

stellt werden kann, vielleicht mit Ausnahme der Berichte zur Deutschen Landeskunde für ihren lokalen bundesdeutschen Zweck. Der bestehende Mangel wird allgemein empfunden, wäre aber nur durch eine Konzentration der echten geographischen Zeitschriften zu beheben. Diese Erkenntnis hat den Herausgeber der ERDKUNDE vor die Frage gestellt, ob ihr weiteres Erscheinen noch zu verantworten ist. Die westdeutschen Hochschul-

geographen haben sich geschlossen für ihr weiteres Bestehen ausgesprochen, was aber nur bei einer Verbreiterung der organisatorischen Basis vom Jahrgang 1964 an möglich erschien. Für das Gedeihen der ERDKUNDE in der Zukunft erscheint mir zweierlei vonnöten zu sein, eine Ausweitung ihres Mitarbeiterkreises, auch auf internationaler Ebene und die systematische Verbesserung ihrer kartographischen Ausstattung.

KARTE DER JAHRESZEITEN-KLIMATE DER ERDE*

CARL TROLL

Mit einer farbigen Karte von C. TROLL und KH. PAFFEN und 15 Abbildungen

Summary: The Map of the Seasonal Climates of the Earth.

The water cycle of physical regions, the life of plants, animals and biocoenoses, including the epidemic carriers of diseases, the annual round of agricultural work, migrations of animals and man, even some customs of peoples and religious festivals follow a seasonal rhythm. A natural classification of climates, which amongst other things must also form the basis for an understanding of the ecological and certain aspects of the economic life on earth, should thus in consequence be based on the seasonal course of the climatic elements. This has been done in the new map of the climatic types of the world which is presented herewith. It is based on three climatic elements.

- 1 The seasonal course of illumination and solar radiation between the equator and the poles which corresponds to astronomic conditions varying with latitude.
- 2 The seasonal course of temperature which in addition depends markedly on the distribution of water and land and on altitude.
- 3 The seasonal distribution of precipitation or the duration of humid periods and humid seasons as mainly conditioned by the circulation of the atmosphere.

The interaction of these three climatic distribution patterns in space — climatic interference — results in the seasonal climates, the basis of zonal gradation of hydrological phenomena (regimes of rivers and lakes, water cycles etc.) of the climatic zonation of soils, of the belts of vegetation and of the types of biocoenoses.

The "thermic seasonal climates" in their dependence on conditions of insolation and oceanicity or continentality are demonstrated in a series of 15 thermo-isopleths diagrams which by their simultaneous indication of seasonal and diurnal changes of temperature make it possible at a glance to distinguish the climates of polar regions, temperate latitudes and the tropics, also of the respective altitudinal zones, e. g. the thermic diurnal climates of the "cold tropics".

The seasonal climates of the tropics, which in contrast to the thermic seasons of higher latitudes are mainly dominated by a seasonal alternation of precipitation, were classified according to the number of humid and arid months as "hygric seasonal climates" (after W. LAUER).

In the periodically humid extra-tropical climates the seasonal course of temperature as well as precipitation must be considered simultaneously. In consequence a great many types of "thermic-hygric seasonal climates" result from the combination of summer humid — winter dry, winter humid — summer dry, spring humid — winter and summer dry and permanently dry climates with the various gradations of the seasonal course of temperature.

In chapter E the different types of such climates (cf. legend

to the map) are explained and compared with some characteristic phenomena of the vegetation. A comprehensive exposition of the hydrological, pedological, geomorphological and ecological consequences of the various climates would necessitate an extensive treatment of the natural landscape zones of the earth; such treatment, which will also take into account the vertical zonation, is being prepared by the author as a three dimensional landscape-regional ecology of the earth.

Die vielfältigen Wirkungen der Klimate der Erde auf das hydrologische, biologische und wirtschaftliche Geschehen betreffen in allererster Linie den jahreszeitlichen Ablauf der Naturerscheinungen. Der gesamte Wasserhaushalt der Landschaften und Flußgebiete, die Ökologie der Lebensgemeinschaften einschließlich epidemischer Krankheiten und ihrer Überträger, das landwirtschaftliche Arbeitsjahr, die Wanderungen von Tieren und Menschen, selbst Sitten von Völkern und religiöse Kulte sind vom jahreszeitlichen Geschehen beherrscht. Es liegt also nahe, den jahreszeitlichen Ablauf der entscheidenden Klimaelemente einer Klimaklassifikation noch systematischer zugrunde zu legen als es bei früheren Versuchen, z. B. von W. KOEPPEN, E. DE. MARTONNE, C. W. THORNTHWAITE, H. VON WISSMANN oder N. CREUTZBURG geschehen ist (vgl. KNOCH, K. u.

*) Die Grundgedanken für die hier vorgelegte Klimaklassifikation und Klimakarte der Erde wurden im Zusammenhang erstmals 1955 vorgelegt (C. TROLL, 1955), in etwas verkürzter Form auch in englischer Sprache (C. TROLL, 1958). Den beiden Veröffentlichungen lag ein Kartenentwurf in kleinem Maßstab für die Alte Welt bei. Für die Ausarbeitung zur Weltkarte erfreute ich mich so sehr der liebenswürdigen Unterstützung und des Rates von Professor KH. PAFFEN, daß sie als unser gemeinsames Werk gelten soll. Die Karte erschien mit einer kürzeren Erläuterung 1963 in einer Gemeinschaftsveröffentlichung, die die Geomedizinische Forschungsstelle der Heidelberger Akademie der Wissenschaften angeregt hatte (LANDSBERG, H. E. u. a. 1963). Prof. PAFFEN und ich sind dem Springer-Verlag sowie den Herausgebern, den Professoren E. RODENWALDT und H. J. JUSATZ, zu Dank verpflichtet, daß sie für die Veröffentlichung der Karte mit ausführlicherem Text in der ERDKUNDE ihre Einwilligung gegeben haben.

ständig 12stündiger Tag am Äquator, große Unterschiede von Sommer und Winter in der Subantarktis.

2. Die thermischen Jahreszeiten

Die Tropenzone ist in allen Meereshöhen die winterlose Zone (BATES 1952), d. h. die Zone ohne thermische Jahreszeiten. Auch in den küstenferneren Randtropen, wo die Jahresschwankungen der Temperatur fühlbar werden, ist für das Naturgeschehen der Wechsel von Regen- und Trockenzeiten viel entscheidender. Dafür sind in den Tropen infolge des hohen Sonnenstandes die Tagesschwankungen der Temperatur durchweg größer als die Jahresschwankungen. Umgekehrt hört im Bereich der Polarkappen jenseits der Polarkreise der Unterschied der thermischen Tageszeiten auf, da an die Stelle von Tag und Nacht der Polartag und die Polarnacht treten, die sich gegen die Pole immer mehr verlängern, bis an den Polen selbst ein halbjähriger „Tag“ und eine halbjährige „Nacht“ herrschen und der Unterschied des 24stündigen Temperaturrehythmus vollständig geschwunden ist. Das Klima der Pole ist daher ein reines Jahreszeitenklima. In Polnähe verschiebt sich infolge der Ausstrahlung in der Polarnacht die kälteste

Zeit des Jahres auf den Spätwinter, auf Februar und März in der Arktis, August und September in der Antarktis. Der Gegensatz des reinen thermischen Tageszeitenklimas am Äquator und des reinen Jahreszeitenklimas in Polnähe kommt in dem Vergleich der Thermoisoplethen-Diagramme Abb. 1 und 2 vorzüglich zum Ausdruck. Auch die Klimate der äquatorialen Hochgebirge (Abb. 3) sind darnach thermisch jahreszeitenlos. Der Vorteil der Darstellung besteht darin, daß uns die Verwandtschaft von Klimatypen nach dem thermischen Verhalten aus dem Kurvenbild unabhängig von der absoluten Höhe der Temperaturen sofort in die Augen springt.

Wir haben aber weder die höchsten Temperaturen in den Tropen noch die tiefsten jenseits der Polarkreise, wenn man von dem besonderen Inlandeislima in 3000–4000 m Meereshöhe abseht¹⁾. Die Verteilung von Wasser und Land, die

1) An der in 3400 m Höhe gelegenen russischen Inlandeisstation Wostok sind folgende Temperaturwerte im dreijährigen Mittel gemessen worden: Mittlere Jahrestemperatur — 56° C; Mittel des wärmsten Monats — 33° C; Mittel des kältesten Monats — 71° C; absolute Minimaltemperatur — 88° C. In 8 Monaten stieg die Temperatur nicht über — 40° C. (F. LOEWE, 1960).

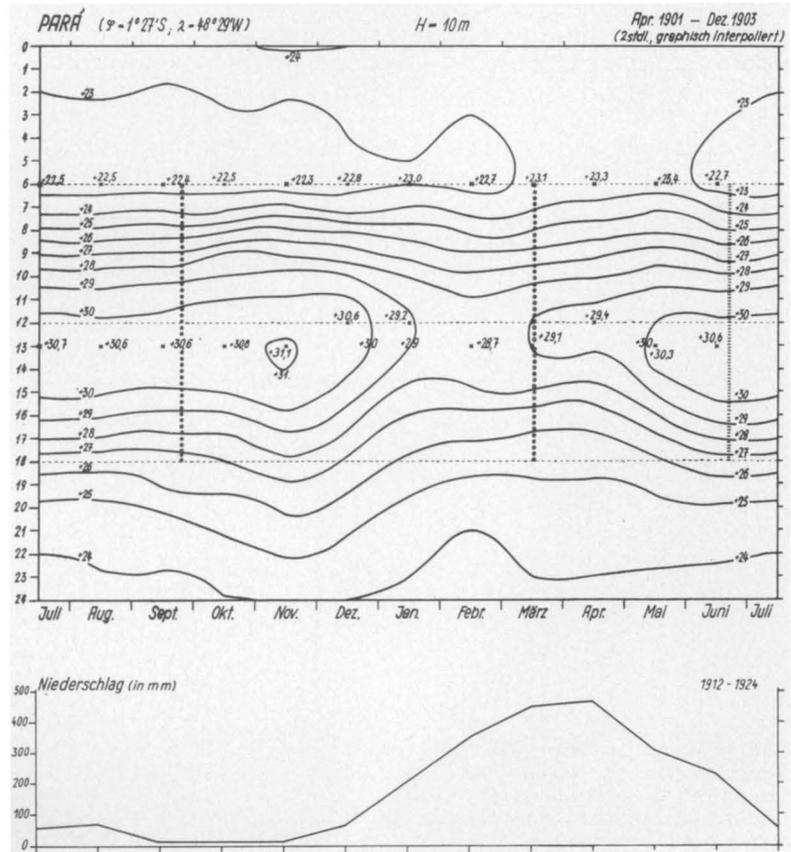


Abb. 2: Thermoisoplethen-Diagramm von Pará (Belem) zur Darstellung des Tageszeitenklimas der Äquatorialzone (Typus V, 1–2). Die Niederschlagskurve zeigt den Einfluß der Bewölkung auf den jahreszeitlichen Gang der Mittagstemperaturen (Einstrahlung) und der Nachttemperaturen (Ausstrahlung) an. Die senkrechten Linien geben — wie bei den folgenden Diagrammen aus den Tropen — die Zeiten der zenitalen Sonnenstände (Punkte) und des niedrigsten Sonnenstandes (Striche) an.

herbst blühen und im Winter ihre Früchte reifen können. Der Lorbeer wächst zu 10 m hohen Bäumen heran und kann ohne Schutz überwintern. Fremdländische Zierbäume wie *Yucca gloriosa*, *Araucaria imbricata*, Magnolien, Myrten, chinesische Camellien, japanischer Bambus und riesige Feigenbäume bieten das Bild einer subtropischen Kulturlandschaft. Auf der anderen Seite aber fehlt die Sommerwärme, und Früchte, die auf diese angewiesen sind, kommen nicht zur Reife, wie Weinrebe, Aprikose und Mandel. Selbst die Kirsche reift nur mit Schwierigkeiten. Eine Eigentümlichkeit des Seeklimas sind die langen Übergangszeiten, ein kühles Frühjahr und ein langer warmer Herbst.

Welch ein Gegensatz dazu im kontinentalsten Nordostsibirien! Dort sinkt die Mitteltemperatur des Januar unter -50°C , die tiefsten Temperaturen kommen nahe an -70°C heran. Die Temperatur des Juli dagegen steigt auf $+15,4^{\circ}\text{C}$ und entspricht der des westlichen England. Die absoluten Extreme schwanken zwischen $-67,8^{\circ}$ und $+33,7^{\circ}\text{C}$, also um über 100°C . Dabei herrscht in den tieferen Bodenschichten die ewige Gefronnis, über der allerdings im warmen Sommer ein mehrere Meter tiefer Auftauboden entsteht, auf dem noch Lärchenwälder von *Larix dahurica* und einige kätzchentragende Bäume wie Birken, Pappeln und Weiden gedeihen können. An bestimmten Stellen wächst das Bodeneis durch Nachfuhr von Wasser aus der Tiefe zu mächtigen Aufblähügeln (Naledj) empor. Selbst Bäume können unter der Wirkung der Winterkälte mit lautem Krachen zum Bersten kommen. Das Wild zieht sich im Winter in den Schutz dieser Wälder zurück, das Atmen ist erschwert und bringt durch Eisbildung in den Nasenlöchern Erstickungsgefahr. Der eigentliche Winter dauert 9 Monate. Der erste Regen fällt Ende Mai oder Anfang Juni, und erst dann lockert sich das Eis der Flüsse. Der Juni bringt in schnellem Übergang Wärme, die allerdings noch durch gelegentliche Nachfröste unterbrochen werden kann. Im Juli sind die Wälder von Mückenschwärmen bevölkert, die das Leben für Mensch und Vieh unerträglich machen und die man sich durch Rauchfeuer fernzuhalten sucht. Schon Mitte August kann wieder Schnee fallen. Ende September beginnen die Schneestürme, und die Flüsse frieren wieder zu.

Zwischen diesen extremen Klimaten spielen sich die verschiedenen Übergänge ab, die man je nach dem Standpunkt der Betrachtung als Abnahme der Ozeanität oder Zunahme der Kontinentalität auffassen kann. Der thermische Ablauf der Jahreszeiten und die Länge der Vegetationsperiode sind in diesen Breiten die für eine natürliche Klimaklassifikation entscheidenden Merkmale. Auf die euozeanische Zone Westeuropas, in der noch

die Stechpalme und andere immergrüne Holzpflanzen gedeihen, folgt etwa entlang der 2° -Isotherme des kältesten Monats die subozeanische Zone Mitteleuropas und des Donaupraumes, in der der strengere Winter eine vollkommene Vegetationsruhe erzwingt, wo aber Rotbuche, Edeltanne, Traubeneiche und Efeu noch stark ozeanische Züge erkennen lassen (Temperatur des kältesten Monats $+2^{\circ}$ bis 3°C , Vegetationsdauer von über 200 Tagen). Man hat die Grenze der Rotbuche mit einer Linie verglichen, längs der eine mittlere Temperatur von 5°C noch während 210 Tagen des Jahres vorhanden ist (F. ENQUIST 1924; E. RUBINSTEIN 1924).

Eine weitere Verkürzung der Vegetationszeit und Verstärkung der Winterkälte führt in die euroozeanische Laubwaldregion Mittelrußlands (mit Stieleiche, Linde und Spitzahorn), die etwa in der Linie von Mittelschweden und Südfinnland zum südlichen Ural an die boreale Nadelwaldregion grenzt. Dort herrscht eine Vegetationsperiode mit einer mittleren Tagestemperatur von 5°C nur an 160 Tagen des Jahres. Alle diese Grenzlinien und schließlich auch die polare Grenze des Wald- und Baumwuchses sind ein Ausdruck der abnehmenden Vegetationsdauer, die aus der mittleren Temperatur der Breitenlage und dem Grad der Ozeanität bzw. der Kontinentalität resultiert. Im Westen überwiegt der Einfluß des Ozeans, und die Grenze der euozeanischen Stechpalmenzone verläuft ungefähr der Küste parallel von NNE nach SSW. Die Grenze der subozeanischen Buchenzone weiter binnenwärts ist von NW nach SE gerichtet, die der euroozeanischen Eichenzone von WNW nach ESE. Alle drei Linien konvergieren gegen das westliche Norwegen und laufen dort zur Küste aus. Die polare Waldgrenze schließlich hat im ganzen einen allgemeinen westöstlichen Verlauf. Man bringt sie mit der 10° -Isotherme des Juli oder einer Vegetationsperiode von 100 Tagen mit über 5°C in Verbindung (BROCKMANN-JEROSCH 1919). Während in Eurasien der Übergang vom hochozeanischen zum hochkontinentalen Klima sich Schritt für Schritt über 140 Breitengrade vollzieht, verursacht in Nordamerika der nordsüdliche Verlauf der Kordilleren einen gleichen Sprung von der Küste Südalaskas bis zum Mackenziegebiet.

Die kontinentalen Nadelwaldklimata des nördlichen Eurasien und des nördlichen Nordamerika mit ihren im Sommer üppig grünenden, im Winter tief verschneiten Wäldern und den lange gefrorenen Flüssen und Seen haben kein Gegenstück auf der südlichen Halbkugel. An Stelle der riesigen Landmassen zwischen 60 und 70° nördlicher Breite dehnt sich auf der südlichen Halbkugel zwischen 55 und 65° Breite der geschlossene, nur

von winzigen ozeanischen Eilanden unterbrochene subantarktische Wasserring aus. Die Ozeanität ist dort an der Südspitze von Südamerika, von Neuseeland und auf Tasmanien bereits der der Faer Oer gleich, und auf den subantarktischen Inseln (Südgeorgien, Südsandwich-Inseln, Kerguelen, Macquarie-Inseln etc.) ist sie noch ausgeprägter. Die letztgenannten Inseln bei $54^{\circ}3'$ s. Br. haben wohl das thermisch ausgeglichene Klima der Erde, das der Isothermie am nächsten kommt (Abb. 7). Die Tagesschwankung beträgt nur $3,5^{\circ}\text{C}$, und die 24stündigen Schwankungen sind in den einzelnen Monaten mit $0,5$ bis 2°C noch geringer. Die mittleren Stundentemperaturen des Jahres schwanken nur zwischen $2,8^{\circ}$ und $7,7^{\circ}\text{C}$. Es handelt sich also um den kuriosen Fall eines Klimas ohne ausgeprägte Jahreszeiten und Tageszeiten. Das Klima ist ewig kühl und naß, Schnee fällt häufig, taut aber immer wieder schnell weg. Wenn Fröste auftreten, sind sie von ganz kurzer Dauer und dringen nur wenige Zentimeter in den Boden ein. Winter und Sommer sind wohl noch etwas unterschieden, aber von einem Frühling oder Herbst kann man nicht sprechen. Waldwuchs ist nicht möglich, weil die warme Jahreszeit fehlt. Die Vegetation ist zusammengesetzt aus Büschelgräsern, Hartpolstergewächsen, Zwergspalierrasen und wolligen Kräutern. Bei der Isothermie und Frostarmut ist es aber auch verständlich, daß schon eine allgemeine Temperaturerhöhung um einige Grad ein günstiges Klima schafft, das auch anspruchsvollen Pflanzen das Leben ermöglicht. So finden wir schon auf der Stewartinsel im Süden von Neuseeland nicht nur immergrüne, das ganze Jahr über vegetierende Wälder, sondern darin be-

reits alle Gattungen der Baumfarne, die uns hier in Europa als Pflanzen der Tropenzone erscheinen. Im Blüten der Pflanzen tritt kein völliger Stillstand ein, so daß in Südneuseeland die vom Nektar der Blumen lebenden Honigvögel als Standvögel leben können, ebenso wie in Westpatagonien und Feuerland die amerikanischen Kolibris. Westpatagonien und Neuseeland sind trotz der ozeanischen Weiten, die sie trennen, nicht nur ökologisch, sondern auch floristisch sehr nahe verwandt. Südbuchen der Gattung *Nothofagus*, die breitnadeligen Koniferen der Gattung *Podocarpus*, immergrüne *Weinmannia*- und Myrtenbäume, Fuchsien, Farne vom baumförmigen Wuchs bis zu den zarten, Stämme und Äste überziehenden Hautfarne sind in beiden Gebieten vertreten. Auf den Inseln des neuseeländischen Sektors kommt bei diesen Verhältnissen die Tropenvegetation der waldfreien Subpolarzone am nächsten (C. TROLL 1948). Solange nämlich die Temperaturen ganz über dem Gefrierpunkt bleiben, gedeihen noch viele Tropengewächse, z. B. Palmen und echte Baumfarne bei niederen Mitteltemperaturen. Aber schon wenig weiter südlich können, auch wenn alle mittleren Stundentemperaturen des Jahres über dem Gefrierpunkt bleiben (wie auf den Macquarie-Inseln, Abb. 7), kurzdauernde Fröste in allen Monaten des Jahres eintreten, was dem Baum- und Waldwuchs überhaupt ein Ende setzt. Etwas Ähnliches treffen wir nur wieder im äquatorialen Klima Columbiens in der vertikalen Anordnung der Vegetationsgürtel. Dort gibt es im frostfreien, jahreszeitenlosen Bergwaldklima noch Palmwälder bei 3200 m , aber schon 400 m höher überhaupt keinen Baumwuchs mehr.

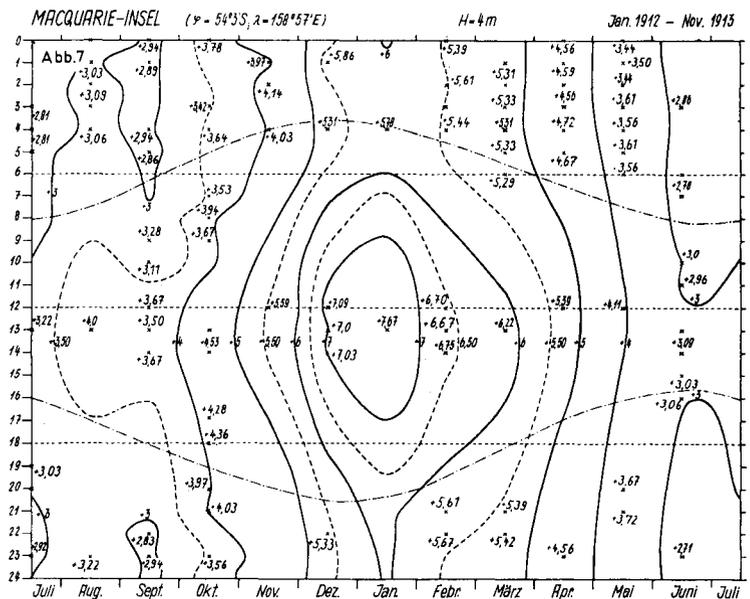


Abb. 7: Thermoisoplethen-Diagramm der Macquarie-Inseln in der hochozeanischen Subantarktis (Typus I, 4). Die Station hat bei sehr geringen Jahres- und Tagesschwankungen das ausgeglichene Klima der Welt.

3. Die hygrischen Jahreszeiten der Tropen

Als die Spanier das tropische Amerika entdeckten und besiedelten, fanden sie dort ein Klima vor, das den ihnen gewohnten Wechsel eines kühlen regenreichen Winters und eines heißen trocknen Sommers nicht kannte, wohl aber den Wechsel von Regen- und Trockenzeiten bei ganz geringen Wärmeunterschieden. Sie nannten daher die nasse Jahreszeit mit den Überschwemmungen der Tieflandströme, den aufgeweichten Wegen und der erhöhten Gefahr der Infektionskrankheiten „Invierno“ (obwohl sie mit dem astronomischen Sommer zusammenfällt), die trockene Jahreszeit „Verano“. Dies ist ein Ausdruck dafür, daß in den Tropen ganz allgemein die Jahreszeiten von Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Wasserhaushalt bestimmt werden. Die Menge der Niederschläge fällt dabei durch die tägliche Erwärmung und das konvektive Aufsteigen der Luftschichten in sogenannten Zenitalregen, die gewöhnlich in Form von nachmittäglichen Wärmegewittern niedergehen. Entsprechend dem zweimaligen Zenitstand der Sonne am Äquator, dem einmaligen an den Wendekreisen („zone équatoriale“ und „zone tropicale“ der französischen Klimatologie) rücken die zenitalen Regenperioden gegen die Wendekreise allmählich zu einer Regenzeit zusammen; und zwischen ihnen liegt eine längere und eine kürzere Trockenzeit. Die Spanier nannten die kürzere Trockenzeit, die etwa in die Zeit der Sommersonnenwende fällt, „Veranillo“. Auf der Nordhalbkugel gaben sie ihr den Namen „Veranillo del San Juan“ (kleine Johannistrockenzeit), auf der Südhalbkugel „Veranillo del Niño“ (kleine Christkindtrockenzeit). Diese Verhältnisse gelten mehr oder weniger auch für das tropische Afrika und Südostasien.

Nicht alle tropischen Regenwälder liegen im Gebiete der äquatorialen zenitalen Niederschläge. Es gibt noch einen anderen weit verbreiteten Klimatyp mit Regen zu allen Jahreszeiten, bei dem aber zwei genetisch verschiedene Regenzeiten abwechseln, eine sommerliche Zeit der konvektiven Zenitalniederschläge und eine winterliche Zeit mit advektiven Passatregen. Passatische Niederschläge entstehen dort, wo die winterlichen Passate, die in den Nordtropen als Nordostpassate, in den Südtropen als Südostpassate wehen, zum Aufsteigen gezwungen werden, also vor allem an den Ostabdachungen der Gebirge und an den Ostseiten der Festländer (Ostseite Mittelamerikas, Osthang der Anden von Peru, Bolivien und Nordwestargentinens, Ostküste Brasiliens und Serra do Mar, Ostabdachung Madagaskars, Queensland usw.). In diesen Fällen wirkt dann die Zeit der winterlichen Steigungsregen meist als die feuchtere Jahreszeit, da die ständig wehenden Passate hohe Luft-

feuchtigkeit, Nebel und Nieselregen erzeugen, während die Zeit der sommerlichen Zenitalregen mit tageszeitlichen Gewittergüssen zwar hohe Niederschlagssummen ergibt, dazwischen aber viel heiteres Wetter mit geringerer Luftfeuchtigkeit hat.

Geographen, Meteorologen, Botaniker und Bodenforscher haben sich seit langem bemüht, den Wechsel der Klimate verschiedener Feuchtigkeitsgrade für eine natürliche Klimaklassifikation auch zahlenmäßig zu fassen. Da die gleiche Niederschlagsmenge je nach der Temperatur und der besonders von der Temperatur abhängigen Verdunstung ganz verschiedene Wertigkeit für den Haushalt der Landschaft besitzt, muß man *hygrothermische Indizes* aufstellen. Zunächst wählte man sehr einfache Formeln für dieses Verhältnis: Der Regenfaktor von R. LANGE $\frac{N}{T}$, der N/S-Quotient von A. MEYER, der Ariditätsindex von E. DE MARTONNE $\frac{N}{T+10}$ gehören hierher (wobei N die Jahressumme des Niederschlags, T die mittlere Jahrestemperatur, S. das mittlere Sättigungsdefizit der Luft bedeutet). Für kompliziertere Formeln wurden auch die Zahl der Regentage, die mittlere Luftfeuchtigkeit, die Windgeschwindigkeit usw. herangezogen. Versuche, aus solchen Quotienten entworfene Klimakarten mit der natürlichen Verbreitung der Vegetationsformationen in Einklang zu bringen, haben schließlich zu der Erkenntnis geführt, daß die Jahreswerte von Temperatur, Niederschlag und Feuchtigkeit viel weniger besagen als die Dauer der ariden und humiden Jahreszeiten. Für die Vegetationszone des tropischen Afrika und Südamerika haben sich die folgenden Werte der ombrothermischen Klimate als geeignet erwiesen (LAUER, 1952):

12–9 ¹ / ₂ humide Monate	Gürtel des Regenwaldes
	und Übergangswaldes
9 ¹ / ₂ –7 humide Monate	0–2 ¹ / ₂ aride Monate
7–4 ¹ / ₂ humide Monate	Feuchtsavannengürtel
	2 ¹ / ₂ –5 aride Monate
4 ¹ / ₂ –2 humide Monate	Trockensavannengürtel
	5–7 ¹ / ₂ aride Monate
2–1 humide Monate	Dornsavannengürtel
	7 ¹ / ₂ –10 aride Monate
1–0 humide Monate	Halbwüstengürtel
	10–11 aride Monate
	Wüstengürtel
	11–12 aride Monate

Regenzeit und Trockenzeit beherrschen das Natur- und Menschenleben in den Tropen wie Winter und Sommer in unseren Breiten. Der Jahresrhythmus des Tierlebens nach Brunst und Brutzeit, der Zug der Vögel und die Wanderung der Heuschreckenschwärme, das Auftreten parasitärer

Krankheiten für Mensch und Vieh, die Wanderungen des Weideviehs zwischen nassen und trockenen Futterplätzen, alles spielt sich im Wechsel der Regen- und Trockenzeit ab. Die Fallaubwälder der Tropen sind trockenkahl, die Fallaubwälder unserer Breiten winterkahl. Die Besiedlung weiter Landstriche mit genügend Regen, aber schlechten Grundwasserverhältnissen kann lediglich davon abhängen, ob die Menschen die Fähigkeit haben, sich Wasserreserven für die Trockenzeit anzulegen. Der Beginn der Regenzeit ist in den wechselfeuchten Tropen das Erwachen der Natur, und so wie bei uns die Knospen der Bäume schon vor Einsetzen der Wärme schwellen, so kündigt sich der Tropenfrühling dadurch an, daß bestimmte trockenkahle Bäume und Sträucher schon vor dem Einsetzen des Regens und vor der Belaubung ihre Blüten entfalten. Und da mit dem Anstieg in die Gebirge im allgemeinen die Menge der Niederschläge und die Dauer der Regenzeit wächst, steigt der Tropenfrühling von den Bergen in die Ebene hinab, wie in den Gebirgen der höheren Breiten mit der Erwärmung im Frühling von der Ebene in die Berge.

Aride und humide Jahreszeiten beherrschen die Tropenklimate auch in den größeren Meereshöhen, wo den niedrigen Temperaturen entsprechend

schon geringere Niederschläge ausreichen, um eine bestimmte Humidität des Klimas zu erreichen. Für Tropenländer, bei denen die Kernlandschaften sich zu großen Meereshöhen erheben, wie Mexiko, Costa Rica, Columbien, Venezuela, Ecuador, Peru, Bolivien und Äthiopien ist die Aufhellung dieser Zusammenhänge von großer Wichtigkeit. In den Anden unterscheidet schon der Volksmund in den großen Höhen über der Grenze des Waldes zwischen den immerfeuchten tropischen Hochgebirgslandschaften, die mit dem spanischen Wort „Paramo“ bezeichnet werden, und den periodisch trockenen bis sehr trockenen Hochregionen, für die sich die indianische Bezeichnung „Puna“ eingebürgert hat. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus hat man weiter unterschieden zwischen einer feuchten Puna oder Graspuna, einer Trockenpuna, einer Dornpuna und einer Wüstenpuna (TROLL, 1943 b), entsprechend der Abstufung der Savannengürtel des Tieflandes. In dem geschlossenen Gebirgsgürtel der Anden vom Karibischen Meer bis zur Puna de Atacama von Nordchile und Nordwestargentinien folgen diese Zonen gesetzmäßig aufeinander, wobei sich mit der zunehmenden Trockenheit auch die Tagesschwankungen der Temperatur verstärken (Abb. 8). In der Trockenpuna Süd-bolivians und der Puna de Atacama sind bisher

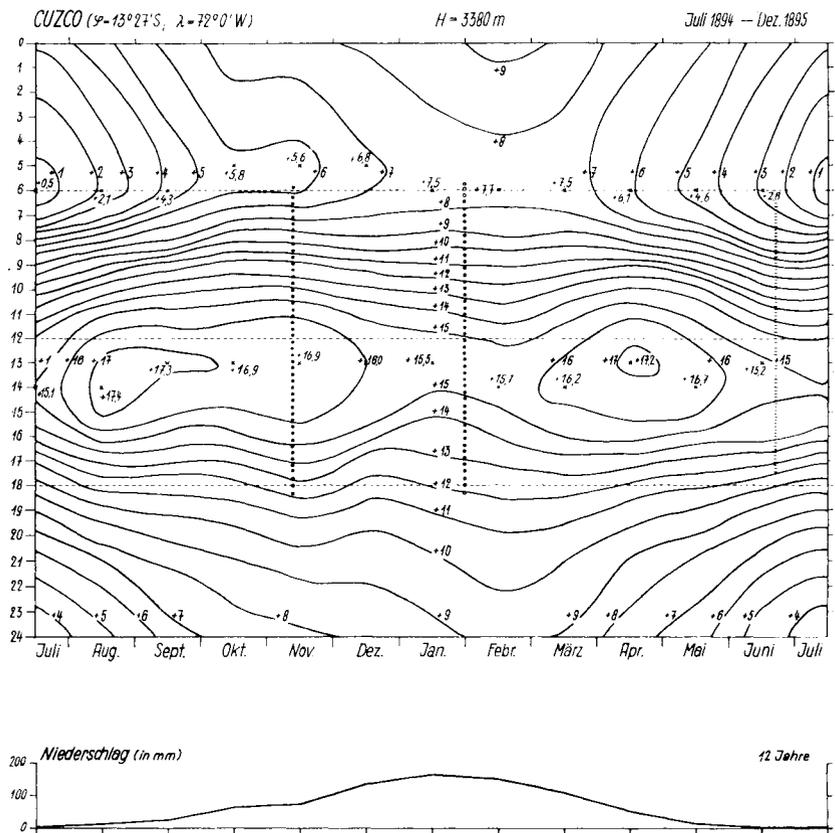


Abb. 8: Thermoisoplethen-Diagramm von Cuzco (Peru) in 3380 m Meereshöhe, als Beispiel eines wechselfeuchten Höhenklimas der Tropen (Zone der Feuchten Puna). Sehr große Tagesschwankungen, aber auch schon fühlbare Jahreschwankungen der Temperatur gegenüber dem immerfeuchten äquatorialen Höhenklima (Abb. 3).

die überhaupt größten Tagesschwankungen der Temperatur mit über 50° C gemessen. Der Wechsel der Erscheinungen unter solchen ariden, tropischen Hochgebirgsbedingungen ist kaum vorstellbar. Nachts sinkt das Thermometer bis -20° C, und die Wasserrinnen und Quellen erstarren in Eis. Der folgende Tag bringt Mittagshitze von 20—30° C mit Fata Morgana, Luftwirbeln und Sandhosen in den Steppen und Salzwüsten zwischen 3500 und 5000 Meter.

In den randlichen Tropen, namentlich im trockenen Innern der Kontinente (Sudan, Kalahari, Nordaustralien, Dekanplateau Vorderindiens) kann auch die tageszeitliche Wärmeschwankung schon Werte erreichen, die dem ozeanischen Westen Europas gleichkommt (im Mittel in Timbuktu 13,6° C, in Nagpur 15,2° C). Bei den dortigen Sommerregenklimaten macht sich dann aber die Bewölkung und der Niederschlag auch im Jahresgang der Temperatur bemerkbar. Die Temperatur steigt im trockenen Frühjahr mit dem Steigen des Sonnenstandes sehr schnell an und erreicht ihren Höhepunkt schon im April oder Mai. Die dann einsetzende Regenzeit läßt die Temperaturen der Tagesstunden wieder absinken. Man spricht dann vom indischen Typ des jährlichen Temperaturgangs und unterscheidet drei

Jahreszeiten: die kühle trockene Winterzeit, die trockene und heiße Frühjahrszeit und die wieder etwas kühlere, aber feuchte und dadurch auch schwülere Sommerzeit. Wie das Beispiel von Kalkutta (Abb. 9) zeigt, ist der Temperaturgang der Nacht ein ganz anderer als der der Mittagsstunden. Die tiefsten Nachttemperaturen entstehen im Winter durch den niedrigen Sonnenstand und die ungehinderte Ausstrahlung, die höchsten Nachttemperaturen in der sommerlichen Regenzeit durch die starke Behinderung der Ausstrahlung. Nicht nur Indien, sondern auch der afrikanische Sudan, Mexiko, die Philippinen und andere randtropische Länder folgen diesem Typus von drei durch Sonnenstand und Regenzeit bedingten Jahreszeiten. Wenn die sommerliche Regenzeit nur kurz oder schwach ausgebildet ist, kann im Herbst ein nochmaliger Anstieg der Temperatur erfolgen, wie es z. B. bei Khartum (Abb. 10) der Fall ist.

An tropischen Küsten und in tropischen Gebirgen können die hygrischen Jahreszeiten durch periodische Nebelbildungen verändert werden. Bekannt sind die nebelreichen Kaltwasser- und Wüstenküsten in Südwestafrika und an der Atacamaküste Südamerikas. Die winterliche „Garua“-Nebeldecke der peruanischen Küste befeuchtet die Hügel (Lomas) und erzeugt eine vorübergehende

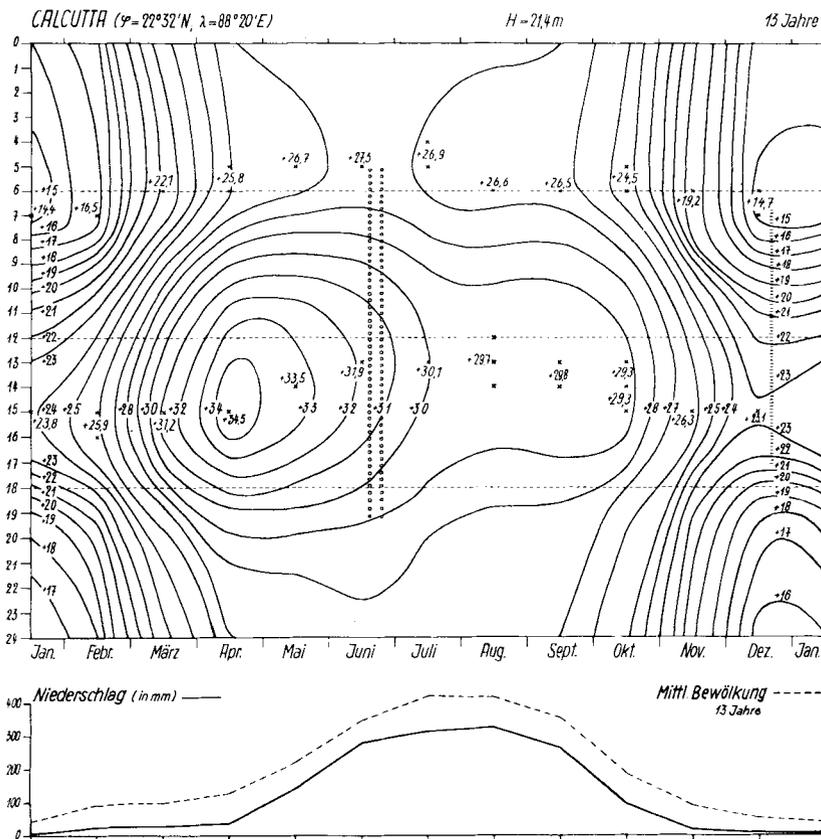


Abb. 9: Thermoisoplethen-Diagramm von Calcutta als Beispiel des tropisch-sommerhumiden Feuchtklimas (Typus V, 2) mit dem sog. Indischen Typus des Jahresganges der Temperatur mit drei Wärmejahreszeiten.

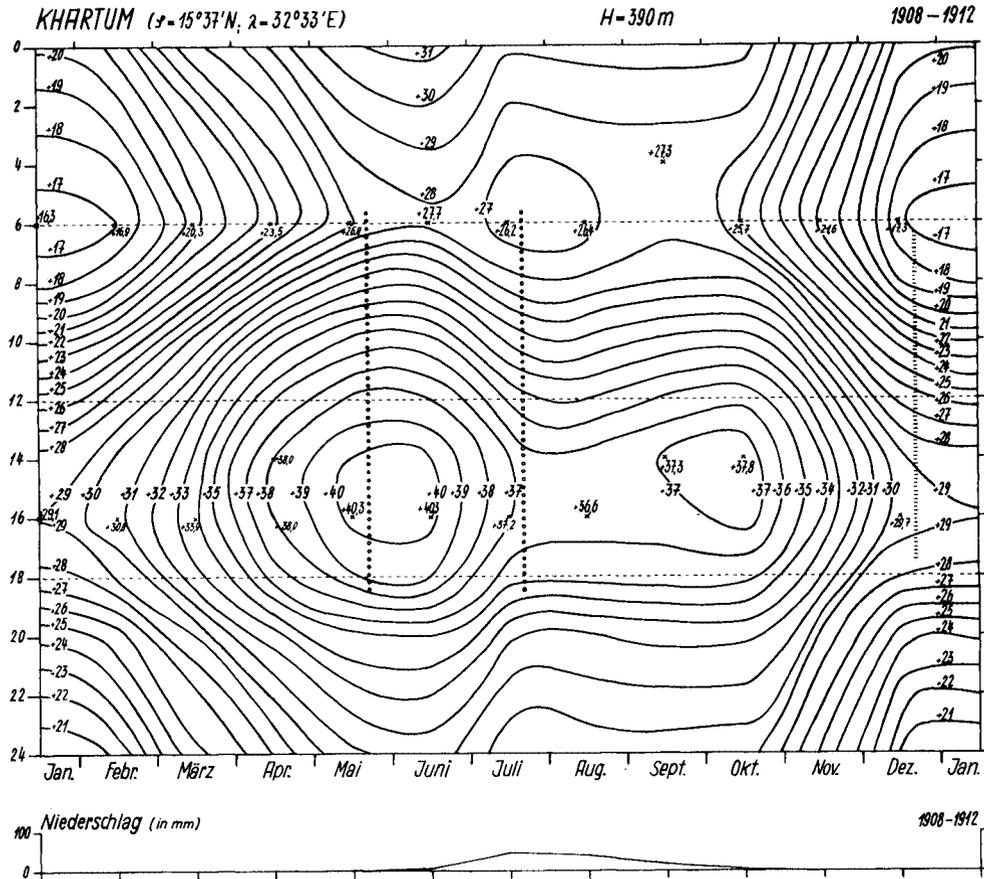


Abb. 10: Thermoisoplethen-Diagramm von Khartum als Beispiel des tropischen Trockenklimas mit Abstumpfung der sommerlichen Erwärmung durch die kurze Sommerregenzeit (Typus V, 4).

„blühende Wüste“ („tiempo de lomas“) (KOEPCKE, 1953), die sogar Hirten des sommerfeuchten Hochlandes zu jahreszeitlichen Herdenwanderungen veranlaßt. Die Verschiebung der Kaltwasserbereiche mit dem Wechsel des Sonnenstandes hat aber auch zur Folge, daß die Nebelzeiten im Norden und Süden auch mit Regenzeiten interferieren. An der Außenküste von Ecuador werden die vorspringenden bergigen Halbinseln, die nur sommerliche Zenitalregen erhalten, in der regenlosen Zeit so stark von Nebeln befeuchtet, daß Regenwälder entstehen und sich die Jahreszeiten umkehren (C. TROLL, 1930). Umgekehrt greifen in Chile die Küstenebel über den Bereich der Wüste hinaus, in die Zone der etesialen Winterregen. So kommt es in der Gegend von Coquimbo bei Frai Jorge zu immergrünen Wäldern von *Aextoxicum punctatum*, die auf sommerlichen Nebeln und winterlichen Westwindniederschlägen beruhen (SKOTTSBERG 1950, SCHMITHÜSEN 1956). Das Gegenstück dazu auf der Nordhemisphäre sind die Sommernebel der kalifornischen Küste, die zusammen mit den winterlichen etesialen Niederschlägen die

üppigen Wälder des „Coastal Red Wood“ (*Sequoia sempervirens*) hervorbringen (COOPER, 1917, BYERS, 1930).

4. Die thermischen und hygrischen Jahreszeiten der außertropischen Klimate

Während die Klimatypen der heißen Tropen ausschließlich nach hygrischen Jahreszeiten, die der immerfeuchten gemäßigten Breiten allein nach dem thermischen Ablauf des Jahres gegliedert werden, bleiben in den warmgemäßigten, kühlgemäßigten, kaltgemäßigten und polaren Gürteln noch weite Gebiete, in denen die Schwankungen der Temperaturen und der Niederschläge einen komplizierten Ablauf des Naturgeschehens bedingen. Es sind die ariden und wechselfeuchten Klimagebiete der außertropischen Breiten. Die winterkalten Steppen und Wüsten liegen vor allem in den Nordkontinenten, im Inneren Eurasiens und Nordamerikas in zwei Gürteln angeordnet, die einerseits vom unteren Donauebiet durch Süd-

rußland, das kaspische Gebiet und durch Westturkestan bis zu den zentralasiatischen Hochländern und zur Mongolei reichen, andererseits das große Becken, das Coloradoplateau, das Columbia-plateau und die Grassteppen der Plains in Nordamerika umfassen. Regenarm ist auch der größere Teil der Arktis, doch wirkt sich im Polargebiet bei der viel geringeren Verdunstung erst eine starke Niederschlagsarmut in der Landschaft aus. Die neueren Forschungen der Dänen haben auch noch in hochpolaren Breiten Grönlands Wüsten mit Salzböden, Wüstenkrusten und Flugsand festgestellt: Wir folgen in der Darstellung den Breiten-gürteln von der Arktis zum Rande der Tropen und werfen zuletzt noch einen Blick auf die Südhalbkugel.

Im Peary Land, dem nördlichsten Land der Welt bei 82° n. Br. hat B. FRISTRUP eine echte arktische Wüste beschrieben (1953 und 1952/3). Das Klima ist bei einer mittleren Julitemperatur von +6,3° C und einer mittleren Januartemperatur von -31° C ausgesprochen kontinental und dabei vollardig (100 bis 125 mm Niederschlag). Die Tagesschwankungen sind der hohen Breite entsprechend kaum fühlbar. Im Winter fällt nur ganz wenig Schnee, meist in Form feiner, nadelförmiger Schneekristalle, die vom Wind leicht verweht werden, so daß weite Gebiete auch im Winter schneefrei sind und Schlittenverkehr unmöglich ist. Im Sommer gibt es eine frostfreie Periode von etwa 70 Tagen, die länger ist als in irgendeinem anderen Teil Grönlands. In dieser Zeit fallen Regen- und Graupelniederschläge. Dieser arktische Sommer genügt, um an feuchten Stellen ein reiches Pflanzen- und Tierleben entstehen zu lassen. Der Übergang vom ständig gefrorenen Winter zum kurzen frostfreien Sommer ist so plötzlich, daß es nur wenige Tage dazwischen mit Wechsel von Frost und Tauen gibt. Es handelt sich also um ein höchst eigentümliches Klima ohne Frühling und Herbst, mit einem 10 Monate langen polaren Winter und einem 2 Monate langen Sommer, wobei Kälteruhe und Trockenruhe völlig zusammenfallen. In den arktischen Steppen, wie sie T. W. BÖCHER (1949 u. 1954) vom Hintergrund des Söndre Strömfjords in Nordwestgrönland bei 77° n. Br. beschrieben hat, ist das Pflanzenleben vorwiegend von Halbsträuchern der *Artemisia borealis* und verschiedenen Süß- und Sauergräsern gebildet.

Auch in den kontinentalsten Teilen der borealen Waldgürtel des nördlichen Eurasiens, wo die Niederschläge periodisch zu werden beginnen (Ost-sibirien), fällt die Zeit der Winterruhe mit der Trockenruhe zusammen. Die warmen Sommermonate empfangen den größten Teil des Nieder-

schlags. Anders wird das Bild, wenn wir aus dem Waldgürtel südwärts in die Steppen Südrußlands und Zentralasiens gehen. Dann wird sowohl der Winter als auch der Spätsommer trocken, und die Hauptregenzeit liegt im Frühling und Frühsommer.

Zwischen dem Feuchtwaldgürtel Nordrußlands und den echten Wüsten Aralokaspiens folgen entsprechend der Abnahme der Niederschläge fünf Zonen des Klimas, der Bodentypen und der Vegetation aufeinander: Die Wald-Wiesensteppe, die Grassteppe mit Schwarzerdeböden, die Halbstrauch- oder Wermutsteppe mit kastanienfarbigen Böden, die Wermut-Wüstensteppe mit grauen Wüsten- und Salzböden und schließlich die Vollwüste (POLETIKA, W. v. 1932, WALTER, H. 1943). Dieselben Gürtel durchwandern wir in Nordamerika von Ost nach West vom Mississippi über das Felsengebirge und das große Becken bis zur Mündung des Coloradoflusses (SHANTZ a. ZON, 1924, MARBUT, C. F. 1925).

Die jahreszeitlichen Gegensätze verschärfen sich mit dem Fortschreiten in die trockeneren Zonen. Den strengen Wintern mit ihren Schneestürmen (Burane, Blizzards) steht der dürre Hochsommer mit Staubstürmen gegenüber. Im Frühjahr und Frühsommer erfährt die Vegetation der Steppen die höchste Entfaltung, gelegentlich im Nachsommer ein nochmaliges schwächeres Aufleben. In der Grassteppe schildert H. WALTER die Aufeinanderfolge der jahreszeitlichen Aspekte etwa folgendermaßen: Ende April erscheinen die ersten Vorfrühlingsboten zwischen den abgestorbenen Resten der vorjährigen Pflanzen, wie *Adonis*, *Pulsatilla*, *Tulipa*, *Gagea* und *Crocus*. Mitte Mai ergrünt der Rasenteppich, und auf ihm erscheinen die Blüten des Vollfrühlings wie *Anemone*, *Potentilla*, *Paeonia*, *Iris*, und an steinigten Hängen schmücken sich *Prunus spinosa*, *Amygdalus nanus* und *Caragana frutex* mit Blüten. Ende Mai und Anfang Juni beginnt der Frühsommer. Die Stippa-Gräser sind herangewachsen, und ihre Federgrannen wogen zusammen mit den Rispen von *Bromus*, *Festuca* und *Koeleria* im Winde, über die sich die blauen Blüten von *Salvia* erheben. Schon in der zweiten Hälfte des Juni ist die Blütenpracht vorbei, und die Steppe beginnt sich braun zu färben. Die Zahl der Sommerblüher ist viel geringer. Im August und Anfang September sind es vor allem Umbelliferen und A stern. Von September bis zum Schneefall ist die Steppe tot. Auch die Halbsträucher der noch trockeneren Wermutsteppen, die im Winter kahl dastehen, treiben im Frühjahr ihre silbergrauen Zweige aus und machen danach eine relative Sommerruhe durch, während die zahlreichen einjährigen Pflanzen sich auf Frühlings- und Herbstblüher verteilen. In diesen Steppen der gemäßig-

ten Breiten sind also anders als in der Arktis Trockenruhe und Kälteruhe jahreszeitlich scharf getrennt.

In den warmgemäßigten Breiten von etwa 40° Br. bis zum Rand der Tropen werden die Niederschläge ausgesprochen periodisch, während die Gegensätze der Temperaturen nachlassen. Daher werden die Jahreszeiten noch stärker vom Gang der Niederschläge beherrscht. An der Westseite der Kontinente, im ganzen Umkreis des Mittelmeeres in Mittelkalifornien, in Mittelchile, in Kapland sowie in Südwest- und Südaustralien wechseln Winterregen und Sommerdürre. Man hat diese Klimate nach den trockenen Sommerwinden der Aegaeis „Etesienklimate“ genannt. Umgekehrt sind in der gleichen Breite die Ostseiten der Kontinente von Klimaten mit Sommerregen und Wintertrockenheit eingenommen, vor allem in Asien mit seinen vom tropischen Indien bis Japan reichenden Monsunklimaten. Dazwischen verläuft von Nordafrika bis Zentralasien der Wüstengürtel, der also die subtropischen Winterregen- und Sommerregengebiete trennt.

In den Sommerregengebieten herrscht eine klare Periodizität des Wachstums, da jetzt wieder die warme und die feuchte Jahreszeit zusammenfallen. Für die Abgrenzung der tropischen gegen die warmgemäßigte-subtropische Zone ist in Ostasien, wie H. v. WISSMANN gezeigt hat (v. WISSMANN, H., 1939 u. 1948), die wirksame Frostgrenze (mittleres Minimum + 2° C) entscheidend. Der Anbau von Kokospalme, Kaffee, Ananas, Maniok und anderen Tropenpflanzen erleidet dort ein Ende. Die Grenze fällt auch ungefähr mit der Isotherme des kältesten Monats von 13° C zusammen. Südchina bis über den Sikiangfluß und Formosa gehören damit noch zur Tropenzone. Bis zur Isotherme des kältesten Monats von + 4° C reichen im sommerfeuchten Subtropenklima noch die Zitrusfrüchte, der Teestrauch und die nördlichsten Palmen. Mit der Temperatur des kältesten Monats von + 2° C wird schließlich die Grenze der immergrünen, hartlaubigen und lorbeerblättrigen Bäume erreicht. Winterkahle Laubbäume neben Nadelbäumen treten an ihre Stelle. Dies ist in China nördlich des Yangtse der Fall. Es ergibt sich klar, daß es in Ostasien die zunehmende Kälte der winterlichen Jahreszeit ist, die dem Naturgeschehen den Stempel aufdrückt, ganz anders als im hohen Norden, wo gerade die sommerliche Wärme und die Dauer der warmen Jahreszeit entscheidend sind.

Wieder anders liegen die jahreszeitlichen Verhältnisse im sommertrockenen Mittelrangebiet. Der Winter bietet hinreichende Feuchtigkeit, ist aber für anspruchsvolle Gewächse

zu kühl, der Sommer ist durch hohe Wärme ausgezeichnet, aber durch Dürre behindert. Entscheidende Veränderungen spielen sich auch von Norden nach Süden ab. Die absolute Frostgrenze wird auf dem europäischen Festland nur an der Südküste Spaniens erreicht, und auf der afrikanischen Gegenküste ist nur der unmittelbare Küstenbereich von Libyen und Ägypten frostfrei. Die frostempfindlichen Kulturen der immergrünen Zitrusarten, des Ölbaumes und die immergrünen Macchien treffen wir erst in der eigentlichen Mittelerranregion Mittelitaliens und der dalmatinischen Küste (mit einer mittleren Januaratemperatur von über 4° C) an, nicht in der winterkalten Poebene. Auch die Sommertrockenheit stellt sich südwärts erst schrittweise ein. Die Zahl der Trockenmonate mit Niederschlägen von unter 20 mm beträgt in Tripolis 6–7, in Malta 4–5, auf Sizilien 3–4, in Rom nur 1. Obertalien hat Niederschläge zu allen Jahreszeiten und dementsprechend noch laubwerfende Wälder von „submediterranen“ Holzarten (Edelkastanien, Flaumeiche, Blumenesche, Hopfenbuche, franz. Ahorn etc.) und auch Kulturen von laubwerfenden Holzarten (Maulbeerbaum, Pfirsich, Mandel, Feige, Weinrebe).

Der Rhythmus der Jahreszeiten ist für die verschiedenen Gewächse je nach ihren Wärmeansprüchen verschieden, und die Aufblüh- und Erntezeiten wechseln, wie H. LAUTENSACH (1955) im einzelnen für die Iberische Halbinsel gezeigt hat, mit Breitenlage, Höhenlage, vom feuchten, sommerkühlen atlantischen Bereich zum trockeneren, sommerheißen Bereich und von den peripheren zu den zentralen Teilen der Halbinsel. Die wärmebedürftigen Feldfrüchte können nur im Sommer gebaut werden, entweder im submediterranen Gebiet auf Grund der sommerlichen Regen (Mais, Reis) oder im Süden mit künstlicher Bewässerung (Zuckerrohr, Reis, Baumwolle). Die Falllaubebäume ruhen im Winter. Edelkastanie, Feige und Weinstock entfalten ihr Laub im zeitigen Frühjahr (März bis April) und fruchten im Herbst; Mandel und Pfirsich blühen schon im Januar und Februar und fruchten im Hochsommer. Bei den immergrünen Bäumen verschiebt sich die Ernte in den kühlen Winter, beim Ölbaum, der im Mai und Juni blüht, auf den Dezember, bei den Apfelsinen auf Dezember bis Februar. Die immergrünen Holzarten der Macchie blühen zu ganz verschiedenen Zeiten, Zistrosen, Rosmarin u. a. im Frühjahr, Lavendel und Ginster bis in den Sommer, Oleander im Hochsommer, der Erdbeerbaum vom Herbst bis Frühjahr. Unsere europäischen Getreidearten Weizen, Gerste und Hafer werden als Wintergetreide schon zeitig im September gesät und reifen von Mai bis Juli.

Zwischen das feuchte Mittelrangebiet und den

saharisch-vorderasiatischen Wüstengürtel schaltet sich der mediterran-vorderasiatische Steppengürtel ein, der sich durch seine Sommerdürre scharf von den sommerfeuchten Grasländern auf der tropischen Seite des Wüstengürtels, durch die geringe Winterkälte aber auch von den kontinentalen Steppen Zentralasiens und Nordamerikas unterscheidet. Die milden Winter gestatten bereits Verwandtschaften und Lebensformen der Tropen das Fortkommen (dornige Bäume verschiedener Akazienarten, Christodorn, *Argania*; stammsukkulente *Euphorbien*) neben Halbsträuchern (*Artemisia herba alba*), Steppengräsern (Halfa-Steppe) und dornigen Kugelsträuchern (*Caragana*, *Astragalus*, *Acantholimon*), die ein Ausdruck des dünnen Sommers und kühlen Winters sind. Die künstliche Bewässerung gewinnt nach Süden zunehmend an Bedeutung bis zur reinen Oasenkultur der Wüste.

Auf der südlichen Halbkugel fehlen nicht nur die winterkalten Nadelwaldklimate, sondern auch die winterkalten Steppen. Im außertropischen Südamerika, Südafrika und Australien verlaufen die Trockengürtel von Nordwesten nach Südosten quer durch die Erdteile und trennen die winterfeuchten Steppen und Etesienklimate im Südwesten (Mitteldhile, Kapland, Südwestaustralien) von den sommerfeuchten Grasländern im Osten. In der Südafrikanischen Union kommt dies in einem klaren Gegensatz der landwirtschaftlichen Jahreszeiten zum Ausdruck. Im winterfeuchten Kapland gedeiht der Winterweizen auf Regen und reifen Weintrauben und Falllaubobst im trockenen Sommer. Für den Maisbau ist die winterliche Regenzeit zu kühl. Er gedeiht im Sommer, aber nur, wo man ihn künstlich bewässert. Umgekehrt bieten die Burenhochländer und Natal im feuchten warmen Sommer dem Mais natürliche Wachstumsmöglichkeiten, das frostfreie Küstenland von Natal auch dem Zuckerrohr, dem Tee und tropischen Früchten (Bananen, Ananas, Mango etc.). Weizen kann dort im Winter, dann aber nur mit künstlicher Bewässerung angebaut werden (HAFEMANN, 1943).

Für die winterfeuchten Gebiete Mittelchiles im Hinterland von Concepción haben die ökologischen Forschungen von G. H. SCHWABE (1956) gezeigt, daß für die Landwirtschaft sowohl der Sommer wegen seiner Trockenheit als auch der Winter durch die niedrigen Temperaturen Schwierigkeiten bietet. Die Winter sind zwar im ganzen viel milder als in Mitteleuropa, aber sie sind durch sehr häufige Nachtfröste ausgezeichnet, die zur Bildung von Kammeis in den obersten Bodenschichten führen, das die Ursache des Auswinterns des Getreides darstellt. Der Frühling ist eine biologische Gunstzeit, da er noch genügend Nieder-

schläge, aber keine Fröste mehr hat, in zweiter Linie auch Spätsommer und Herbst, da dann schon wieder Regen fallen und noch keine Fröste auftreten.

Die Grasländer der Südhalbkugel (Pampa Argentinien, Uruguays und Brasiliens, Patagonien, Südafrika, Australien, Neuseeland) sind zu Viehzuchtländern geworden und versorgen den Weltmarkt mit Wolle, Häuten, Fleisch und Molkereierzeugnissen. Sie haben den großen Vorzug vor der Nordhalbkugel, daß sie ganzjährigen Weidegang ohne Stallhaltung ermöglichen, da harte, schneereiche Winter fehlen und die abgetrockneten Gräser und Stauden, zum Teil auch das Laub und die Früchte von Bäumen und Sträuchern in der ungünstigen Jahreszeit Futter bieten. In die bis ins letzte Jahrhundert menschenleeren oder — wie in Südafrika — nur dünn besiedelten Räume drang im Zeitalter der Dampfschiffahrt der europäische Siedler ein und konnte eine extensive Weidewirtschaft und zum Teil Getreidewirtschaft für den fernen europäischen Markt entwickeln.

Den Einfluß der Jahreszeiten zeigt am besten ein Westostprofil durch die argentinische Pampa. Die östliche Pampa an der La Plata-Mündung ist hinreichend feucht und erhält Niederschläge in allen Monaten des Jahres. Dort kann die Rindvieh- und Schafzucht mit hochwertigen Fleischrassen auf der Grundlage der natürlichen Weide rasenwüchsiger Gräser (Pasto tierno) betrieben werden. Am Westrand der Pampa herrscht bereits eine ausgesprochene Trockenzeit. Von den 500 bis 700 mm Niederschlag fallen nur 15 % im Winterhalbjahr. Dort wäre das Vieh natürlicherweise auf das harte Pampagras (Pasto duro) angewiesen, weshalb man durch Anlage künstlicher Luzernweiden im Wechsel mit Weizenbau wertvolle Futterflächen für die hochwertigen Viehrassen schaffen mußte. Weiter westlich im Dorn- und Kakteenbusch der sogenannten Monteformation wird die Grenze des Regenfeldbaues und der unbewässerten Luzernweiden erreicht. Dieses Land ist dem anspruchslosen Criollo-Vieh und den Ziegen überlassen, der Feldbau ist auf die Bewässerungsoasen beschränkt, die sich am Fuß der Kordilleren und der Pampinen Sierren aufreihen. Am Fuß und in Tälern der Anden ist die Trockenheit lokal zu Wüstenhaftigkeit gesteigert. Ganz ähnliche Klimatypen wie im winterfeuchten Chile und sommerfeuchten Argentinien sind in Südafrika und Australien entwickelt.

5. Die Karte der Jahreszeitenklimate

Die im vorstehenden dargelegten und an Beispielen besprochenen Gesichtspunkte liegen der Klimakarte Taf. 1 zugrunde. Die Typen (vgl. Le-

gende) leiten sich aus dem jahreszeitlichen Wechsel von Beleuchtung, Temperatur und atmosphärischen Niederschlägen ab. Die Karte geht letzten Endes auf die bahnbrechenden Arbeiten W. KÖPPENS (seit 1901) zur Klassifikation und kartographischen Erfassung der Klimate der Erde zurück. Die von ihm selbst des öfteren vorgenommenen Verbesserungsversuche sind von anderen mit neuen Erfahrungen und neuen Gesichtspunkten fortgesetzt worden, am erfolgreichsten von H. VON WISSMANN. Die vorliegende Klassifikation legt bewußt den Gesichtspunkt des Jahreszeitenwechsels zugrunde, in der Hoffnung, damit in weltweitem Maßstab dem ökologischen Wechselspiel im Naturgeschehen noch besser gerecht zu werden.

A. Polare und subpolare Zonen

In den höheren polaren Breiten, wo die tageszeitlichen Temperaturunterschiede ganz verschwinden, beherrscht der Gegensatz von Polarnacht und Polartag mit seinen großen jahreszeitlichen Temperaturunterschieden das Naturgeschehen, wobei sich die Zeit der stärksten Abkühlung gegen die Pole auf den Spätwinter verschiebt. Die ganze Antarktis (mit Ausnahme des nördlichen Teiles des Grahamlandes und das Innere von Grönland) sind von Inlandeis eingenommen. Das Inland-

eisklima I, 1 hat schon allein durch die starke Albedowirkung gegenüber den im Sommer schneefreien Gebieten besondere thermische Merkmale, die durch das Thermoisoplethen-Diagramm von Eismitte (Grönland) (Abb. 11) dem vollpolaren Ozeanklima (Abb. 1) gegenübergestellt sein soll.

Auf den polaren Landflächen ist, solange auch die Sommerwärme niedrig bleibt (wärmster Monat $<6^{\circ}\text{C}$) keine geschlossene Vegetation möglich. Die ewige Gefornis (perenne Tjåla, Permafrost, Merslota) und die geringe sommerliche Auftautiefe erzeugen stärkste Kryoturbation und Solifluktion. Dazu herrscht starke Frostsprengung (Congelifraction) auf dem unbewachsenen Fels- und Schuttboden. Das Klima I, 2 gehört mit den entsprechenden Hochgebirgsklimaten niedriger Breiten in den kälteren Sektor des subnivalen (oder periglazialen) Bereiches und kann auch als Kälte-wüstenklima charakterisiert werden, wobei man die zugleich extrem trockenen Gebiete (Peary-Land) als „Kälte- und Trockengewüsten“ abgliedern könnte. Die ganze Zone entspricht der „Frostschuttzone“ J. BÜDELS (1947).

Zone I, 3 ist dem „Tundrenklima“ (ET) W. KÖPPENS gleichzusetzen. In ihr erlaubt eine

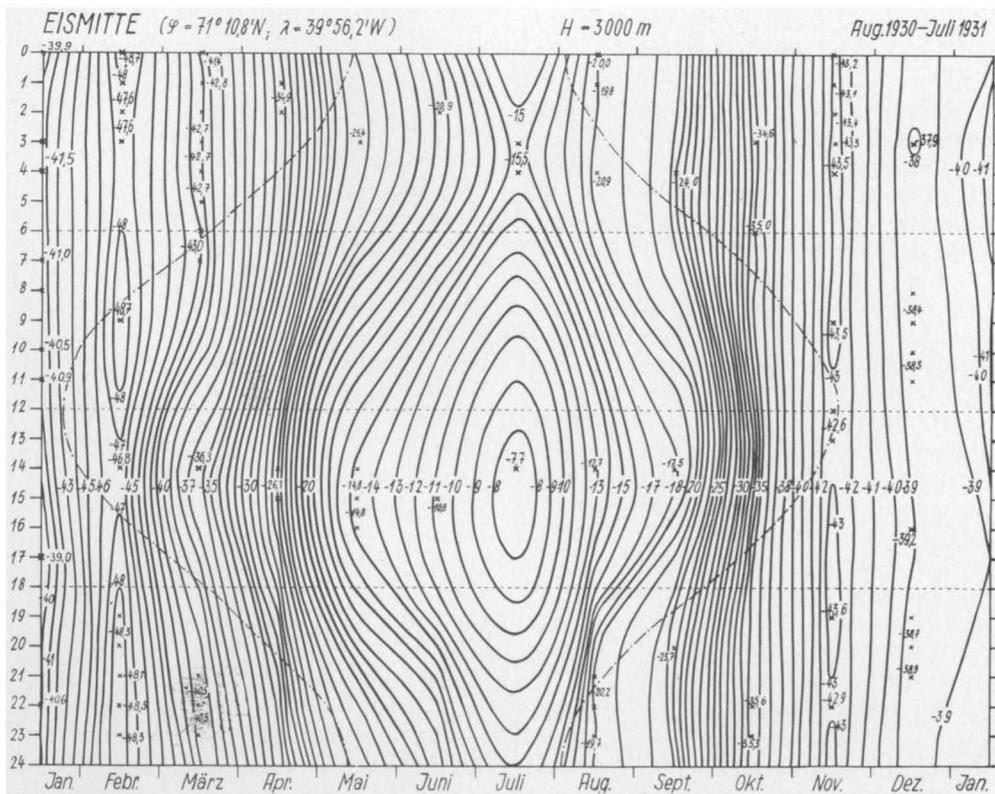


Abb. 11: Thermoisoplethen-Diagramm von Eismitte (Grönland) als Beispiel des polaren Inlandeisklimas (Typus I, 1).

kurze frostfreie sommerliche Jahreszeit trotz perenner Gefronnis in der Tiefe eine geschlossene Vegetation- und Humusdecke, auch Moorbildung. Die kurze Zeit der sommerlichen Blüte und Fruchtbildung läßt auch eine reiche Entfaltung des festländischen Tierlebens zu (Mückenschwärme, Rentiere, Lemminge, insekten- und beerenfressende Vögel etc.). Das Tundrenklima mit strengen langen Wintern (kältester Monat $<-8^{\circ}\text{C}$) kommt nur auf der Nordhalbkugel, am Nordsaum Eurasiens und Nordamerikas und auf den vorgelagerten Inseln vor; es ist ein subarktisches, mäßig bis hochkontinentales Klima. Dafür ist das entsprechende hochozeanische Subpolar Klima I, 4, das ähnlich temperierte Sommer (wärmster Monat $5-12^{\circ}\text{C}$), aber auch relativ wenig strenge Winter aufweist (kältester Monat $+2^{\circ}\text{C}$ bis -8°C) als geschlossene Zone nur in dem nur von kleinen Inseln unterbrochenen subantarktischen Ozean entwickelt, auf der Nordhalbkugel kann man die Aleuten, die Halbinsel Kodiak und Südwestisland dazurechnen. Es fehlt die ewige Gefronnis und die starke und lange Winterschneedecke, dafür sind die Frostwechsel auch an der Bodenoberfläche besonders häufig und selbst im Sommer möglich. An Stelle der Tundra wachsen z. T. mächtige Büschelgräser („Tussock“), Polstergewächse, Teppichkräuter und seichte Moore.

B. Kaltgemäßigte boreale Zone

Wie die Tundrenklimate, so sind auch die winterkalten borealen Klimate ganz auf die Landmassen der Nordhalbkugel beschränkt. Sie nehmen einen geschlossenen Gürtel quer durch die breiten Nordkontinente ein, der sich von den relativ ozeanischen Westküsten in das Innere der Erdteile sehr verbreitert und an den Ostküsten wieder beträchtlich verschmälert. Die Nordgrenze ist eine Grenze der sommerlichen Erwärmung (Juli-Isotherme 10°C), die ungefähr mit der polaren Wald- und Baumgrenze zusammenfällt und die im kontinentalsten Teil 70° n. Br. überschreitet (Chatanga- und Lenamündung) oder wenigstens erreicht (Mackenzieimündung). Hier gedeihen Nadelwälder der Gattungen *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Abies*, *Pseudotsuga*, begleitet von sehr winterharten Laubbäumen der Gattungen *Salix*, *Alnus*, *Betula* und *Populus*. Sie gehen südwärts entweder in die anspruchsvolleren Laub- und Mischwälder oder — im Innern der Kontinente — in die Steppen der kühlgemäßigten Zone über. Wir teilen die Zone in drei Klimatypen zunehmender Kontinentalität:

II, 1 die ozeanischen Borealklimate (Westküste Mittelnorwegens und Südalaskas) haben nur mäßig kalte und schneereiche Winter (kältester Mo-

nat $+2^{\circ}$ bis -3°C) und mäßig warme Sommer (wärmster Monat $10^{\circ}-15^{\circ}\text{C}$), daher eine Jahreschwankung von $<20^{\circ}$. Aber die Vegetationsdauer beträgt nur 120 bis 180 Tage, was edlere Laubbäume wie Buchen, Eichen und Linden ausschließt und feuchte Nadelwälder entstehen läßt, die im nordpazifischen Nordamerika sehr üppig und artenreich sind.

II, 2. Kontinentwärts wird mit der geringen Zunahme der Sommerwärme (wärmster Monat $10^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$), aber der viel stärkeren Abnahme der Wintertemperaturen die Vegetationsdauer noch kürzer (100—150 Tage) und die Jahreschwankung höher ($20-40^{\circ}\text{C}$) (Abb. 6).

II, 3. Im hochkontinentalen Ostsibirien (jenseits des Jenissei) und in Nordwestkanada werden die Winter so kalt (kältester Monat $<-25^{\circ}\text{C}$) und bei Wintertrockenheit so schneearm, daß der Boden in größerer Tiefe zu ewiger Gefronnis erstarrt. Der Sommer allerdings ist so warm (wärmster Monat $10^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$), daß ein viele Meter tiefer Auftauboden entsteht, der noch Waldwuchs ermöglicht und in den zahlreichen Tümpeln über dem Eisboden Schwärme von Mücken brüten läßt, die im Sommer die Wälder bevölkern. Die Jahreschwankung der Temperatur steigt auf über 40°C . Die Küstenländer des Ochotskischen Meeres, Sachalin und Kamtschatka gehören wieder dem etwas milderen II, 2-Klima an.

C. Waldklimate der kühlgemäßigten Zonen

Die Klimate dieser Zonen, die auf der Nordhalbkugel breite Gürtel im Westen und Osten der Kontinente einnehmen, aber in deren Innern von den Trockengürteln unterbrochen werden, stufen sich vor allem nach dem Grad der Kontinentalität und Ozeanität ab (III, 1—8), die sich in der Jahreschwankung der Temperatur und in der Länge der Vegetationsperiode äußert. Zum ersten Male treffen wir entsprechende Klimate auch auf der Südhalbkugel, im andinen Südamerika, in Viktoria, Tasmanien und Neuseeland, wenn auch nur die ozeanischen Ausprägungen.

III, 1, der hochozeanische Typ mit kühlen Sommern (wärmster Monat $<15^{\circ}\text{C}$), und Jahreschwankungen unter 10°C erzeugt bei hohen Niederschlägen, vorwiegend im Winter, vor allem immergrüne Regenwälder mit Laub- und Nadelbäumen, wie in Südchile und Westpatagonien, West-Tasmanien und an der Westküste der Südhälfte von Neuseeland (*Nothofagus*, *Podocarpus*, *Weinmannia*). Auf der Nordhalbkugel gehören hierher nur die Coast Range von Oregon und Washington (Olympic Mountains) und eventuell der äußerste Südwesten von Irland (Killarney).

III, 2. Es folgt der ozeanische Typ mit Temperaturamplituden von 10—16° C, noch sehr milden Wintern (kältester Monat >2° C) und mäßig warmen Sommern (wärmster Monat <20° C). Die Wälder sind Fallaubwälder mit merklichem (auf der Südhalbkugel vorherrschenden) Anteil immergrüner Holzgewächse: Die ozeanische Waldregion Westeuropas mit *Ilex aquifolium* zwischen Kantabrien und Südwestnorwegen, in Nordamerika die Cascaden-Region und die Westseite Britisch-Kolumbiens, auf der Südhalbkugel das nördliche Südchile und der Ostfluß der patagonischen Anden mit *Nothofagus*-Wäldern, sowie Ost-Tasmanien, Süd-Victoria und der Osten der Südinself von Neuseeland.

III, 3, der subozeanische Typ mit Jahresamplituden von 16°—25° C, kälteren Wintern (kältester Monat +2° bis -3° C) ist wie die folgenden Typen wieder auf die Nordkontinente beschränkt. Das mitteleuropäisch-danubische Klimagebiet (*Fagus silvicata*-Gebiet) sowie eine Übergangszone in den Kordillieren Westkanadas gehören hierher (Abb. 5).

III, 4, der subkontinentale Typ mit Jahresamplituden bis 30°, Januartemperaturen bis -13° und einer bereits auf 210 bis 160 Tage verkürzten Vegetationsperiode ist das Reich der mittellrussischen Fallaub- und Mischwälder (mit *Quercus*, *Tilia* und *Acer*), dem in Nordamerika nach Temperaturwerten und Vegetationscharakter vor allem das St. Lorenz- und Große Seen-Gebiet entspricht (Abb. 12).

III, 5, ist die vollkontinentale Fortsetzung im Innersten der Norderdteile, wobei die Januartemperaturen bis -20° und die Jahresschwankung der Temperatur bis 40° erreichen können, und sich eine winterliche Trockenzeit anzukündigen beginnt. In den Wäldern und Waldsteppen der hierher gehörenden Gebiete (in Westsibirien und Kanada - Minnesota), die einerseits in die echten Steppen, andererseits in das boreal-kontinentale Nadelwaldgebiet übergehen, spielen die Birken (*Betula verrucosa* bzw. *B. papyrifera*) eine große Rolle.

III, 6, 7 und 8 sind kühlgemäßigte Waldklimate der Ostseiten der Nordkontinente, d. h. sie sind nur östlich der Trockengürtel, also in Nordchina, der Mandschurei, Korea und Nordjapan sowie im Mississippi- und Appalachen-Gebiet zu finden.

III, 6, der hochkontinentale Typ (Jahresamplitude >40° C), der sich im Amurgebiet und der Mandschurei an das hochkontinentale Borealklima (II, 3) anschließt, ist wie dieses bei großer Winterkälte (kältester Monat -10° bis -30° C) auch ausgesprochen wintertrocken, aber im Sommer beträchtlich wärmer und feuchter (Julitemperatur

>20° C), daher frei von ewiger Bodengefrorenis und von Laub- und Mischwäldern eingenommen.

III, 7, das Klima Nordchinas und des mittleren Mississippibeckens ist bei der südlicheren Lage weniger winterkalt und etwas sommerwärmer, die Jahresschwankung der Temperatur immerhin noch groß (25°—35°). Die Winterkälte läßt die Wintertrockenheit nicht zur vollen Wirkung auf die Pflanzen kommen, so daß das Klima noch zu den humiden Waldklimaten zu rechnen ist.

III, 8, in gleicher Breite die Ostseiten Nordamerikas (Appalachen und Neuengland) und des Fernen Ostens (Korea und Nordjapan) einnehmend, unterscheidet sich vom vorhergehenden Klimatyp kaum in thermischer Hinsicht, wohl aber durch seine größeren und auf das ganze Jahr verteilten Niederschläge. Daher sind üppige und zudem sehr artenreiche Laub- und Mischwälder zu finden.

III, 7a: In einigen Gebirgsländern, im westlichen Pamir und nördlichen Hindukusch, in Inneranatolien und in den südlichen Staaten der Rocky Mountains sind Klimate vorhanden, die thermisch zu III, 7 gerechnet werden müßten, aber nicht sommerfeucht, sondern sommertrocken sind. Allen drei Gebieten ist gemeinsam, daß sie innerhalb der Trockengürtel liegen, aber Ausläufer von etesialen Winterregen erhalten.

D. Steppen- und Wüstenklimate der kühlgemäßigten Zonen

Man könnte diese Klimazonen auch als „winterkalte Steppen und Wüsten“ bezeichnen, wenn sich nicht auf der Südhalbkugel, in Ostpatagonien und Otago (Neuseeland), Steppenklimate fänden, die bei dem geringen Landanteil jener Breiten wintermild sind, aber doch nach den Temperaturverhältnissen zu der kühlgemäßigten Zone gerechnet werden müssen.

Die winterkalten Steppen und Wüsten Eurasiens und Nordamerikas sind nach ihrem klimatischen, pedologischen, vegetationskundlichen und auch agrarischen Charakter oft verglichen worden. Winterkalt bedeutet, daß die Januartemperaturen allgemein unter 0° C liegen, mit Ausnahme Turkmeniens auf der einen, der Prärien und Plains von Oklahoma auf der anderen Seite. Im übrigen müssen wir hier die zonale Untergliederung erstmals nach hygrischen Werten und hygrischen Jahreszeiten vornehmen. Die Niederschlagsmengen nehmen natürlich von der kontinentalen Waldgrenze bis zur Wüste ab. Außerdem tritt im Grassteppengürtel vom Schwarzen Meer bis Sibirien und im Prärie- und Plain-Grasland Nordamerikas zu der Winterkälte, die eine absolute Vegetationsruhe erzwingt, eine Dürre des

Spätsommers, die eine zweite Mangelzeit hervorruft, so daß das Leben sich vor allem im Frühjahr und Frühsommer entfaltet (III, 9 und 10). Wenn wir von einer Übergangszone der Wald-Wiesensteppe absehen und Wüstensteppe und Vollwüste zusammenfassen, ergibt sich eine Gliederung in 3 Zonen:

III, 9, sind die winterkalten Feuchtsteppenklimate mit mindestens 6 humiden Monaten und einer Wachstumszeit im Frühjahr und Frühsommer. Es sind die berühmten Federgras-Wiesensteppen Rußlands mit ihren fruchtbaren Schwarzerdeböden, die sich vom Schwarzen Meer bis zum Ob erstrecken und denen der Präriegürtel (Tall grass-Prairie) Nordamerikas entspricht.

III, 10, sind die semiariden winterkalten Trockensteppenklimate mit gleicher jahreszeitlicher Verteilung, aber geringerer Höhe der Niederschläge. In Nordamerika ist dies der Gürtel des Shortgrassland oder der Plains (Abb. 13), in Rußland die Zone der kastanienfarbigen Böden und der Halbstrauch- und Kurzgrassteppe.

III, 12, sind winterkalte Wüstensteppen und Wüsten mit einem hohen Anteil von Salzböden in Eurasien vom Aralo-kaspischen Gebiet durch West- und Ostturkestan und die Mongolei bis zum Großen Chingan, in den USA im Großen Becken. Auf den unversalzten Böden macht sich in der Alten Welt vor allem die monotone Halbstrauchsteppe (Wermut-Steppe) von *Artemisia maritima*, in Nordamerika die entsprechende von *Artemisia tridentata* („Sage brush“) breit, auf Salzböden in Eurasien die *Chenopodiaceae Halocnemon strobilaceum*, in Nordamerika *Sarcobatus vermiculatus* („Greasewood“), jeweils mit anderen halophilen Sträuchern und Kräutern (*Salicornia*, *Atriplex* etc.).

III, 11, Ostasien hat wie bei den kühlgemäßigten Waldklimaten (III, 6) sein besonderes sommerfeuchtes, winterkaltes und wintertrockenes Steppenklimate, wie es dem Monsunbereich entspricht. Es sind die Steppen Nordchinas, der Mandchurei und Mongolei, die kein Gegenstück in Nordamerika haben. Infolge Winterkälte, Wintertrockenheit und Sommerregen haben sie einen klaren einphasigen Rhythmus.

III, 9a, 10a, 12a: Die Steppen Ostpatagoniens, der westlichen Falkland-Inseln (Malvinen) und des kleinen Trockengebiets im Regenschatten der Neuseeländischen Alpen im Otago-Distrikt sind nach ihrem thermischen Verhalten wie die ganze kühlgemäßigte Subantarktis (vgl. I, 4 und III, 1) ozeanisch getönt. Die Jahresamplitude der Temperatur erreicht nur an einer küstenfernen Stelle im nördlichen Patagonien 15°C , die Winter sind schneearm, und bei der Trockenheit bleiben die Gräser am Halm und können ganzjährig geweidet

werden, was die Schafzucht in Patagonien und Neuseeland so rentabel macht. Neben Steppengräsern gedeihen Dorn-Zwergsträucher, Polsterpflanzen, einjährige und perenne Kräuter etc.

E. Warmgemäßigte Zonen

In den warmgemäßigten Klimatypen sind die Unterschiede zwischen der Nord- und Südhalbkugel wesentlich geringer als in höheren Breiten, um in der Tropenzone ganz zu verschwinden. Die warmgemäßigten Klimate gliedern sich recht klar in sommertrockene-winterfeuchte, wintertrockene-sommerfeuchte und ständig feuchte Typen.

IV, 1: Die sommertrockenen Klimate sind die sogenannten mediterranen oder Etesienklimate der Westseiten der Kontinente mit ihren kühlen Wintern und dürren Sommern, soweit sie noch wenigstens 5 humide Monate aufweisen und immergrüne Gehölzformationen mit Hartlaubgewächsen („Macchie“, „Fynbosch“, „Durilignosa“) ermöglichen. Das mediterrane Klimareich mit seinen Ausläufern bis in die Fußhügel des Nordwest-Himalaja, Mittelkalifornien, Mittelchile (Abb. 14), das Kapland und West- und Südastralien zeigen die gesetzmäßige Verbreitung, die durch den Wechsel sommerlicher Passatzirkulation und winterlicher Zyklonalregen begründet ist. Soweit noch laubwerfende Holzarten gedeihen, sind sie mit ihrer Vegetationsperiode noch ganz auf die warme Jahreszeit eingestellt, also als sommergrün zu bezeichnen. Auch die zahlreichen immergrünen Bäume und Sträucher blühen im Frühjahr, Sommer oder Herbst, können aber im Winter fruchten. Die außertropischen einjährigen Kulturpflanzen gedeihen als Winterkulturen und werden im Frühjahr oder zeitigen Sommer geerntet. Nach Norden geht das sommertrockene Mediterranklima in das immerfeuchte, aber noch sommerwarme Submediterrangebiet in West- und Mitteleuropa (III, 1, 2, 3) über.

IV, 2: Nach Süden und gegen den Kontinent vollzieht sich unter Verkürzung der winterlichen Regenzeit der Übergang in die sommerdürren Steppen Nordafrikas und des Nahen und

Abb. 12: Thermoisoplethen-Diagramm von Helsinki, als Beispiel des subkontinentalen kühlgemäßigten Klimas (Typus III, 4), aber wegen der nördlichen Lage bereits mit geringeren Tagesschwankungen.

Abb. 13: Thermoisoplethen-Diagramm von Regina (Saskatchewan), als Beispiel eines kontinentalen winterkalten Trockensteppenklimas (Typus III, 10).

Abb. 14: Thermoisoplethen-Diagramm von Santiago de Chile, das Beispiel eines warmgemäßigten-mediterranen, wintermilden und sommerheißen Klimas (Typus IV, 1).

Abb. 15: Thermoisoplethen-Diagramm von Kimberley (Südafrika) als Beispiel des warmgemäßigten, sommerfeuchten, wintertrockenen Dornsteppen-Klimas (Typus IV, 3).

Abb.12

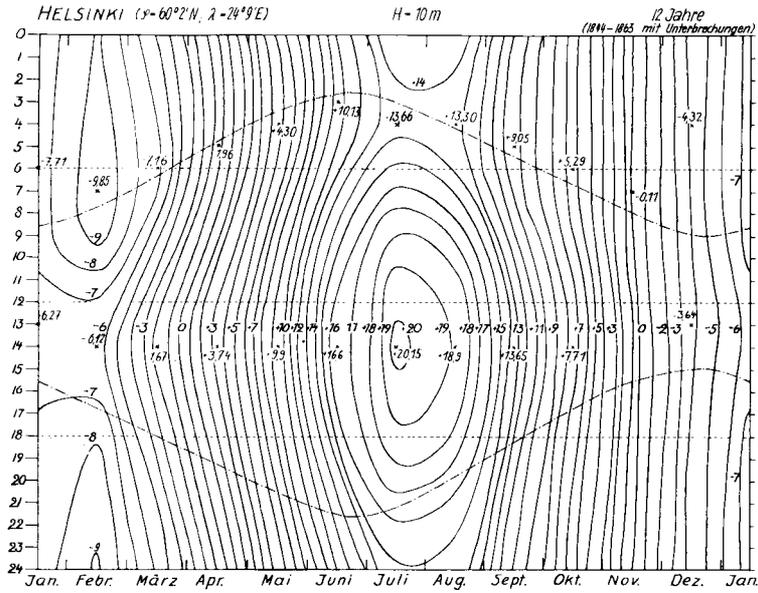


Abb.14

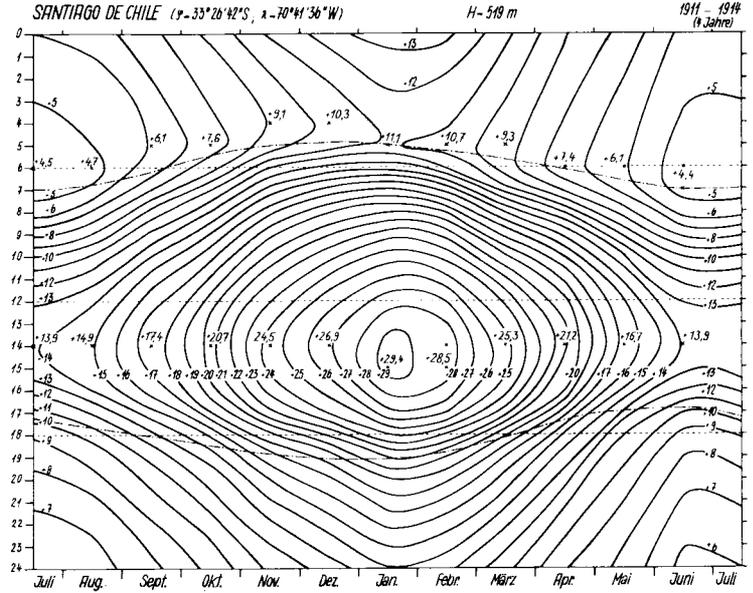


Abb.13

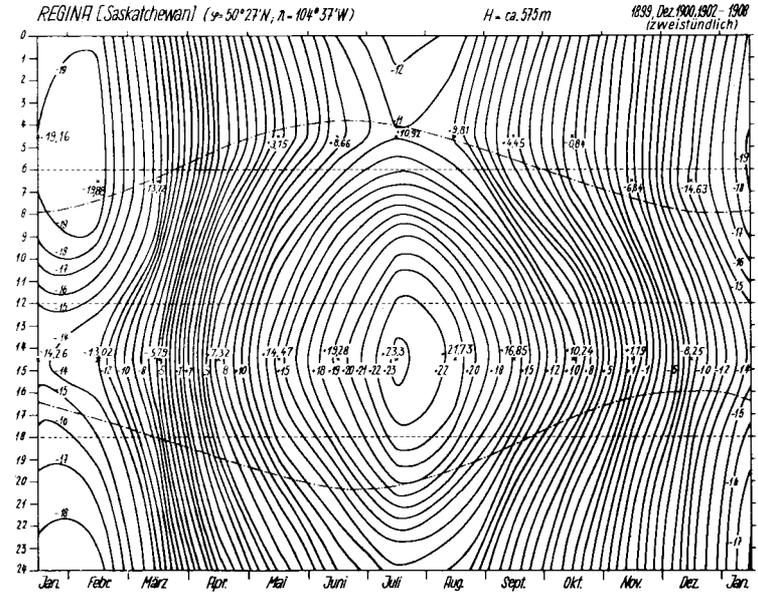
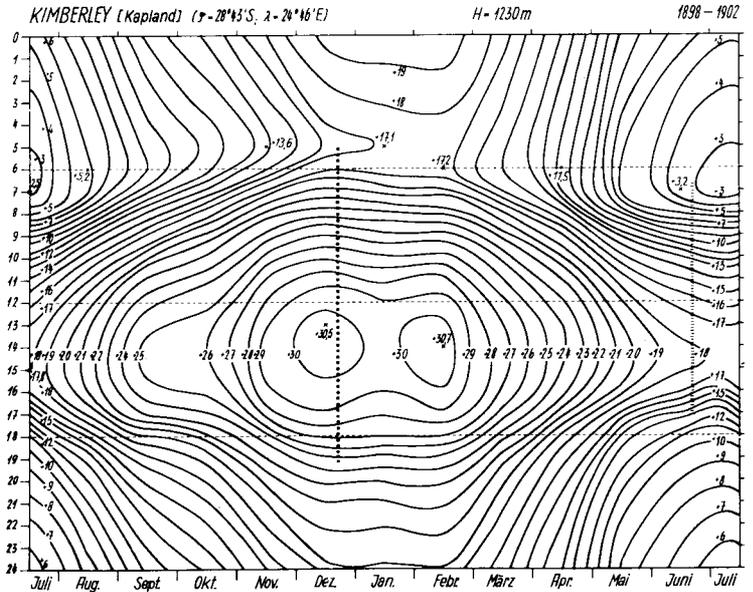


Abb.15



Mittleren Ostens. Auch in Kalifornien, Chile, Südafrika und Australien schließen sich äquatorwärts an die Etesienklimate im Übergang zu den warmgemäßigten Wüsten sommerdürre Gras- und Strauchsteppen an, die sich von den winterkalten Steppen der Nordkontinente stark unterscheiden. Neben Gräsern (etwa Halfa und Esparto) gedeihen Sträucher, besonders Dorn- und dornige Polstersträucher (*Tragacanthaformation*, *Adesmia*), sukkulente Gewächse (Kakteen in der Neuen, Euphorbien, Stapelien u. a. in der Alten Welt), auch einzelne Dornbäume (Algarrobo oder Mezquite in Amerika, *Acacia*, *Zizyphus*, *Argania* u. a. in Afrika und Asien). Es herrscht also in den pflanzlichen Lebensformen schon eine deutliche Verwandtschaft mit den tropischen Trockengebieten.

IV, 5: Es folgen mit zunehmender Trockenheit die subtropischen Wüsten- und Wüstensteppenklimate. Sie nehmen in allen Erdteilen einen Gürtel ein, der die winterfeuchten von den sommerfeuchten Steppen-Grasländern scheidet, die z. T. noch zur warmgemäßigten Zone, z. T. schon zur tropischen Zone gehören. Der große Wüstengürtel von der Sahara über Arabien und Iran bis zur Wüste Tharr, die Wüsten in Südkalifornien, Arizona und Neumexiko, der Wüstengürtel Südamerikas (Atacama, Wüstenpuna, Westpatagonien), der südwestafrikanische Wüstengürtel (Namib-Karoo) und die inneraustralische Wüste haben alle die gleiche trennende Lage zwischen Winter- und Sommerregengebieten. Es gibt daher strenggenommen zwei Zonen, eine mit vorherrschenden seltenen sommerlichen und eine mit winterlichen Niederschlägen, die sich aber auch überschneiden können (Arizona, Pandschab) und dann mit dem kälteren Typ III, 7a in Berührung kommen.

IV, 3 und 4: Bei den warmgemäßigten sommerfeuchten - winter-trockenen Grasland-Klimaten ist der Jahresrhythmus einfacher als bei den sommertrockenen (IV, 2), da die wärmere Jahreszeit auch die feuchte und die Wachstumszeit ist. Sie finden sich in allen Erdteilen östlich der Wüstengürtel, so daß man überall in der warmgemäßigten Zone winterfeuchte Westseiten- und sommerfeuchte Ostseiten-Klimate unterscheiden kann. An die letzteren schließen sich die immerfeuchten Typen IV, 6 u. 7. Die Reihe IV, 5, 3, 4, 6, 7 ist eine Folge zunehmender Niederschlagsmengen und Niederschlagsdauer. IV, 3 sind ausgesprochen semiaride Klimate mit Dorn- und Sukkulenteensteppen mit mehr als 6 ariden Monaten wie die Montereion des westlichen Argentinien, die Mezquite-Creosotbuschregion Nordmexikos und der südwestlichen USA, die Steppen des Pandschab, das Thornveld in Südafrika (Abb.

15) und der Salt Bush in Australien. Sie sind von dem Typ IV, 2 nur durch die jahreszeitlich vertauschte Regenzeit unterschieden. Zu dem feuchten semihumiden Gürtel mit 6—9 humiden Monaten gehören die Mezquite-Tallgrass-Prairie von Texas, die westliche Pampa Argentinien, das High- und Midland-Veld Südafrikas, das Temperate Grassland des Darlingbeckens in Australien und schließlich die winter-trockenen Gebiete von Jünnan, wo Waldsteppen und hartlaubige Monsumwälder das sommerfeuchte Gegenstück zu dem winterfeuchten Mittelerranbereich demonstrieren.

IV, 6 u. 7: sind die ständig beregneten Klimate der warmgemäßigten Zonen mit sommerlichen Niederschlagsmaximum.

Ganz Mittelchina, von der Grenze der frostfreien Tropen im Süden bis zur Polargrenze des Teeanbaues nördlich des Jantsekiang (4°-Isotherme des kältesten Monats), das südlichste Korea, die Riu-Kiu-Inseln und Süd-japan gehören hierher. Bei ganz milden Wintern und heißen, feuchten Sommern gedeihen immergrüne, üppige Wälder mit Rhododendren, Camellien, Ilex, Magnolien, als Kulturpflanzen Tee und Zitrusfrüchte und einzelne Palmen.

Die Kälte des Winters bestimmt das Naturgeschehen, so daß auch viele wärmeliebende Falllaubhölzer gedeihen, wie *Castanea* und *Castanopsis*, *Juglans*, *Ostrya*, *Pterocarpus*, *Celtis*, *Morus*, *Broussonetia*, *Liquidambar*, *Nyssa*, *Sapindus*, *Styrax*, *Catalpa*; aber auch Nadelhölzer wie *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Taxus*, *Torreya*, *Cunninghamia*, *Cupressus* und *Chamaecyparis*. Viele von ihnen gelten als Tertiärrelikte, die entsprechend verwandte Arten im südöstlichen Nordamerika haben. In Eurasien gehören zum gleichen Klimatyp auch die isolierten Feuchtwald- und Teeanbaugebiete in der Kolchis und im persischen Tiefland am Kaspisee, ferner ein Höhengürtel im östlichen Himalaja.

Das Gegenstück in Nordamerika ist die südatlantische und Golfregion, die im Innern des Landes von dem Southern Pine-Gürtel, in Küstennähe und in Florida aber von den üppigen Sumpfwäldern mit *Taxodium* und *Nyssa* eingenommen ist. Auf der Südhalbkugel ist der entsprechende Klimatyp in den südbrasilianischen Staaten Sao Paulo, Parana, Sa. Catarina und Rio Grande do Sul, in Afrika an der Küste und an regenexponierten Hängen Natal's und des östlichen Kaplandes (Knysna-Region), in Australien im Osten der Kordilleren, schließlich auf der Nordinsel von Neuseeland ausgebildet. In diesen südhemisphärischen Klimagebieten, die sich in den feuchten Tropen als Höhenwälder der „Tierra templada“ fortsetzen, herrschen üppige, vorwiegend immergrüne Wälder vom Lorbeertypus, oft noch mit Palmen und Baumfarnen, aber auch mit Nadelbäumen

(*Podocarpus, Araucaria*). Über die Zugehörigkeit der nördlichsten frostfreien Auckland-Halbinsel von Neuseeland (mit Kauri-Regenwäldern und Mangroveküsten), zu diesem Klima oder zu den Tropen (35° — 36° s.Br.!) kann man geteilter Meinung sein. Die östliche Pamparegion Argentiniens, Uruguays und des südlichen Rio Grande do Sul, die bei dem Mangel wirklich trockener Monate klimatisch ebenfalls hierher gestellt werden sollte, ist als „ständig feuchtes Grasland“ IV 6 besonders ausgeschieden worden.

F. Tropenzone.

In den Tropen sind allgemein die Jahresunterschiede der Temperatur so gering, daß die Niederschläge die Jahreszeiten zu beherrschen beginnen. Nur im trockenen Inneren der Kontinente am Rand der Tropen gibt es noch Jahresschwankungen der Temperatur beträchtlich über 10° C. Aber auch dann fallen die höchsten Temperaturen nicht mehr in den Sommer, sondern in die Frühjahrsmonate vor Einsetzen der sommerlichen Regen, die die Tagestemperaturen herabdrücken (3 Jahreszeiten des „Indischen Typus“). Im übrigen gliedern sich in den Tropen im Tiefland wie in den Gebirgen die Jahreszeiten nach der Niederschlags-höhe und besonders nach der Dauer der humiden und ariden Zeiten. Zwischen dem immerfeuchten Klima der Regenwälder (V, 1) und dem immer-trockenen der tropischen Wüsten und Halbwüsten (V, 5) schalten sich die drei periodisch feuchten Tropengürtel ein, der humide Feuchtsavannengürtel mit 5— $7\frac{1}{2}$ Monaten Trockenzeit (V, 2), der an der Grenze von humid und arid gelegene Trockensavannengürtel mit 5— $7\frac{1}{2}$ Monaten Trockenzeit (V, 3) und der Dornsavannengürtel mit $7\frac{1}{2}$ —10 ariden Monaten.

Die Grenze der Tropenklimate gegen die warmgemäßigten Klimate bedarf einer kurzen Begründung. (H. v. WISSMANN (1948), der sich am eingehendsten mit dieser Frage befaßt hat, kommt zu dem Kriterium, daß für die Zugehörigkeit zu den Tropen einerseits die Tieflandsklimate („warme Tropen“) frei von Frost sein müssen, daß aber die Frostfreiheit in ozeanischen Bereichen in Breiten reicht, die wir nicht mehr zu den Tropen rechnen können (z. B. Azoren, Küstenstriche am Mittelmeer, im Kapland). In diesen Gebieten ist bei Frostfreiheit die allgemeine Temperatur zu niedrig um Tropengewächsen das Fortkommen zu ermöglichen. Hier benutzt v. WISSMANN als Tropengrenze eine Wärmemangelgrenze, die ungefähr der Grenze des lohnenden Kaffeeanbaues entspricht, nämlich die Jahresisotherme von $18,3^{\circ}$ C. Diesen beiden Kriterien entspricht auch die in unserer Karte gewählte Grenze der Tropenklimate.

V 1. Die tropischen Regenklimate sind vor allem in der Äquatorialzone mit zweimaligem zenithalen Sonnenstand entwickelt. In Südamerika reicht der Gürtel von Ozean zu Ozean, wobei der „Regenzeitenäquator“ an der Pazifischen Küste bei 4° n. Br. (Buenaventura), an der atlantischen ähnlich weit nördlich in Guayana gelegen ist. In Afrika fehlt der Typus in Ostafrika, als Folge der monsunalen-passatischen Luftbewegungen, die sich zwischen Asien und Afrika im Jahreswechsel ergeben. Auch in Westafrika ist der Gürtel an der Küste von Ghana und Togo unterbrochen. Voll entfaltet ist das äquatoriale Regenklimate wieder in der austral-asiatischen Inselwelt von Malaya und Sumatra bis Melanesien (Abb. 2).

Ein zweiter Typ tropischer Regenklimate kommt in der äußeren Tropenzone, ja sogar über die astronomische Tropengrenze hinaus, vor, dort wo zu den sommerlichen Zentralniederschlägen in der winterlichen Passatzeit auflandige und an Gebirgen aufsteigende Advektivniederschläge hinzukommen. Dabei ist allerdings die sommerliche Zeit der zenitalen Regen, die in gewittrigen Starkregen niederzugehen pflegen, die schöne Jahreszeit, die Zeit der advektiven Dauer- oder Nieselregen die ökologisch feuchtere Jahreszeit. Solche tropischen Regenklimate folgen der Ostseite der mittelamerikanischen Landbrücke bis Mexiko, dem Osthang der Anden bis Santa Cruz de la Sierra, der Serra do Mar Brasiliens vom Cabo São Roque bis Rio Grande do Sul. Sie finden sich entsprechend auf allen gebirgigen Inseln der Großen und Kleinen Antillen in nordöstlicher Regenexposition, an der Ostseite Madagaskars und im Südwesten von Äthiopien. Auch im tropischen Monsun-asien (Ceylon, Tenasserim, Bengalen, Assam, Philippinen, Taiwan) sind die ganzjährig beregneten Gebiete durch Exposition von Gebirgen zu regenbringenden Winden verursacht. In den Tropen genügt oft schon der im tageszeitlichen Rhythmus wehende Hangaufwind an Gebirgshängen zur lokalen ganzjährigen Niederschlagsbildung über einem gewissen Kondensationsniveau.

V 2—5 sind die Zonen der wechselfeuchten Tropenklimate bzw. der sog. tropischen Grasländer, genauer gesagt, der tropischen Savannen und trockenkahlen Wälder. Wir unterscheiden in dem weiten Spielraum zwischen dem äquatorialen Regenklimate V 1 und der Wüste IV 5 drei Gürtel abnehmender Regenmenge und sich verkürzender Regenzeiten. Diese Gürtel verlaufen im afrikanischen Sudan in voller Regelmäßigkeit von West nach Ost. Erst das Hochland von Äthiopien setzt diesen Klimagürteln eine Grenze. Aber die Höhenklimate Äthopiens stufen sich in ähnlicher Weise von Südwesten nach Nordosten ab, nur in gleicher Breite bei höheren Humi-

ditätswerten infolge der in der Höhe größeren Regenmengen und niedrigeren Temperaturen. Im südhemisphärischen Tropenafrika verlaufen diese Gürtel fächerförmig, als Folge der niederschlagsreichen Ostseite und der unter dem Einfluß der Passate und des kalten Benguelastromes stehenden trockenen Westseite.

V 2 sind die tropisch-sommerhumiden Feuchtklimate mit 2¹/₂ bis 5 ariden Monaten zur Zeit des Sonnentiefstandes. Es ist der Gürtel der Feuchtsavannen (Hochgras-Savannen) und relativ üppiger breitläubiger, aber größtenteils trockenkahler Savannenwälder (Abb. 9). Bei günstigen Bodenwasserverhältnissen sind die Gehölze immergrün vom Typ der Regenwälder (Galeriewälder). Im Inneren von Brasilien decken die hierher gehörenden „Campos“ riesige Flächen und unterliegen wie die afrikanischen Feuchtsavannen regelmäßigen Grasbränden. Im Küstengebiet Nordostbrasilien zwischen dem Cabo São Roque und der Mündung des São Francisco kommt es zu einer jahreszeitlichen Umkehrung der Regen- und Trockenzeit (V 2a mit Winterregen).

V 3 sind die wechselfeuchten Tropenklimate mit längerer Trockenzeit (5 bis 7¹/₂ aride Monate). Auch in diesem Bereich differenziert sich die Vegetation des Trockensavannen-Gürtels je nach den standörtlichen Verhältnissen in Grassavannen, Baumsavannen oder lichte Savannenwälder, die aber einen so dichten Grasunterwuchs haben, daß die Grasfeuer noch allgemein verbreitet sind und die Holzarten daher brandhart sein müssen (Pyrophyten). Vorherrschend sind dabei Fiederlaubebäume der verschiedensten Leguminosengattungen, in der Alten Welt auch ganzläubige Combretaceenbäume (*Combretum*, *Terminalia*, *Anogeissus* etc.). Die größten Flächen sind in diesem Bereich in Afrika zu finden und im Raume von Tanganjika, Katanga, Rhodesien, Angola und der nördlichen Kalahari weithin von monotonen Fiederlaubgehölzen der Gattungen *Berlinia*, *Brachystegia*, *Copaifera* („Miombowälder“, „Mopanewälder“) eingenommen. In Asien treten zu Leguminosen- und Combretaceengehölzen die wertvollen Holzarten des Sal (*Shorea robusta*), Teak (*Tectona grandis*) und *Dipterocarpus*-Arten, die z. T. aber auch in den feuchteren Bereich von V 2 hinüberreichen. Im tropischen Amerika sind die entsprechenden Trockensavannenwälder von ähnlichen Fiederlaubebäumen gebildet, z. B. *Piptadenia Zebil*, *Tipuana speciosa*, *Machaerium robinifolium*, *Pterocarpus*, *Pithecolobium* etc., aber der Klimabereich ist nur in relativ schmalen Zonen zwischen V 2 und V 4 ausgebildet.

V 4 liegt bereits ganz im semiariden Bereich: Semiarides Tropenklima (Abb. 10). Die Trockenzeit dauert 7¹/₂—10 Monate, die Flüsse

mit Ausnahme großer Fremdlingsflüsse haben nur mehr periodische Wasserführung, die Böden sind an Stelle der roten, eisenhaltigen Tonerde- oder Kieseltonerdehydratböden (Allite und Siallite) Krustenböden verschiedener Zusammensetzung. Die Pflanzenwelt paßt sich an die langdauernde Dürre durch Wasserspeicherung in Sprossen, Stämmen, Blättern oder Wurzeln (Sukkulenz) oder durch Reduktion der assimilierenden Organe zu Dornen oder durch Ausbildung feingliederigen Laubes (Mimosen-Typ) an. Dieser sehr markanten Anpassungserscheinungen der herrschenden Pflanzenbestände wegen ist der entsprechende Vegetationsgürtel als Gürtel der Dorn- und Sukkulenten-Savannen bzw. Savannenwälder bezeichnet worden. Es wechseln ganz offene Dornbuschformationen (z. B. „Akaziensteppe“, „Mesquite-Busch“, „Espinal“, „Monte-Formation“ mit stammsukkulenten Kakteen in der Neuen Welt oder Euphorbien in der Alten Welt) mit mehr oder weniger geschlossenen Dornwäldern (Caatinga-Formation Nordostbrasilien, Weihrauch- und Myrrhen-Wälder Südarabiens, Somaliens und Dankaliens). Die Tonnen- oder Flaschenbäume (*Chorisia* und *Bombax* in Amerika, *Adansonia* in Afrika, *Didieraceen* in Südwestmadagaskar, *Sterculia* und *Adansonia* in Australien) sind charakteristische Lebensformen dieses Klimabereiches. Blattsukkulente Schopfpflanzen können durch Stammbildung zu Schopfbäumen werden. (*Aloë*, *Dracaena*, *Yucca*, *Puya*, *Fourcroya*). In Südamerika (Argentinien), Mexiko, Transvaal und in Rajputana-Panjab geht dieses tropische Trockenklima mit kurzer Sommerregenzeit polwärts in das warmgemäßigte Trockenklima mit Sommerregen (IV 3) über. Vegetationskundlich ist diese Grenze durch den Ausfall der megathermen Bäume (z. B. *Bombacaceen*, Palmen der Gattungen *Copernicia* und *Hyphaene* u. a.) bestimmt. Im südlichen Rotmeergraben gibt es eine Variante des tropischen Trockenklimas mit winterlicher Regenzeit und Sommertrockenheit (V 4a), ohne daß sich dies bei der ständigen Wärme im Typus der Vegetation bemerkbar macht.

V 5: Den Übergang der tropischen wechselfeuchten Klimate zu den Wüsten vermittelt der Gürtel der tropischen Halbwüstenklimate mit einer nur kurz dauernden Sommerregenzeit. Abgesehen von Grundwasser- oder Flußoasen oder auch Nebeloasen (C. TROLL 1935, H. WALTER 1936, KOEPCKE 1953, KASSAS 1956) stellt die Vegetation eine extreme Auslese der Lebensformen der Dorn-Sukkulenten-Savannen dar. Wasserspeichernde Gewächse (Stammsukkulente Pflanzen von Kakteentyp, grünrindige Flaschenbäumchen aus den verschiedensten Verwandtschaften, Sträucher mit unterirdischen Speicherorganen, blattsuk-

kulente Kräuter vom Aloë-Cotyledon- oder Lithops-Typ) treten neben Gräsern, Dornbüschen und hartblättrigen, immergrünen Sträuchern vom Capparideen-Typ stark in den Vordergrund. Zu den Wurzel-Sukkulenten muß auch die berühmte Welwitschia mirabilis der Namibwüste gerechnet werden. Versalzte Böden, die schon im Bereich des V4-Klimas nicht fehlen, mit halophilen Sträuchern (*Salicornia* u. a.) nehmen überall überhand, wo periodische oder episodische Wasseransammlungen (Salzpfannen) entstehen.

Die Charakterisierung der einzelnen Klimatypen im Kapitel E mußte kurz gehalten werden und beschränkte sich auf einige besonders markante pflanzenökologische und pflanzengeographische Merkmale. Eine volle Darstellung der hydrologischen, pedologischen, geomorphologischen und ökologischen Auswirkungen der einzelnen Klimate würde eine umfangreiche Behandlung der natürlichen Landschaftszonen erfordern, die der Verfasser in einer auch die vertikale Zonierung berücksichtigenden, dreidimensionalen Landschaftsökologie der Erde vorbereitet.

Literatur

- BATES, MARSTON: Where Winter never comes. A Study of Man and Nature in the Tropics. New York 1952.
- BÖCHER, T. W.: Climate, Soil and Lakes in Continental West Greenland in Relation to Plant Life. Meddel. om Grønland, Bd. 147/2. København 1949.
- BÖCHER, T. W.: Oceanic and continental vegetational Complexes in Southwest Greenland. Ibid., Bd. 148/1. København 1954.
- BROCKMANN-JEROSCH, H.: Baumgrenze und Klimacharakter. Beiträge z. Geobotanischen Landesaufnahme, H. 6, Zürich 1919.
- BÜDEL, J.: Die klimamorphologischen Zonen der Polarländer. Erdkunde, Bd. 2, 1948.
- BYERS, H. R.: Summer Sea Fogs of the Central California Coast. Univ. of California Public. in Geography, vol. 3, 1930.
- COOPER, W. S.: Red Woods, Rainfall and Fog. The Plant World, vol. 20, 1917.
- CREUTZBURG, N.: Klima, Klimatypen und Klimakarten. Peterm. Geogr. Mitt., Bd. 94, 1950.
- ENQUIST, FREDERIK: Sambandet mellan klimat och växtgränser. Geolog. Förening. i Stockholm Förhandlingar, Bd. 46, 1924.
- FRISTRUP, B.: High Arctic Deserts. Congr. Int. Géolog, Compt. Rend. de la XIXme Session, Sect. VII, Alger 1953.
- FRISTRUP, B.: Wind Erosion within the Arctic Deserts. Geografisk Tidsk., Bd. 52, København 1952—53.
- HAFEMANN, D.: Niederschlag, Regenfeldbau und künstliche Bewässerung in der Südafrikanischen Union. Forschungen zur Kolonialfrage, Bd. 12. Würzburg 1943.
- KASSAS, M.: The Mist Oasis of Erkowit, Sudan. The Journal of Ecology, vol. 44, Nr. 1, 1956.
- KNOCH, K. u. SCHULZE, A.: Methoden der Klimaklassifikation. Peterm. Mitt. Erg.-Heft 249. Gotha 1952.
- KOEPCKE, H. W. u. M.: Die Warmluftwüsten Perus. Bonner Zoolog. Beiträge, Bd. IV, H. 1—2. Bonn 1953.
- KOEPCKE, H. W.: Synökologische Studien an der Westseite der peruanischen Anden. Bonner Geogr. Abhandl., H. 29, 1961 (S. 217—232).
- LANDSBERG, H. E., LIPPMANN, H., PAFFEN, K. H. u. TROLL, C.: Weltkarten zur Klimatologie, hrsg. v. E. RODENWALDT u. M. J. JUSATZ. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963.
- LAUER, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. In: Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen. Bonner Geogr. Abhandl. IX, 1952.
- LAUER, W.: Klimadiagramme. Mit einer Klimakarte von Chile. Erdkunde, Bd. 14. Bonn 1960.
- LAUTENSACH, H.: Der geographische Formenwandel. Studien zur Landschaftssystematik. Colloquium Geographicum, Bd. 3, Bonn 1952.
- LAUTENSACH, H.: Der Rhythmus der Jahreszeiten auf der Iberischen Halbinsel. Geogr. Rundschau, Jg. 7, 1955.
- LOEWE, F.: Fortschritte in der physikalisch-geographischen Kenntnis der Antarktis. Erdkunde, Bd. 15, 1961.
- MARBUR, C. F.: Soils of the United States. Atlas of American Agriculture., Part III, Washington 1935.
- VON POLETIKA, W.: Die geobotanischen und klimatischen Verhältnisse der russischen Steppen. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 67. Berlin 1932.
- RUBINSTEIN, E.: Beziehungen zwischen dem Klima und dem Pflanzenreich. Meteorol. Zeitsch., Bd. 41, 1924.
- SCHMITHÜSEN, J.: Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. In: Forschungen in Chile. Bonner Geogr. Abhandl., H. 17, 1956.
- SCHWABE, G. H.: Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile). In: Chilenische Forschungen. Bonner Geogr. Abhandl. H. 27, 1956.
- SHANTZ, H. L. a. ZON, R.: Natural Vegetation. Atlas of American Agriculture, Part I, Sect. E. Washington 1924.
- SKOTTABERG, C.: Apuntes sobre la flora y vegetación de Frai Jorge (Coquimbo, Chile). Meddelanden fr. Göteborgs Bot. Trädgård, Bd. 18, 1950.
- TROLL, C.: Ecuador. In: Handbuch der Geographischen Wissenschaft, hrsg. v. F. KLUTE, Bd. Südamerika. Wildpark Potsdam 1930.
- TROLL, C.: Wüstensteppen und Nebeloasen im südubischen Küstengebirge. Zeitsch. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1935.
- TROLL, C.: Thermische Klimatypen der Erde. Petermanns Geogr. Mitteil., Jg. 1943 (a).
- TROLL, C.: Die Stellung der Indianer-Hochkulturen im Landschaftsaufbau der tropischen Anden. Zeitsch. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1943.
- TROLL, C.: Der asymmetrische Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord- und Südhalbkugel. Jahresber. d. Geobotanischen Forschungsinstituts Rübél in Zürich f. 1947. Zürich 1948.
- TROLL, C.: Tatsachen und Bemerkungen zur Klimatypenlehre. In: Geographische Studien, Festschrift f. J. SÖLCH. Wien 1951.
- TROLL, C.: Das Pflanzenkleid der Tropen in seiner Abhängigkeit von Klima, Boden und Mensch. Deutscher Geographentag Frankfurt a. M. 1951. Tagungsber. u. Wiss. Abhandl. Remagen 1952.
- TROLL, C.: Der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in den verschiedenen Klimagürteln der Erde. Studium Generale, Bd. 8, H. 12, 1955.
- TROLL, C.: Das Wasser als pflanzengeographischer Faktor. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie, hrsg. v. W. RUHLAND, Bd. III, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.
- TROLL, C.: Climatic Seasons and Climatic Classification. The Oriental Geographer, vol. 2, No. 2, Dakka (East Pakistan) 1948.
- TROLL, C.: Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. Bonner Geogr. Abhandl., H. 25, 1959.
- TROLL, C.: Klima und Pflanzenkleid der Erde in dreidimensionaler Sicht. Die Naturwissenschaften, Jg. 48, H. 9, 1961.

TROLL, C.: Die dreidimensionale Landschaftsgliederung der Erde. H. von WISSMANN-Festschrift. Tübingen, Geographisches Institut der Universität, 1962.

WALTER, H.: Die ökologischen Verhältnisse in der Namib-Nebelwüste (Südwestafrika). Jahrb. f. Wiss. Botanik, Bd. 84, 1936.

WALTER, H.: Die Vegetation Osteuropas. 2. Aufl. Berlin 1943.

VON WISSMANN, H.: Die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens. Zeitsch. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1939.

VON WISSMANN, H.: Pflanzenklimatische Grenzen der warmen Tropen. Erdkunde, Bd. 2, 1948.

SOME LOCAL CHARACTERISTICS OF THE WINDS AS REVEALED BY WIND-SHAPED TREES IN THE RHÔNE VALLEY IN SWITZERLAND

MASATOSHI M. YOSHINO

With 4 figures, 1 table and 5 photographs

Zusammenfassung: Die durch die windgeformten Bäume angezeigten Verhältnisse des Lokalwindes im Rhônental, Kanton Wallis (Schweiz).

Der Talaufwind im Rhônental ist wohl einer der kräftigsten im gesamten Alpengebiet. In den Windbeobachtungen der meteorologischen Station in Sierre, die den stündlichen Gang der Windgeschwindigkeit anzeigen (Fig. 1), prägt sich der Talwind scharf aus. Seinen Höhepunkt erreicht der Talaufwind in den späten Nachmittagsstunden des Sommers, wenn er gegen 16 Uhr mittlere Geschwindigkeiten von 5 m/s erreicht.

Die lokalen Unterschiede dieser Talaufwinde wurden im Rhônental auf der Strecke zwischen dem Ufer des Genfer Sees und dem Grimsel- bzw. Furka-Paß vom lokalklimatischen Standpunkt aus mit Hilfe der Winddeformation an Bäumen untersucht. Dies waren meist Süßkirschen (*Prunus avium*), stellenweise auch Kiefern (*Pinus silvestris*), Pappeln (*Populus alba*, *P. nigra* var. *italica*), Lärchen (*Larix decidua*) und Fichten (*Picea excelsa*).

In Figur 3 werden die Windrichtungen an der Neigungsrichtung der Bäume abgelesen und die Deformationsgrade wie auf einer Wetterkarte dargestellt (Legende: Fig. 2). Bemerkenswerte Besonderheiten sind folgende: 1. Der Talaufwind ist am stärksten am Rhôneknie bei Martigny und er reicht bis Mörel-Deisch. 2. Vom Seeufer bis Martigny weht der Talaufwind von NNW-N. Dort dreht er allmählich über W nach SW, weht nördlich an Martigny vorbei und folgt dann wieder dem Tal. 3. Südwestlich und südlich von Fully findet sich ein Kalmengebiet, das vom Windschatten des NW-Talaufwindes gebildet wird. 4. Von Mörel-Deisch bis Reckingen-Münster ist der Wind sehr schwach, aber oberhalb von Obergesteln tritt dann ein umgekehrter, NE-Wind auf. Dieser nördliche Wind ist eine über den Grimselpaß hereinwehende Luftströmung.

In der vertikalen Verteilung auf den Hängen (Fig. 4) kann man sechs Lokalwindgebiete feststellen: Region I: Die Komponente des Talaufwindes ist sehr stark (I_1) oder stark (I_2). Region II: Die Komponente des Talaufwindes ist deutlich, aber schwächer als in Region I₂. Region III: Die Komponente des Talaufwindes ist vergleichbar der Komponente des Hangaufwindes. Beide sind verhältnismäßig schwach. Region IV: Die Komponente des Hangaufwindes ist deutlich. Region V: Es herrscht Windstille. Region VI: Der nördliche Wind ist stark (VI_1) oder feststellbar (VI_2).

Zuletzt werden die vertikale und horizontale Grenze dieser Gebiete (Regions) im Vergleich zu anderen Tälern oder in bezug auf andere lokalklimatische Erscheinungen im Rhônental diskutiert.

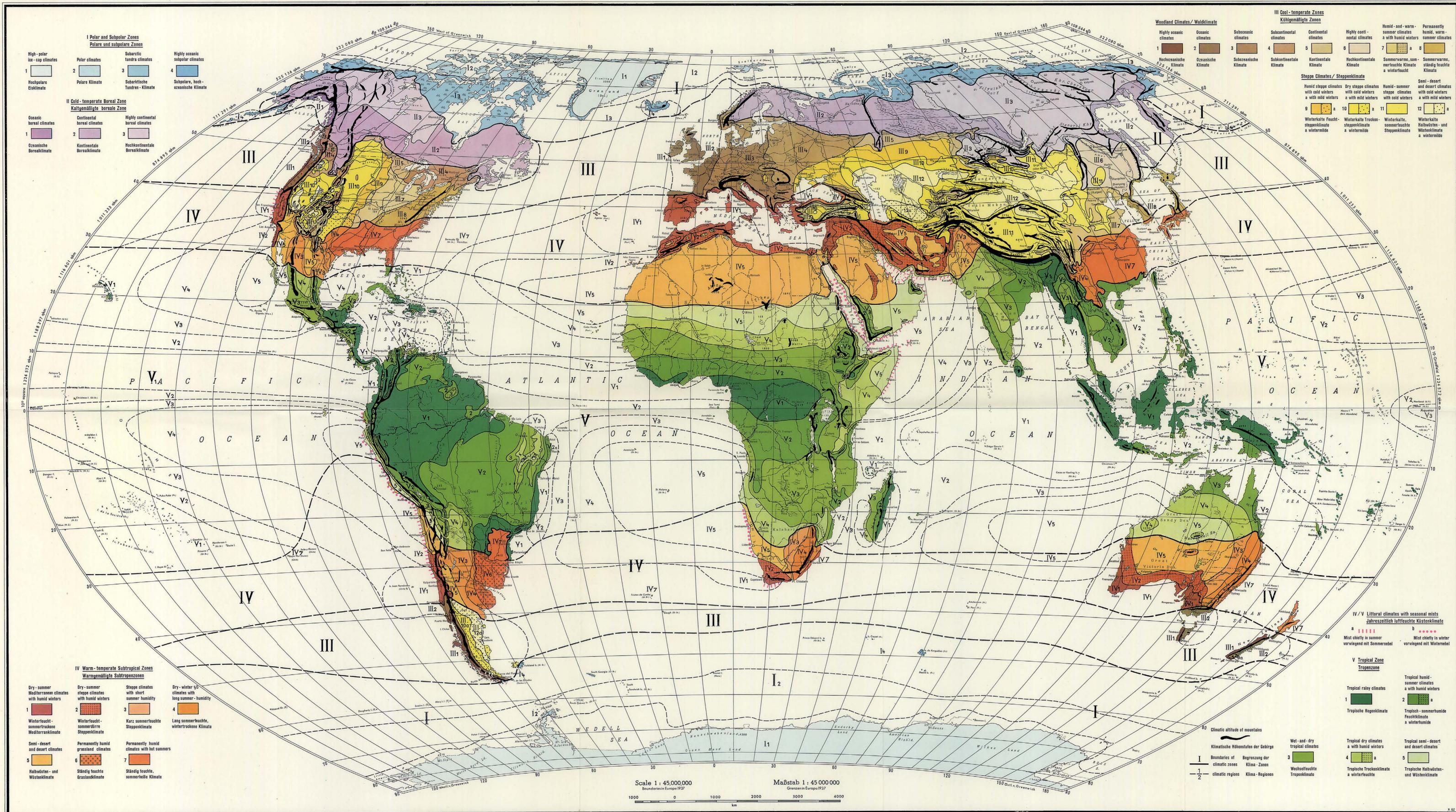
I. Introduction

In the Rhône valley in Switzerland marked valley winds blow which are called locally "Wal-

liser Talwind" or "la bise" (Bise). They occur quite regularly and blow strongly in daylight hours, especially in the afternoon, except in cases of anomalous weather and in December and January. This phenomenon is so clearly discernible that many studies have been devoted to its elucidation since the second half of the 18th Century. According to R. BILLWILLER jun. (1914), Albrecht VON HALLER had described the valley winds in this region, their diurnal change and direction along the valley, by compiling his own observations during his stay in the years 1758—64 at Roche, 5 km S.E. of the mouth of the Rhône on the shores of Lake Léman. A. MORLOT wrote a more detailed treatise on the winds along the valley in the Bulletin de la Société Vaudoise Scientia Natura 1856/57. The comprehensive description was then given by A. PUENZIEUX (1897) in his study on the afforestation of this region. CONRAD (1936) mentioned the Valais valley winds and considered the small amount of cloudiness in this region as a possible cause of them. NÄGELI (1943) also described the characteristics of these valley winds in his study on wind breaks in the lowest part of the Rhône valley.

FRÜH (1902) was the first to write about the local wind conditions in Switzerland in relation to the plant life. An approach to the meteorological explanation of the causes of this valley wind was attempted by BILLWILLER (1914, 1915), who employed observations of the barometric change and other meteorological elements at several points in the valley. The wind-shaped trees are also treated in the monograph on the vegetation in Valais by GAMS (1927). BROCKMANN-JEROSCH (1929) described the valley winds and their effects upon the plants in detail in his monograph on the vegetation of Switzerland. FRÜH (1930) has also summarized the wind conditions in Valais.

In these studies it has been pointed out that the effects of the winds are most conspicuous on the form of trees: fruit-trees such as cherry, pear and certain types of apple, poplar, common pine,



Hemmers Böchartene Projektion mit Pollinie von K. Wagner
Weltkarten zur Klimakunde / World Maps of Climatology, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York
© 1965 by Heidelberger Akademie der Wissenschaften Heidelberg, Germany

Legende zur Karte
Die Jahreszeitenklimate der Erde
Von C.TROLL u. KH. PAFFEN

Beilage zur ERDKUNDE Bd. XVIII, Heft 1, 1964

Die Jahreszeitenklimate der Erde

Von C. TROLL u. KH. PAFFEN

Die Klimacharakteristika gelten nur mit Einschränkung auch für die ausgeschiedenen Meeresregionen, die als maritime Varianten der entsprechenden festländischen Klimatypen anzusehen sind.

Die klimatischen Höhenstufen der Gebirge sind als Höhenvarianten der zugehörigen Klimazonen aufzufassen.

I. Polare und subpolare Zonen

1. Hochpolare Eisklimate: polare Eiswüsten.
2. Polare Klimate mit geringer Sommerwärme (wärmster Monat unter $+6^{\circ}\text{C}$): polare Frostschuttzone.
3. Subarktische Tundrenklimate mit kühlen Sommern (wärmster Monat $6-10^{\circ}\text{C}$) und großer Winterkälte (kältester Monat unter -8°C): Tundren.
4. Subpolare Klimate von hoher Ozeanität mit mäßig kalten, schneearmen Wintern (kältester Monat -8° bis $+2^{\circ}\text{C}$) und kühlen Sommern (wärmster Monat 5° bis 12°C ; Jahresschwankung $< 13^{\circ}$, meist $< 10^{\circ}\text{C}$): subpolares Tussock-Grasland und Moore.

II. Kaltgemäßigte boreale Zone

1. Ozeanische Borealklimate (Jahresschwankung $13-19^{\circ}\text{C}$) mit mäßig kalten, aber relativ schneereichen Wintern (kältester Monat $+2^{\circ}$ bis -3°C ; winterliches Niederschlagsmaximum), mäßig warmen Sommern (wärmster Monat 10° bis 15°C) und einer Vegetationsdauer von 120 bis 180 Tagen: ozeanisch-feuchte Nadelwälder.
2. Kontinentale Borealklimate (Jahresschwankung 20° bis 40°C) mit langen, sehr kalten und schneereichen Wintern, aber kurzen, relativ warmen Sommern (wärmster Monat 10° bis 20°C) und 100—150 Tagen Vegetationsdauer: kontinentale Nadelwälder.
3. Hochkontinentale Borealklimate (Jahresschwankung $> 40^{\circ}\text{C}$) mit ewiger Bodengefrorenis, sehr langen, extrem kalten und trockenen Wintern (kältester Monat unter -25°C), kurzer, aber ausreichender sommerlicher Erwärmung (wärmster Monat 10° bis 20°C) und tiefem Auftauboden: hochkontinentale, trockene Nadelwälder.

III. Kühlgemäßigte Zonen

Waldklimate:

1. Hochozeanische Klimate (Jahresschwankung $< 10^{\circ}\text{C}$) mit sehr milden Wintern (kältester Monat 2° bis 10°C), hohem winterlichen Niederschlagsmaximum und kühlen bis mäßig warmen Sommern (wärmster Monat unter 15°C): immergrüne Laub- und Mischwälder.
2. Ozeanische Klimate (Jahresschwankung $< 16^{\circ}\text{C}$) mit milden Wintern (kältester Monat über 2°C), Herbst- und Wintermaximum der Niederschläge und mäßig warmen Sommern (wärmster Monat unter 20°C): Ozeanische Fallaub- und Mischwälder.
3. Subozeanische Klimate (Jahresschwankung $16-25^{\circ}\text{C}$) mit milden bis mäßig kalten Wintern (kältester Monat $+2^{\circ}$ bis -3°C), Herbst- bis Sommerniederschlagsmaximum, mäßig warmen bis warmen und langen Sommern und einer Vegetationsdauer von über 200 Tagen: Subozeanische Fallaub- und Mischwälder.
4. Subkontinentale Klimate (Jahresschwankung $20-30^{\circ}\text{C}$) mit kalten Wintern (kältester Monat -3° bis -13°C)

The Seasonal Climates of the Earth

by C. TROLL and KH. PAFFEN

The climatic characteristics are only of limited validity for the selected oceanic regions too, which are to be considered maritime variations of the corresponding continental climatic types.

The climatic levels of mountains should be interpreted as altitudinal variations of the climatic zone concerned.

I. Polar and Subpolar Zones

1. High-polar ice-cap climates: polar ice-deserts.
2. Polar climates with little solar heat (warmest month below $+6^{\circ}\text{C}$); polar frost-debris belt.
3. Subarctic tundra climates with cool summers (warmest month 6° to 10°C) and great winter cold (coldest month below -8°C): tundra.
4. Highly oceanic sub-polar climates with moderately cold winters, poor in snow (coldest month -8° to $+2^{\circ}\text{C}$) and cool summers (warmest month $+5^{\circ}$ to $+12^{\circ}\text{C}$); annual fluctuation $< 13^{\circ}\text{C}$, often $< 10^{\circ}\text{C}$): sub-polar tussock grassland and moors.

II. Cold-temperate Boreal Zone

1. Oceanic boreal climates (annual fluctuation 13 to 19°C) with moderately cold winter, with, however, relatively prolific snow (coldest month $+2^{\circ}$ to -3°C ; winter precipitation maximum), moderately warm summers (warmest month $+10^{\circ}$ to $+15^{\circ}\text{C}$) and a vegetation period of 120 to 180 days: oceanic humid coniferous woods.
2. Continental boreal climates (annual fluctuation 20 to 40°C) with long, very cold winters, prolific in snow, but short relatively warm summers (warmest month $+10^{\circ}$ to $+20^{\circ}\text{C}$) and a vegetation period of 100 to 150 days: continental coniferous woods.
3. Highly continental boreal climates (annual fluctuation $> 40^{\circ}\text{C}$) with permanently frozen soils, very long, extremely cold and dry winters (coldest month below -25°C) short, but sufficient warming up in summertime (warmest month $+10^{\circ}$ to $+20^{\circ}\text{C}$) and deep thawing soils: highly continental dry coniferous woods.

III. Cool-temperate Zones

Woodland Climates

1. Highly oceanic climates (annual fluctuation $< 10^{\circ}\text{C}$) with very mild winters (coldest month $+2^{\circ}$ to $+10^{\circ}\text{C}$) high winter precipitation maximum and cool to moderately warm summers (warmest month below $+15^{\circ}\text{C}$): evergreen broad-leaved and mixed woods.
2. Oceanic climates (annual fluctuation $< 16^{\circ}\text{C}$) with mild winters (coldest month above $+2^{\circ}\text{C}$), autumn and winter maxima of precipitation and moderately warm summers (warmest month below 20°C): oceanic deciduous broad-leaved and mixed woods.
3. Sub-oceanic climates (annual fluctuation 16° to 25°C) with mild to moderately cold winters (coldest month $+2^{\circ}$ to -3°C), autumn to summer maxima of precipitation, moderately warm to warm and long summers and a period of vegetation of more than 200 days: sub-oceanic deciduous broad-leaved and mixed woods.
4. Sub-continental climates (annual fluctuation 20° to 30°C) with cold winters (coldest month -3° to

und ausgeprägter Winterruhe, mit mäßig warmen Sommern (wärmster Monat meist unter 20° C), sommerlichem Niederschlagsmaximum und einer Vegetationsdauer von 160 bis 210 Tagen: subkontinentale Falllaub- und Mischwälder.

5. Kontinentale, winterkalte und schwach wintertrockene Klimate (Jahresschwankung 30—40° C, kältester Monat —10° bis —20° C) mit mäßig warmen und mäßig feuchten Sommern (wärmster Monat 15—20° C) und einer Vegetationsdauer von 150—180 Tagen: kontinentale Falllaub- und Mischwälder sowie Waldsteppen.
6. Hochkontinentale, winterkalte und wintertrockene Klimate (Jahresschwankung meist > 40° C, kältester Monat —10° bis —30° C) mit kurzen, warmen und feuchten Sommern (wärmster Monat über 20° C): hochkontinentale Falllaub- und Mischwälder sowie Waldsteppen.
7. Sommerwarme und sommerfeuchte Klimate (Jahresschwankung 25—35° C) mit mäßig kalten, aber trockenen Wintern (kältester Monat 0° bis —8° C; wärmster Monat 20° bis 26° C): wintertrockene und winterharte, wärmeliebende Falllaub- und Mischwälder sowie Waldsteppen.
- 7a. Sommerwarme und sommertrockene Klimate mit mildem bis mäßig kaltem, aber schwach feuchtem Winterhalbjahr (kältester Monat +2° bis —6° C; wärmster Monat 20—26° C): mild temperierte bis winterharte, wärmeliebende Trockenwälder und Waldsteppen.
8. Sommerwarme, ständig feuchte Klimate (Jahresschwankung 20—30° C) mit milden bis mäßig kalten Wintern (kältester Monat +2° bis —6° C; wärmster Monat 20° bis 26° C): feuchte, wärmeliebende Falllaub- und Mischwälder.

Steppenklimate

9. Winterkalte Feuchtsteppenklimate mit 6 und mehr humiden Monaten und Wachstumszeit im Frühjahr und Frühsommer (kältester Monat unter 0° C): kraut- und staudenreiche Hochgrassteppen.
- 9a. Wintermilde Feuchtsteppenklimate (kältester Monat über 0° C).
10. Winterkalte, sommerdürre Trockensteppenklimate mit weniger als 6 humiden Monaten (kältester Monat unter 0° C): Kurzgras-, Zwergstrauch- und Dornsteppen.
- 10a. Wintermilde, sommerdürre Trockensteppenklimate (kältester Monat 0° bis +6° C): Gras-, Zwergstrauch- und Dornsteppen.
11. Winterkalte und wintertrockene, sommerfeuchte Steppenklimate (kältester Monat unter 0° C): zentral- und ostasiatische Gras- und Zwergstrauchsteppen.
12. Winterkalte Halbwüsten- und Wüstenklimate (kältester Monat unter 0° C): winterkalte Halb- und Vollwüsten.
- 12a. Wintermilde Halbwüsten- und Wüstenklimate (kältester Monat 0° bis +6° C): wintermilde Halb- und Vollwüsten.

IV. Warmgemäßigte Zonen

(Subtropen i. w. S.)

(Alle Ebenen- und Hügellandklimate wintermild, d. h. kältester Monat 2° bis 13° C, auf der Südhalbkugel 6° bis 13° C).

1. Winterfeucht-sommertrockene Klimate vom mediterranen Typus (meist mehr als 5 humide Monate): subtropische Hartlaub- und Nadelgehölze.
2. Winterfeucht-sommerdürre Steppenklimate (meist weniger als 5 humide Monate): subtropische Gras- und Strauchsteppen.
3. Kurz sommerfeuchte und wintertrockene Steppenklimate (weniger als 5 humide Monate): subtropische Dorn- und Sukkulenteensteppen.

—13° C) and distinct winter break in vegetative process, with moderately warm summers (warmest month generally below +20° C), summer maximum of precipitation and vegetation period of 160 to 210 days: subcontinental deciduous broad-leaved and mixed woods.

5. Continental climates with cold, slightly winters (annual fluctuation 30° to 40°; coldest month —10° to —20° C) and moderately warm and moderately humid summers (warmest month 15° to 20° C) and a vegetation period of 150 to 180 days: continental deciduous broad-leaved and mixed wood as well as wooded steppe.
6. Highly continental climates with cold and dry winters (annual fluctuation generally > 40° C; coldest month —10° to —30° C) and short, warm and humid summers (warmest month above 20° C): highly continental deciduous broad-leaved and mixed woods as well as wooded steppe.
7. Humid-and-warm-summer climates (annual fluctuation 25° to 35° C) with moderately cold, but dry winters (coldest month 0° to —8° C; warmest month 20° to 26° C): deciduous broad-leaved and mixed wood and wooded steppe favoured by warmth, but withstanding cold and aridity in winter.
- 7a. Dry-and-warm-summer climates with a mild to moderately cold, but slightly humid winter half year (coldest month +2° to —6° C; warmest month 20° to 26° C): thermophile dry wood and wooded steppe which withstands moderate to hard winters.
8. Permanently humid, warm summer climates (annual fluctuation 20° to 30° C) with mild to moderately cold winters (coldest month +2° to —6° C; warmest month 20° to 26° C): humid deciduous broad-leaved and mixed wood which favours warmth.

Steppe Climates

9. Humid steppe climates with cold winters and 6 or more humid months, vegetation period in spring and early summer (coldest month below 0° C): high grass-steppe with perennial herbs.
- 9a. Humid steppe climates with mild winters (coldest month above 0° C).
10. Steppe climates with cold winters, arid summers and less than 6 months of humidity (coldest month below 0° C): short grass-, or dwarf shrub-, or thorn-steppe.
- 10a. Dry steppe climates with cold winters and arid summers (coldest month 0° to +6° C): steppe with short grass, dwarf shrubs and thorns.
11. Humid-summer steppe climates with cold and dry winters (coldest month below 0° C): Central and East-Asian grass and dwarf shrub steppe.
12. Semi-desert and desert climates with cold winters (coldest month below 0° C): semi-desert and desert with cold winters.
- 12a. Semi-desert and desert climates with mild winters (coldest month 0° to +6° C): semi-deserts and desert with mild winters.

IV. Warm-temperate Sub-tropical Zones

(All plains and hill country climates with mild winters, coldest month +2° to +13° C, from +6° to +13° C in the southern hemisphere.)

1. Dry-summer Mediterranean climates with humid winters (mostly more than 5 humid months): sub-tropical hard-leaved and coniferous wood.
2. Dry-summer steppe climates with humid winters (mostly less than 5 humid months): sub-tropical grass and shrub-steppe.
3. Steppe climates with short summer humidity and dry winters (less than 5 humid months): sub-tropical thorn- and succulents-steppe.

4. Lang sommerfeuchte und winterrockene Klimate (meist 6—9 humide Monate): subtropische Kurzgrassteppen und hartlaubige Monsunwälder und -waldsteppen.
5. Halbwüsten- und Wüstenklimate ohne strenge Winter, aber meist mit vorübergehenden oder Nachtfrosten (meist weniger als 2 humide Monate): subtropische Halbwüsten und Vollwüsten.
6. Ständig feuchte Graslandklimate der Südhemisphäre (10—12 humide Monate): subtropische Hochgrasfluren.
7. Ständig feuchte und sommerheiße Klimate mit sommerlichem Niederschlagsmaximum: subtropische Feuchtwälder (Lorbeer- und Nadelgehölze).

V. Tropenzone

1. Tropische Regenklimate ohne oder mit kurzer Unterbrechung der Regenzeit (12 bis $9\frac{1}{2}$ humide Monate): immergrüne tropische Regenwälder und halblaubwerfende Übergangswälder.
2. Tropisch-sommerhumide Feuchtklimate mit $9\frac{1}{2}$ bis 7 humiden bzw. $2\frac{1}{2}$ bis 5 ariden Monaten: regengrüne Feuchtwälder und feuchte Grassavannen.
- 2a. Tropisch-winterhumide Feuchtklimate mit $9\frac{1}{2}$ bis 7 humiden bzw. $2\frac{1}{2}$ bis 5 ariden Monaten: halblaubwerfende Übergangswälder.
3. Wechselfeuchte Tropenklimate mit 7 bis $4\frac{1}{2}$ humiden bzw. 5 bis $7\frac{1}{2}$ ariden Monaten: regengrüne Trockenwälder und Trockensavannen.
4. Tropische Trockenklimate mit $4\frac{1}{2}$ bis 2 humiden bzw. $7\frac{1}{2}$ bis 10 ariden Monaten: tropische Dorn-Sukkulentenwälder und -Savannen.
- 4a. Tropische Trockenklimate mit humiden Monaten im Winter.
5. Tropische Halbwüsten- und Wüstenklimate mit weniger als 2 humiden bzw. mehr als 10 ariden Monaten: tropische Halb- und Vollwüsten.

IV/V. Jahreszeitlich luftfeuchte Küstenklimate

Jahreszeitlich luftfeuchte Küstenklimate im Bereich tropisch-subtropischer Wüsten- und wechselfeuchter Klimate, bedingt durch

- a) sommerliche
- b) winterliche Küstennebel: feuchtere als dem Regional-klima entsprechende nebelgrüne bis immergrüne, epiphytenreiche Küsten- und Küstengebirgsvegetationstypen.

4. Dry-winter climates with long summer humidity (generally 6 to 9 humid months): sub-tropical steppe with short grass, hard-leaved monsoon wood and wooded-steppe.
5. Semi-desert and desert climates without hard winters, but frequent transient or night frosts (generally less than 2 humid months): sub-tropical semi-deserts and deserts.
6. Permanently humid grassland-climates of the southern hemisphere (10 to 12 humid months): sub-tropical high-grassland.
7. Permanently humid climates with hot summers and a maximum of precipitation in summer: sub-tropical humid forests (laurel and coniferous forests).

V. Tropical Zone

1. Tropical rainy climates with or without short interruptions of the rainy season (12 to $9\frac{1}{2}$ humid months): evergreen tropical rain forest and half deciduous transition wood.
2. Tropical humid-summer climates with $9\frac{1}{2}$ to 7 humid and $2\frac{1}{2}$ to 5 arid months: rain-green humid forest and humid grass-savannah.
- 2a. Tropical winter-humid climates with $9\frac{1}{2}$ to 7 humid and $2\frac{1}{2}$ to 5 arid months: half deciduous transition wood.
3. Wet and dry tropical climates with 7 to $4\frac{1}{2}$ humid and 5 to $7\frac{1}{2}$ arid months: rain-green dry wood and dry savannah.
4. Tropical dry climates with $4\frac{1}{2}$ to 2 humid and $7\frac{1}{2}$ to 10 arid months: tropical thorn-succulent wood and savannah.
- 4a. Tropical dry climates with humid months in winter.
5. Tropical semi-desert and desert climates with less than 2 humid and more than 10 arid months: tropical semi-deserts and deserts.

IV/V. Littoral Climates with Seasonal Mists

Seasonally atmospherically humid coastal climates in regions of tropical — sub-tropical desert climates and alternately humid climates caused by coastal mist

- a) in summer,
- b) in winter: types of coastal and mountainous coastal vegetation abundant in epiphytes, mist-green to evergreen, more humid than in the corresponding regional climate.