig ist. Die thermisch bedingte obere und polare Waldgrenze ist Verbreitungsgrenze ortsgebundener Lebewesen; die Schneegrenze ist „Gleichgewichts“-Grenze zwischen Nähr- und Zehrgebiet von Gletschern, — die man als physikalische Individuen bezeichnen könnte.

Freilich erreicht der Bereich der Wälder, die im inneren Gürtel als schmaler werdende Stufe auf die Schattseiten beschränkt sind, nicht das Gebiet höchster Aufwölbung der Schneegrenzfläche. Alle Bereiche, in welchen in Tibet die klimatische Schneegrenze über 5700 m Höhe ansteigt, zeigen nur in Kultur- und Naturoasen Baumwuchs¹⁶). Die Aufwölbung der Schneegrenze liegt im inneren Pamirgebiet, im östlichen Karakorum, an der Nordabdachung des Himalaya und in West-Tibet in Bereichen, in welchen (nicht oasenhafter) Baumwuchs wegen zu großer Trockenheit nicht aufkommt. Im Pamirgebiet und am Kwenlun und Nanschan, die (in gleicher Seehöhe) kälter sind als Tibet, erreicht die Trocken- und Untergrenze

des (schattseitigen) Baumwuchses die Kälte- und Obergrenze des Baumwuchses in einem Saum, dessen mittlere Schneegrenze um 4900 m Höhe liegt, mit anderen Worten: der Baumwuchs verschwindet dort in Bereichen, in denen die Schneegrenzkuppel 4900 m übersteigt; wir können daher hier keine Baumgrenze von mehr als 4000 m Höhe erwarten. Im Bereich südlich des Hauptkammes des West- und Zentralkarakorum mag diese Linie bei 5050 m Schneegrenzhöhe liegen, bei einer Baumgrenze von rund 4050 m (vgl. Tabelle). Das Gebiet, in welchem die Baum- und Waldgrenze am höchsten hinaufreicht, ist das Kerngebiet von Ost-Tibet um den obersten Mekong. Dort ist die Aufwölbung der Isothermenflächen des Hochsommers (FLOHN 1959, Karte 2, 3) fast so hoch wie im übrigen Tibet (0°-Grenze über 6000 m). Aber die Abschirmung von Niederschlägen ist hier geringer; diese können von Süden her eindringen. Infolgedessen gedeiht hier überall schattseitig noch Baumwuchs. Aber wegen des höheren Niederschlags bleibt die Schneegrenze hier trotz gleicher thermischer Begünstigung um 700 m niedriger als im Kerngebiet von West-Tibet; sie reicht nur bis zu 5700 m; diesem entsprechend steigt die Wald- und Baumgrenze hier nicht weit über 4700 m auf. In diesem Bereich (vgl. Tabelle und Karte Abb. 2) wird mit über 4700 m¹⁷) die größte Höhe der Baumgrenze in der Alten Welt erreicht. Die Fichten schließen in den nur schattseitigen Wäldern Ost-Tibets schon oberhalb 4600 m zu dichtem, seinen Boden vor Austrocknung schützendem Wald zusammen; wir stehen hier an der höchsten Grenze geschlossenen Waldes auf der Erde. Als Baum-Grenze steigt nur die Obergrenze der *Polylepis*-Gehölze in der Puna, die nicht als geschlossener Wald bezeichnet werden können, so hoch und noch höher an als die Koniferen-Baumgrenze in Ost-Tibet¹⁸). Die Baumgrenze

¹³) TROLL 1939; vgl. z. B. WISSMANN 1927, S. 53 f. für den Warscheneckstock.

¹⁴) Da die Höhe der Baumgrenze zwischen Sonn- und Schattseite nur um etwa 100 m, diejenige der orographischen Schneegrenze bis zu 400 m und mehr divergiert, ist die nivale Stufe an der Schattseite wohl bis zu 300 m schmaler als an der Sonnseite.

¹⁵) Vgl. H. FLOHN 1959. Nach BROCKMANN-JEROSCH (1919) liegt die polare und alpine Baumgrenze in kontinentalen Bereichen der 8°-Isotherme des wärmsten Monats, in ozeanischen der 12°-Isotherme des wärmsten Monats genähert.

¹⁶) Wie hoch dieser dort aufsteigt, ist nicht geklärt (vgl. S. 28).

¹⁷) Dies wird übereinstimmend von A. TAFEL (1914) für das Gebirge östlich Djerikundo, von E. SCHÄFER (1938), insb. S. 39, 41 [Profile], 59, 83, 329) für das Hochland von Tschoktsen Gompa bis Batang, von G. KREITNER (1893) für den Bereich des Gambu Gongkar, von A. HEIM (1933, S. 160) für die Täler der Hochfläche nordwestlich Litang, von E. TEICHMANN (1922) für die Gebirge bei Tschiamdo berichtet. HEIM sagt: „Hier reicht geschlossener Nadelwald (mit *Picea retroflexa* und *Juniperus*) an der windgeschützten Schattseite der Granitschlucht auf über 4600 m, die einzelnen Bäume fast bis Montblanc-Höhe.“ Bei Tschoktsen Gompa reicht das schattseitige Waldband nach SCHÄFER (S. 41) von 4400 m (Unter- und Trockengrenze) bis 4700 m Höhe.

¹⁸) Vgl. TROLL 1959, S. 54, Abb. S. 38 u. Tafelbild 17. Am Vulkan Isluga (19° s. Br.) *Polylepis* bei 4900 m, nach Abb. S. 38 Baumgrenze bis 4700 m. Auch die Schneegrenze reicht nur in der Puna (am Llullaillaco zu 6700 m) höher hinauf als in Inner-Tibet (vgl. Th. HERZOG, S. 14, Abb. 13; WILHELMY, 1957, Fig. S. 282). Vgl. Anm. 44.

kulminiert somit auf den beiden höchsten Hochländern der Erde: im tropischen trockenen Hochland der Puna von Bolivien und Nord-Chile und im außertropischen Hochland von Tibet.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit (1960, S. 626 f.) führte ich aus, warum ich annehme, daß die Humidität (Niederschlag weniger Verdunstung) im gesamten Raum Hochasiens an einem und demselben Hang mit der Höhe zunehme, und daß auch in Nuristan im Hindukusch die obere Waldgrenze nicht Trockengrenze sein könne. Ich brachte die Schätzung, daß der Niederschlag im Bereich des Firns im Karakorum von seinem nordöstlichen Lee am Rimo-Gletscher zu seinem südwestlichen Luv von 1000 auf 2500 mm zunehme und am Nanga Parbat um 3000 mm betrage, und daß er in allen diesen Bereichen hangabwärts abnehme. Nun hat F. MÜLLER vor dem unmittelbaren Südfall des Mount Everest-Hauptkammes, am Khumbu-Gletscher in 5300 m Höhe, in 7^{1/2} Sommermonaten in einem normalen Jahr nur 390 mm Niederschlag gemessen; und er und T. HAGEN beobachteten, daß in der Gipfelregion darüber während der Monsunzeit noch häufiger als in 5300 m Höhe tibetische Winde und Regellosigkeit herrschten. Auf einer Linie vom Meßpunkt bis zum Rand des Indischen Tieflands wurden in den gleichen 7^{1/2} Monaten 1660, 1990 und 2250 mm gemessen. Der Mount Everest ist im Süden außer den Vorketten von einer vom Dudh Kosi durchbrochenen Kette mit Gipfeln von fast und über 7000 m abgeschirmt. In Luv dieser Kette liegt die klimat. Schneegrenze wohl um etwa 800 m niedriger als am Khumbu-Gletscher (HEUBERGER; WISSMANN 1959 a, S. 161). Auf dem tibetischen Plateau in Gyantse wurde im Mittel im gleichen Jahresabschnitt 265 mm gemessen (Jahr 271 mm gegen etwa 400 mm am Khumbu-Gletscher). Es ist möglich, daß der Everest-Gipfel etwas weniger Niederschläge empfängt als die Meßstelle in 5300 m Höhe. Aber der Haushalt des Khumbu-Gletschers und daß an ihm die klimat. Schneegrenze um etwa 120 m tiefer liegt als auf der unmittelbaren Nordseite des Everest-Kammes deuten darauf hin, daß eine Abnahme der Humidität nach der Höhe zu nicht erfolgt.

Da nach meiner Tabelle die Höhendifferenz zwischen Schneegrenze und Baumgrenze in Hochasien nirgends zu mehr als 1200 m gefunden wurde, läge es nahe, folgenden Satz aufzustellen: Wären Zentral- und West-Tibet für einen niederschlagsbedingten Baumwuchs nicht zu trocken, so wäre dort eine Baumgrenze zu erwarten, die noch weit höher ansteige als in Ost-Tibet, nämlich zu 5200 m, das ist 1200 m unterhalb der Schneegrenzhöhe. Ist dies berechtigt? H. FLOHN

(1958) errechnet nach SVEN HEDIN'S Aufzeichnungen für Zentral-Tibet, allerdings für das gesamte Gebiet zwischen 29 bis 38° N und 78 bis 90° O, also auch einschließlich wesentlich kälterer Randgebiete, bei einer Seehöhe von 4000 m eine Mitteltemperatur des wärmsten Monats von 9,9° C. Die Höhe der klimatischen Schneegrenze liegt in diesem Raum gemittelt bei etwa 6000 m Höhe. Im Kulminationsgebiet der Schneegrenze von über 6400 m mag die 10°-Isotherme des wärmsten Monats bei rd. 4400 m Höhe liegen. Auch FLOHN (1958, S. 306) legt die Untergrenze des ETH-Klimas von W. KÖPPEN, somit diese Isotherme, in Zentral-, West- und Süd-Tibet auf 4300 bis 4400 m Höhe. Im zentralen Ost-Tibet reicht der Wald, wie wir sahen, höher, zu über 4700 m, hinauf. Wir müssen aber bedenken, daß in Gebieten mit sehr starken Tagesschwankungen und hohen Mittagstemperaturen des Hochsommers der Baumwuchs wohl bis zur Isotherme des wärmsten Monats von 8° aufsteigt. Bei der Annahme einer Temperaturabnahme von 0,5° auf 100 m erreichen wir auch im trockenen Kulminationsgebiet für diese Isotherme eine Höhe von 4800 m. Dies deutet darauf hin, daß die zusätzliche Aufkuppelung der Schneegrenzfläche in den Trockengebieten des zentralen und westlichen Tibet (die bis zu 700 m beträgt) rein hygrisch, gar nicht thermisch bedingt ist¹⁹), und daß wir die Grenze zwischen subalpiner Vegetation einerseits und subnivaler oder alpiner Vegetation andererseits in den Trockenräumen West- und Zentraltibets bei etwa 4800 m und wenig mehr, nicht aber bei 5200 m zu vermuten haben. Daß das Kulminationsgebiet der Isothermenflächen des Hochsommers sich von West- über Zentral- und Süd-Tibet zum zentralen Ost-Tibet im Bereich der höchsten Baumgrenze ausbreitet, und daß diese Gebiete im Sommer etwa in gleichem Maße thermisch bevorzugt sind, zeigen auch die Ergebnisse der Arbeiten von FLOHN 1958²⁰)

¹⁹) Man vergleiche hiermit das Ergebnis meiner Arbeit über die letzteiszeitliche Schneegrenze in der Osthälfte Hochasiens. Die Unterschiede der Depression dieser Schneegrenze gegenüber der heutigen sind anscheinend rein hygrisch, gar nicht thermisch bedingt (H. v. WISSMANN 1959, S. 221). Wie weit trifft dies für andere Gebiete der Erde zu?

²⁰) Nach der Tabelle bei FLOHN 1958 liegen die Stationen Lhasa, Gyantse und Leh — Stationen des Trockenraumes außerhalb des Waldgebietes — bei 3700 m (Mittel der beiden Stationen von Lhasa), 3996 m und 3514 m und haben als mittlere Temperatur des wärmsten Monats 16,8°, 14,3° und 17,4°. Aus der Mittellung dieser Zahlen ergibt sich 16,2° in 3737 m Höhe. Bei der Annahme einer Temperaturabnahme von 0,5° auf 100 m erhielt man die 10°-Isotherme des wärmsten Monats bei 4980 m Höhe, eine aus Stationen in Beckenlage gewonnene und daher für das

und 1959 (Karten 2, 3). Die genannte Grenze liegt somit bis zu rd. 1600 m unterhalb der kulminierenden Schneegrenzfläche²¹⁾; in Inner-Pamir mag sie etwa 1400 m unter dieser liegen.

Man hat der Frage, in welcher Höhe im Trokenraum Tibets die Obergrenze oasenhaften Baumwuchses liegt, bisher wenig Beachtung geschenkt. Beim Kloster Mangnang (Ngari Khorsum) in Süd-Tibet findet sich an Wasserläufen noch *Populus euphratica*, die ja sonst nicht in subalpine Höhen aufsteigt, bis zu 4450 m Seehöhe²²⁾. Es ist anzunehmen, daß andere Pappelarten, Weiden und wohl auch Birken und sogar Wacholder (?) an Wasserläufen in diesen Trockenräumen noch weiter gegen die Obergrenze der subalpinen Stufe hinauf verbreitet sind²³⁾.

Allerdings kennt man eine Stelle, an welcher im Süden des trockenen Zentraltibet oasenhafter Aufbau von Sechszelgerste noch bis 4540 m Höhe möglich ist (Oase Tuna; BRÜCHER-ÅBERG 1950, S. 253)²⁴⁾ während er sich im Regenfelddbau in dem Gebiet Ost-Tibets, in welchem die Baumgrenze schattseitig zu 4700 m ansteigt, maximal nur bis 4000 m Höhe findet (Djerkundo; A. TAFEL; E. SCHÄFER, S. 60). Dies würde wiederum dafür sprechen, daß das trockene südlichste Zentral-Tibet sommerwärmer ist als Ost-Tibet — vielleicht in besonders günstiger Sonn- und Beckenlage.

Diese ungeklärten Fragen verdienen weitere Beachtung.

g a n z e Gebiet zu hohe Zahl. Wenn im Gebiet der höchsten Waldgrenze Tschiamdo in 3230 m 18,1°, Batang in 2685 m 21,5° als Temperatur des wärmsten Monats zeigen, so erhalten wir hier 4920 m als Höhe der 10°-Isotherme des wärmsten Monats. Auch diese Stationen haben aber Beckenlage. Für die Bereiche der Nordhänge, wo die Waldgrenze liegt, ist diese Zahl zu hoch.

²¹⁾ Hier zeigt sich, wenn auch in geringerem Maße, der von K. HERMES (1955, S. 246 f., Karte 4) gesehene große Höhenabstand zwischen der klimat. Schneegrenze und der Untergrenze der subnivalen Stufe, die aber hier nicht als Baumgrenze erscheint.

²²⁾ Vgl. SCHWEINFURTH 1957, S. 311. Vgl. auch CH. BELL 1924, S. 89 f.

²³⁾ Hierher gehören z. B. wohl die Standorte der Birke im Khundjerab-Tal (SCHWEINFURTH, S. 63) und an der Mündung des östlichen Schingschal-Tales in den Schaksgam (R. SCHOMBERG 1947, S. 94—98). Über *Juniperus* vergleiche man R. D. ZABIROV 1955, S. 22. Er sagt, daß der Wacholder im Pamirgebiet am besten in den Hochlagen der Täler, auf alten Moränen und entlang der Ränder großer Gletscher entwickelt sei, und daß er bis 3700 m aufsteige. Man vergleiche den *Juniperus*-Standort in der Ladakh-Kette bei 4250 m (Anm. 10; vgl. THOMSON 1852).

²⁴⁾ In der Talschaft Khumbu am Südfuß des Mt. Everest reicht Sommergerste, künstlich bewässert, in Dingpotsche zu 4380 m hinauf (FÜRER-HAIMENDORF 1959, S. 176; T. HAGEN 1959, S. 104; E. SCHNEIDER, Karte; ZIMMERMANN S. 132). Diese Stelle liegt nur etwa 1250 m unter der klimatischen Schneegrenze (WISSMANN 1959a, S. 83). — Am Safed Kuh in Afghanistan liegt die Gerstenbaugrenze nach VOLK nur 200 m unter der Baumgrenze (vgl. Anm. 3 a).

SCHWEINFURTH erwähnt (S. 66), daß CALCIATI im Bereich des Kiaweri-Gletschers in der Abdachung des Karakorum gegen das Saloro-Tal noch in 5000 m Höhe knorrige abgestorbene Bäume von *Juniperus excelsa* antraf, an einer Stelle, wo das heutige Expositionsmittel der Schneegrenzhöhe gewiß nicht über 5500 m, wahrscheinlich tiefer liegt. Sollte sich hier die Baumgrenze der postglazialen Wärmezeit fossil erhalten haben? VISSER (1933, S. 13) beobachtete bis zu 300 m oberhalb der heutigen Baumgrenze, die er im Gebiet, wo er dies beobachtete, zu 4000 m angibt, fossilen Baumwuchs.

*Die Waldgrenzstufe (oder subalpine Stufe) und ihre verschiedene Ausbildung in der peripher-zentralen Gürtelbildung*²⁵⁾

Die Baumgrenzstufe des Feuchtwaldes zeigt westlich von 85° ö. L. dreierlei Ausbildungen, in deren jeder *Betula utilis* an der Waldgrenze bestandbildend ist. Im inneren Gürtel gegen Tibet zu erscheinen, wenige 100 m tiefer als die Birke, *Pinus excelsa* (die Feuchtkiefer) und *Picea morinda*, in einem mittleren Gürtel außerdem *Abies Webbiana* bis nahe zur Baumgrenze hinauf. Im äußeren Gürtel, dessen hygrisch andere Verhältnisse Bd. XIV, S. 269 beschrieben wurden, tritt in der Waldgrenzstufe zu *Betula utilis* schattseitig vor allem *Abies Pindrow*, sonnseitig und als Sekundärwuchs steigt *Quercus semicarpifolia* als Stecheiche nicht selten bis zur Waldgrenze auf, während *Quercus dilatata* die höchste Stufe nicht erreicht²⁶⁾.

Östlich von 84 bis 85° ö. L. läßt sich im Himalaya, wie SCHWEINFURTH zeigt, von den Warmtropen bis zur Waldgrenze, auch wenn wir die Steppenheide nicht mit einbeziehen, ein innerer und ein äußerer Gürtel ausscheiden. Diese Gürtel unterscheiden sich vor allem hygrisch voneinander. Beide sind der Höhe nach thermisch gestuft, der äußere im Himalaya von den Warmtropen aufwärts, weiter östlich von den Subtropen aufwärts, der innere von der Subtropenstufe an.

Die Vegetation des äußeren Gürtels ist östlich des Himalaya vom Bereich des Tsangpo-Durchbruches bis Nord-Birma und in den Meridionalen Stromfurchen ostwärts bis zur Mekong-Yangtse-Kette besonders breit ausgebildet. Sie ist dann ostwärts von den Subtropen aufwärts in den hohen Gebirgsstöcken von Nord-Yünnan und Süd-Sikang zu finden, die durch tiefe Trok-

²⁵⁾ Im Himalaya nach SCHWEINFURTH, weiter östlich vor allem nach HANDEL-MAZZETTI und CHENG.

²⁶⁾ Im Wald *Rhododendron arboreum*, aber nicht bis zur Waldgrenze, an welcher unter Birken ein Krummholz von *Rhododendron campanulatum* häufig ist. Vgl. S. 31.

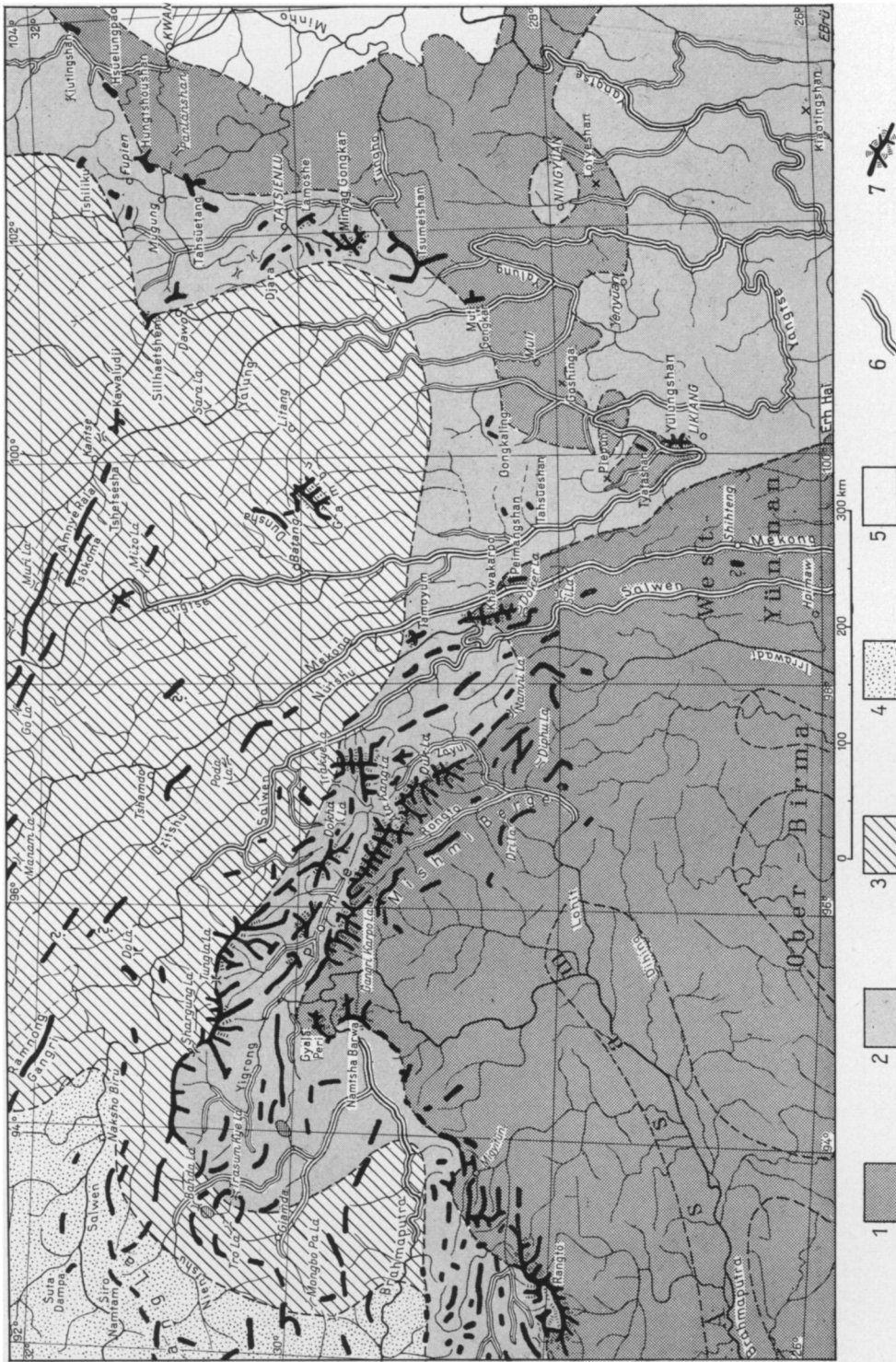


Abb. 3: Die hygrischen Gebirgszüge der Vegetation in Ost-Tibet und seinen Gebirgsrändern. Maßstab 1 : 6 000 000.

Entwurf H. v. WISSMANN; Zeichnung E. BRÜSSHAVER.

1 Der von den Warmtropen (im Osten Subtropen) über die Rhododendron-Baumgrenze bis zur Schneegrenze reichende Außengürtel einschließlich der Regenwald-Tiefländer. 2 Einerseits der von den Subtropen über die Lärchen-Baumgrenze bis zur Schneegrenze reichende Innengürtel, andererseits die diesem nahestehenden subtropischen Trockensavannenwälder des Hochlandes von Zentral-Yünnan. 3 Das Gebiet nur schattseitiger Fichtenwälder, der juniperus-Haine und des Isoadi-Graslandes. 4 Der außerhalb der Oasen baumlose Steppenbereich von Zentral-Tibet. 5 Die subtropische Vegetation des nebelreichen Roten Beckens von Szetschwan. 6 Trockentäler. 7 Vergletscherte Berge und Ketten.

kenschluchten voneinander getrennt sind. Weiterhin ist sie, geschlossener, längs des Gebirgsrandes des Roten Beckens von Szetschwan bis über die Pforte des Minkiang hinaus ausgebildet (vgl. Karte Abb. 3). Im Bereich der Meridionalen

Stromfurchen verzweigt sich dieser Gürtel. Der südliche Zweig umgreift das Hochland von Zentral Yünnan bei Tali und jenseits des Trockentalen des Roten Flusses (vgl. Bd. XIV, S. 254–261), greift über dieses Trockental hinüber und umfaßt

weiterhin das Hochland von Yünnan im Osten, so daß dieses Hochland rings von einem feuchteren Gürtel umgeben ist, der hier allerdings größtenteils von den Tropen nicht weit über die Subtropen hinaufgreift. Der Zweig südlich von Zentral-Yünnan ist auf Karte Abb. 3 nicht mehr dargestellt.

Die Vegetation des inneren Gürtels setzt überall, auch im östlichen Himalaya, erst oberhalb der Warmtrogengrenze ein. Sie setzt wohl am Arun und stellenweise südlich des Tsangpo-Tales aus und ist im Bergland östlich Lhasa in ihrer Verbreitung noch wenig bekannt (Gyamda Tschu, Po Yigrong, Pome). Sie setzt sich in breiter Ausdehnung nördlich der hohen Randgebirge am Süd- und Ostrande von Ost-Tibet fort. WILSON und CHENG beschreiben sie in einem südnördlichen Streifen um den Minyag Gongkar und in den Gebirgen westlich, dann beiderseits des Minkiang-Tales. Im Bereich von Sungpan (dicht außerhalb der Karte Abb. 3) und des vielleicht 5300 m hohen, den Tibetern heiligen Hsüehpoating²⁷⁾ östlich von Sungpan ist sie noch wohl ausgeprägt. Dieser Gürtel ist in den Subtropen an den Rändern der Trockentäler des Yangtse und Yalung und ihrer Seitentäler vielfältig mit dem in seiner Vegetation eng verwandten Hochland von Zentral-Yünnan und Süd-Sikang verbunden, in welchem allerdings fast nur die subtropische Ausbildung zu finden ist (vgl. Erdkunde Bd. XIV, S. 264), wenig die höheren Stufen bis hinauf zur Waldgrenze. HANDEL-MAZZETTI faßt den inneren Gürtel vom Gebirgsland östlich Lhasa bis nördlich Sungpan mit dem Hochland von Zentral-Yünnan und Süd-Sikang zu einem „yünnanesischen Florengebiet“ zusammen (1927 b mit Karte, 1930, 1931). Inner-Sikkim, sagt er, hat enge Beziehungen zu diesem (1931, S. 322, Anm. 2).

An den inneren Gürtel schließt sich in Ost-Tibet östlich von Lhasa jener breite Raum an, in welchem Feuchtwald nur schattseitig zwischen oberer und unterer Baumgrenze auftritt, und zwar hier durchweg als Fichtenwald, mit *Picea retroflexa* in Sikang, *Picea Balfouriana* dort und in Kansu-Tschinghai, *Picea purpurea* und *asperata* vom obersten Minkiang durch Kansu und Tschinghai. Die letzten Ausläufer dieses Waldes liegen, wie gesagt, im Richthofen-Gebirge des Nanschan bei Sutschou. Im übrigen ist dieser breite Raum das Gebiet des Tsao-di-Graslandes. Nur *Juniperus*-Haine treten zum Teil auf die Sonnseite über (vgl. Abb. 7).

Auch im Innen- und Außengürtel beschränke ich mich hier vor allem auf die Betrachtung der Waldgrenzvegetation. Im inneren Gürtel bilden neben den Birken, die hier etwas weniger

häufig reine Bestände bilden als im West-Himalaya, vom Annapurna-Gebiet ostwärts zumeist Lärchenhaine die Baumgrenze, mit *Larix Griffithii* im Westen bis Pome, *Larix Potaninii* im Osten bis zum Tsinlingschan²⁸⁾. Wenige 100 m tiefer erscheinen dann *Abies*- und noch etwas tiefer unten *Picea*-Arten²⁹⁾. In Inner-Sikkim scheint hochstämmiger Wald durch die Hirtenbevölkerung weit herabgedrückt zu sein, so daß die Lärchen (und andere Koniferen) in der Waldgrenzstufe nicht in Erscheinung treten. Im ganzen Bereich steigen mancherorts Stecheichen, besonders *Quercus semicarpifolia* herauf, ja *Quercus pannosa* geht als Krummholz über die Baumgrenze hinaus.

Die Waldgrenzstufe des äußeren Gürtels wird weithin von Baum-Rhododendren in vielen Arten gebildet, mit meist krummen, 4 bis 6 m hohen kahlen, flechtenbewachsenen Stämmen und Zweigen, deren äußerste Wipfel oft dicht zu einer Schicht der Lorbeerblätter und Blütenstände zusammenschließen, ähnlich manchen Gehölzen des innertropischen Nebelwaldes (vgl. Abb. 4). Wie bei der Wuchsform der immergrünen Kugelschirmbäume des Nebelwaldes der inneren Tropen erscheint die Oberfläche der (hier zusammenschließenden) Kronen, wie C. TROLL (1958, S. 51) sich ausdrückt, „wie mit der Schere zugestutzt“, und das Laubdach beschränkt sich „auf eine äußere Schicht sehr dicht stehender, das Licht stark abschirmender Blätter“, „so daß die Äste darunter unbelaubt und nur von Epiphyten besetzt sind“³⁰⁾. Wir können diese Formation als Krummholzwald bezeichnen. Auch oberhalb der Baumgrenze im Krummholz-Gebüsch gibt es noch 3 m hohe *Rhododendron*-Arten. Andere bilden weiter hinauf Zwergstrauchpolster. Neben den *Rhododendron*-Dickichten, bei welchen man im

²⁸⁾ Von dort und vom Wutaischan ab *Larix dahurica*.

²⁹⁾ Annapurna-Nordseite: unterhalb von *Betula utilis* und stellenweise der Lärche erscheinen *Abies Webbiana* und *Pinus excelsa*; Everest-Gebiet (Thyangbotsche) *Abies Webbiana*, *Pinus excelsa*; Ober-Sikkim und Trockentäler in Bhutan: *Picea morinda*; Paimangshan: *Abies Delavayi*, *Picea complanata*; Süd-Sikang: *Abies Georgei*, *Picea Balfouriana*; Minyag Gongkar-Gebiet: *Abies squamata*, *Picea retroflexa* und *Balfouriana*; Hsüehpaoting: *Abies Faxoniana* und *Picea purpurea*; Taipeischan im Tsinlingschan: *Abies sutchuensis* und *chensiensis*, *Picea purpurea*. Östlich der Meridionalen Stromfurchen ist es in diesem Raum bis zum Tsinlingschan ziemlich regelmäßig so, daß die Lärche bis zur Baumgrenze aufsteigt, *Abies* bis 200 m, *Picea* bis 400 m unter der Baumgrenze.

³⁰⁾ Ganz ähnliche Wuchsformen zeigen reine hohe Stecheichenwälder (vgl. Erdkunde XIV, 1960, S. 263), wie sie E. SCHÄFER aus dem Bereich der Trockenwälder um den unteren Yalung bei 3000 m, oberhalb der Subtropengrenze, abbildet (1938, S. 46 f.). Die Baumgrenze liegt um 4400 m Höhe. Vgl. HANDEL-MAZZETTI 1927, S. 24: Stecheichen-Krummwald, 5 m hoch, bei 3400 m Höhe.

²⁷⁾ Vgl. Abb. 2 und H. v. WISSMANN 1959, S. 202.

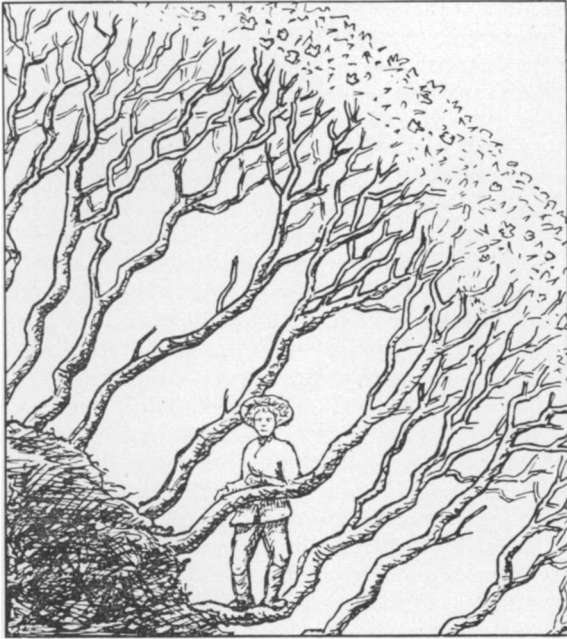


Abb. 4: *Rhododendron cucullatum* Hand.-Mazz. als Krummholzwald der Baumgrenze

auf den Bergen nordöstlich Yenyüan und bei Ningyüan, Süd-Sikang, auf Sandstein und Schiefer, bei 3900 bis 4300 m, vor allem am Schatthang. Schematischer Schnitt nach Photographie von H. v. HANDEL-MAZZETTI (1937, Taf. 9). Das gleichmäßige, dicht geschlossene dunkelgrüne Laubdach ist übersät mit den dicken Scheindolden großer weißer oder hell rosenfarbener Blüten. Vgl. H. v. HANDEL-MAZZETTI Symb. 1936, S. 784.

Einzelfall in Zweifel sein kann, ob man sie zum Krummholz-Wald oder zum Krummholz-Gebüsch rechnen soll, treten hier *Abies*-Bestände an die Baumgrenze oder nähern sich ihr. Es sind vor allem sieben *Abies*-Arten, die von Zentral-Nepal bis West-Szetschwan einander ablösen³¹⁾, *Abies spectabilis*, *Webbiana*, *densa*, *Delavayi*, *Forestii*, *Faberi*, *Faxoniana*. In den feuchtesten Teilen, von Sikkim bis Nord-Birma, reichen Tannenwälder meist nur bis zur Untergrenze der subalpinen Stufe hinauf. Darüber herrscht dort allein *Rhododendron*-Krummwald. Fichten finden sich in diesem Gürtel anscheinend nur im Annapurna-Himal (*Picea Smithiana*) und wieder von den Meridionalen Stromfurchen ostwärts, überall erst in sub-

³¹⁾ *Abies spectabilis* in Zentral-Nepal, *Abies Webbiana* in Ost-Nepal, *Abies densa* in Sikkim bis zum Tsangpo-Durchbruch, *Abies Delavayi* vom Tsangpo-Durchbruch über Nord-Birma bis Süd-Sikang (Loseschan bei Ningyüan), *Abies Forestii* von den Stromschluchten über den Yülingschan ostwärts, wenig in West-Szetschwan, *Abies Faberi* am Gebirgsrand von Szetschwan. Nördlich des Minkiang, in den nordwestlichen Randgebirgen von Szetschwan, steigt *Abies Faxoniana* bis zur Baumgrenze, im nördlichen Randgebirge von Szetschwan anschließend *Abies sutchuensis*.

tropischen Höhenlagen oder wenig darüber hinausreichend³²⁾, während *Tsuga* in subtropischen Höhenlagen durch den ganzen Bereich vom Ost-Himalaya ostwärts Bestände bildet³³⁾. Auch die „Feuchtkiefer“, *Pinus excelsa*, dringt in diesem Gürtel an Sonnhängen (vom West-Himalaya) ostwärts bis Nord-Birma vor. Sie scheint, etwa im Grenzbereich zwischen Innen- und Außengürtel, hier und da zur Waldgrenze aufzusteigen.

Die Bildung der hier behandelten und in einer Karte (Abb. 3) dargestellten Gürtelstreifen, welche in sich jeweils die gesamten Höhenstufen der Vegetation zusammenfassen, sind vor allem hygrisch, aber auch durch ihre thermische Kontinentalität und durch die Eigenschaften Tibets als gehobene Heizfläche bedingt. Die Gürtelstreifen laufen wahrscheinlich annäherungsweise parallel zu den Linien gleicher Trockenkälte (bzw. Feuchtwärme), so wie die Null-Linie gleicher Trockenkälte nach dem Index $2(10-T) - \frac{N}{100}$ ³⁴⁾ in den Alpen die Außenzone mit der Buche und Edeltanne von der Innenzone mit der Zirbelkiefer und der Lärche trennt (vgl. H. GAMS 1931, 1932, 1934, H. v. WISSMANN 1939, S. 8)³⁵⁾.

In ihrer Anordnung lassen sich diese Gürtelstreifen gut in den „peripher-zentralen Formenwandel“ im Sinne von H. LAUTENSACH (1952) einordnen, hier in seiner Interferenz mit dem „hypsometrischen Formenwandel“.

Die subnivale Stufe (Profil Abb. 5)

Wie wir erkannten (S. 28), nimmt die Stufe zwischen der Obergrenze der subalpinen Stufe und der Schneegrenze, die „alpine“, besser die subnivale Stufe (C. TROLL 1959, S. 40 u. Abb. 7),

³²⁾ *Picea complanata* in den Stromfurchen (Luv), *Picea ascendens* von dort bis zum Westrand des Roten Beckens, *Picea likiangensis* von Nord-Yünnan bis Süd-Sikang, *Picea brachytyla* am Nordrand von Szetschwan und in Hupeh.

³³⁾ *Tsuga dumosa* im Ost-Himalaya bis Nord-Birma, *Tsuga intermedia* in den Stromfurchen, *Tsuga yunnanensis* dort bis zu den Gebirgen am Minkiang, *Tsuga chinensis* von Muli und Ost-Sikang über die Gebirge rings um das Becken von Szetschwan zum Tsinlingschan.

³⁴⁾ Wobei T die Jahrestemperatur in °C, N der Jahresniederschlag ist.

³⁵⁾ Die Linien gleicher „hygrischer Kontinentalität“ im Sinne von H. GAMS (1931, 1932, 1934) sind, wie ich kurz dargelegt habe (1939, S. 8), dann zweckmäßig durch Linien gleicher Trockenkälte („Kältedürre“) nach dem Index

$2(10-T) - \frac{N}{100}$ zu ersetzen, wenn sie über weite Räume und nicht nur in einem einzigen Gebirge benutzt werden sollen. Die Null-Linie gleicher Trockenkälte trennt in den Alpen die Außenzone mit Buche und Edeltanne von der Innenzone mit Lärche und Zirbelkiefer. Auch die Nordostgrenze der Buche in Europa verläuft längs dieser Linie. Die Südwestgrenzen von *Larix sibirica* und *Abies sibirica* verlaufen zwischen der Trockenkälte 10 und 12.

in allen Teilen Hochasiens, in welchen Wald, wenn auch zum Teil nur schattseitig, auftritt, einen Gürtel von 850 bis 1200 m, von rund 1000 m Mächtigkeit ein. In den Trockengebieten, in welchen niederschlagsbedingter Wald auch schattseitig fehlt, ist sie jedoch bis zu 1700 m mächtig. Der Anstieg der Schneegrenzfläche weicht in diesem Trockenraum immer stärker von dem Anstieg der Isothermenflächen des wärmsten Monats nach oben hin ab, je arider das Gebiet wird. Denn die hygri-sche Komponente wird für die Schneegrenzhöhe mit zunehmender Aridität gegenüber der thermischen immer maßgeblicher. Die mittlere Sommertemperatur an der klimatischen Schneegrenze ist demgemäß nach H. FLOHN in den Kerngebieten des Trockenraumes um 6 bis 7° niedriger als im Bereich der Trockengrenze des Waldes³⁶⁾. Die Obergrenze der subalpinen Stufe, die Untergrenze der subnivalen Stufe ist als Vegetationsgrenze jedoch thermisch bestimmt. Sie läuft anscheinend im Trockengebiet etwa den Isothermenflächen des wärmsten Monats parallel, wahrscheinlich verläuft sie etwa in der Isothermenfläche von 8° C. Das Kulminationsgebiet der Höhe dieser Grenze liegt mit über 4800 m Höhe in dem Bereich, der vom wüstenhaften Hochland von Lingzhi Thang östlich des Karakorum zur Nordabdachung des Transhimalaya und dem Mitteltibetischen Seengebiet zieht; es greift aber von dort aus in 4700 m Höhe in das östlich anschließende zentrale Ost-Tibet am obersten Mekong und am Yangtse über und fungiert in diesem feuchteren Raum als Baumgrenze der Schattseiten. Nördlich des Mitteltibetischen Seengebiets senken die Temperaturen sich nordwärts (vgl. H. FLOHN 1959, Karten 2 und 3). Mit der Sommertemperatur senken sich, während die Trockenheit auf gleicher Isothermenfläche etwa gleich bleibt, bis in den Arka Tagh Schneegrenze und Untergrenze der subnivalen Stufe (Profil Abb. 5) je um ähnliche Beträge. Auf einer Linie vom inneren Pamirgebiet über den Kwenlun-Bogen zum Marco Polo-Gebirge des Arka Tagh und weiter zum Bereich im Hwangho-Bogen, wo wieder Wald aufkommt, liegt diese Untergrenze der Hochgebirgsregion um 3700 bis 3800 m Höhe, hat sich somit vom Kulminationsgebiet her um 1000 m gesenkt.

Die so umgrenzte subnivale Stufe des waldlosen Raumes ist, da sie in ihren tieferen Teilen arid,

an ihrer Obergrenze aber humid ist, durch die Trockengrenze gegliedert, als die wir diejenige von A. PENCK betrachten können^{36a)}, wo der Niederschlag durch die Verdunstung gerade aufgezehrt wird, oder die Grenze des „Steppenklimas“ von W. KÖPPEN³⁷⁾, oder eine „Isohygromene“ im Sinne von W. LAUER (1952). Ich wähle in der Darstellung des Profils Abb. 5 die „Isohygromene“ nach der Formel von T. C. WANG (1941), die die Obergrenze des Klimabereichs darstellt, in welchem 5 und weniger Monate humid, 7 und mehr Monate arid sind. Diese Grenze (die „Isohygromene“ 6) trennt in Ostasien unterhalb der Waldgrenze Baumsteppe von Waldland (T. C. WANG 1941). In Nordamerika fällt sie nach R. JÄTZOLD (1959) überraschend gut mit der Grenze zwischen der Kurzgrassteppe der Great Plains und den Hochgrasfluren der Prairien überein. Das Klima an und oberhalb der Schneegrenze ist überall humid; das ergibt sich aus der Definition der Schneegrenze³⁸⁾. Die Untergrenze der subnivalen Stufe und die gewählte Trockengrenze schneiden einander (schattseitig) dort, wo die untere Waldgrenze die obere Baumgrenze erreicht und der Wald ausschmitzt.

Im Raume von Lingzhi Thang und Aqsai Tschin östlich des Karakorum (vgl. NORIN 1947) liegt die dargestellte Trockengrenze innerhalb Tibets vielleicht am nächsten zur Schneegrenze, und zwar schon in vegetationslosem Bereich. Dieses Gebiet mit seinen Salzseen, die bis zur Höhe von 5300 m hinauf verbreitet sind³⁹⁾, scheint (nach H. FLOHN 1958, S. 298) in sämtlichen Monaten des Jahres arid zu sein⁴⁰⁾; in allen übrigen Teilen des inwertibetischen Trockenraumes unterhalb der Trockengrenze darf man nach FLOHN (ebd.) 3 bis 5 humide Monate annehmen, mit sommerlichen Schauern und Graupelböen⁴¹⁾. Für den Rand-

^{36a)} Vgl. auch A. PENCK 1931.

³⁷⁾ Oder die „Baumsteppengrenze“ im Sinne von H. v. WISSMANN 1939.

³⁸⁾ Man vergleiche das Diagramm der Klimabereiche der Erde nach ihrer physiographischen Auswirkung in: C. TROLL 1948, S. 5. Die PENCKsche Trockengrenze kann die Schneegrenze nur dort erreichen, wo einen Gletscher kein getautes Eis verläßt, sondern alle Ablation durch Verdunstung bewirkt wird.

³⁹⁾ Diese liegen etwa 900 m unterhalb der klimatischen Schneegrenze, während Endseen in einem der Längstäler des Arka Tagh in 4900 bis 4950 m Höhe nur 550 bis 600 m unterhalb der klimatischen Schneegrenze liegen.

⁴⁰⁾ Ähnlich dem Klima von Inner-Pamir. Pamirski Post (Murghab) zeigt bei 59 mm (KÖPPEN 1939) bis 60 mm (ZABIROV 1955) Jahresniederschlag 12 aride Monate. Es liegt mit 3653 m vielleicht etwa 350 m unter der Subnivalengrenze; aber auch an dieser scheinen dort noch alle Monate arid zu sein. Freilich ist die Formel von T. C. WANG für die sehr kalten Wintermonate wohl nicht brauchbar.

⁴¹⁾ SVEN HEDINs Beobachtungen in Zentral-Tibet ergeben im Mittel nach FLOHN (1958) 86 Niederschlagstage im Jahr.

³⁶⁾ In den gesamten Kerngebieten der Trockenräume Hochasiens liegt nach H. FLOHN 1959, S. 323, die mittlere Sommertemperatur an der klimatischen Schneegrenze um -1° C (Zentral-Pamir, Aport Tso, Dangra Djum Tso), während sie im Grenzsaum des Bereichs, in welchem schattseitig Wald aufkommt, im Bereich der Trockengrenze des Waldes, etwa bei +5° bis +6° C liegt (Indus-Durchbruch in Kaschmir, Tang La, Amnye Matschen, Minyag Gongkar). Der mittlere Fehler betrage nicht mehr als 1 bis 2° C.

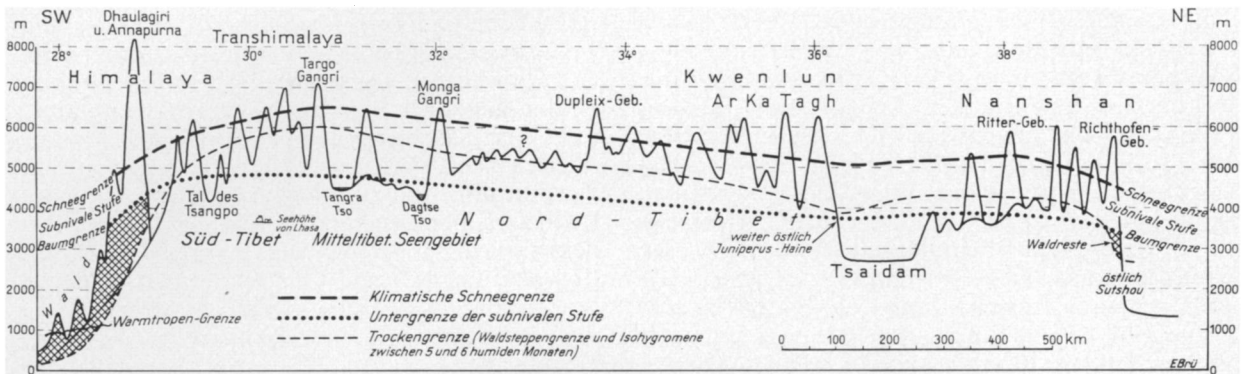


Abb. 5: Entwurf eines Klimaprofils durch Tibet von SW nach NO.

Die Baum- und Subnival-Grenze ist weniger stark aufgewölbt als die Schneegrenze. Im Trockenraum wurde sie bei 8°-Mitteltemperatur des wärmsten Monats angenommen. Die eingetragene Trockengrenze ist stärker aufgewölbt als die Schnee- und die Subnival-Grenze. Sie bildet in den Randgebieten die Unter- und Trockengrenze des Waldes.

Längenmaßstab 1 : 14 000 000, 7/2-fach überhöht.

saum des schattseitigen Feuchtwaldes gegen den waldlosen Trockenraum ergeben sich wohl 6 humide Monate⁴²⁾. Die *Juniperus*-Gehölze reichen gewiß noch in den Bereich von 5 humiden Monaten hinüber.

Man sollte unterhalb der hier gewählten Trockengrenze nicht wohl von einem Hochgebirgs-Steppen-Klima sprechen; denn nach der Dichte des Pflanzenwuchses müßte man die Vegetation dieses Gebiets zumeist im Sinne von R. GRAD-MANN (1934) als Wüstensteppe bezeichnen, und zwar als Wüstensteppe durch kombinierte Trockenheit und Kälte.

Eine Beschreibung der Vegetation der subnivalen Stufe des Trockenbereichs Hochasiens steht noch aus. Mit Hilfe der floristischen Materialien von THOMSON (1852), v. PRZEWALSKI (1884), PAMPANINI (1930) und OSTENFELD-PAULSEN (1922) könnte man sich wohl eine bessere Vorstellung von ihr bilden. In subtropischen Breiten gelegen, entspricht dieser Vegetation die tropische Dorn- und Wüsten-Puna der Anden, die die Bereiche mit bis zu 4 humiden Monaten im Jahr umfaßt (C. TROLL 1951, 1956, 1959, S. 57)⁴³⁾. Den *Juniperus*-Gehölzen entsprechen an der Baumgrenze in ihrer Anpassung an Trockenheit wohl die *Polylepis*-Gehölze (oder übertreffen jene). In ihren Temperaturansprüchen lassen sich die tropischen *Polylepis*-Gehölze nicht wohl mit den Koniferen-Gehölzen der Baumgrenze Ost-Tibets

vergleichen⁴⁴⁾. *Polylepis* reicht nach TROLL (1959, S. 54) 300 bis 700 m, ja 900 m in die echte Puna-Stufe hinauf, deren Untergrenze von ihm zu 4000 m angegeben wird; die höchsten bekannten Standorte von *Polylepis* liegen bei 4900 m (ASPLUND 1926). Bis zu 4000 m Höhe gelangt hier im Gebiet mit 5 und mehr humiden Monaten der Regenfeldbau (TROLL 1931). Wir können in diesem tropischen Hochland unmöglich die Isotherme des wärmsten Monats von 8° als Untergrenze der subnivalen Stufe betrachten. Diese Isotherme liegt bei Vincocaya, das mit 4380 m Höhe in der Dorn-Puna liegt, in einer Höhe von rd. 3800 m⁴⁵⁾. Bei einem absoluten Temperaturmaximum in Vincocaya von 19°, 12,3° über der Mitteltemperatur des wärmsten Monats, müßte man für die Untergrenze der subnivalen Stufe die Isothermen der Mittagstemperaturen heranziehen. Ob man im Trockenraum von Tibet die Untergrenze einer subnivalen Vegetationsstufe bei der Isotherme des wärmsten Monats von 8° oder in geringerer Seehöhe ansetzen soll⁴⁶⁾, kann

⁴²⁾ Bei geringerer Jahresschwankung ist *Polylepis* an weit niedrigere monatliche Temperaturmittel angepaßt als das Temperaturmittel des wärmsten Monats an der Baumgrenze in Ost-Tibet, welches wohl um 8,5° C beträgt. Vincocaya in der Puna: 4380 m Höhe, Jahresmittel 1,9° C; Ampl. 7,1°; w. M. (Nov.) 4,8°; abs. Schw. 41°; 3 humide Monate (C. TROLL 1959, S. 50, 55). Vgl. Anm. 18.

⁴³⁾ Bei Minas Aguilar Tres Cruces liegt diese Grenze allerdings den Daten nach in etwa 4700 m Höhe (C. TROLL 1959). Die Station liegt in etwa 4600 m Höhe und zeigt ein Jahresmittel von 3,1°, eine Amplitude von 11,0°, eine absolute Schwankung von 30,5°.

⁴⁴⁾ G. PRINZ (1927, S. 313 f.) hat im Tienschan- und im Kaschghar-Gebirge die Obergrenze der Grassteppen untersucht. Er fand *Lasiagrostis*-Arten (insbesondere *Lasiagrostis splendens*), die unter den Steppengräsern zu den am weitesten aufsteigenden gehören, im Kaschghar-Gebirge maximal bei 3680 m Höhe, die höchste Baumgrenze fand er in diesem Gebirge bei 3650 m Höhe (vgl. hier S. 23).

⁴²⁾ FLOHN sagt ebd.; „Tschiamdo und Batang als Vertreter der osttibetischen Täler haben 5 humide Monate“. Diese Talbecken sind steppenhaft und wesentlich trockener als die Waldgehänge darüber. Man vergleiche die Karte der Andauer der ariden und humiden Zeiten des Jahres in China bei T. C. WANG 1941.

⁴³⁾ Die Methoden von LAUER für die Tropen und von T. C. WANG für außertropische Gebiete können miteinander verbunden werden.

ohne eingehendere Untersuchungen nicht gesagt werden. Jedenfalls kann die Untergrenze einer höchsten Vegetationsstufe im trockenen Süd-Tibet nicht tiefer als die höchste Anbau-Grenze, z. B. als die Oase Tuna bei 4540 m Höhe liegen (vgl. oben S. 28). Sicher darf die südtibetische Steppe unterhalb 4500 m nicht zur Tierra Helada, sondern muß zur Tierra Fria gerechnet werden. Lhasa zeigt in 3710 m Höhe⁴⁷⁾ ein Junimittel von 16,8°, ein Januarmittel von -0,9° (Rostock entsprechend), ein mittleres Tagesmaximum des wärmsten Monats von 23,9° (ähnlich wie Genua); es besitzt in seiner Oase Pfirsichgärten⁴⁸⁾.

Der waldlose Raum Tibets läßt sich durch die in Profil Abb. 5 dargestellten Linien gliedern: Der größte Teil des großen Längstales vom Indus zum Tsangpo und die Seitentäler des Tsangpo-Tales liegen im Steppenbereich unterhalb der Grenze der Subnivalstufe, in der „Tierra Fria“. Es ist das Gebiet mit oasenhaften Dauersiedlungen. Auch die Seebecken des mitteltibetischen Seengebiets liegen wohl noch unterhalb dieser Grenze. Über der Subnivalgrenze liegen Nord-Tibet vom Monga Gangri zum Arka Tagh, von diesem westwärts zwischen den Kämmen des Kwenlun am obersten Yurungkasch und Keriya und ostwärts längs der Fußzone des Marco-Polo-Gebirges und Burkhan Buda bis zum Amnye Matschhen, die höheren Flächen und Täler des Nanschan, aber auch die Täler des Transhimalaya und die wüstenhaften trockenen Hochbecken von West-Tibet zwischen Karakorum und Kwenlun. Diese Hochbecken und die Täler des Transhimalaya liegen wohl unter, Nord-Tibet und die Flächen des Nanschan aber über der Trockengrenze^{48a)}.

Die klimatische Frostbodengrenze

Freie Solifluktion großen Ausmaßes ist bis jetzt nur von den genannten Gebieten oberhalb der Trockengrenze bekannt geworden, und zwar bis zu 600 m unterhalb der klimatischen Schneegrenze. Bis zu 500 oder 600 m unterhalb der Schneegrenze ist in diesem Raum der Boden vegetationsarm oder fast vegetationslos. Es ist Frostschuttstufe im Sinne von J. BÜDEL (1948). Daß hier weithin starke freie Solifluktion herrscht, geht mit Sicherheit aus den eingehenden Beschreibungen von SVEN HEDIN hervor, vor allem aus seinem Kapitel über die „Tibetan Quagmires“ in den Scientific Results über die Gebiete zwischen

Arka Tagh und Duplex-Gebirge⁴⁹⁾. Das weithin wellige Gelände ist hier bis zu fast unmerklichem Gefälle während der warmen Jahreszeit sumpfig und in langsamer Abwärtsbewegung. Steinplatten der Oberfläche versinken beim Betreten. Manche Abdachungen sind mit Rillen überzogen, die in der Abflußrichtung verlaufen, und in denen der Boden weicher ist als beiderseits. Wo solcher Boden auf einem Rumpf von senkrecht gestellten Tonschiefern aufliegt, sieht man am Rande von Einschnitten das Hakenschlagen der Schiefer, die vom Solifluktionsboden gegen den Einschnitt hin gepreßt werden (Fig. 69). Im Sommer, besonders im August und September, wenn sie tiefgründig auftauen, sind diese Flächen sehr schwer, oft unter Verlusten an Tragtieren, zu überschreiten. Nur an Bachläufen ist es dann oft trockener, so daß man diesen längs ihrer Blockpackungen folgen kann. Steileres Gehänge gibt es weithin fast nur im Bereich der heutigen Vergletscherung; die letzteiszeitliche war nicht sehr viel ausgedehnter, da die Schneegrenzdepression hier wohl überall weniger als 300 m betrug. Die Flachwelligkeit des Geländes ist wahrscheinlich großenteils solifluidaler Denudation und Einrumpfung zuzuschreiben. Auch von A. TAFEL besitzen wir gute Beschreibungen von freier Solifluktion aus dem Gebiet am Fuß und an den Pässen des Marco Polo-Gebirges und des Burkhan Buda und zwischen diesem und den Amnye Matschhen⁵⁰⁾. Über

⁴⁹⁾ SVEN HEDIN 1905, III, S. 68—134 sowie 432—495 und Tafeln in III: 1, 6, 9, 10, 25, 80, 83; IV: 72, 73. „The superficial layer of shists has no hard rock underneath to support it... There is not a single blade of grass within sight, not a single root imparts firmness to the ground: all is in a state of flux, loose and disconnected... ground of this type is characteristic of the Tibetan highlands (south of the Arka Tagh), especially where they are flattest. This boggy unstable condition of the surface constitutes one of the principal difficulties that a caravan has to contend against in those regions. Some parts of the plateau cannot possibly be explored except in winter.“ Viele Marschtage im flachhügeligen Gelände vergehen, ohne daß anstehendes Gestein gesichtet wird. Im Mosaik der Hochlandwannen bestehen die tiefsten Teile um die Endseen aus reinem Schlamm. An einem Morgen bei -3,2° C bildet sich eine Kruste, die die Karawane trägt, bis es wärmer wird.

⁵⁰⁾ A. TAFEL schreibt 1914, II, S. 8, Anm.: „Haltloser Morast, ein wassergesättigter Grus aus Quarzbröckchen, Sandsteinkrümeln und Sand, unregelmäßig mit einzelnen größeren Steinfragmenten des Untergrundes durchsetzt, bildet einen großen Teil der Oberfläche von dem Hochtibet, das ich zu Gesicht bekam. In den Höhen von 4000 bis 5000 m ist die Oberfläche in den Sommermonaten aufgetaut, und nicht bloß die großen Talflächen mit ihren Schuttauuffüllungen, noch mehr die südliche Abdachung der Pässe (Burkhan Buda, Marco-Polo-Gebirge) und der Fuß alter Berghalden sind dermaßen mit Wasser durchtränkt, daß die Karawanentiere bei jedem Schritt einbrechen. Am Türketspaß war ‚fließender Boden‘: Die Oberfläche der losen Schuttgehänge war von Sprüngen und Wülsten durchzogen und in sachtem Gleiten begriffen, da sie durch und durch

⁴⁷⁾ Acht Jahre Messung, durch Zusammenstellung der beiden bei H. FLOHN 1958 angeführten Stationen.

⁴⁸⁾ U. SCHWEINFURTH behandelt in seinem Himalaya-Werk die Steppen des Tibetischen Hochlandes nur randlich. Nur ein kleiner Teil seiner „alpinen“ Steppe ist für den subnivalen Trockenbereich zuständig.

^{48a)} Vgl. A. PENCK 1931.

den Kwenlun im Yurungkasch-Quellgebiet und den Nanschan vergleiche man A. STEIN 1912.

Erst abwärts von 500 m unterhalb der klimatischen Schneegrenze beginnen dort, wo die Trockengrenze noch tiefer liegt, Formen vegetationsgebundener Solifluktion vorzuherrschen, vor allem die mit Seelein und Tümpeln dicht übersäten, im Sommer versumpften flachen Abdachungen, die von den Tibetern „naka“, von den Mongolen „moto schirik“ genannt werden. Das Gelände zwischen den Tümpeln wird durch das Wurzelgeflecht von Gräsern und Seggen, besonders *Carex*-Arten, zusammengehalten. Oft sind die Tümpel nur durch schmale niedrige Dämme aus dem Wasen dieser Gräser voneinander getrennt, und die niederen Dämme bilden Stufen zwischen den Wasserflächen der Teiche, so wie es eine hier in Abb. 6 wiedergegebene Skizze von A. TAFEL zeigt.

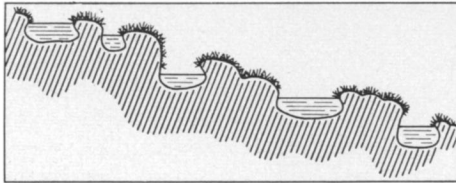


Abb. 6: Schematisches Profil durch eine Geländeabdachung mit „Naka“-Tümpellöchern im Sommer.

Die Horizontalschraffur bedeutet das Tümpelwasser. Zeichnung von A. TAFEL 1914, I, S. 313. Man vergleiche auch SVEN HEDIN 1905, III, Fig. 103, wo die Bültensstreifen im Verhältnis zu den Tümpeln schmaler, das Gefälle etwa das gleiche ist (dort etwa 4900 m über dem Meeresspiegel, 700 m unter der klimatischen Schneegrenze).

Eine sehr ähnliche Skizze gibt auch SVEN HEDIN (1905, III, Fig. 103). Die Tümpel- und Sumpflöcher, die im Sommer mit Wasser gefüllt sind, enthalten im gefrorenen Zustand im Winter häufig Kammeis („pipkrake“). — Diese Form der Solifluktion ist im Nordosten von Tibet über weite Gebiete verbreitet, besonders in den Einzugsgebieten des obersten Yangtse, des obersten Hwangho und des obersten Yalung sowie rings um das Knie des Hwangho bei Sogtschanggomba und östlich des großen Hwangho-Bogens, aber auch im Gebiet des Nanschan. Am Marco-Polo-Gebirge, am Burkhan Buda und im Nanschan grenzt sie nach oben an Gebiete freier Solifluktion. In westlicheren Gebieten von Tibet mag die Trockengrenze die Untergrenze der Frostschuttstufe ohne wesentliche Vegetation erreichen und sich auch wegen der großen Trockenheit keine Grasnarbe bilden können, so daß Naka-Moore hier anscheinend fehlen. — Vom obersten Ein-

zugsbereich des Yangtse bringt zuerst N. v. PRZEWAWSKI (1888) Beschreibungen⁵¹). Die dortige Verbreitung der Naka-Moore zwischen Marco-Polo-Gebirge und Tang La, 500 bis 1100 m unter der klimatischen Schneegrenze, kommt gut auf der Karte 1 : 500 000 von O. WAND bei W. FILCHNER (1933) zur Darstellung⁵²). Es wird dort versucht, das Übersätsein des weiträumigen flachwelligen Geländes mit Teichen und Wasserlöchern verschiedenster Größe darzustellen. Wie Bilder von FILCHNER (1903) und E. SCHÄFER (1938, Abb. 46, oberster Yalung bei 4600 m, Abb. 57, 106) zeigen, gehen die Naka-Moore oft in Rasenbülten-(Thufur-)Flächen über. Eine Skizze von A. TAFEL (Bd. II, S. 9) zeigt in Falten gelegten Rasen. A. TAFEL verdanken wir wohl die besten Beschreibungen von Naka-Mooren⁵³). Ob die Moore der

⁵¹) N. v. PRZEWAWSKI 1888, aus dem Russischen: „Eine charakteristische Eigentümlichkeit der nordtibetischen Hochländer bildet das tibetische Riedgras“ ... „das vorzugsweise an den nördlichen Hängen der Berge wächst und auch in den Hochtälern ausgedehnte hügelige Sümpfe bildet“ ... „Sie verdanken ihre Entstehung den Stürmen und Regengüssen. Letztere bringen im Sommer nach Nord-Tibet Wasser in reichlicher Menge. Dieses bleibt auf dem lehmhaltigen Boden, der mit Riedgras bewachsen ist, stehen und begünstigt seine weitere Entwicklung. Im trockenen Herbst verdunstet dieses Wasser, während die Winter- und Frühjahrsstürme die Bodenschicht, die nicht von den Riedgraswurzeln gebunden ist, ganz und gar austrocknen und ausblasen. So erhalten sich die eigenartigen Sümpfe von Jahr zu Jahr in ihrer Existenz, teils aber entstehen sie auch von neuem. Sie bilden die Lieblingsweideplätze der wilden Yaks.“

⁵²) Diese Darstellung und der Text von FILCHNER zeigen besonders deutlich, daß die Naka-Moore vor allem über sanft abgedachtes Gelände hin verbreitet sind.

⁵³) Bei A. TAFEL lautet die Fortsetzung der hier in Anm. 50 wiedergegebenen Beschreibung folgendermaßen: „Ein solches Abgleiten der Oberfläche ist aber in Hochtibet nicht bloß auf vegetationslosen Stellen, wie am Türkete-Paß, zu finden. Ich sah auch öfter die dünne Rasendecke eines ganzen Hanges mit ihrem gesamten dichten Wurzelfilz infolge der Übersättigung des Untergrundes mit Wasser in einem Stück abgleiten und hierbei horizontal verlaufende Wülste und Falten von 1/2 m Höhe und bis zu 100 m Länge bilden. Die abgerutschte Pflanzendecke ähnelte einer Schneesohle, die bei Tauwetter vom glatten Schieferdach abrutscht und unterwegs Falten bildet.“ Auch Bd. I, S. 313 gibt wertvolle Auskunft: „Die Vegetation (der öden Hochtalmulde bei 4200 m Höhe) war erschreckend spärlich. Im Grunde des großen Hochtals sowie in einigen Talmulden breiteten sich Hochmoore aus, die dichtere Rasendecken aufwiesen. Aber diese waren mit Tausenden, nein, mit Millionen von kleinen Wasserlöchern durchsetzt, so daß die an sich schon kümmerliche Pflanzendecke wie von Motten zerfressen und wie ein Sieb sich ausnahm. Alle Pflanzen waren nur 10 cm hoch. Dazu waren wir wieder (16. Mai) mitten im Winter. Nur für Augenblicke stieg die Temperatur über den Gefrierpunkt. Steinhart waren die einzelnen Rasenbüschel gefroren, und die armen Yaks glitten von den runden Pflanzenhöckern fast bei jedem Schritt in die halbmeter-, ja oft metertiefen Tümpellöcher, die jetzt im Winter fast ausgetrocknet waren und nur viele spitze und messerscharfe Eisnadeln aufwiesen. In dem Rasen dieser Hochmoore — die Tibeter nennen sie ‚naka‘ — überwiegen

Fortsetzung Fußnote 50, S. 34.

naß war und der Schwere folgte und in der Tiefe auch wohl auf Eis oder wenigstens auf einem seit Ewigkeit gefrorenen Grund aufsaß.“ Die genannten Höhenzahlen umfassen auch die im folgenden beschriebenen Naka-Moore.

Flußebenen, in welche die Naka-Moore übergehen, zu den Strangmooren zu rechnen sind, wurde noch von niemand untersucht⁵⁴⁾.

Im Raum nördlich des Bayen Kara-Gebirges findet man gebundene Solifluktionerscheinungen, vor allem Naka-Moore, bis zu Höhen herab, die weit unter der Waldgrenze der benachbarten Nordhänge liegen, und zwar einerseits im Raum um das Hwangho-Knie von Sogtschanggomba, andererseits nördlich davon in dem Hochland, das östlich des großen Hwangho-Bogens liegt, zwischen diesem und dem Kloster Labrang^{54a)}. Besonders über das zweite dieser beiden Gebiete sind wir relativ gut unterrichtet, durch die Monographie von J. F. Rock (1956)⁵⁵⁾. Hier senkt sich

Fortsetzung Fußnote 53, S. 35.

Carex-Arten, und die Tiere fraßen deren harte Stengel nur ungen (Abb. 6). In vielen dieser Naka-Löcher finden sich zahllose Eisenbakterien, deren Stoffwechselprodukte, Eisenoxydulausscheidungen, sich auf dem Boden der Tümpel in dicken roten Krusten niederschlagen.“ S. 324 (11. Juni): „Die Berghänge waren höchstens 5° steil. Aber das Gestein war zu einer feinen, braunen, tonigen Erde aufgelöst, die alles Wasser festhielt. Bei 2° und 3° Böschungswinkel war es Grasarten, ja selbst Moospolstern zu naß; die nackte Erde, d. h. nackter Schlamm, deckte allenthalben die Ebene.“ S. 330 (20. Juni): „Wenn nur die Gegend nicht so trostlos wäre! So weit man sieht, sind flache, verschlammte Terrainwellen. Wo ein Fleckchen aus dem nassen Schnee hervorschaut, zeigt der Boden vereinzelte, kaum 3—4 cm lange Grasbüschelchen.“

⁵⁴⁾ E. SCHÄFER 1938, S. 74 ff. schreibt: „Als Folgeerscheinungen des lange gefrorenen Untergrundes ist die Wasserstandshöhe der Sumpfgebiete und Nakamoore in beträchtlichem Maße von den frühsummerlichen Schneefällen (Regen stellte ich nur im Juli und August fest) abhängig.“ ... „Im Winter sind die Flüsse der Wildyaksteppe sehr wasserarm. Erst im niederschlagsreichen ‚Sommer‘, der die eigentliche Schneezeit bedeutet, ist der Wasserstand der Moore und Flüsse völlig regellos, sprunghaft wechselnden Veränderungen unterworfen.“ ... „Oft sind die Hochmoore“ ... „der Wildyaksteppe völlig abflußlos und bilden gegen die sterilen Hänge der umgebenden Faststeppen, deren endlose Schotter- und Trümmerhalden beredtes Zeugnis von der intensiven Verwitterung geben, einen merkwürdigen Kontrast. Still und ruhig liegen die kleinen und größeren Seen.“ ... „Überall, wo Abfluß und Drainage fehlen, sind die Täler, Planebenen und Niederungsgebiete der Wildyaksteppe stark versumpft und für die Karawanen, deren Tragtiere hier die einzigen trügerischen Weidegründe finden, fast untragbar. Die Naka-Moore, der Jangtang, erinnern in jeder Weise an die Tundren-Moore Nordasiens und ließen bei mir die Vermutung wach werden, daß es sich hier in tieferen Schichten um ewig gefrorenen Boden handeln könnte“ ... „Sie zeigen einen eigenartigen Aufbau, der durch die große Anzahl von dicht nebeneinanderstehenden Büelten und dazwischenliegenden, oft unergründlichen Moor- und Schlammlöchern ausgezeichnet ist. Tritt man auf die schwankenden, mit dicht verfilzter Grasnarbe besetzten Büelten, so mag der ganze Boden im Umkreis von 2—3 m zu sinken beginnen, ... „Die Büelten bestehen“ ... „fast ausschließlich aus dem abgestorbenen dicht verschlungenen Wurzelgeflecht der ... Sauergräser.“ „Das Wasser der kleineren Kolke“ kann „nach intensiver Sonnenbestrahlung ... Temperaturen bis 23° C annehmen.“

^{54a)} Vergleiche hier die Karte Abb. 2.

die obere Grenze der nur schattseitigen Wälder von 3900 m im SW (Hwangho-Schlucht) auf etwa 3600 m im NO (Amnye Dragkar, „Namoschan“). Die untere, die Trockengrenze des Waldes, liegt zwischen 2800 m im SW und 2600 m im NO. Der Wald dieses Raumes beschränkt sich fast ganz auf steile Gehänge, an welchen der Fels ansteht oder nur eine geringmächtige Bodendecke vorhanden ist, Fichtenwald mit Moosen nur an Schatthängen, *Juniperus*-Haine und -Gruppen auch noch an Sonnhängen (Abb. 7). Auf weiten Flächen bis zu 300 oder 400 m unterhalb der oberen Waldgrenze fehlen hier aber auch schattseitig Wälder: Alles Gelände mit geringer Hangneigung, alles flache und hügelige Gelände ist hier waldlos, auf Gesteinen, die der Verwitterung wenig Widerstand leisten. Dieses Gelände nimmt weite Flächen ein. So ist der Raum westlich des Klosters Labrang bis zur Höhe über dem Steilhang, der beim Kloster Ragya zur Hwangho-Schlucht abfällt, waldlos. In diesem Gebiet findet sich in den genannten Höhenlagen und auch noch oberhalb der Höhe der Baumgrenze häufig eine mächtige, von Gesteinsbrocken durchsetzte Bodendecke, die, sobald sie auftauft, morastig und schwer begehbar wird, wenn auch nicht in dem Maße und in der Ausdehnung wie im obersten Hwangho-Gebiet. Auch ist der Graswuchs höher als dort. Vor allem *Stipa mongolica*, *Poa*- und *Koeleria*-Arten, *Deschampsia caespitosa*, *Elymus sibiricus* sind bestandbildend. Es gibt kleine Naka-Moore. J. Rock berichtet (S. 57), daß hier keine Nacht der Sommermonate ohne Frost vergangen sei. An einigermaßen standfesten Gehängen wachsen Rhododendren⁵⁶⁾, Weiden, *Caragana tibetica* und andere Büsche, auch blütenreiche Matten. Das Gebiet ist Weideland der Nomaden⁵⁷⁾. In den Talbecken um 3000 m, somit unterhalb der Untergrenze der gebundenen Solifluktionerscheinungen, liegen Lößterrassen.

Ich vermute, daß die Abflachung des Geländes in welliges Bergland und ein Großteil der Frostbodendecke, die heute nur noch zum Teil in Bewegung ist⁵⁸⁾, vor allem der solifluidalen Denuda-

⁵⁵⁾ J. F. Rock 1956, S. 51, 59, 88, Tafeln 22, 23, 25—27, 31, 51, 57, 72.

⁵⁶⁾ *Rhododendron capitatum*, *Rh. Przewalskii*, *Rh. thymifolium*.

⁵⁷⁾ Oberhalb der Höhe der Waldgrenze fand v. PRZEWAŁSKI hier in flacher Nordexposition bei 4500 m Höhe, nicht weit (150 bis 200 m) unter der nordseitigen Schneegrenze, Flächen vegetationslosen Blockschuttes. N. v. PRZEWAŁSKI 1884, nördlich unterhalb des flachrunden Gipfels des Amnye Dragkar („Dschakhar, Namoschan“), 101°20', 35°35'.

⁵⁸⁾ Man betrachte bei J. Rock 1956 aufmerksam Tafel 23. Im Hintergrund Flachhänge mit Streifenböden, die in Richtung des Bodenfließens in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen von Rinnsalen einige Meter tief zerschnitten sind. Vgl. Anm. 64.



Abb. 7: In 35°n. Br., 100°22' ö. L. Blick von 3570 m Seehöhe aus in die Hwangho-Schlucht mit Stromschnellen in etwa 2800 m Höhe.

Die Schlucht verläuft vorne in NW-, im Hintergrund in WNW-Richtung. Links steigt der schattseitige Hang mit moosreichen Fichtenwäldern (*Picea ascendens*) auf, immer begleitet von Birken (*Betula japonica* var. *szetchuanica*), Pappeln und Weiden, rechts der sonnseitige trockene Steppenhang mit verstreuten Gruppen von Wacholderbäumen (*Juniperus tibetica* und *Przewalskii*). In der Mitte ganz oben die Waldgrenze in etwa 3850 m Höhe, darüber ein Gipfel von etwa 4300 m Höhe. Rechts hinten über den fast baumlosen Sonnhängen der Hwangho-Schlucht Verebnungsflächen in rund 3450 m Höhe. Mit diesen Flächen beginnt ostwärts das waldlose flachwellige Gelände, auf welchem, bis etwa 400 m unterhalb der Waldgrenze in den Nachbargebieten, Naka-Moore und rezente Solifluktion verbreitet sind. Aus J. F. Rock 1956, Taf. 44. Die genaue Lage, zwischen Artsa- und Tagso-Schlucht, geht aus der Karte 1 : 500 000 und dem Text S. 78 bei J. Rock hervor.

tion kaltzeitlicher Perioden entstammt, somit ein Solifluktionsrumpf (C. TROLL 1948), eine „periglaziale Peneplane“ (TRICART 1954) ist, wenn hier auch vielleicht schon vor den quartären Kaltzeiten eine zerschnittene Rumpffläche vorhanden war. In der letzten Eiszeit lag die Schneegrenze hier 600 m bis 800 m tiefer als heute, in 4300 m (SW) bis 4000 m (NO) Höhe⁵⁹). Die Waldgrenze lag damals somit tiefer als die flachwelligen Rumpffgebiete, in welchen heute noch gebundene Solifluktion herrscht, damals aber wohl freie Solifluktion verbreitet war.

⁵⁹) Vgl. H. v. WISSMANN 1959, S. 133 sowie Abb. 23, Karte der letzteiszeitlichen Isochionen, und Abb. 24, Karte der Linien gleicher letzteiszeitlicher Schneegrenzdepression, auf den Seiten 222 und 223.

Auch das ganze waldfreie Gebiet um das scharfe Knie des Hwangho bei Sogtschanggomba und an dem von Südosten kommenden Nebenfluß Retschü, das in 3440 bis 3700 m Höhe liegt, ist nach A. TAFELS Forschungen ein Land mit ausgedehnten Sumpfflächen. Wie weit es sich bei diesen freilich um Naka-Moore auf flachen Geländewellen, wie weit um versumpfte ebene Flächen handelt, ist nicht zu erkennen. Jedenfalls ist hier auch hügeliges Gelände baumlos, so zum Beispiel bei Bányü, das am Retschü in 3540 m Höhe liegt, während wenige Kilometer weiter östlich, jenseits der Wasserscheide zwischen dem hoch liegenden Gebiet um das Hwangho-Knie und dem tief zerschnittenen Gebiet, das zum Peilungkiang, Kia-lingkiang und Yangtse hin entwässert, an schatt-

seitigen Steilhängen Fichtenwälder wachsen, wohl bis zu 3900 m hinauf. Das Gelände, das A. TAFEL zwischen Raogomba und Sogtschanggomba durchwatete, ist im Sommer überschwemmtes und schwer überschreitbares, im Winter hart gefrorenes Sumpfland, mit träge mäandrierenden Flüssen⁶⁰).

Für die übrigen Gebiete Hochasiens gingen die mir verfügbaren Nachrichten über Kryoturba-tions- und Solifluktionerscheinungen bisher nicht wesentlich über diejenigen hinaus, die C. TROLL 1944 (S. 666 ff.) zur Verfügung standen. Die großen Steinringe, die DE TERRA und PATERSON (1939) aus der Pir Pandjal-Kette am Vorderrand des Westhimalaya abbilden, liegen in 3250 m Höhe etwa 150 m unterhalb der mittleren Baumgrenze. Die großen Steinpolygone am Rongbuk-Gletscher auf der tibetischen trockenen Seite des Mount Everest-Massivs (ODELL 1925) in 5100 m Höhe mögen nahe der Trockengrenze liegen, ebenso die freien Solifluktionerscheinungen am Panggong-See (DE TERRA 1940) in 5200 Meter Höhe. In beiden Fällen finden sie sich um 800 m unterhalb der klimatischen Schneegrenze. Hinzu kommen jetzt die Beobachtungen von F. MÜLLER (1958/59, S. 212) am Khumbu-Gletscher auf der Südseite des Mount Everest-Kammes. Nach ihm bestehen die günstigsten Verhältnisse für das Entstehen von Strukturböden dort in 5300 m Höhe (etwa 300 m unter der klimat. Schneegrenze), bei einem Jahresniederschlag von

rd. 400 mm, wo der Boden vom 18. Oktober bis zum 20. Juli nicht auftaute. Es gibt dort „prachtvolle Steinringe, Steinnetze (Miniatur- sowie Großformen), Buckelwiesen, Rasengirlanden und Streifenböden“. Die Wirkungen der tageszeitlichen Regelation seien sehr groß, die Solifluktion geringer als erwartet, „was sich zwanglos durch die große Aridität und das Fehlen von Permafrost... erklären läßt“.

In Ost-Tibet, südlich der Klimascheide des breiten Rückens des Bayen Kara-Gebirges, im Bereich des Tsaodi-Graslandes, der „Gazellensteppe“ im Sinne von E. SCHÄFER, scheint die Untergrenze der Solifluktionerscheinungen höher als die Obergrenze des schattseitigen Waldes zu liegen, weiter östlich, um den Minyag Gongkar, liegt sie etwa in deren Höhe. Es sind hier vor allem die Beobachtung von A. HEIM zu nennen (1936, S. 449). Wie wir sahen, liegt die Waldgrenze im Umkreis von Tatsienlu und des Minyag Gongkar um 4200 Meter Höhe. HEIM beobachtete rezente Solifluktion am Rutsche-Paß im NNW des Minyag Gongkar und am Fuß des Djara am Haidzeschan-Paß im NNW von Tatsienlu jeweils von 4200 m aufwärts. An der Nordwestseite des Tscheto-Passes westlich Tatsienlu fand er sie freilich von 4000 m aufwärts⁶¹).

Nach K. K. MARKOVs Untersuchungen (1934) im trockenen Kernraum der Pamire gehen rezente Frostbodenerscheinungen am Sarykol bis 4700 m, 600 m unter die klimatische Schneegrenze, weiter westlich im Bilandkik-Tal bis 4200 m, 900 m unter die klimatischen Schneegrenze hinab. Die westlicheren Vorkommen sollen hier nicht besprochen werden. Leider sind mir die Arbeiten von S. I. KLUNNIKOV (insb. 1937) nur durch die kurzen Wiedergaben von R. D. ZABIROV (1955, S. 21, 169) bekannt. Die sehr niedrigen Wintertemperaturen⁶²) bewirken nach KLUNNIKOV eine weite Verbreitung der ewigen Gefrornis im Hoch-Pa-

⁶⁰) A. TAFEL 1914, Karte und II, S. 284—296 sowie Tafel 66. A. TAFEL war der erste und bisher wohl einzige Erforscher des oberen Hwangho-Kniees bei Sogtschanggomba. Seine Route und die Längen- und Breitenlage der Stromkehre sind in vielen heutigen Atlanten und Karten nicht übernommen worden. Die Kehre liegt nicht, wie es die meisten Karten zeigen, bei $101^{\circ}15'$ und 34° , sondern bei $102^{\circ}15'36''$ und $33^{\circ}33'30''$, wie es außer der Karte von TAFEL auch das südlichste Kartenblatt bei J. F. ROCK 1956 zeigt (Cartogr. Labor. Univ. of Washington, Seattle). A. TAFEL: 25. August, am Stufenpaß Gari La im SO des Gebiets, 3860 m. Regen. Weiche Gräser. An vielen Stellen der weiten, von tausend Tümpeln übersäten Talebene im Norden des Passes ist der Grund moorig und „sieht einem Naka-Feld gleich“. Die Talsohle des Retschü ist tiefer unbetretbarer Morast. Der Weg windet sich zwischen Sümpfen. Die Tiere werden durch das Einbrechen sehr erschöpft. Jedes kleine Seitental ist morastig. In den nächsten Marschtagen tragen auch trockene Hügel aus Sandstein keinen Baumwuchs. Unterhalb Bányü versinken diese Hügel in einer ausgedehnten Sumpfebene mit mäandrierenden Flüssen und großen Wasserlöchern. Der Kampf mit den Morästen wird noch schlimmer. Aber die Sümpfe sind bis zur Hwangho-Kehre hin immer mehr von trockenen, zum Teil hohen grasbewachsenen Düneninseln durchsetzt, auf welchen die Nomaden zelten. Diese Dünen sind Zeugen des Winterzustandes, wenn Staubtromben über die vereisten Flächen sausen. Anfang September. Wärmste Zeit. Bei Regen Temperaturen zwischen $+9,5^{\circ}$ und $+3^{\circ}$, bei klarem Einzeltag zwischen $+13,2^{\circ}$ und $-0,5^{\circ}$. Über den Namen des Klosters, das tibetisch Sogtschanggomba, chinesisch Sodzunggungba heißt, vgl. J. Rock 1956, S. 72, 134.

⁶¹) Die Angaben von J. G. ANDERSSON (1939, S. 70 ff.) im gleichen Gebiet sind sehr allgemein gehalten. Ohne Kenntnis der speziellen Arbeiten ANDERSSONS über Solifluktion könnte man annehmen, daß ANDERSSON hier nicht Solifluktion im eigentlichen Sinne meint (vgl. jedoch Fig. 42). Die Lage von „Zurahaki“, nahe südlich des Tscheto-Passes westlich Tatsienlu, ist auf seiner Karte 2 falsch eingezeichnet. Folgende Abbildungen von W. FILCHNER (1913) aus dem Bayen Kara-Gebirge seien erwähnt, da sie auf Frostbodenerscheinungen hindeuten: Abb. 18, 19 (um 5000 m), 36 bis 38 (unter 4900 m bis 5000 m) Fluidalstrukturen und Blockmeere. Abb. 42 (um 4800 m) Bültensboden auf Wasserscheide. Abb. 56 (unter 4400 m) Rasenwälen?

⁶²) Das Jahresmittel liegt schon bei Murghab (Pamirski Post) in 3653 m Höhe bei $-0,9^{\circ}$ (KÖPPEN) oder tiefer (ZABIROV), das Januarmittel bei $-15,6^{\circ}$ (KÖPPEN) oder $-19,7^{\circ}$ (ZABIROV), das absolute Minimum bei -35° (KÖPPEN) oder tiefer (ZABIROV). Das Jahresmittel der Niederschläge beträgt nur 59 mm.

mir. KLUNNIKOV spricht von Hochgebirgs-Wüstenundra. Bis fast in die Höhe von Murghab, dem ehemaligen Pamirski Post, herab sind auf ebenen Flächen weite Moore verbreitet, die den Naka-Mooren Nord-Tibets ähneln. Es ist bei ZABIROV nicht ersichtlich, ob die starke Versumpfung auf die sanften Abdachungen übergreift oder ob sie oasenhaft auf überschwemmte Talebenen beschränkt ist. Das Klima der hohen Teile von Zentral-Pamir ist demjenigen der trockenen Becken von Lingzhi Thang und Aqsai Tschin zwischen Karakorum und Kwenlun ähnlich, dort allerdings in einer um 800 m größeren Seehöhe. Über Frostbodenerscheinungen in diesen Becken wissen wir noch nicht viel. E NORIN (1946)⁶³) berichtet über den Südrand des Lingzhi Thang in einer Seehöhe von 5260 m: „There is a slow ascent of the ground, yardang topography about 1 m deep begins to develop, due probably to soil flowage“. Im Umkreis des Karakorum-Passes beobachtete SVEN HEDIN (S. Tibet IV, S. 22 ff.) typischen Frostboden; er fand an seinem Camp III in 5382 m Höhe Polygonboden. Am Marsimik-Paß (5592 m) unweit des Panggong-Sees fand er im aufgeweichten Boden Steine und Blöcke wechselnder Größe eingebettet, so daß die Pferde bei jedem Schritt einsanken. H. DE TERRA (1940) fand im Bereich des Panggong-Sees in Höhenlagen um 5200 m, daß das dortige Bodenfließen arktische Ausmaße annehme. Dies sei für sein ganzes westtibetisches Reisegebiet charakteristisch.

Wo ein Gelände Form und Gefälle von Streifenboden zeigt, aber in Richtung der Streifen durch Runsen zerlegt ist⁶⁴), liegen vermutlich fossile, letzteiszeitliche Frostböden vor.

C. TROLL stellte die untere rezente Strukturbodengrenze in Eurasien in einer Karte dar (1947, S. 164). In dem hier betrachteten Raum kann diese Karte nur durch Eintragung des steilen Abfallens der Grenzfläche nördlich des Bayen Kara ergänzt werden. Sie liegt bei etwa 3400 m am Hwangho-Knie von Sogtschanggomba und bei etwa 3200 m innerhalb des Hwangho-Bogens, am Amnye Dragkar (Namoschan). Diese Strukturbodengrenze scheint in den Gebirgen auf der Südseite Tibets und im Randgebirge von Szetschwan nahe der Waldgrenze zu liegen, im Tsaodi-Gebiet südlich des Bayen Kara höher als diese. Sie scheint im trockenen Inner-Tibet wesentlich über die Untergrenze der Subnivalstufe aufzusteigen, wenn auch nicht bis zur Trockengrenze. Im Nordosten des Hochlandes, vom Bayen Kara nordwärts, aber sinkt diese Grenze tief, um 300 bis

400 m, unter die Obergrenze der schattseitigen Wälder hinab. Dieses Gebiet liegt südlich der stärksten Ausbuchtung der Südgrenze der ewigen Gefronnis in der Mongolei (vgl. auch MURZAEV), wo die Frostbodenerscheinungen ja tief unter die Waldgrenze hinabsteigen, während sie in Nordrußland und Lappland der Waldgrenze nahe liegen⁶⁵).

Es ist bekannt, daß die Südgrenze der ewigen Gefronnis im Norden Eurasiens meist im Bereich zwischen den Jahresisothermen von -2° und 0° C liegt; sie liegt bei größerer Schneedeckenhöhe mehr bei der -2° -Jahresisotherme, bei spärlicher Schneedecke mehr bei der 0° -Jahresisotherme⁶⁶). Hochasien mit Ausnahme seines westlichsten Teiles empfängt sehr geringe Niederschläge im Winter und hat demzufolge eine sehr geringe Schneedeckenentwicklung. Die 0° -Jahresisotherme liegt, wenn wir einen Gradienten von 100 m auf $0,5^{\circ}$ annehmen⁶⁷), in folgenden Höhen: In Sikkim am Südhang des Himalaya liegt sie um 4600 m Höhe, steigt auf dem trockenen Hochland bei Gyantse auf 5100 m, bei Lhasa auf 5450 m, ist bei Tschiamdo im Gebiet des Tsaodi in 5200 m anzusetzen und fällt in Nordost-Tibet um Hsining auf rd. 3550 m, am Nordrand des Nanschan auf rd. 3200 m⁶⁸). Sie liegt somit am Südhang des Himalaya etwa in Waldgrenzhöhe, steigt im zentralen Ost-Tibet, im Bereich des Tsaodi

⁶⁵) C. TROLL läßt die Südgrenze der ewigen Gefronnis im großen mit der 0-m-Linie der Strukturbodengrenze zusammenfallen, der Linie, an welcher diese Grenze Meeresspiegelhöhe erreicht (1947, S. 164, Karte).

⁶⁶) Vgl. H. POSER 1947, S. 6. Vgl. aber V. CONRAD 1936, S. 214 f. und W. B. SCHOSTAKOWITSCH 1927.

⁶⁷) Dies ist für das Jahresmittel wohl statthaft, da die Amplitude ausgeschieden ist.

⁶⁸) Temperaturen in Celsiusgraden.	See- höhe	Jahr	red. 0,5°/ 100 m	Am- pli- tude	Jahr 0° (red 100 m /0,5°)
Sibsangar (Assam)	102 m	22,6	23,1	13,5	4620 m
Gangtok (östlich Darjeeling)	1725 m	14,8	23,4	10,6	4685 m
Darjeeling (Sikkim)	2255 m	11,5	22,8	11,9	4555 m
Gyantse (Süd-Tibet)	3996 m	5,5	25,5	18,1	5100 m
Lhasa II	3730 m	8,6	27,3	18,0	5450 m
Tschiamdo (Ost-Tibet)	3230 m	9,8	26,0	18,7	5190 m
Dulaan (westl. Kuku Noor)	3075 m	4,3	19,7	26,6	3935 m
NO-Tibet (Exped.)	4000 m	-2,2	17,8	25,5	3560 m
Hsining (Tschinghai)	2200 m	6,5	17,5	25,2	3500 m
Sutschou (W.Kansu)	1480 m	8,3	15,7	32,5	3410 m
Tunhwang (W.Kansu)	1100 m	11,0	16,5	33,6	3300 m

Gangtok, Gyantse, Lhasa II, Tschiamdo, Nordost-Tibet, Hsining vgl. H. FLOHN 1958; Dulaan (1940/41), Sutschou (1935/40), Tunhwang (1938/40) nach *Climatological Data of China*.

Die dritte Spalte ist das auf den Meeresspiegel reduzierte Jahresmittel der Temperatur.

⁶³) S. 52.

⁶⁴) J. G. ANDERSSON 1939, S. 72, Fig. 42 (bei Tatsienlu); J. F. ROCK 1956, Pl. 23 (Mamozhung-Talung vier Tage-reisen westlich Lhabrang, 3490 m). Vgl. Anm. 58.

di, auf etwa 500 m oberhalb der Waldgrenze und sinkt im nordöstlichen Hochasien unter die Waldgrenze hinab. Diese Zahlen zeigen, daß die Fläche der Jahresisotherme von 0°C in diesen Räumen nahe der Fläche der Untergrenze der rezenten Frostbodenerscheinungen verläuft. Angaben über ewige Gefrorenis aus Tibet kenne ich fast nicht. Nach KLUNNIKOV ist ewige Gefrorenis in Hoch-Pamir weit verbreitet. Eine Tjäle, vor allem eine perenne Tjäle, scheint für die Ausbildung einer effektiven Solifluktion auch in Tibet von entscheidender Bedeutung zu sein. Im Großen gesehen scheint in Tibet die Jahresisotherme von 0°C die Gebiete, in welchen rezenter Frostboden gefunden wurde, zu umschließen. In Bezug auf Frostwechsel ergeben die von H. FLOHN (1958) bearbeiteten Daten für die Westhälfte von Inner-Tibet etwa folgendes Bild: In der Höhe der Jahresisotherme von 0°C bleiben die Wintermonate meist auch in den Maxima unter 0°C . Frühjahr und Herbst zeigen meist täglichen Frostwechsel; aber auch durch den ganzen Sommer ist Frost nicht selten. H. FLOHN (1959, S. 327) berechnet für die Jahresisothermenfläche von $-0,7^{\circ}\text{C}$ rund 230 Frostwechseltage im Jahr. Steigen wir aus dieser Fläche 1000 m höher hinauf, so finden wir dort ein halbes Jahr Dauerfrost, ein halbes Jahr täglichen Frostwechsel herrschend.

Inner-Hochasien ist somit ein Gebiet, in dem jahreszeitlicher und tageszeitlicher Frostwechsel eng miteinander verkoppelt sind. Nach C. TROLLS Ausführungen 1944 sollte man erwarten, daß hier unter den Formen der Kryoturbation Großformen des arktischen Typs und Kleinformen des tropischen Typs nebeneinander und miteinander interferierend vorkommen. Die von MARKOV 1934 im Hochpamir beschriebenen Formen (vgl. S. 38) gehören zu den Kleinformen, während KLUNNIKOV für den gleichen Raum von perenner Tjäle und von starken Solifluktionserscheinungen spricht, so daß im Hochpamir eine Koppelung der beiden Formentypen wahrscheinlich ist. In Inner-Tibet sind sichere Kleinformen bisher wohl nur durch SVEN HEDIN (Southern Tibet IV, S. 25) aus dem Bereich des Karakorum-Passes um 5380 m Höhe bekannt geworden. „The ground consists of fine red dust, which near Camp III was arranged in square, circular or polygonal figures, separated from each other by belts of gravel, up to one decimeter in diameter.“ Auch gehören die uns durch C. TROLL (1948, S. 8) überlieferten unveröffentlichten Aufnahmen des verstorbenen Forschers NIELS HÖRNÉR (Etnograf. Museum Stockholm) von Kleinformen von Steinnetzen und Steinstreifen aus dem Richthofen-Gebirge bei 3500—3800 m und aus dem Humboldt-Gebirge

westlich des Khara Noor bei rd. 4300—4400 m Höhe hierher. Im Arka Tagh fand SVEN HEDIN (Scient. Res. III, S. 79) auf dem Schuttmantel von Endmoränen um 5000 m Höhe „several rings, more or less concentric“⁶⁹⁾. Dies scheint ein Interferieren von Groß- und Kleinformen zu bedeuten. Ob in den humiden Randlagen vom Himalaya bis Szetschwan mit ihren geringeren sommerlichen Tagesschwankungen der Temperatur Großformen allein anzutreffen sind, wie sie DE TERRA und PATERSON für den Pir Pandjal, HEIM und GANSSER für den Garhwal-Himalaya bezeugen, ist noch zu untersuchen. Jedenfalls zeigen die S. 38 wiedergegebenen Beobachtungen von F. MÜLLER im Becken des Rongbuk-Gletschers vor der Südwand des Tschö Oyu-Everest-Kammes in 5300 m Höhe bei nur etwa 400 mm Jahresniederschlag Miniatur- und Großformen vergesellschaftet. In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, daß der genannte Kamm in Lee eines südlicheren Zuges des Himalaya mit Gipfeln von 6000 bis 7320 m Höhe liegt, der vom Dudh Kosi durchbrochen wird und die Monsunniederschläge größtenteils auffängt.

Eine Eigenart der Bereiche oberhalb der Strukturbodengrenze des gesamten Raumes vom zentralen Pamir bis zum Hwangho-Knie von Sogtschanggomba ist die enge Durchdringung von amphibischen Sumpfflächen mit Sieldünen. Diese erstaunliche Tatsache ist Auswirkung des Klimakontrastes zwischen Sommer- und Winterhalbjahr. Hohe Mittagstemperaturen, Auftauen, Frostwechsel, im Osten dazu hohe Niederschläge, im Sommer stehen trockener Kälte ohne Schneedecke mit Stürmen über gefrorenen Flächen im Winter gegenüber. Die Dünen entstehen, wenn im Winter „Staubtrombe auf Staubtrombe über die vereisten Flächen saust“, wie A. TAFEL sich ausdrückt. KLUNNIKOV (1937, S. 91) beschreibt dies für Zentral-Pamir, SVEN HEDIN bringt vorzügliche Dünenbilder aus unmittelbarer Nachbarschaft der versumpften Frostschutt- und Fließerdeabdachungen im Arka Tagh (400 m unter der schattseitigen Schneegrenze)⁷⁰⁾. A. TAFEL (II, S. 288—294, Taf. 15, 16) beschreibt, wie die trockenen Düneninseln und andere kleine Berginseln im großen Sumpfland der Hwangho-Kehre (hier rd. 400 m tiefer als die Waldgrenze des Nachbargebiets) die einzigen Zeltplätze der Nomaden sind. Auch W. FILCHNERS Beschreibung der Route vom Marco-Polo-Gebirge zum Tang La (1933,

⁶⁹⁾ Auf diese Angabe sowie auf diejenigen in SVEN HEDINS Southern Tibet III wurde ich durch eine bei mir eingereichte Zulassungsarbeit von HANS LANG aufmerksam, „Die Formen der Solifluktion in Hochasien“, Tübingen 1961 (Manuskript).

⁷⁰⁾ SVEN HEDIN 1905, III; vgl. hier Anm. 49. Vgl. auch H. v. WISSMANN 1959 a, S. 32, 122.

S. 187—207) und die zugehörige von O. WAND bearbeitete Karte (Bl. 3, 4) zeigen, wie sich Dünenland und versumpftes, mit Tümpeln und kleinen Seen bedecktes Land der Talböden und Flachhänge hier, in 500 bis 1100 m Höhe unterhalb der klimatischen Schneegrenze, durchdringen.

Daß in Tibet Dünen mit Frostschtut-Fließböden und Naka-Mooren vergesellschaftet im gleichen Zeitraum entstehen, die einen im Winter, die anderen im Sommer, verleitet zu einem Vergleich mit Erscheinungen im eiszeitlichen periglazialen Mitteleuropa. Dort war der Winter gewiß nicht die ausgesprochen trockene, fast niederschlagslose Jahreszeit wie in Zentralasien (POSER 1947b, 1948b). Daß aber im kalten kurzen Hochsommer (POSER 1948a, S. 57, 66) der Auftauboden in den obersten Schichten merklich austrocknete (BÜDEL 1959, S. 302), ist mir — auch nach meinen Erfahrungen in Lappland — unwahrscheinlich. POSER (1948a) nimmt für den Winter der zwischenglazialen Provinz relativ geringe Niederschläge, tiefe Frostzerrung, Verwehung des pulvrigen Schnees und Transport feinen Materials an. Doch mag das Material des hocheiszeitlichen Lösses vor allem aus den Sanden der breiten Flußauen ausgeblasen worden sein. Die Dünen-Bildungen Mitteleuropas sind nach POSER (1948b) zumeist spätglazial.

Weiterhin zu behandelnde Fragen:

Die Grenzen der Warmtropen und der Subtropen

Der Südsaum Hochasiens taucht in die Warmtropen⁷¹⁾ ein, die hygrisch sehr verschieden ausgestaltet sind, je nach ihrer Lage zu den regenbringenden Winden, somit zu der nördlichen Innertropischen Konvergenzzone (NITC) und der ostasiatischen Frontalzone („Polarfront“ PF), welche im Sommer eine sehr viel nördlichere Lage einnehmen als im Winter⁷²⁾. Der Ostsaum reicht im Becken von Szetschwan fast bis zur Warmtropengrenze, zur Frostgrenze hinab⁷³⁾. So vereinigen sich im südlichen Innerasien fast alle Höhenstufen des irdischen Klimas. Erst eine Untersuchung über die Ober- und Nordgrenze der Warmtropen⁷⁴⁾, die hier als Frostgrenze auftritt,

und über die Ober- und Nordgrenze der Subtropen in Bezug auf ihre Vegetationsverhältnisse⁷⁵⁾, im Himalaya, in Hinterindien und China, würde einen gewissen Abschluß der vorliegenden Arbeit bedeuten. Ich hoffe, in Kürze Ergänzungen bringen zu können.

Nachtrag zum ersten Teil (Erdkunde XIV, 1960, S. 267, Sp. 1).

Es hätte dort erwähnt werden sollen, daß in Schanghai in den langjährigen täglichen Mitteln des Niederschlags eine relative Trockenperiode von Mitte Juli bis Mitte August auftritt, die beiderseits von Perioden sehr hohen Niederschlags flankiert wird. Allerdings ist der von Mitte Juli bis Mitte August reichende Monat noch humid, obwohl er nur 64 bzw. 66 % der Niederschlagsmenge des Juli bzw. August empfängt. Für andere mittelm chinesische Stationen stehen uns keine Tages-, Pentaden- oder Dekadenmittel des Niederschlags zur Verfügung. Jedenfalls trägt die Gliederung des Sommers in kürzere, in den Monatsmitteln nicht erfassbare trockenere und feuchtere Perioden auch dazu bei, daß die Vegetation des Graslandes an wesentlich trockenere Verhältnisse angepaßt sein muß, als es die Mittelwerte zeigen. Vgl. H. FLOHN 1950, insbes. Abb. 14.

Literatur

Da hier Literatur zusammengestellt ist, die zumeist im ersten Teil der vorliegenden Arbeit (Bd. XIV, 1960, 4. H., S. 270—272) nicht angeführt wird, und da auch auf das Literaturverzeichnis des ersten Teiles Bezug genommen wird, nehme man auch in dieses Einblick. 1. T. = Erster Teil.

ANDERSSON, J. G.: 1. T.

ASPLUND, E.: Contributions to the Flora of the Bolivian Andes. Arkiv f. Botanik, Bd. 20 A, 1926, No. 7.

BELJAEVSKIJ, N. A.: 1. T.

BELL, Ch.: A year in Lhasa. Geogr. Journ. 63, 1924, S. 89 f.

BLEEKER, W.: Meteorologisches zu den drei holländischen Karakorum-Expeditionen. Proc. K. Ak. Wet. Amsterdam, Sect. of Science, 39, 1936, S. 746—756, 839—845, 962—970.

Caliente und Tierra Templada. Nun liegt aber in Kolumbien und in Bolivien-Peru die Warmtropengrenze als Wärmemangelgrenze zwischen Tierra Templada und Tierra Fria (H. v. WISSMANN 1948). Auf diese Weise haben, wie mir scheint, die Ausdrücke Tieflandstufe oder Tierra Caliente, untere Montanstufe oder Tierra Templada und obere Montanstufe oder Tierra Fria in den inneren Tropen eine andere klimatische Bedeutung als in den Randtropen. — Eine schwierige terminologische Frage ist es, ob man Höhenstufenbezeichnungen der Tropen bis zum äußersten Saum des Gebiets, in welchem das Tiefland warmtropisch ist, beibehalten soll, oder ob man dort von einer Obergrenze der Tropenstufe gegen die warmgemäßigte oder Subtropenstufe sprechen soll. Im ersteren Fall läge das Hochland von Zentral-Yünnan in der über der Warmtropengrenze, hier der Frostgrenze, folgenden Höhenstufe der Tropen. Auch die Schlucht des Yangtse nördlich dieses Hochlands reicht ja bis in die Warmtropen hinab. Wir sahen, daß sich die Höhengürtel des äußeren östlichen Himalaya mit Ausnahme des warmtropischen bis zum Westrand des Beckens von Szetschwan fortsetzen. Soll man diese Höhenstufen im Himalaya als Stufen der Tropen, in Szetschwan als Stufen der Subtropen bezeichnen? Mir erscheint dies ungünstig (vgl. Abb. 3).

⁷⁵⁾ Eine Arbeit über die Subtropengrenze der Erde habe ich seit langem geplant und habe Material dafür bereit-

⁷¹⁾ H. v. WISSMANN 1948.

⁷²⁾ H. FLOHN 1952, 1955, 1957.

⁷³⁾ H. v. WISSMANN 1939 (Klimakarte v. China, Klimakarte v. Eurasien).

⁷⁴⁾ Dabei ergeben sich Probleme. Die Warmtropen- und Frostgrenze liegt am äußeren Himalaya in 1000 bis 1200 m Höhe. (Die Grenze, die U. SCHWEINFURTH in 1800—2000 m Höhe hier als Frostgrenze bezeichnet, ist die Untergrenze des Bereiches der alljährlich regelmäßig auftretenden Winterfröste.) In Ost-Mexiko liegt die Warmtropen- und Frostgrenze am Wendekreis um 800 m hoch. In beiden Fällen liegt dort die Untergrenze der Eichenbestände. In Ost-Mexiko legt C. TROLL (1959, S. 38) in einem Diagramm hierhin die Grenze zwischen Tierra

- BROCKMANN-JEROSCH, H.: Baumgrenze und Klimacharakter. Pflanzengeogr. Kommission d. Schweiz. Naturf. Gesellsch., Beiträge zur geobotan. Landesaufnahme 6, Zürich 1919.
- BRÜCHER, H., und E. ÅBERG: Die Primitivgersten des Hochlandes von Tibet, ihre Bedeutung für die Züchtung und das Verständnis des Ursprungs und der Klassifizierung der Gersten. Ann. K. Landw. Hochsch. Schwedens 17, 1950, S. 247—319.
- BRYAN, K.: Cryopedology — the study of frozen ground and intensive frost action with suggestions on nomenclature. Amer. Journ. Science 244, 1946.
- BÜDEL, J.: Die klimamorphologischen Zonen der Polarländer. Erdkunde II, 1948, S. 22—53. Karte der morphologischen Gliederung der Nordpolarländer.
- Ders.: Periodische und episodische Solifluktion im Rahmen der klimatischen Solifluktionstypen. Erdkunde XIII, 1959, S. 297—314.
- CAILLEUX, A., et B. TAYLOR: Cryopedologie, étude des sols gelés. Expéditions polaires françaises IV, 1954.
- CALCIATI, C.: Esplorazione delle valli Kondus e Husheel Karakorum Sud-Orientale. Boll. R. Soc. Geogr., Ser. V, Bd. 3, Teil II, S. 995—1014, 1076—1085. Rom 1914.
- CHAMPION, H. G.: A Preliminary Survey of the Forest Types of India and Burma. Indian Forest Rec. (New Ser.), Silvicult., I, 1, 1936.
- CHENG, W. C.: 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.
- CONRAD, V.: Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. Handb. der Klimatologie I, Teil B, Berlin 1936.
- FENZEL, G.: Das Taipei-Massiv im Tsinlingschan, Nordchina. Pet. Mitt. 83, 1937, S. 203 ff.
- v. FICKER, H.: Untersuchungen über die meteorologischen Verhältnisse der Pamirgebiete. Denkschr. Ak. Wiss. Wien, Math.-Nat. Kl. 97, 1919, S. 151—255.
- FILCHNER, W.: Wissenschaftliche Ergebnisse der Expedition nach China und Tibet 1903—1905. Bd. V. Berlin 1913.
- Ders.: Kartenwerk der Erdmagnetischen Forschungs-Expedition nach Zentral-Asien 1926—1928. 1. T.: China und Tibet I. 2. T.: Tibet II. Pet. Mitt. Ergh. 215, 1933 und 231, 1937.
- FLOHN, H.: Zum Klima der Hochgebirge Zentralasiens. Meteor. Rundsch. 1, 1947, S. 95—97.
- Ders.: Ablauf und Struktur des ostasiatischen Sommermonsuns. Berichte des Dtsch. Wetterdienstes i. d. U.S.-Zone 18, 1950, S. 21—25.
- Ders.: Probleme der großräumigen Synoptik. Berichte d. Deutschen Wetterdienstes i. d. U.S.-Zone Nr. 35, 1952, S. 12—23.
- Ders.: Trade-wind and Monsoon Circulation according to Aerological Observations. Proc. 8th Gen. Ass. and XVIIth Congress Internat. Geogr. Un. Washington 1952, S. 268 bis 271.
- Ders.: Hochgebirge und allgemeine Zirkulation II. Arch. Met., Geophys., Bioklim. A. 5, 1953, S. 265.
- Ders.: Zur Meteorologie des Nanga Parbat. In: Nanga Parbat. München 1953, S. 171—192.
- Ders.: Zur vergleichenden Meteorologie der Hochgebirge. Arch. Met., Geophys., Bioklim. B., 6, 1955, S. 193—206.
- Ders.: Der indische Monsun als Glied der planetarischen Zirkulation der Atmosphäre. Bericht d. Deutschen Wetterdienstes Nr. 22. Meteorol. Tagg. Frankfurt a. M. 1955. S. 134—139.
- Ders.: Zur Frage der Einteilung der Klimazonen. Erdkunde XI, 1957, S. 161—175.
- Ders.: Beiträge zur Klimakunde von Hochasien. Erdkunde XII, 1958, S. 294—308.
- Ders.: Bemerkungen zur Klimatologie von Hochasien. Aktuelle Schnee- und Sommerklima. In: Ak. Wiss. Lit. Mainz, Abh. math.-nat. Kl., Jg. 1959, Nr. 14, S. 1409—1431.
- FRENZEL, B.: Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. I. Teil: Allgemeine Grundlagen. Ak. Wiss., Lit. Mainz, Abh. math.-nat. Kl., Jg. 1959, Nr. 13, S. 935—1099. Karte 2: Die Höhenlage der rezenten Schnee- und Sommerklima in Eurasien.
- FÜRER-HAIMENDORF, CH. v.: Die Sherpa des Khumbu-Gebietes. Mount Everest, Zürich 1959, S. 169—218.
- GAMS, H.: Das ozeanische Element in der Flora der Alpen. III. Jb. d. Vereins z. Schutze d. Alpenpflanzen, München 1931, S. 7—23.
- Ders.: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Ztschr. Ges. Erdk. zu Berlin 1932, S. 178—198, Karte 1: 1:500 000.
- Ders.: Zur Geschichte, klimatischen Begrenzung und Gliederung der immergrünen Mittelmeerstufe. In: RÜBEL, Ergebnisse der Internationalen Pflanzengeographischen Excursion durch Mittelitalien 1934. Veröff. d. Geobotan. Inst. RÜBEL, Zürich, 12. Heft.
- GRADMANN, R.: Die Steppen des Morgenlandes in ihrer Bedeutung für die Geschichte der menschlichen Gesittung. Geogr. Abh. 3. R., H. 6, Stuttgart 1934.
- HAGEN, T.: Vom Werden des höchsten Gebirges der Erde. Mount Everest, Zürich 1959, S. 11—112.
- FRH. v. HANDEL-MAZZETTI, H.: Übersicht über die wichtigsten Vegetationsstufen und Formationen von Yünnan und Südwest-Setschuan. Botan. Jbb. Engler, 56, 1921, S. 578—597.
- Ders.: Naturbilder aus Südwest-China. Wien, Leipzig 1927.
- Ders.: Das nordostbirmanisch-westyünnanesische Hochgebirgsgebiet. KARSTEN-SCHENCK, Vegetationsbilder 17. R., H. 7/8, Jena 1927.
- Ders.: Die pflanzengeographische Gliederung und Stellung Chinas. Botan. Jbb. Engler, 64, 1931, S. 304—323.
- Ders.: Hochland und Hochgebirge von Yünnan und Südwest-Setschuan. 1. Subtropische und warmtemperierte Stufe. 2. Die temperierte Stufe. 3. Die kaltemperierte und Hochgebirgsstufe. KARSTEN-SCHENCK, Vegetationsbilder, 20. R., H. 7, 22. R., H. 8, 25. R., H. 2, Jena 1930, 1932, 1937.
- Ders.: 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.
- HANSON-LOWE, J.: Notes on the Pleistocene Glaciation of the South Chinese-Tibetan Borderland. Geogr. Rev. 37, 1947, S. 70—87.
- HEDIN, SVEN: Scientific Results of a Journey in Central Asia 1899 to 1902. Bd. III, IV, Bd. Maps I, II. 1905, 1907.
- Ders.: Southern Tibet. Bd. I bis IV, Leipzig 1917, 1922. Dazu Panoramenband und Atlasbände.
- HEIM, A.: Minya Gongkar. Bern 1933.
- Ders.: The Glaciation and Solifluction of Minya Gongkar. Geogr. Journ. 87, 1936, S. 444—454.
- HERMES, K.: Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schnee- und Sommerklima. Kölner Geogr. Arb., H. 5, 1955.
- HERZOG, Th.: Pflanzengeographie. In: Handb. d. Geogr. Wissenschaften, hrsg. v. F. KLUTE. Bd. Allgemeine Geographie, 2. T.: Das Leben auf der Erde. S. 14, Abb. 13: Baum- und Schnee- und Sommerklima in den Kordilleren von Südamerika. Potsdam.
- HEUBERGER, H.: Beobachtungen über die heutige und eiszeitliche Vergletscherung in Ost-Nepal. Ztschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 3, 1956, S. 349—364.

- HÖRNER, NILS: Resa till Lop. Stockholm 1936.
- IMHOF, E.: Der Minya Konka. Eine geographische Skizze. Geogr. Helv. II, 1947, S. 243—255.
- JÄTZOLD, R.: Die Dauer der ariden und humiden Zeiten des Jahres in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Südkanada. MS. Diss. Tübingen 1959. — Gedr. Diss.-Auszug mit Karte. Druck der ganzen Arbeit vorgesehen.
- KAULBACK, R.: A Journey in the Salween and Tsangpo Basins, South Eastern Tibet. Geogr. Journ. 91, 1938, S. 97 bis 122.
- KAWAKITA, J.: Vegetation. — Crop-Zone. — In: Land and crops of Nepal Himalaya. Scient. Results of the Japan. Expedition to Nepal Himalaya, 1952—1953. Hrsg. H. KIHARA. Vol. II, S. 1—66, 67—94. Kyoto 1956.
- Ders.: Peoples of Nepal Himalaya. In: Scient. Results of the Japan. Expedition to Nepal Himalaya, 1952—1953. Hrsg. H. KIHARA. Vol. III, Kyoto 1957.
- KICK, W., and SAHIB SHAH: (Map of) Chogó Lungmá Glacier 1:100 000 and 2 special sheets 1:25 000 and 1:12 500, gedruckt mit Unterstützung der Dtsch. Forschungsgemeinschaft, aber noch nicht veröffentlicht. Brief vom 15. 10. 1960.
- KLUNNIKOV, S. I.: Das südwestliche Pamir, die letzten geographischen Entdeckungen. Trudy der Tadschikisch-Pamirischen Expedition, Ausg. 99, Ser. Geogr. M-L, 1937 (russisch).
- KOLE, M.: La Végétation. Kap. VI: In J. HUMLUM, La géographie de l'Afghanistan, Kopenhagen 1959, S. 66—70; vgl. auch ebd. S. 291—298.
- KOIE, M. und K. H. RECHINGER: Symbolae Afghanicae. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Kopenhagen 1954.
- KÖPPEN, W.: Klimakunde von Rußland in Europa und Asien. 2. Hälfte: Tabellen. Hdb. d. Klimatologie, Bd. III, T. N. Berlin 1939.
- Ders.: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geogr. Zeitschr. 6, 1900, und als Sonderband, Leipzig 1901.
- KREITNER, G.: 2. Abschnitt (Geographie) in: Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen BELA SZECHENYI in Ost-Asien 1877—1880. Bd. 1, S. 1—304. Wien 1893.
- LAUER, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. In: Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen, S. 15—98. Bonner Geogr. Abh., H. 9, 1952.
- LAUTENSACH, H.: Ist in Ostasien der Sommermonsun der Hauptniederschlagsbringer? Erdk. III, 1949, S. 1—18.
- Ders.: Der geographische Formenwandel. Colloquium Geographicum, Bd. 3, Bonn 1952.
- LOCZY, L. v.: Dritter Abschnitt (Geologie) in: Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen BELA SZECHENYI in Ostasien 1877—1880. Bd. 1, S. 307—836. Wien 1893.
- LOUIS, H.: Allgemeine Geomorphologie. Lehrbuch d. Allg. Geographie, Bd. I. Berlin 1960.
- LU, A.: A brief Survey of the Climate of Lhasa. Quart. Journ. Roy. Meteor. Society 65, 1939, S. 297—302.
- Ders.: 1947: 1. T.
- MARKOV, K. K.: Über polygonale (Waben-)Bildungen der nördlichen Pamire. Izv. Gos. Geogr. Obschtsch. 66, 1934, S. 402—407.
- MÜLLER, FRITZ: Acht Monate Gletscher- und Bodenforschung im Everestgebiet. Berge der Welt 12, 1958/59, S. 199—216.
- MURZAEV, E. M.: Die Mongolische Volksrepublik. Gotha 1954.
- NAKAO, S.: Transmittance of Cultivated Plants through the Sino-Himalayan Route. In: Scientific Results of the Japan. Expedition to Nepal Himalaya, 1952—1953. Hrsg.: H. KIHARA. Vol. III, Kyoto 1957.
- NORIN, E.: Geological Explorations in Western Tibet. Vol. III, 7. Publ. 29: Reports from the Scient. Expedition to the NW-Provinces of China under the Leadership of S. HEDIN. Stockholm 1953.
- ODELL, N. E.: Observations on the Rocks and Glaciers of Mount Everest. Geogr. Journ. 66, 1925.
- OSTENFELD, C. H. und O. PAULSEN u. a.: A list of flowering Plants from Inner Asia. In: SVEN HEDIN, Southern Tibet 6, III. Stockholm 1920.
- PAFFEN, K. H.: 1. T.
- PAMPANINI, R.: La Flora del Caracorùm, con aggiunte. Spedizione italiana de Filippi nell'Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn cinese 1913—1914. Ser. II, vols. 10, 11. Sotto la direzione di G. DAINELLI. Bologna 1930.
- PENCK, A.: Zentral-Asien. Ztschr. Ges. Erdkunde zu Berlin 1931, S. 1—13.
- POSER, H.: Dauerfrostboden und Temperaturverhältnisse während der Würm-Eiszeit im nicht vereisten Mittel- und Westeuropa. Die Naturwissenschaften 34, 1947 a, S. 10—18.
- Ders.: Auftautiefe und Frostzerrung im Boden Mitteleuropas während der Würm-Eiszeit. Ein Beitrag zur Bestimmung des Eiszeitklimas. Die Naturwissenschaften 34, 1947 b, S. 232—238, 262—267.
- Ders.: Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würm-Eiszeit. Erdkunde II, 1948 a, S. 53—68.
- Ders.: Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. Die Naturwissenschaften 35, 1948 b, S. 269—276, 307—312.
- PRINZ, G.: Beiträge zur Glaziologie Zentralasiens. Mitt. a. d. k. Ungar. Geol. Anstalt XXV, H. 5, Budapest 1927.
- PRZEWAŁSKI, N. v.: Reisen in die Mongolei, im Gebiet der Tanguten und den Wüsten Nordtibets in den Jahren 1870 bis 1873. Jena 1877, 2. Aufl. 1881.
- Ders.: Reisen in Tibet und am oberen Lauf des Gelben Flusses. Jena 1884.
- Ders.: Vierte Reise nach Zentralasien. Von Kiachta an die Quellen des Gelben Flusses und in das nördliche Tibet. St. Petersburg 1888 (russisch).
- RATHJENS, C.: Mediterrane Beziehungen und Züge in der Landschaft Afghanistans. Die Erde 89, 1958, S. 257 bis 266.
- REINIG, F. W.: Beiträge zur Faunistik des Pamir-Gebietes. Wiss. Ergebnisse der Alai-Pamir-Expedition 1928, Teil III, Bd. I, 1932.
- ROCK, J. F.: The Land of the Yellow Lama. National Geographic Society Explorer visits the strange Kingdom of Muli, beyond the Likiang Snow Range of Yunnan Province, China. Nat. Geogr. Mag. 47, 1925, S. 447—498.
- Ders.: Through the Great River Trenches of Asia. Nat. Geogr. Mag. 50, 1926, S. 133—186.
- Ders.: The Glories of the Minya Konka. Nat. Geogr. Mag. 58, 1930, S. 385—437.
- Ders.: Konka Risumgonba, Holy Mountain of the Outlaws. Nat. Geogr. Mag. 60, 1931, S. 1—65. Mit Karte 1:753 300.
- Ders.: The Ancient Na-Khi Kingdom of Southwest China. 2 Bde., Cambridge Mass. 1947, Harvard-Yenching-Inst. Monograph Ser., Bd. VIII, IX.
- Ders.: The Amnye Ma-chhen Range and Adjacent Regions. Istituto Italiano per il medio ed estremo oriente, Ser. Orient. Roma XII, 1956. Mit Karten.
- SCHÄFER, R.: Ornitholog. Ergebnisse zweier Forschungsreisen nach Tibet. Diss. Berlin 1938. Auch Journal für Ornithologie 86. 1938.
- SCHMITHÜSEN, J.: 1. T.
- SCHNEIDER, E.: Karte des Mount Everest-Gebietes 1:25 000, mit Begleitworten. In: Mount Everest, Zürich 1959 und in Alpenvereinszeitschrift 82, 1957.

- SCHNEIDER, H. J.: Zur diluvialen Geschichte des NW-Karakorum. Mitt. Geogr. Ges. München 44, 1959, S. 201—216.
- SCHOMBERG, R. North Karakorum, Geogr. Journ. 109, 1947, S. 94—98.
- SCHOSTAKOWITSCH, W. B.: Der ewig gefrorene Boden Sibiriens. Z. Ges. Erdk., Berlin 1927, S. 394—427.
- SCHWEINFURTH, U.: Über klimatische Trockentäler im Himalaya. Erdkunde X, 1956, S. 297—302.
- Ders.*: 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.
- Ders.*: 1. T.
- SHIPTON, E. E.: Mountains of Tartary. London o. J.
- SKRINE, C. P.: Shiwakte, Qungur and Chakraghil. Himalayan Journ. 17, 1952, S. 73—79.
- SOBOLEVSKIJ, V.: Die Arbeiten des Frostes im Westteil des Zerafschan-Gebirges. Izv. Gos. Geogr. Obschtsch. 68, 1936, S. 692—701 (russisch).
- STEIN, M. Aurel: Sand-buried Ruins of Khotan. London 1903.
- Ders.*: Ruins of Desert Cathay. London 1912, 2 Bde.
- Ders.*: Serindia, Detailed Report of Explorations in Central Asia and Westernmost China. Oxford 1921, Vol. II.
- Ders.*: Innermost Asia, Detailed Report of Explorations in Central Asia, Kansu and Eastern Iran. Oxford 1928. Bde. I u. II und Kartenmappe (IV): Karten 1 : 500 000 und Karte A: Chilâs, Darêl and Tangîr 1 : 760 320.
- TAFEL, A.: Meine Tibetreise. 2 Bde., Stuttgart 1914. Mit Karte.
- TEICHMANN, E.: Journeys through Kam (Eastern Tibet). Geogr. Journ. 59, 1922, S. 1—19.
- TERRA, H. DE: Durch Urwelten am Indus. Leipzig 1940.
- Ders.* und T. T. PATERSON: 1. T.
- THOMSON, Th.: Western Himalaya and Tibet. London 1852.
- TROLL, C.: Die geographischen Grundlagen der andinen Kulturen und des Incareiches. Ibero-Amerikan. Archiv V, 3, S. 1—37, Berlin 1931.
- Ders.*: Der Nanga Parbat als geographische Erscheinung. Ztschr. f. Erdkunde 6, 1937, H. 7.
- Ders.*: Das Pflanzenkleid des Nanga Parbat. Vegetationskarte der Nanga-Parbat-Gruppe (NW-Himalaya) 1 : 50 000 mit Begleitworten. Wiss. Veröff. d. Dt. Museums f. Länderkunde zu Leipzig, N. F., 1939, S. 151—180.
- Ders.*: Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Sonderdr. a. d. Bericht d. 23. Hauptversammlung. d. Ges. v. Freunden u. Förderern d. Univ. Bonn. Nov. 1940, 1941.
- Ders.*: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Geol. Rundschau 34. Klimaheft 1944, S. 545—694.
- Ders.*: Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung. Erdkunde I, 1947, S. 162—175.
- Ders.*: Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation. Erdkunde II, 1948, S. 1—21.
- Ders.*: Das Pflanzenkleid der Tropen in seiner Abhängigkeit von Klima, Boden und Mensch. Verh. Dt. Geogr. Tag, Frankfurt 28, 1951, S. 35—66.
- Ders.*: Der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in den verschiedenen Klimagürteln der Erde. Studium Generale 8, 1955, S. 713—733.
- Ders.*: Die Jahreszeitenklimate der Alten Welt, Geogr. Taschenbuch 1956/57, S. 268—269, mit Karte.
- Ders.*: Zur Physiognomie der Tropengewächse. Sonderdr. a. d. Jahresber. d. Ges. v. Freunden u. Förderern d. Univ. Bonn, 1958, 75 S.
- Ders.*: Die tropischen Gebirge, Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. Bonner Geogr. Abh., H. 25, 1959, 93 S.
- VERNET, A.: Climates and Vegetation. Arid Zone Research, X. Climatology, Reviews of Research. UNESCO 1958, S. 75—101.
- VISSER, P. C.: 1. T.
- VOLK, O. H.: Klima und Pflanzenverbreitung in Afghanistan. Vegetatio, Acta Geobotanica 5/6, 1954, S. 422—433, Beilage: Tabelle.
- WANG, T. C.: Die Dauer der ariden, humiden und nivalen Zeiten des Jahres in China. Tübinger geogr. u. geol. Abh. R. II, H. 7, Öhringen 1941.
- WARD, F. K.: Explorations in South-Eastern Tibet. Geogr. Journ. 67, 1926, S. 97—123. Mit Karte.
- Ders.*: The Himalaya East of the Tsangpo. Geogr. Journ. 84, 1934, S. 369—397. Mit Kartenskizze 1 : 500 000.
- Ders.*: A Sketch of the Botany and Geography of Tibet. Journ. Linnaean Soc. 50, 1935, S. 239—265.
- Ders.*: Botanical and Geographical Explorations in Tibet 1935. Geogr. Journ. 88, 1936, S. 385—413. Mit Karte.
- Ders.*: A Sketch of the Botany and Geography of North Burma. Journ. Bombay Nat. Hist. Soc. 44, 1944, S. 550 bis 574; 45, 1944/45, S. 16—30, 133—148.
- WEHLMANN, B.: Die heutige Schneegrenze und die Schneegrenze der letzten Eiszeit in Asien. Ms. Diss. Tübingen 1955.
- WILHELMY, H.: Eiszeit und Eiszeitklima in den feucht-tropischen Anden. In: Machatschek-Festschrift, Geomorphologische Studien. Pet. Mitt. Erg. H. 262. Gotha 1957.
- WILSON, E. H.: A Naturalist in Western China. London 1913.
- WISSMANN, H. v.: Das Mitter-Ennstal. Forschungen z. dtsh. Landes- u. Volksk. XXV, 1. Stuttgart 1927.
- Ders.*: Niederschlagskarte von China. Ztschr. Ges. Erdk. zu Berlin 1937, S. 38—43.
- Ders.*: Über Lößbildung und Würm-Eiszeit in China. Geogr. Ztschr. 44, 1938, S. 201—220.
- Ders.*: Die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens. Begleitworte zu einer Karte der Klimagebiete Eurasiens. Ztschr. Ges. Erdk. zu Berlin 1939, S. 1—14.
- Ders.*: Pflanzenklimatische Grenzen der Warmen Tropen. Erdkunde II, 1947, S. 81—92.
- Ders.*: Ursprungsherde und Ausbreitungswege von Pflanzen- und Tierzucht und ihre Abhängigkeit von der Klimageschichte. Erdkunde XI, 1957, S. 81—94, 175 bis 182.
- Ders.*: 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 a, Nr. 14, S. 1105—1407.
- Ders.*: Die rezente und quartäre Vergletscherung des Yü-lingschan. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. 101, 1959 b, S. 165 bis 182.
- ZABIROV, R. D.: Die Vergletscherung des Pamirs. Moskau 1955 (russisch).
- ZIMMERMANN, A.: Pflanzen an der obersten Grenze der Vegetation. Berge der Welt 8, 1953, S. 130—136.