Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt.

Von Dr. **W. Köppen.**

Mit zwei Karten (Tafel 6 u. 7).

Im Jahrgang 1867 von Petermann's Mitteilungen erschien als Ergebnis der umfassenden Studien von Prof. A. Grisebach eine Karte der Vegetationsgebiete der Erde. Dieselbe Karte, mit einigen Verbesserungen, ist auch dem 1872 erschienenen grofsen Werke Grisebach's, „Die Vegetation der Erde", beigegeben. Von Petermann entworfen, ist sie in ihrem kleinen Mafsstab ein Meisterstück von Klarheit und hat mir, damals jungem Studenten, besonders durch die vielen Züge von Regelmäfsigkeit und Symmetrie, viele Anregung gebracht. An den Stellen der Karte, wo diese Symmetrie versagte, wurde sie teilweise schon durch Grisebach's Text, vor allem in seinem grofsen Werke, ergänzt, teilweise durch die Einteilungen anderer Pflanzen- und Tiergeographen, wie namentlich Drude, Wallace und Sclater, hervorgehoben, in denen wiederum andere dieser Züge fehlen.

In der Geographie der Organismen trägt natürlich das Zusammenwirken klimatologischer, historischer und eigentlich biologischer Ursachen dazu bei, das Bild kompliziert zu machen; unter historischen Ursachen sind dabei die aus der geologischen Geschichte dieses und der benachbarten Erdräume fliefsenden, unter eigentlich biologischen aber diejenigen verstanden, die aus dem Vorhandensein anderer Organismen entstammen. Auf der anderen Seite wird vieles vereinfacht dadurch, dafs sich die in der Klimatologie überwiegend quantitativen Unterschiede hier in qualitative — das Vorhandensein oder Fehlen einer bestimmten systematischen oder physiologischen Organismengruppe — umgewandelt finden. Die Erfahrung zeigt, dafs es sich dabei, soweit nicht historische u. s. w. Ursachen dazwischenkommen, um die Überschreitung gewisser Schwellenwerte der klimatischen Elemente handelt, meistens um solche für bestimmte Abschnitte der jährlichen Entwickelung.

Neben den klimatischen Ursachen treten die übrigen direkten Einflüsse der anorganischen Natur in der Pflanzen- und Tiergeographie insofern ganz zurück, als sie nicht das „Gebiet" oder die „Provinz", sondern nur den „Standort" zu charakterisieren pflegen. Aber auch dort, wo die direkten bestimmenden Ursachen der Verbreitung eines Wesens biologische sind, wirken indirekt klimatische entscheidend ein: die Verbreitung des Tieres wird in einem bedeutenden Mafse von der seiner Nahrung und der grofsen Pflanzengemeinden — der Wälder, der Gebüsche, der Steppen u. s. w. — bedingt, natürlich nicht nur die der Pflanzenfresser, sondern auch die der Fleischfresser.

Da es grofsenteils dieselben direkten und indirekten klimatischen Einflüsse sind, die auch die menschliche Kultur weitgehend beherrschen, so spiegeln auch Kulturkarten der Erde, zum mindesten landwirtschaftliche, dasselbe Bild in den Hauptzügen wieder, das uns die pflanzen- und tiergeographischen darbieten. Auch in den „historischen“ Einflüssen in der Verbreitung der Organismen spielen klimatische Ursachen zudem wesentlich mit, einerseits insofern sie Klimate der Vergangenheit betreffen, andererseits indem das jetzige Klima die Besiedelung mancher Gebiete in gewisser Richtung, z. B. Europas vom Sudan und Abessinien aus, nach der letzten Eiszeit, ausschlofs.

Bei dieser Bedeutung des Klimas für die Geographie der Pflanzen, Tiere und Menschen entsteht die Aufgabe für den Klimatologen, die entscheidenden klimatischen Momente — wie gesagt: meist Schwellenwerte — herauszuschälen, das grofse Schema ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite, der Verteilung der Kontinente und Ozeane und der Meereshöhe abzuleiten, und es dann den Phyto-, Zoo- und Kulturgeographen und den Paläontologen zu überlassen, nachzuweisen, in welcher Art die Lebewelt von diesen Wohnräumen Besitz ergriffen hat. Viel ist in dieser Richtung schon geschehen, das meiste durch Pflanzengeographen. Auch Versuche einer Einteilung der Erde in Klimaprovinzen liegen bereits vor[1]), die sich auf die Gesamtheit der klimatischen Faktoren zu stützen suchen. Aber die leitenden Gesichtspunkte sind nicht genügend herausgearbeitet, die grofsen Züge treten darum in ihrer gesetzmäfsigen Symmetrie noch zu wenig hervor, und der Beschauer der Karte bleibt im Zweifel, ob von den unzähligen möglichen Einteilungen gerade diese mehr Berechtigung hat, als andere.

Im Jahre 1874 hat Alphonse De Candolle eine Einteilung der Pflanzen in biologische Gruppen nach ihrem Verhalten gegen Wärme und Feuchtigkeit gegeben, die sowohl die damals vorliegenden Studien der Pflanzengeographen klar zusammenfafste, als auch mit den späteren in vortrefflicher Übereinstimmung steht[2]). Die fünf Gruppen sind (vgl. Drude: Pflanzengeographie, Stuttgart 1890, S. 111):

A. Megathermen mit den Ansprüchen an andauernd hohe Temperatur ohne Jahresschwankung und zugleich starke Feuchtigkeit. Tropenbewohner der Gegenwart.

B. Xerophilen oder Xerophyten. Auch diese beanspruchen hohe Temperaturen (wenigstens für kurze Zeit), lieben aber zugleich Trockenheit und stärkere Temperaturausschläge. Sie bilden die Vegetation der Gegenden mit längerer Trockenzeit in den Tropen und der Steppen und Wüsten der tropischen und wärmeren gemäfsigten Zonen.

C. Mesothermen. Diese Gruppe beansprucht in ihrer Vegetation gemäfsigte Wärme ($15^0 - 20^0$ C.) und gemäfsigte Feuchtigkeitsmengen; ein

---

1) Vor allem sind zu nennen: Supan: Grundzüge der physischen Erdkunde, Leipzig 1884; 2. Aufl. 1896. R. Hult: Jordens klimatområden. Försök till en indelning of jordytan efter klimatiska grunder. Vetenskap. Meddelanden af Geografiska Föreningen i Finland. I, 1892—93.

2) Archives des sciences de la bibl. univ. de Genève, 1874. In Hamburg leider nicht aufzutreiben.

Teil von ihnen verlangt hohe Sommertemperaturen, ein anderer Teil meidet niedere Wintertemperaturen, ein dritter Teil meidet, im Gegensatz zum ersten, die mit hohen Sommertemperaturen oft verbundene Trockenheit. Bewohnt die Breiten etwa zwischen 22^0 und 45^0 (N.) oder 40^0 (S.) Breite, soweit die Feuchtigkeit ausreicht.

D. Mikrothermen, mit geringeren Ansprüchen an Wärme — niedrigere Jahrestemperatur, kühlere und kürzere Sommer, kältere Winter.

E. Hekistothermen, die Pflanzen der arktischen Zone jenseits der Baumgrenze und der strauchlosen antarktischen Vegetationszone, mit dem geringsten Wärmebedürfnis.

Die wichtige Gruppe der Xerophilen De Candolle's läfst sich in drei Untergruppen teilen: in die extreme der Wüstenpflanzen, in die mittlere, von dem Rest der Gewächse in ihren Ansprüchen nicht ganz so weit abweichende Untergruppe der Steppenpflanzen und in die nur auf periodische Trockenheit eingerichtete der xerophilen Bäume und Sträucher. Da nun diese letzteren einen grofsen Teil der Vegetation des Mittelmeergebiets und der andern von de Candolle als Mesothermen bezeichneten Pflanzen bilden, so erscheint es konsequent, ebenso die auf den Wechsel von Trocken- und Regenzeiten eingerichteten Tropenbewohner zu den Megathermen zu schlagen — etwa als Xeromegathermen sie den Hydromegathermen entgegensetzend. Wir wollen deshalb als Reich der Xerophilen im engeren Sinne nur das Gebiet der Steppen und Wüsten verstehen, das sich auf allen Festländern zwischen die baumbewohnten Gebiete der niederen und der höheren Breiten einschiebt.

Ebenso lassen sich mit Vorteil einige Unterabteilungen innerhalb der übrigen grofsen Gruppen unterscheiden. So lassen sich unter den Mesothermen diejenigen Gewächse, deren Vegetationszeit zwischen einer kurzen Winterruhe und einer sommerlichen Trockenruhe verläuft, von denen scheiden, die gerade im Hochsommer reichliche Wasserzufuhr gewohnt sind, sowie die Pflanzen, die zwar heifsen Sommer verlangen, aber wie die Mikrothermen erheblichen Frost vertragen, von dem Rest, der nicht darauf eingerichtet ist. Unter den Mikrothermen sind mindestens zwei deutliche Stufen im Wärmebedürfnis zu unterscheiden, je nachdem sie mehr oder weniger als vier warme Monate für ihren Vegetationsprozefs beanspruchen.

Die Vegetationsgebiete, die uns die Karten von Grisebach, Drude u. a. für die Erde oder einzelne Stücke ihrer Oberfläche vorführen, lassen sich zu einem grofsen Teile auf diese biologischen Gruppen des Gewächsreiches zurückführen und liefern genauere Angaben über deren geographische Grenzen. Geht man sodann von der physiologischen Grundlage jener Gruppierung aus, und sucht man in deren Lichte nach denjenigen klimatischen Werten, die für diese Grenzen charakteristisch sind, so gelangt man allmählich zu einem ziemlich einfachen Schema der Klimagebiete.

Von den grofsen Faktoren des organischen Lebens zeigen einige, wie die chemische Natur des Mediums, insbesondere der Atmosphäre und des Bodens, keine grofsen geographischen Züge innerhalb der Biosphäre; bei anderen, wie bei dem Lichte, sind diese grofsen Züge so einfach, dafs sie unmittelbar durch die geographische Breite gegeben sind. So entscheidend der

Einfluſs des Lichtes auf das Leben, besonders bei den grünen assimilirenden Pflanzen ist, so ist es bisher nicht gelungen, die geographischen Wirkungen des Lichtes in der Verbreitung der Organismen mit Sicherheit von demjenigen beträchtlichen Teile der Wärmewirkungen zu scheiden, der gleichfalls der geographischen Breite parallel geht. Man kommt also in der Darstellung vorläufig ohne die Rücksicht auf das Licht aus, und muſs es weiteren Erfahrungen, namentlich der jetzt noch fast fehlenden Kenntnis der thatsächlichen Sonnenscheinmenge als klimatischem Element, überlassen, die Wahrheit exakter festzustellen.

Es bleiben also die zwei groſsen Faktoren der Wärme und Feuchtigkeit, denen wir uns nun zuzuwenden haben. Bei diesen ist die Abhängigkeit sowohl von der geographischen Breite als von der Verteilung von Festland und Meer offenkundig. Da es zu viel Raum beanspruchen würde, die thatsächliche Ableitung der einzelnen Linien dieses Schemas auszuführen, so begnüge ich mich damit, das gewonnene System der Klimate vorzulegen und seine Ausgestaltung in der Wirklichkeit auf den einzelnen Festländern zu zeigen.

Denken wir uns statt des unregelmäſsigen Wechsels von Wasser und Land zwei von Pol zu Pol reichende Kontinente durch zwei um 90^0 von einander abstehende Meridiane von zwei zwischenliegenden, ebenso groſsen Ozeanen geschieden, und suchen wir die klimatischen Verhältnisse dieser idealen Festländer aus den jetzt bestehenden abzuleiten; statt der Gebirge nehmen wir dabei einen gleichmäſsig hügeligen Charakter des ganzen festen Landes an[1]). Zum Behufe dieser Ableitung müssen wir uns also Amerika etwa auf den Raum zwischen 40^0 und 130^0 W. verbreitert und südlich fortgesetzt denken, die mächtige Festlandsmasse der alten Welt nebst Australien aber auf den Raum zwischen den Meridianen von London und Calcutta zusammengedrängt und sowohl nach N. als namentlich nach S. verlängert. Die gegenwärtige Verteilung von Wasser und Land weicht von der gedachten besonders durch folgende Punkte ab:

1. Durch den ozeanischen Charakter der südlichen Halbkugel, in dessen Folge sie nicht nur in der Jahresschwankung der Temperatur und deren Folgeerscheinungen im Luftdruck und den Luftströmungen zur nördlichen Halbkugel in Gegensatz tritt, sondern auch im Jahresmittel das Windsystem der südlichen Halbkugel, wegen der geringeren Reibungshindernisse, gröſser ist als das der nördlichen, und der meteorologische Äquator nördlich vom astronomischen liegt;

2. Durch die Zerreiſsung der alten Welt, vom nördlichen Wendekreis an, und Einlagerung des Indischen Oceans; von hier ab haben wir in ihr

---

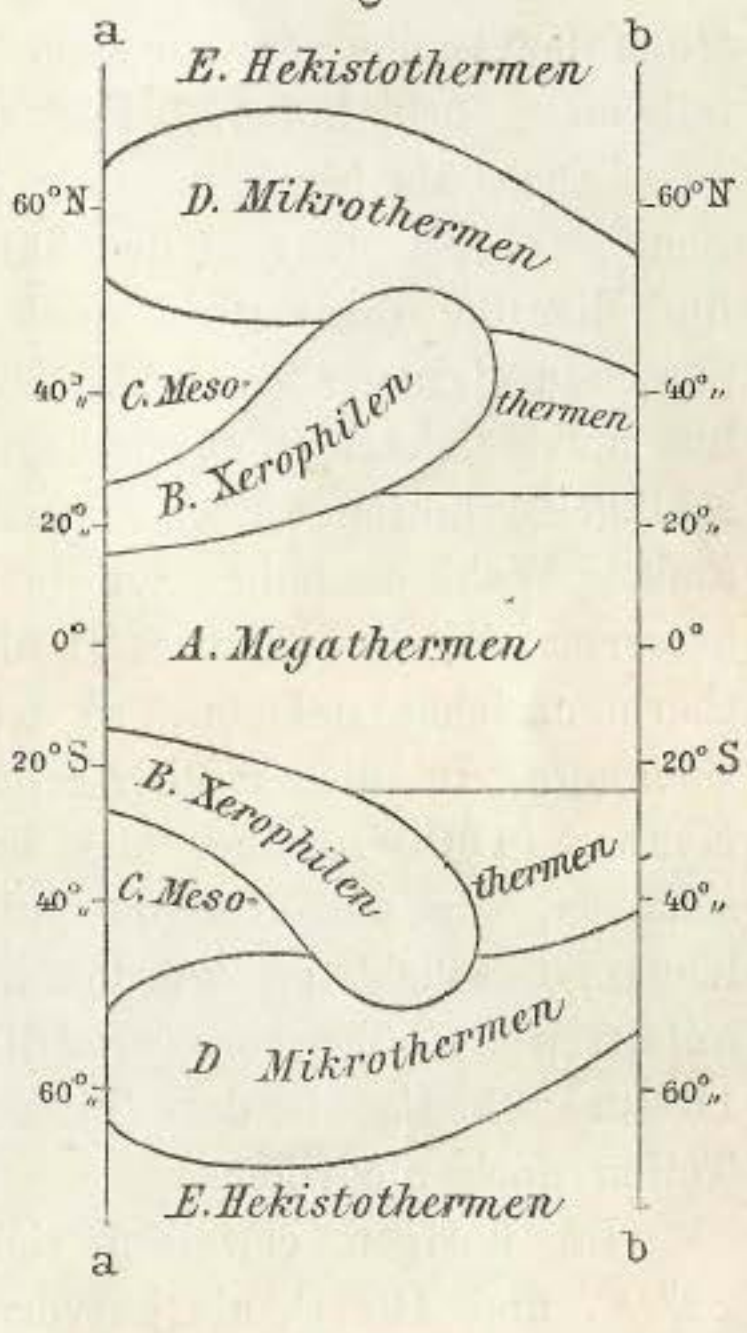
1) Solche ersonnene Vereinfachungen an Stelle der verwickelten wirklichen Umstände müssen in der Klimatologie das unmögliche Experiment im Groſsen ersetzen und sind bereits mit Vorteil angewandt worden: für den Ozean bereits vor vielen Jahren in demselben Sinne eines Meridianstreifens in Wild's Thalassa, für das Festland aber bisher nur in der Form der Annahme einer Ansammlung allen Festlandes um den Pol oder am Äquator durch M. Möller, zur Feststellung des Einflusses der Reibung auf die allgemeine Luftzirkulation.

mit zwei Ostküsten zu thun, deren östliche aber in Inseln zerrissen und deren westliche durch die grofsartige Monsunbildung Südasiens bis gegen 10^0 S. anomal ist. Die Westhälften beider Festländer sind reiner entwickelt, in Amerika aber durch die Gebirgsmauer der Anden stark beeinflufst.

Sei nun in Fig. 1: a a die westliche, b b die östliche Küste eines solchen idealen Kontinents. Die ungefähren geographischen Breiten sind am Rande der Figur angegeben. Die Anordnung von De Candolle's Pflanzengruppen stellt sich dann in den auf der Figur angegebenen grofsen Zügen dar, wenn man, wie oben erklärt, das Reich der Xerophilen auf die Wüsten und Steppen beschränkt.

Die zonenförmige Anordnung, die das Schema im allgemeinen zeigt, wird in den Breiten 20^0 bis 50^0 dadurch gestört, dafs das Gebiet B der Xerophilen sich zwar an der Westküste zwischen A und C einschaltet, aber weiter im Osten im Innern des Kontinents sich polwärts ausbreitet, die Zone der Mesothermen durchschneidend, und dann abbricht, ohne in der Regel die Ostküste zu erreichen.

Fig. 1.



Es frägt sich nun, welche klimatischen Linien den Grenzen dieser Gebiete und ihrer Unterabteilungen dem Sinne nach und nach dem gegenwärtigen Stande des Wissens am besten entsprechen? Bestimmen wir zunächst das System der Wärme-Linien, und weiterhin die Dürre-Linien, die aus diesem System das Xerophilenreich herausschneiden und dasselbe im Verein mit jenen gliedern. Als das geeignetste Material für das gesuchte System bieten sich zunächst die Monatsmittel der Lufttemperatur des wärmsten und kältesten Monats dar. Sie sind am meisten veröffentlicht und diskutiert und bilden ziemlich feste reale Begriffe, während das Jahresmittel in höheren Breiten allen Wert als Charakteristikum verliert. Auch gegen die Monatsmittel könnte man Bedenken äufsern, indem man sie als zu weitgehende Abstraktionen bezeichnet und den höchsten und niedrigsten beobachteten Temperaturen, oder wenigstens deren Mitteln, den Vorzug giebt. Die Erfahrung ergiebt aber im Gegenteil, dafs der Monat eher ein zu kurzer, als zu langer Zeitabschnitt für diese Zwecke ist, und dafs die heutzutage leider selten berechneten Jahreszeitenmittel wahrscheinlich noch brauchbarere Werte für die Pflanzengeographie liefern würden.

Es würde scheinbar sehr natürlich sein, als eine Hauptscheide die Grenze zwischen den frostfreien Gebieten der Erde und denjenigen, wo das Winterminimum unter Null sinkt, anzunehmen. Aber diese Linie, die Malaga von Murcia, Malta von Neapel, Sparta von Athen, Sydney von Melbourne,

Montevideo von Bahia Blanca scheidet, deren Vegetationscharakter doch im wesentlichen derselbe ist, kann keinen Anspruch auf eine Scheidelinie ersten Ranges erheben. Es verhält sich eben in Wirklichkeit so, dafs die charakteristischen Pflanzen des Mittelmeerbeckens darauf eingerichtet sind, leichte Fröste ohne Schaden, etwas stärkere mit geringem Schaden zu ertragen, ja sogar ein Erfrieren bis zum Boden in einigen Jahren durch Stockausschlag wieder gut zu machen, wenn es nur nicht zu oft geschieht; und ebenso steht es in andern Gebieten. Viel wichtiger ist die Sommerwärme, besonders in höheren Breiten, jedoch auch da nicht so sehr ihre absolute Höhe, als ihre Andauer oberhalb gewisser Schwellen, die der Pflanze gestattet, ihre Lebensarbeit im Laufe der wärmeren Jahreszeit zu vollbringen.

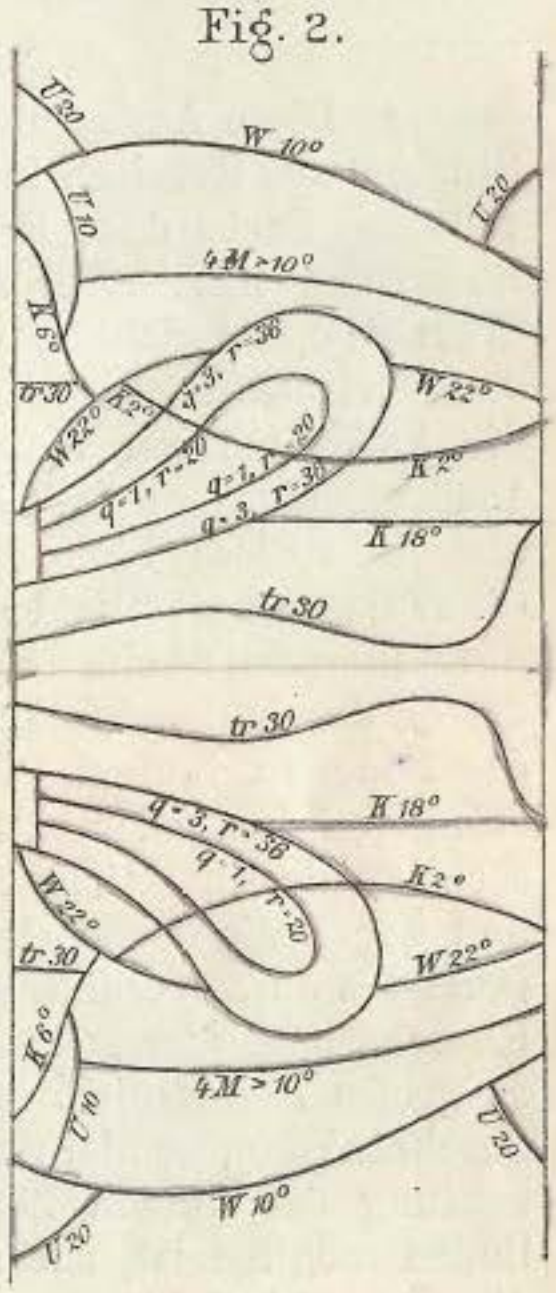
In niederen Breiten ist umgekehrt das Fehlen einer kühlen Jahreszeit ein wichtigerer Charakterzug des Tropenklimas, als die übermäfsige Höhe der Temperatur an sich. Denn diese liegt im Sommer mittlerer Breiten teilweise noch höher. Für den Menschen und seine Kultur erweist sich denn auch als bezeichnendste Scheidelinie zwizchen Tropen und „gemäfsigten Zonen“ eine Isotherme des kältesten Monats, etwa die von 18° oder 17° C., und dieselbe Linie giebt auch für die Pflanzenwelt an den meisten Stellen passende Grenzen ab. Allerdings ist es üblich, das Gangesthal und Afrika bis zur Kalahari pflanzengeographisch zu den echt tropischen Gebieten zu schlagen, während diese Grenzbestimmung sie davon ausschliefst. Aber eine andere Wahl derselben würde das Gesamtbild mehr beeinträchtigen als verbessern. Wollte man z. B. das Jahresmittel 22° C. als Grenze des Megathermenreiches nehmen, so würde zwar Nordindien, wegen seines heifsen Sommers, in dieses übertreten, aber dafür die Gegend um den Victoria Nyanza (1300 m über M.) aus ihm ausscheiden, und für die Plateaulandschaften, die das Kongo- und Quanza-Becken von jenen des Zambezi und Kubango scheiden, würde wenig Änderung eintreten. Denn bei einer mittleren Seehöhe von ca. 1000 m mufs deren Jahrestemperatur zwischen 16 und 21° C., die des Juli zwischen 12 und 18° C. fallen; in den höheren Teilen noch niedriger.

Im übrigen erweisen sich die Isothermen des wärmsten Monats von 22° C. und 10° C. als hervorragendste Grenzlinien, und neben ihnen eine wenig über Null liegende Isotherme des kältesten Monats. Wo der Sommer heifs, der Winter also kurz ist, kann diejenige von 2° dazu dienen; wo er kühl ist, thut man besser jene von 6° zu nehmen, um die ausgesprochen temperierten Klimate besser zu kennzeichnen; denn Klima und Vegetation von England und Westfrankreich, die zwischen diesen Januar-Isothermen liegen, haben entschieden mehr Ähnlichkeit mit jenen von Mitteleuropa, als mit denen der tropischen Bergwälder, mit denen sie zusammengeworfen werden würden, wenn 2° als Grenze genommen würde, und die Faröer (Jan. 3°—4°, Jahresmittel nur 6—7°) fallen entschieden ins Reich der Mikrothermen[1]). Wo

1) Unbedingtes Festhalten an einem Merkmal ergiebt ein zwar abgerundetes, aber „künstliches“ System. Will man möglichst natürliche Einheiten erreichen, so ist man genötigt, stellenweise die Eleganz dem Zweck zum Opfer zu bringen und die trennenden Merkmale in verschiedenen Gruppen verschieden zu wählen;

die Mitteltemperatur des kältesten Monats + 2° oder gar 6° C. übersteigt, findet eine winterliche Schneedecke und eine volle Winterruhe des Pflanzenreiches nicht mehr als regelmäfsige Erscheinung Platz; wo sie über 18° C. liegt, wird das Gedeihen auch anspruchsvoller Tropengewächse nicht mehr wesentlich von der Temperatur, sondern von der Feuchtigkeit beherrscht. Dort, wo der wärmste Monat eine Mitteltemperatur unter 10° C. hat, ist der Baumwuchs erfahrungsgemäfs ausgeschlossen, während erst dort, wo er eine solche von mehr als 22° C. aufweist, man von „Sommerhitze“ mit ihren für den Menschen wie die Pflanzenwelt teilweise ungünstigen Begleitern sprechen kann. Als eine fernere thermische Grenze von wenigstens sekundärer Bedeutung ist endlich die von Grisebach hervorgehobene, in Rufsland ausgeprägte Linie hinzugefügt, auf der die Dauer der Zeit mit normalen Tagesmitteln über 10° C. 4 Monate oder, besser, 120 Tage beträgt. Man darf freilich nicht aufser Acht lassen, dafs der Zusammenhang des Pflanzenlebens mit der Wärme und der Feuchtigkeit äufserst komplizierter Natur ist; allein auch wenn die gewählte klimatische Gröfse nur als Kennzeichen für einen Komplex von Wirkungen dienen kann, dem sie mehr zufällig parallel geht, behält sie ihren Wert für die Klassifikation der Klimate bei, wenn dieser Parallelismus annähernd überall zutrifft.

Fig. 2.



In Fig. 2 bedeuten die Grade Monatsmittel Celsius, „K“ den kältesten, „W“ den wärmsten Monat, „4 M“ vier Monate; „tr 30“ trockenster Monat 30 mm Niederschlag; „U 10“ und „U 20“ Unterschied der extremen Monate 10° bezw. 20° C. Einer ausführlicheren Erläuterung bedürfen nur die Buchstaben q und r an den Grenzen des Wüsten- und des Steppenklimas, und mit diesen letzteren müssen wir uns nun etwas eingehender beschäftigen.

Die thermische Gliederung der Klimate wird durchkreuzt durch das ebenso entscheidende Moment der periodischen oder dauernden Wasserarmut vieler Gegenden. Reicht die Wasserzufuhr in die Pflanze nicht aus, um die Verdunstung durch die Blätter und oberirdischen Stämme zu bestreiten, so erleidet sie mehr oder weniger tiefgreifende Schädigungen, die bei wiederholtem allgemeinem und starkem Auftreten die betr. Art aus diesem Gebiet ausschliefsen. Die Ursachen für dieses Nichtausreichen können verschiedene sein. Seit einigen Jahren hat man erkannt, dafs dasselbe vielfach auch dort eintritt, wo den Wurzeln unbegrenzt

---

nur müssen sie überall scharf präzisiert sein, und nichts der Willkür im einzelnen Falle überlassen bleiben. Ob die Grenzwerte runde Zahlen sind oder nicht, ist gleichgiltig. Im vorliegenden Fall z. B. scheint $5^3/_4{}^0$ die beste Grenze zu sein, da für die Insel Man (Januar 5,9°, August 14,8°) Fuchsienhecken charakteristisch sind, während das Weinland von Bordeaux (Jan. 5,6°, Juli 20,6°) besser beim Eichenklima verbleibt.

viel Wasser aber von allzu niedriger Temperatur zur Verfügung steht. Es treten dann Fälle ein, wo die Verdunstung der oberirdischen Organe, namentlich bei starkem Winde, gröfser ist, als die verringerte Wurzelthätigkeit zu befriedigen vermag. Aus diesem Grunde weisen die im Eissumpfe über dem gefrorenen Untergrund vegetierenden Pflanzen der Tundra, wie Kihlmann gezeigt hat, manche der Einrichtungen auf, die für die Xerophilen niedrigerer Breiten charakteristisch sind; ja auch im regenreichen Klima Norddeutschlands zeigen so verbreitete Pflanzenformen wie die Vaccinium- und Calluna-Arten die lederigen oder reduzierten Blätter, die für die sommerdürren Mittelmeerländer so charakteristisch sind, und bedürfen viele Gartenpflanzen einer Umhüllung für den Winter, nicht sowohl gegen das Erfrieren, als gegen das Vertrocknen[1]).

1) Diese Auffassung findet man besonders in Kihlmann's „Pflanzenbiologischen Studien aus Russisch Lappland“ (Helsingfors 1890) vertreten und begründet. Schon 1860 hat Sachs das „Erfrieren“ bei Temperaturen über 0° so erklärt. Allgemeinere Bedeutung hat dieser Auffassung wohl zuerst Hartig 1880 zugesprochen mit den Worten: „Ich glaube, dafs sehr viele Erscheinungen des Frosttodes lediglich auf das Vertrocknen der Blätter und Triebe zurückzuführen sind, zu Zeiten, in denen die Aufnahme von Wasser aus dem gefrorenen Boden unmöglich war.“ In seinem 1888 erschienenen „Pflanzenleben“, das eine Fülle von interessanten Thatsachen über alle diese biologischen Beziehungen enthält, erklärt Kerner von Marilaun (S. 329) den herbstlichen Laubfall ausdrücklich als eine zweckmäfsige Vorbeugung der andernfalls beim Erkalten des Bodens und des Stammes drohenden Austrocknung, die er durch das Welken der Blätter von Melonen, Tabak u. s. w. bei Abkühlung des Bodens erläutert. Dagegen fafst er (S. 274—283) die häufige Lage der Spaltöffnungen in (meist mit Haaren ausgekleideten) Rinnen und Gruben noch hauptsächlich als einen Schutz gegen die Verschliefsung derselben durch Regen oder Tau und gegen die daraus hervorgehende Unterdrückung des notwendigen Verdunstungsprozesses auf. Veranlafst dazu wird er namentlich durch das Rollblatt der Ericaceen, Rhamneen u. s. w., das im Hochgebirge, im hohen Norden und auf Mooren eine so grofse Rolle spielt unter Verhältnissen, in denen nach ihm offenbar „nicht eine Beschränkung, sondern eine Förderung der Transpiration und die möglichste Ausbeutung der kurzen Zeiträume, in welchen eine Hebung der Nährsalze aus dem Boden möglich ist, zur Notwendigkeit wird“. Allein S. 283—301 erläutert er, dafs dieselben Einrichtungen zu anderer Zeit den Schutz gegen zu weit gehende Verdunstung zu übernehmen haben: „andre Zeiten, andre Aufgaben“. Kihlmann fafst die Aufgabe des Rollblatts auch im arktischen Sumpfe als in der Verringerung der Verdunstung bestehend auf, und dafür scheint auch z. B. zu sprechen, dafs die Rhododendren unserer Gärten nur bei Frost und ruhendem Saftstrom ihre Blätter einrollen. Andererseits spricht der Umstand, dafs immergrüne Pflanzen mit Rollblättern den Steppen fehlen, dafür, dafs diese Form speziell der doppelten Regulierung der Verdunstung nach unten wie nach oben angepafst ist, wie Kerner es auffafst.

Der in den letzten Jahren in den Hamburger Anlagen, offenbar mit Erfolg, angewandte blofs seitliche Schutz der zarteren Gesträuche durch Mattenzäune, die den Wind abhalten, kann ja die Temperatur-Erniedrigung durch Ausstrahlung nur verstärken. Den Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Schädigung hat übrigens Alexander Buchan sehr klar vor mehr als 20 Jahren ausgesprochen im Band 6 des Journal of the Scottish Meteorol. Soc., S. 148, an zwei konkreten Fällen. Am 29. April 1869 traf der Schaden nur die dem Wind frei exponirten Blätter, am 7. April 1873 aber wurden auf einem Beet die jungen Pflanzen gerade so weit von Nachtfrost verletzt, als ein zum Schutz über sie gebreitetes Netz den Wind

Die Mittel, durch die sich die Pflanzen vor Austrocknung schützen, sind sehr mannigfaltig; in der Regel werden durch sie gleichzeitig auch andere Vorteile für die Pflanze erreicht, wodurch die Beweisführung erschwert wird. Sie sind teilweise schon für die oberflächlichste Beobachtung auffällig, teilweise aber auch nur mit dem Mikroskop nachweisbar. Zu ihrer richtigen Auffassung ist zu beachten, dafs die Verdunstung eine notwendige Triebkraft für Leben und Wachstum der meisten Pflanzen ist, die also nicht unterdrückt, sondern nur geregelt werden soll. Die Mittel dazu liegen wesentlich in fünf Richtungen, von denen namentlich die beiden ersten ebensowohl in winterkalten, wie in trockenheifsen Ländern vertreten sind:

1. Periodische Abwerfung der stark verdunstenden Teile in der Jahreszeit, welche die Gefahr der Austrocknung bringt („regengrüne“ und „sommergrüne“ Laubbäume).

2. Einschränkung der Verdunstung auf kleine Oberflächen und Schutz der letzteren vor dem Winde durch vertiefte Stellung, durch Haare, durch alte Blätter u. s. w.[1]). Die übrige Oberfläche ist durch undurchlässige Haut, oft mit Wachs- oder Firnifs-, Kalk- oder Kieselüberzug, vor der Verdunstung geschützt.

3. Bindung des Wassers durch Salze oder Gummi (Tragant u. s. w.).

4. Aufspeicherung von Wasser im Gewebe, unter gleichzeitiger Herabsetzung der Verdunstung (Fettpflanzen oder Succulenten, auch die Stamm-Ungeheuer der Bombaceen).

5. Vorrichtungen, um die ungenügende Wasserzufuhr aus den Wurzeln durch Aufnahme von Tau und Regen mittels oberirdischer Organe zu ergänzen.

Drei weitere Eigenschaften, die an vielen Pflanzen trockener Gebiete sehr auffällig sind: Ausbildung von Stacheln und Dornen, harte saftlose Struktur und Ausscheidung stark riechender Substanzen (äther. Öle, Balsame) sind nicht Schutzmittel gegen die Trockenheit, sondern Schutzwaffen gegen die in diesen waldlosen Gegenden heimischen Weidethiere.

Diese Erscheinungen, am meisten wohl der Laubfall und die Verkleinerung der verdunstenden Oberflächen nebst dem Haarkleid, drücken dem ganzen Landschaftsbild vieler Gegenden der Erde ihren Stempel in eindringlichster Weise auf, am auffälligsten dort, wo die Wärme für den üppigsten Pflanzenwuchs ansreicht und nur der Wassermangel diesem Beschränkung auflegt.

---

abhielt, während der unbedeckte Rest des Beetes, der mehr Luftwechsel hatte, verschont blieb.

Die Aufgabe der im Folgenden unter 5) genannten Vorrichtungen sieht Kerner in der Stickstoffzufuhr durch das atmosphärische Wasser. Es leuchtet aber ein, dafs eine solche Wasserzufuhr auf kürzestem Wege auch von bedeutendem Vorteil dort sein kann, wo die Wurzel und die Leitungskanäle nicht wegen Wassermangels, sondern wegen zu niedriger Temperatur nicht genügend Wasser liefern, so wie auch dann, wenn schwache Regen die Pflanze benetzen ohne bis zur Wurzel durchzudringen.

1) Dieser Schutz kann beständig oder nur vorübergehend, durch Einrollung des Blattes u. s. w. bewirkt sein, immer geht er darauf hinaus, einen windstillen Raum über den verdunstenden Stellen zu schaffen.

Es ist indessen auch dort durchaus nicht notwendig Wassermangel im Boden, der den Schutz vor übermäfsiger Verdunstung nötig macht. Welches auch die noch immer nicht voll erkannten Triebkräfte des Saftstroms in den Pflanzen seien, es ist begreiflich, dafs dieser Strom nur eine begrenzte Geschwindigkeit erreichen kann; ist die verdunstete Wassermenge gröfser als die zugeleitete, so tritt Austrocknung der Gewebe ein. Eine Pflanze ohne Verdunstungsschutz kann daher in trockener Luft und hoher Wärme nicht bestehen, auch wenn ihrer Wurzel unbeschränkt viel Wasser zur Verfügung steht. Nicht viele Bäume sind darauf eingerichtet, wie die Dattelpalme, „ihren Fufs in Wasser und ihr Haupt in das Feuer des Himmels zu tauchen", aber in nicht ganz so trockenen Klimaten (besonders in A 2 und B 7 des Schemas, s. unten) begleiten Wälder die Flufsniederungen auf hunderte von km, wo das angrenzende, etwas höhere Land nahezu baumlos ist. Es gehört dazu indessen die Fähigkeit zu einem sehr schnellen Saftstrom, die z. B. die Coniferen nicht zu besitzen scheinen.

Für eine klimatographische Betrachtung spielt das Austrocknen der Gewächse bei Kälte insofern keine bedeutende selbständige Rolle, als es einerseits nur eine besondere Wirkungsweise der Wärme darstellt, andererseits von der Windstärke und der relativen Luftfeuchtigkeit abhängt, die beide auf dem Lande stark lokal beeinflufst sind. Besonders die Windstärke hängt mehr vom „Standort" als vom „Klima" ab, und zeigt grofse geographische Züge vorwiegend eben nur in dieser Richtung, indem sie in der Ebene und in Meeresnähe gröfser ist, als im Hügel- oder Gebirgslande.

Anders steht es mit der xerophilen Vegetation niedrigerer Breiten. Hier ist die unmittelbare Ursache, welche die nicht mit den eben aufgeführten Anpassungen versehenen Gewächse ausschliefst, unzweifelhaft im allzu geringen Wassergehalt des Bodens und in der übermäfsigen Evaporationskraft des Klimas zu suchen. Wenn wir, wie überall in diesem Aufsatz, von zugeführtem Grundwasser absehen, so hängt auch der erstere direkt vom Klima, nämlich von der Zufuhr atmosphärischen Wassers, und wiederum der Verdunstung ab, mufs also grofse geographische Züge neben standortlichem Detail aufweisen. Auch dafür sind gewisse Schwellenwerte entscheidend: für die meisten unserer Kulturpflanzen genügt z. B. ein Wassergehalt des Bodens von etwa 40 %; sinkt er dauernd darunter, so nimmt der Ertrag schnell ab; sein Steigen bis zu 80 % hat dagegen wenig Einflufs auf den letzteren (vgl. Drude: Pflanzengeogr. S. 32).

Waldlose Strecken in feuchten Klimaten verdanken ihre Existenz gröfstenteils den Eingriffen des Menschen und seiner Haustiere, zum kleineren Teile Eigenheiten des Bodens, also dem Standorte. In trockenen Klimaten aber ist offenbar Wassermangel die wichtigste, teils direkte, teils indirekte Ursache, die die Bäume ausschliefst; letzteres insofern, als Gewächse, die von der Trockenheit weniger leiden, die jungen Keimlinge unterdrücken, es sei denn, dafs sie im Schutz eines bestehenden Waldes stehen oder durch Jäten freigehalten werden.

Die Trockenheit eines Klimas prägt sich nämlich auf der Vegetation in zweierlei Weise aus, je nachdem sie beständig oder nur vorübergehend

ist. Beständige Regenarmut schliefst den Baumwuchs fast vollständig aus, mit Ausnahme der Stellen, wo der Boden durch die Nachbarschaft von Flüssen oder Quellen feucht gehalten wird. Unter den Pflanzen, die ohne Grundwasser beständige Regenarmut aushalten können, giebt es nur ganz wenige, niedrige Bäume: der bemerkenswerteste ist der Saksaúl, eine Salsolacee in Zentralasien. Wo dagegen Regenzeiten und Trockenzeiten periodisch mit einander abwechseln, da bedecken Bäume und Sträucher einen grofsen Teil der Bodenoberfläche: mit ihren tiefgehenden Wurzeln erreichen sie Bodenschichten, in denen der in der Regenzeit angesammelte Vorrat an Feuchtigkeit auch während der Trockenzeit nicht vollständig versiegt. Das Zusammenspiel von Kräften, durch welche das Wasser in die Baumkronen gehoben wird, reicht aber in diesen Klimaten offenbar nur bei wenigen Baumarten für Hochwald aus: Gesträuche (Maquis) haben das Übergewicht, und ihr dichter Zusammenschluſs sowie eine Reihe von Einrichtungen in ihrem Baue erleichtert ihnen das Überdauern der Trockenzeit ohne Beschädigung. Je länger und vollständiger diese wird, je kürzer und minder ergiebig die Regenzeit wird, desto mehr mischen sich zwischen diese Gestrüppe offene Flächen, Grasfluren und Kräutermatten aus Trockenheit liebenden Gewächsen, bis die Steppe, und weiterhin die Wüste die Alleinherrschaft gewinnt, die sich bis zur völligen Vegetationslosigkeit steigern kann.

Es ist hiernach klar, dafs für die xerophilen Baum- und Strauchformationen, die nur periodischer Trockenheit angepafst sind, die Anwesenheit einer genügend ausgeprägten Trockenzeit entscheidend ist, für die höhere Stufe der Trockenheit aber, die den Baumwuchs ausschliefst, die Abwesenheit einer genügenden Regenzeit; und danach hat sich unsere Untersuchung zu richten.

Man darf sagen, dafs „Vegetationszeit“ gleichbedeutend ist mit „Zeit ausreichender Bodenfeuchtigkeit und genügender Wärme in Boden und Luft“, und dafs dabei für Kräuter und Gräser der Zustand der obersten 10 bis 20 Centimeter des Bodens, für Bäume aber der des Untergrundes in der Tiefe von 1 m und mehr entscheidend ist. Da die Feuchtigkeit des Untergrundes sich viel langsamer ändert, als die der obersten Bodenschicht, so sind Niederschläge während der Kälteruhe für Bäume stets, für Gräser aber nur dann von Bedeutung, wenn sie eine Schneedecke liefern, die im Frühling schmilzt und wenigstens auf kurze Zeit auch die oberste Bodenschicht feucht hält. Doch verrät sich die Anwesenheit einer längeren Trockenzeit, wie die einer kalten Zeit, auch an Bäumen stets durch eine der oben S. 601 angegebenen Einrichtungen zum Schutze gegen Verdunstung, die beständig feuchtwarmen Gegenden fehlen.

Es wird voraussichtlich eine Zeit kommen, wo man über die standortlichen und die geographischen Unterschiede in der Menge des den Pflanzen im Boden zur Verfügung stehenden Wassers ähnlich unterrichtet sein wird, wie jetzt über Regenmenge und Lufttemperatur, und Karten derselben wird entwerfen können, die man mit Karten der Verdunstungsgröfsen vergleichen wird. Man darf erwarten, dafs die Klärung dieser wichtigen Fragen eine der ersten Aufgaben der heute vielbesprochenen „landwirtschaftlichen Meteorologie“ sein

wird. Heute aber sind wir in ihrer Klärung noch so weit zurück, dafs wir höchstens versuchen können, uns auf Umwegen eine ganz rohe Anschauung über die grofsen geographischen Züge zu verschaffen, um die es sich handelt. Gegenwärtig kann uns als Ausgangspunkt dabei kein anderes Instrument, als eben die Pflanze dienen, die uns den Zustand des Bodens verrät.

Es frägt sich nun, in welchem klimatischen Faktor wir die Bedingung und den Mafsstab für den Wassergehalt des Bodens — ohne Bewässerung — zu sehen haben? Dafs z. B. die relative Feuchtigkeit der Luft dabei wenig beteiligt ist, zeigen die Küstenwüsten, wo jene wie in Peru und bei Walfischbai sehr hoch ist und doch nur spärliche Kräuter und Zwiebelpflanzen, aber keine Bäume (aufser an Rinnsalen) gedeihen. Diesen genügen die dichten Nebel nicht, sie brauchen wirklichen Regen; nebenbei gesagt, einer der stärksten Beweise gegen die Volger'sche Quellentheorie! Die jährliche Regenmenge wiederum, die häufig zur Unterscheidung trockener und feuchter Klimate benutzt worden ist, kann ebenfalls nicht genügen; denn sie ist in den ausgedehnten Wäldern Ostsibiriens teilweise kleiner, als in tropischen Steppengebieten, einesteils weil die Verdunstung auch in der Vegetationszeit dort geringer ist, andernteils weil die Niederschlagsarmut dort in die Zeit der winterlichen Vegetationsruhe fällt, die geringen Niederschläge dieser Zeit aber als Schnee aufgespeichert bleiben und beim Erwachen der Pflanzenwelt dieser zur Verfügung stehen.

In wärmeren Klimaten und wo die Temperaturen längs der gesuchten Grenze keine grofsen Unterschiede aufweisen, da genügt es, ihr die Regenmenge entscheidender Zeitabschnitte zu Grunde zu legen. Als solches Merkmal erweist sich zunächst das Auftreten oder Fehlen von Trockenzeiten. Bei der Teilung der Tropenzone in das beständig feuchte Urwaldklima (Lianenklima, A 1 des Schemas) und das trockenere Savannenklima A 2 finde ich auf Grund eines Vergleichs der vorhandenen Regenmessungen mit dem Vegetationscharakter der betr. Gegenden als Bedingung des ersteren: dafs kein Monat eine normale Regenmenge unter 30 mm habe oder die jährliche Regenmenge 2000 mm übersteige. Wo letzteres der Fall ist, wie in Malabar und Arakan, da genügt der Wasservorrat im Boden sichtlich auch für eine längere Trockenzeit; wo dagegen, wie in Deutsch-Ostafrika, die jährliche Regenmenge erheblich unter dieser Grenze bleibt, da genügen schon zwei so trockene Monate hintereinander, um der Vegetation den offenbaren Stempel der Dürre aufzudrücken und ein typisches „Baobabklima“ (s. u.) hervorzubringen. Bezüglich der Zwischenstufen, die in der Natur selbstverständlich vorhanden sind, brauchen wir nur zu berücksichtigen, dafs bei einer Regensumme von 1500—2000 mm eine Trockenzeit von 1 bis 2 Monaten der Vegetation noch keinen Dürre-Charakter aufprägt[1]). Dieselben Bestimmungen kann man für die Abgrenzung des periodisch dürren „Olivenklimas“, „Eriken-

1) Wollte man 3 solche Monate fordern, so würde die Küste von Deutsch-Ostafrika ins Lianen- und nicht ins Baobabklima fallen, was der Vegetation nicht entspricht; würde man nur 1 Monat verlangen, so würde auch das feuchte Lagos ins Baobabklima gehören; 2 Monate scheint eine überall passende Grenzschwelle zu sein.

klimas“ und „Hochsavannenklimas“ (s. u.) von den feuchten Klimaten mit gleichen Temperaturen benutzen.

Anders ist es mit dem Hauptbereich der Xerophilen, den eigentlichen Wüsten und Steppen der mittleren Breiten, an deren Grenzen sehr verschiedene und im Laufe des Jahres sehr wechselnde Temperaturen herrschen. Dafs die Regenmenge allein hier kein Mafs des Bodenfeuchte abgeben kann, zeigt sich schon darin, dafs in Klimaten, wo sie ein so ausgesprochenes Maximum im Sommer hat, wie in den Steppen Südrufslands und Westsibiriens, dennoch durchweichte Wege ein Attribut des Winters, Staub ein solches des Sommers sind. Bezeichnender ist schon, erfahrungsgemäfs, die Zahl der Tage mit Niederschlag, weil in ihr die mit der Temperatur steigende Dichte desselben eliminiert ist und zugleich die Dauer der verringerten Verdunstung mehr zur Geltung kommt. In verschiedenen kartographischen Darstellungen der Regenverhältnisse der ganzen Erde oder einzelner Ozeane habe ich bisher die Grenze der regenlosen bezw. regenarmen Klimate dorthin verlegt, wo der regenreichste Monat des Jahres nur 6 Tage mit Regen, also eine „Regenwahrscheinlichkeit“ von 0,20 aufweist. In den Ländern, aus denen genügendes Material über die Anzahl der Regentage vorliegt, wie dem Russischen Reich, Nordamerika (seit 1891) und Indien, findet man, dafs in demselben Sinne eine gröfste monatliche Regenwahrscheinlichkeit von 0,36 die Grenze zwischen dem Wald- und dem Steppengebiet befriedigend angiebt[1]).

Es erschien aber geboten, auch aus dem jetzt so reichhaltigen Materiale an Regenmessungen eine Definition und Abgrenzung des Wüsten- und des Steppenklimas zu gewinnen, um so mehr, als für viele Gegenden, besonders auf der südlichen Halbkugel, nur dieses Material vorliegt. Als solchen Ausdruck habe ich vorläufig den Quotienten aus monatlicher Regenmenge in mm durch die der Mitteltemperatur desselben Monats entsprechende Maximalspannung des Wasserdampfes in mm angewandt[2]). Es ist zwar zu hoffen, dafs sich ein rationellerer Ausdruck für die Verknüpfung der Regenmenge mit der Evaporationskraft eines Klimas finden wird, der die Versorgung der Pflanzendecke mit meteorischem Wasser zu kennzeichnen vermag. Allein vorläufig mag die, von mir für viele Stationen durchgeführte Arbeit genügen, da sie den pflanzengeographischen Thatsachen hinreichend entspricht. Ein näheres Eingehen auf die schwierige Frage würde hier zu weit führen; ich mufs es mir auf einen andern Ort versparen. Nur die Frage können wir nicht wohl umgehen: welche Abschnitte des Jahres zu berücksichtigen sind? Wie für die vorhin definierten schwächeren Grade der Trockenheit die Anwesenheit einer ausgesprochen trockenen Jahreszeit entscheidend war, so ist

1) Da andererseits 0,20 Regenwahrscheinlichkeit oder 30 mm Regenmenge als Grenze einer wirklichen Trockenzeit (s. Taf. 6) genommen ist, so haben wir, wenn alle Monate zwischen 0,20 und 0,36 fallen, ein Steppenklima, doch ohne rechte Trockenzeit; vgl. La Plata.

2) Nachträglich ist mir eingefallen, dafs dieser Ausdruck praktisch mit einem Vorschlage von Linsser aus dem Jahre 1869 nahe zusammenfällt, vgl. Meteor. Zeitschr. 1870, S. 29. Nach vielfachen Erwägungen und Versuchen halte ich jetzt zwar einen andern Ausdruck für rationeller; doch würde dessen Einführung das Gesamtbild nicht merklich ändern und seine Begründung hier zu weit führen.

es für die eigentlichen Steppen und Wüsten die Abwesenheit ausreichend feuchter Monate innerhalb der Vegetationszeit oder unmittelbar vor Schluſs der Kälteruhe; in den Breiten 10^0—30^0, wo die jährliche Schwankung der Temperatur nur mäſsig, die der Regenmenge aber sehr stark ist, entscheidet also einfach der regenreichste Monat.

Eine Untersuchung des besagten Quotienten in Asien, Europa, Australien, Afrika und Nordamerika, unter Benutzung der Regenmengen aus Supan's groſser Sammlung im 124. Ergänzungsband von Pet. Mitt. und der Temperaturen aus Hann's Klimatologie und andern Quellen ergiebt seine Gröſse an der Grenze zwischen Wald und Steppe = 4,0, an jener zwischen Steppe und Wüste = 2,2. Soweit zugleich genügendes Material für die Regenwahrscheinlichkeit vorliegt, fallen diese Werte mit denen von 0,36 und 0,20 für die letztere nahe zusammen, jedoch mit Ausnahme von Südamerika. In Argentinien und Uruguay ist der Quotient östlich von 64^0 W. und nördlich von 38^0 S. überall mindestens 6,6, erst in den Wüsten im Westen und an einer einzigen Küstenstation, Carmen, sinkt er unter 4,0. Die auffallend groſsen Regenmengen in den Pampas haben denn auch Hann, und früher schon Darwin, veranlaſst, diese für kein rein klimatisches Produkt zu erklären, sondern die Ursache ihrer Baumlosigkeit in geologischen und Bodenbedingungen zu suchen. Vergleicht man aber die Regenwahrscheinlichkeit, so ändert sich das Bild durchaus. Denn diese liegt im ganzen genannten Gebiete in keinem Monat über 0,19 bis 0,32 und übersteigt selbst in Rio Grande do Sul im Mittel mehrere Stationen in keinem Monat 0,34[1]), fällt also auch dort, und im Innern bis nach Paraguay hinauf, unter den Wert der Steppengrenze. Erst Blumenau im N. und Punta Arenas im S. zeigen erheblich höhere Werte, 0,44 und 0,52. Diese Verbindung einer geringen Zahl der Regentage mit einer groſsen Regenmenge muſs natürlich ihren Ausdruck finden in einer groſsen „Regendichte"; in der That ergiebt diese im Mittel 12 bis 26 mm pro Regentag. Die seltsame Form, in welcher die argentinische Quelle[2]) die Zahl der Tage mit Regen aufführt — die internationalen Vereinbarungen haben ja leider dort noch keinen Eingang gefunden —, könnte zwar Zweifel an dem Resultat erregen. Allein da jene Quelle selbst die genannten groſsen Regendichten ableitet und auch die Stationen in Uruguay und Südbrasilien eine unabhängige Bestätigung der merkwürdigen Thatsache liefern, so dürfen wir sie als feststehend betrachten.

Für die Karte Taf. 6 habe ich in diesem Gebiet ebenso, wie überall sonst, wo beiderlei Bestimmungen vorlagen, die Grenzen des Steppen- und Wüstenklimas nach dem Mittel aus beiden genommen.

Das so gewonnene Schema ist eine Abstraktion aus den Thatsachen, ohne Theorie. Der Leser ist aber berechtigt, eine Erklärung desselben zu verlangen, d. h. seine Zurückführung auf physikalische Sätze und Aufschluſs über seine Beziehungen zu dem, was wir im übrigen von der Atmosphäre

---

1) Vgl. Schlee in „Archiv der Seewarte" 1892.

2) Ligeros apuntes sobre el clima de la Republica Argentina (B. Aires 1889) von G. Davis.

und ihren Bewegungen wissen. An dieser Stelle kann schon des Raumes halber nicht mehr als einige Grundzüge angegeben werden; die Einzelheiten würden ein Lehrbuch der Klimatologie abgeben. Auch diese Grundzüge sind noch keineswegs erschöpfend geklärt; sie lassen sich jedoch in folgende Hauptsätze zusammenfassen:

1. Abgesehen von der Abnahme der Temperatur mit wachsender geographischer Breite und Seehöhe nehmen landeinwärts im Winter die Temperaturmittel und die Häufigkeit, Menge und Dauer des Regens stark ab, im Sommer die Temperaturmittel mäfsig zu, während die Niederschläge nach Menge wenig abnehmen, aber ihren Charakter aus dem langdauernder Rieselregen in denjenigen kurzer Schlagregen verändern.

2. Gebiete hohen Luftdrucks pflegen durch Trockenheit, solche niedrigen Druckes durch Niederschlag ausgezeichnet zu sein; überhaupt verstärkt hoher Luftdruck die kontinentalen, niedriger die ozeanischen Züge der Witterung, besonders im Winter

3. Luftströmung aus kälteren Gegenden erniedrigt die Temperatur und verringert die Neigung zu Niederschlägen, solche aus wärmeren wirkt umgekehrt. Luftströmungen vom Ozean erhöhen, solche aus dem Binnenlande verringern die Neigung zu Niederschlägen. Mafsgebend ist nicht die Richtung des Windes am Erdboden, sondern die davon etwas abweichende Richtung der Luftströmung $^1/_2$ bis 5 km über dem Boden.

4. Über warmen Meeresströmungen herrscht warmes Wetter mit Neigung zu Stürmen, starken Regen und Gewittern, über kalten kühles Wetter mit Neigung zu Nebel, aber Regenlosigkeit vor. Diese Wirkungen erstrecken sich auch auf das benachbarte Festland, jedoch um so einseitiger, je vorwaltender die Luftströmungen aus einer Richtung sind. Durch das Zusammenwirken mit Satz 1 üben warme Meeresströmungen im Winter, kalte im Sommer den gröfsten Einflufs aus; letztere sind im Winter, warme im Sommer neutral.

5. Horizontale Verteilung des Luftdrucks und Luftbewegung sind durch das barische Windgesetz enge verknüpft, das ich als bekannt voraussetzen mufs.

6. Durch die allgemeine Luftzirkulation — die ein Ergebnis der ungleichen Erwärmung der Erde durch die Sonne und der ablenkenden Wirkung der Erdrotation ist — besteht die Tendenz zur Bildung zweier Gürtel hohen Luftdrucks bei c. 30^0 N. und S. und dreier Gürtel niedrigeren Druckes bei 60^0 N. und S. und beim Äquator, sowie der entsprechenden Luftbewegungen (planetarische Zirkulation). Bei der abwechselnden Erwärmung der beiden Erdhälften im Jahreslaufe wachsen zum Winter jeder Halbkugel die Ausdehnung ihres Windsystems und ihr mittlerer Luftdruck, zum Sommer nehmen sie ab.

7. Neben dieser Umlagerung der Atmosphärenmasse zwischen N. und S. findet eine zwischen Ozean und Kontinent statt: im Winter sammeln die erkaltenden Festländer Luft an sich, im Sommer laden sie sie auf die benachbarten, dann kühleren, Ozeane ab. Dieser Massen- resp. Druckverteilung der Luft entspricht die „kontinentale“ Zirkulation der Luftströme.

Würden auf der südlichen Halbkugel ebenso grofse Landmassen sein, wie auf der nördlichen, so würden sie die kräftige Wirkung der nördlichen unterstützen und es würde die jahreszeitliche Umlagerung der Luft zwischen N. und S., nach Punkt 6, stärker sein als jetzt, jene zwischen den Festländern und Ozeanen der Nordhalbkugel (Punkt 7) dagegen schwächer.

8. Die Meeresströmungen haben zwar ihre treibende Ursache in den Winden, aber sie sind Summationswirkungen dieser und haben ihre eigenen Kontinuitätsbedingungen.

Auf Fig. 3 und 4 (Tafel 6) habe ich versucht, aus den thatsächlichen Verhältnissen die typischen Züge abzuleiten und die wahrscheinlichen Isobaren, Winde und Meeresströmungen auf und an dem gedachten, 90 Längengrade breiten, Festlande zu entwerfen. Der kolorierte mittlere Streifen ist Festland, die Farben geben zur Orientierung die Klima-Reiche an; die weifsen Streifen rechts und links reichen etwa bis zur Mitte der beiden idealen Ozeane. Die kurzen Pfeile geben die Windrichtung 500—1000 m über dem Boden an, (⊙ Windstillen), die unterbrochenen langen Pfeile die vorherrschende Meeresströmung an der Oberfläche der beiden Ozeane. Die Winde sind in niedrigen Breiten konstant, in höheren veränderlich. Bei a findet Emporquellen des kalten Tiefenwassers an die Oberfläche statt. Die ausgezogenen Kurven sind die Isobaren im Meeresniveau; der Deutlichkeit halber sind die Gebiete niedrigen Luftdrucks, etwa von 758 mm an, durch Strichelung hervorgehoben.

Der Anwendung dieser Klassifikation der Klimate auf die wirklichen Verhältnisse ist die Weltkarte Tafel 6 gewidmet. Da die wirklichen Verhältnisse der Erdoberfläche dargestellt werden sollten, nicht die idealen eines Niveaus, so mufsten auch die Unterschiede der Temperatur in vertikaler Richtung beachtet werden, was nicht anders geschehen konnte als durch eingehende Berücksichtigung von Karten mit Höhenschichten oder Angaben über Meereshöhen; denn die meteorologischen Stationen sind viel zu dünn gesäet, um in einigermafsen bergigem Terrain hierzu auszureichen. In der Hauptsache konnte ich meine Karte der Wärmezonen der Erde aus dem Jahre 1884 (Deutsche Meteor. Zeitschr., Bd. 1) zu Grunde legen, die jedoch ergänzt und revidiert werden mufste.

Die als Klimagrenzen gewählten Isothermen konnten, wenn man ein möglichst einfaches und reales Bild gewinnen wollte, nicht überall mit demselben Gewicht benutzt werden; in den dürren Gebieten sind sogar zwei derselben — die 18° Isotherme des kälteren und die 22° des wärmsten Monats — der Einfachheit halber unberücksichtigt gelassen und in den ständig temperierten ist die 2° Isotherme des kältesten Monats durch die von 6° ersetzt.

Auf Tafel 6 findet man einerseits die wirkliche Verteilung der gewählten Klimatypen auf der Erdoberfläche möglichst sorgfältig dargestellt, andrerseits enthält sie als Karton in denselben Farben deren Schema und die dafür gewählten Namen, die eine bequeme kurze Verständigung gestatten und sich dem Gedächtnis besser einprägen, als eine Häufung von Eigenschaftswörtern, deren präzise Bedeutung doch erst aus längeren Definitionen erkennbar wird.

Die Namen sind von charakteristischen Erzeugnissen des betr. Klimas hergenommen, in den pflanzenreichen Gebieten von bestimmten, allgemein

bekannten Pflanzen oder Pflanzengruppen; in den waldlosen teilweise von den herrschenden bekannten Pflanzenformationen (Tundren, Savannen, Prairien, Espinal), in den kalten Klimaten jenseits der Baumgrenze von allgemein bekannten Tieren und in den Wüsten von charakteristischen meteorologischen Erscheinungen: den Küstennebeln (Garúa), den heifsen Sandstürmen der subtropischen Zone (Samum) und den Schneestürmen (Burán) der winterkalten Zone. Ohne eine gewisse Willkür, namentlich bei der Wahl der Charakterpflanzen für die kleineren, vermittelnden Gebiete, konnte es dabei freilich nicht abgehen, immerhin dürfte das Ergebnis sich als praktisch brauchbar und vorteilhaft erweisen. Drude's Atlas der Pflanzenverbreitung und sein Handbuch der Pflanzengeographie (Stuttgart 1890) haben als wichtigste Unterlagen gedient.

Natürlich kommen die gewählten Pflanzen nur in einem Teil der weit auseinanderliegenden Gegenden, in denen das betreffende Klima herrscht, wild vor; man darf aber verlangen, dafs sie überall in demselben kultiviert werden können. Absichtlich habe ich in mehreren Fällen zwei Namen vorgeschlagen, damit der passendste durch den Gebrauch selbst festgestellt werde. In vielen Fällen war die Namengebung ein schwieriges Geschäft; für Klima C 7 (s. u.) habe ich noch keinen befriedigenden Namen gefunden.

Zwei Klimate konnten im Schema der Tafel 6 nicht Aufnahme finden, weil sie nur in hohen Lagen oder unter besonderen Verhältnissen vorkommen; es sind das B 5 und C 7, die sich von D 3 und C 6, denen sie thermisch gleichkommen, durch ihre Trockenheit unterscheiden.

Die vertikale Übereinanderschichtung dieser Klimate ist durch das zweite Schema der Tafel 6 veranschaulicht mit vereinfachten Farben; das Abfallen der Schichten vom Äquator nach höheren Breiten ist rechts für kontinentale, links für ozeanische Verhältnisse etwa bis nach 57^0 Breite dargestellt. Da die Klimate C 1 bis 4 und D 1 und 2 ihrer Definition nach grofse, C 5 bis 7 und D 3 aber geringe Jahresschwankung der Temperatur haben, so sind im allgemeinen nur drei oder vier unserer Klimate übereinander vorhanden, da die erstere Gruppe im Äquator und auf dem Ozean, die letztere auf den Festländern höherer Breiten fehlt. In gemischten Klimaten ist die Ausbildung der Regionen komplizierter. Das Xerophilenreich ist unten und oben stärker entwickelt, in mittleren Höhen (1000—3000 m) pflegen die Niederschläge am reichlichsten und die Verdunstung am schwächsten zu sein.

Ich gehe nun zur Aufzählung und kurzen Charakteristik der Klimate über.

Die Grade beziehen sich im folgenden überall auf normale (mehrjährige) wahre Tagesmittel der Lufttemperatur in Celsiusgraden. Was unter „feucht", „mäfsig trocken" und „sehr trocken", sowie unter „Trockenzeit" und „spärlichen" oder „ausreichenden Niederschlägen" zu verstehen ist, geht aus dem auf S. 604 ff. Gesagten hervor. Im allgemeinen genügt die einfache Definition nach der Regenwahrscheinlichkeit, wonach „feucht" oder „ausreichende Niederschläge" eine solche von mehr als 0,36 bedeutet, „mäfsig trocken" eine solche zwischen 0,20 und 0,36, und „sehr trocken" sowie „Trockenzeit" sich auf eine solche unter 0,20 beziehen. Unter „Sommer" und „Winter" sind die Jahreszeiten verstanden, in die die Winter- und die Sommersonnwende der betr. Halbkugel fallen, ohne Rücksicht auf die Temperatur.

Zunächst möge (Tab. 1) ein Schüssel zur Bestimmung der Klimate Platz finden, nach Art der zum Pflanzenbestimmen gebräuchlichen. Die fetten Buchstaben und Ziffern geben die Bezeichnung der gewählten 24 Klimate, deren Namen und Vegetationsverhältnisse aus Tab. 2 ersichtlich sind. Die darauffolgende kurze Charakteristik der 6 Reiche und 24 Klimate ergiebt dann das weitere Erforderliche.

Tabelle 1.

a. Wärmster Monat	über 10° . . .	b	
	0°—10°	o (**E**)	
	unter 0°	**F.**	
b. Feuchtester Monat	feucht	c	
	trocken	r (**B**)	
c. Kältester Monat	über 18°. . . .	d (**A**)	
	unter 18° . . .	e	
d.	keine Trockenzeit oder über 2 m jährl. Regenmenge	**A 1.**	
	Trockenzeit und weniger als 2 m jährl. Regenmenge	**A 2.**	
e. Wärmster Monat	über 22° . .	f (**C** 1-4)	
	unter 22°	g (**D, C** 5-7)	
f. Kältester Monat	über 2°	h	
	unter 2°	i	
g. „ „	über 6°	k	
	unter 6°	m	
h. Sommer	regenreich . . .	**C 1.**	
	trocken	**C 4.**	
i. Spätsommer	regenreich . .	**C 2.**	
	trocken	**C 3.**	
k. Sommer	regenreich . .	l	
	trocken	**C 5.**	
l. Übrige Jahreszeiten	regenreich . .	**C 6.**	
	trocken	**C 7.**	
m. Unterschied der extremen Monate	mehr als 10° .	n	
	weniger als 10°	**D 3.**	
n. Temperatur über 10° dauert	mehr als 4 Monate	**D 1.**	
	weniger als 4 „	**D 2.**	
o. Unterschied der extremen Monate	mehr als 20° .	p	
	weniger als 20°	q	
p. Höhe über dem Meere	gering	**E 1.**	
	grofs	**E 3.**	
q. Höhe über dem Meere	gering	**E 2.**	
	grofs	**E 4.**	
r. Nebel	häufig	**B 1.**	
	selten	s	
s. Feuchtester Monat	mäfsig trocken	u	
	sehr trocken .	t	
t. Kältester Monat	über 2°	**B 2.**	
	unter 2°	**B 6.**	
u. „ „	über 2°	v	
	unter 2°	**B 7.**	
v. Wärmster Monat	über 22°	w	
	unter 22° . . .	**B 5.**	
w. Regenzeit im	Sommer	**B 3.**	
	Winter.	**B 4.**	

Tabelle 2.

Zeichen	Name des Klimas	Vorherrschende Vegetation	Wärmebedarf	Vegetationszeit	
				Dauer	Jahreszeit
A 1	Lianenklima	Hygrophile Bäume	grofs	permanent	
„ 2	Baobab- „	Xerophile Bäume u. Stauden, Trockenruhe	„	lang	Regenzeit
B 1	Garua- „	Xerophile Stauden, Gräser und Sträucher mit langer Trockenruhe (Wüsten und Steppen)	mittel	kurz	Winter
„ 2	Samum- „		„	„	wechselnd
„ 3	Espinal- „		„	„	Hochsommer
„ 4	Tragant- „		„	„	Frühling
„ 5	Ostpatagon. Klima		gering	„	?
„ 6	Buran- „		„	„	Frühling
„ 7	Prairien- „		„	„	„

Zeichen	Name des Klimas	Vorherrschende Vegetation	Wärmebedarf	Vegetationszeit: Dauer	Vegetationszeit: Jahreszeit
C 1	Camellien-Klima	Bäume u. Sträucher, teilweise xeroph l. Sträucher, Trockenruhe im Sommer	bedeutend	lang	Sommer
„ 2	Hickory- „		So. warm	mittel	„
„ 3	Mais- „		Wi. Frost	„	Frühling
„ 4	Oliven- „		mittelmäfsig,	„	„
„ 5	Eriken- „			„	„
„ 7	Hochsavannenklima	Desgl. im Winter	wenig	mittel	Hochsommer
„ 6	Fuchsienklima	Hygrophile Bäume	Frost	lang	Sommer
D 1	Eichen- „	Sommergrüne „	rel. gering	mittel	„
„ 2	Birken- „	Nadelhölzer		kurz	„
„ 3	Antarkt. Buchenklima	Hygrophile Bäume	gering	mittel	„
E 1	Eisfuchsklima	Moose und Flechten	sehr gering	kurz	„
„ 2	Pinguin- „			„	„
„ 3	Yak- „			„	„
„ 4	Gemsen- „			„	„
F —	Klima ewig. Frostes	kein Pflanzenleben	—	—	—

(Schlufs folgt.)

657

Das französische Kolonialreich in Nord-Afrika und die transsaharische Eisenbahn.

Von Oberleutnant a. D. **Kürchhoff.**

Im Süden des schwarzen Erdteils ringt England mit den kleinen Buren-Republiken, um dort, abgesehen von seinen weiter nach Norden gerichteten Plänen, ein südafrikanisches Kolonialreich aufzurichten. In jenen Gegenden werden augenblicklich alle Kräfte Grofsbritanniens beansprucht, und es ist daher so gut wie ausgeschlossen, dafs es in anderen Teilen der Erde irgend welchen Unternehmungen anderer Mächte kräftigen Widerstand entgegenzusetzen vermag.

Diese günstige Gelegenheit scheint Frankreich wahrnehmen zu wollen, um einen längst gehegten Plan endlich auszuführen, nämlich die Herstellung der territorialen Verbindung seiner afrikanischen Kolonien und somit, um einen französischen Ausdruck zu gebrauchen, die Errichtung eines nordafrikanischen Kolonialreiches.

Viele Zeitschriften, besonders englische und französische, haben das Vorgehen Frankreichs in den letzten Monaten von Algerien aus als eine Rache für Faschoda bezeichnet. Diese Ansichten dürften sich bei näherem Zusehen als irrige erweisen. Sowohl der Vorstofs der vielgenannten Expedition Marchand in das Nilthal nach Faschoda als auch die letzthin erfolgte Besetzung der Oasengruppen Insalah und Igli u. s. w. sind lediglich die Folge der von Frankreich schon seit langer Zeit vorbereiteten Bestrebungen, zu deren Ausführung man, wie die französischen Blätter ganz offen zugeben, die englischen Verlegenheiten benützen zu müssen glaubt.

Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt.

Von Dr. **W. Köppen.**

Mit zwei Karten (Tafel 6 u. 7).

wo sind diese?

(Schlufs.)

A. Reich der Megathermen oder der tropischen Tieflands-Klimate: Keine kühle Zeit vorhanden, Temperatur des kältesten Monats über 18° C., mindestens 1 Monat mit reichlichem Regen. Keine Kälteruhe der Vegetation, aber in Klima 2 periodische Trockenruhe. Wo ausgesprochene Trockenzeiten überhaupt vorhanden, liegt die Haupttrockenzeit im Winter und Frühling und fällt die gröfste Hitze gewöhnlich auf deren Ende. Innerhalb der auf Tafel 7 eingezeichneten roten Linie doppelte Regenzeit, worüber weiter unten das Nähere zu vergleichen ist. Als Gliederung genügen vorläufig zwei Abteilungen:

A 1. Lianenklima, ohne Trockenzeit, oder aber mit einer jährlichen Regenmenge über 2000 mm[1]); Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat nur 1 bis 6° C.

Immergrüne hochstämmige Urwälder von höchst mannigfaltiger Zusammensetzung, von Lianen und Epiphyten (Scheinschmarotzern: Orchideen u. s. w.) durchwebt. An Nutzpflanzen gehören die Sago-, Öl-, Betel- und Raphia-(bezw. Wein-)Palme, Muskatnufs, Pfeffer, Kakao, Paranufs, Brodfruchtbaum u. a. hierher. „Die Wälder der Äquatorialgegenden behalten das ganze Jahr hindurch fast unverändert dasselbe Aussehen, da beständig die eine oder die andere Spezies Knospen, Blüten, Früchte trägt.“

A 2. Baobabklima oder tropisches Savannenklima, mit mindestens 2 Monaten wirklicher Trockenzeit und zugleich weniger als 2000 mm Regen, und bis zu 12° steigendem Temperaturunterschied zwischen den Monaten.

Ein Gemisch von „Savannen“ („Campos“ oder „Campinen“) — d. h. offenen Fluren, die von Gräsern unter Beimischung zahlreicher tropischer Holzgewächse bedeckt sind — und lichten Wäldern von nur mäfsiger Höhe, die in der Trockenzeit ihr Laub abwerfen („Caatingas“ in Brasilien genannt). Der ebenfalls laubabwerfende, durch die riesenhafte Dicke seiner Stämme berühmte Baobab oder Affenbrotbaum Afrikas (*Adansonia digitata*) ist nach seiner Verbreitung sowohl als nach seinem Auftreten („die freie Grasflur ist seine Heimat“) ein guter Vertreter dieses Klimas; ebenso seine Verwandten, die tonnenförmigen Wollbäume (*Bombax*) in allen tropischen Festländern, die

1) Oder 1500—2000 mm mit höchstens 2 Monaten Trockenzeit.

wie der Baobab Zug 1 und 4 von den oben angeführten Xerophytenzügen in sich vereinigen. Urwälder von dem Charakter des Lianenklimas treten im Baobabklima nur in der Nähe von Flüssen etc. auf (Galeriewälder). Kaffee, Zuckerrohr, tropische Hirse, Ingwer, Bananen, Maniok sind die wichtigsten Nutzpflanzen dieses Klimas, Reis und Baumwolle hat es mit C 1 gemeinsam.

B. Xerophilen-Reich: Wüsten, Steppen und Dorngestrüppe der subtropischen und gemäfsigten Zonen, deren Gewächse sehr mannigfaltige Vorrichtungen zur Verminderung der Verdunstung besitzen. Das Fehlen einer ausreichenden Regenzeit charakterisiert in mehreren Abstufungen (s. oben) diese Gebiete, deren Vegetation den gröfseren Teil des Jahres in Trockenruhe und z. T. auch Kälteruhe verbringt, in den extremen Fällen, wo die Regen mehrere Jahre ausbleiben können, zumeist in Samenform. Die Vegetation gliedert sich nach dem Boden ziemlich scharf in Thon-, Salz-, Sand- und Felswüste, Löfs- oder Tschernosjom-Steppe und bewässerte Oasen.

Das Reich zerfällt qualitativ in drei Hauptteile und nach der Quantität der Feuchtigkeit in zwei Stufen.

I. Küstenwüsten niedriger Breiten, an kalten Meeresströmungen resp. emporquellendem Tiefenwasser gelegen.

= B 1. Garúaklima oder Welwitschiaklima charakterisiert durch häufige Nebel, besonders im Winterhalbjahr, gleichzeitig mit der Trockenzeit des Hinterlandes (Peru, Südwest-Afrika). Die Temperatur des Garúaklimas ist für die geographische Breite sehr niedrig, so dafs, trotzdem es sich dem Äquator bis auf 5—15 Breitengrade nähert, das Jahresmittel in den genannten typischen Fällen noch unter 20^0 liegt.

Da es sich nur um schmale Küstenstreifen handelt, so verzichte ich auf weitere Unterabteilungen innerhalb dieses Klimas, obwohl zwischen den nässenden Nebeln nördlich von Lima, die im Winter die Hügel mit Grün und Blumen schmücken, und der absoluten Dürre der pflanzenlosen Küste der Atacama-Wüste ein grofser Unterschied besteht.

Ob auch der Saharaküste Garúaklima zugeschrieben werden darf, ist unsicher: die Schilderung der Nebel von Agadir und des Temperaturgegensatzes zwischen Küste und Innerem bei St. Louis spricht dafür, dafs sie wenigstens einige Hauptzüge desselben besitzt.

Auf den westlich den Garúaküsten vorgelagerten Teilen des Ozeans verspätet sich der Eintritt der höchsten Luftwärme bis in den Herbst und diese Eigentümlichkeit erstreckt sich auch auf benachbarte Küstenstriche von B 2, A 2 und C 5, wie Walfischbai, Senegambien, St. Louis, San Francisco.

II. Binnenländische[1]) Wüsten und Steppen ohne strenge Winterkälte (Temperatur des kältesten Monats über $+ 2^0$ C.) und mit starker Sommerhitze (22^0—36^0 C.), aufser in Patagonien.

B 2. Samumklima oder Dattelklima[2]): nahezu regenlose Wüsten, wärmster Monat mindestens 26^0 C., kältester 10^0—22^0 C., Jahresmittel über 20^0 C.; Sandstürme von glühender Temperatur und äufserster Trockenheit.

1) Nur in Südamerika bis an die Ostküste des Festlandes reichende.

2) Sowohl Dattel als Samum sind allerdings auch für grofse Teile des Klimas B 4 charakteristisch.

Die tägliche Schwankung der Temperatur ist so stark, dafs sie die Oberfläche der Gesteine zerstört; die losen, weder durch Wasser noch durch Pflanzenwuchs zusammengehaltenen Brocken werden durch „Deflation“ entfernt, die gröberen auf kurze, die feineren auf weite Strecken, bis nach aufserhalb des Gebietes (Staubstürme). Die Pflanzen der Wüste sind — abgesehen von den Oasen mit Grundwasser — meist darauf eingerichtet, die seltenen und unregelmäfsigen aus den Nachbargebieten hinübergreifenden Regen zu raschester Entwickelung auszunutzen und durch ungemein tiefgehende Wurzeln deren etwas längeren Verbleib in den tieferen Bodenschichten zu verwerten. Darum ist, trotz der andauernden Wärme, ihre Vegetationszeit noch kürzer, als die der arktischen Gewächse.

B 3. Espinalklima oder Mezquiteklima. Steppenklima mit seltenen, jedoch meist in heftigen Güssen (Gewitterböen) niederfallenden Sommerregen. Kältester Monat im weiten Spielraum von 2^0 bis 22^0 C., wärmster zwischen 22^0 und 34^0 C variierend.

Da Dorngesträuche aus Acacia-Arten und anderen Pflanzen sowie stachlige Gräser, Cacteen, Agaven u. s. w. einen grofsen Raum in diesem Klima einnehmen, und da dasselbe in mehreren alten spanischen Kolonien, wie Argentinien und Nordmexico, vorherrscht, so mögen die obigen Namen gestattet sein, in Ermangelung einer allgemein bekannten Charakterpflanze. Als Espinalgebiet hat Hieronymus eines der hierher gehörenden Gebiete, Argentinien westlich von 64^0 W., bezeichnet, das zu den „Pampas“ im Osten im selben Verhältnis steht, wie in B 6 die Wüstensteppen westlich vom Felsengebirge zu den Prärien im Osten desselben. Der Mezquite-Strauch wiederum (*Prosopis*) ist für Nord-Mexico und West-Texas Charakterpflanze. Neben jenem — in Australien als Scrub bezeichneten — Gestrüpp nehmen Grasfluren weite Strecken ein, die in Australien z. T. von lichtem Eukalyptenwald überwölbt, in Kordofan mit vereinzelten Dum-Palmen bestanden sind (Übergang zu A 2).

B 4. Tragantklima. Subtropisches Steppenklima mit spärlichen Winterregen, heifsem regenlosem Sommer (wärmster Monat 22^0—35^0 C.), kühlem Winter (2—15^0) und Reif und Schnee als seltenen Erscheinungen. Der Tragantstrauch (*Astragalus Tragacantha*) nebst vielen Verwandten ist charakteristisch für die Steppen von Kleinasien, Mesopotamien und Iran, das Halfagras für diejenigen am Nordrande der Sahara, neben Wermutharten etc.

Eine Nebenform dieses Klimas ist das tropische Küstenklima mit schwachen Winterregen bei Massaua, Berbera, Maskat, Buschir, mit Januartemperaturen von 14^0 bis 26^0 C. und Julitemperaturen von 31^0 bis 35^0 C., in denen die Sommerhitze durch die Feuchtigkeit der Luft viel drückender ist, als im trockenen Innern. In beiden Gebieten ist dabei der Sommer nahezu wolkenlos.

B 5. Das Klima des östlichen Patagoniens, leider noch sehr wenig bekannt, bietet besonderes Interesse als Brücke von der subtropischen Steppenzone zu den Tundren der hohen Breiten, unter Durchbrechung des Waldgürtels der Mikrothermen. Da nach Ramon Lista das waldlose Gebiet an der Ostküste sich südwärts bis 54^0 südl. Br. fortsetzt, so nimmt die

Temperatur des wärmsten Monats in ihm von 22° bis auf 11° C. ab, während die des kältesten allerdings nur von 6° C. bis auf 2° sinkt. Die Berührung von Steppen und Tundren, wie sie für gewisse Abschnitte der pleistocänen Zeit in Europa vorausgesetzt worden ist, findet hier wirklich nahezu statt, aber unter exzeptionellen Bedingungen, und zwar: 1) einem Herabdrücken der Sommerisothermen, die die Baumgrenze bestimmen, in sehr niedrige Breiten und 2) der Lage im Osten hoher Berge, in einem Gebiet sehr starken Vorwaltens der Westwinde, endlich 3) ungünstigen Bedingungen des Bodens und der Windstärke für das Gedeihen von Bäumen. Für 2) ist es merkwürdig, dafs die Dürre und Vegetationsarmut in Patagonien landeinwärts abnimmt und sich schon in einiger Entfernung von den Bergen reiche Weiden und Wälder einstellen. Hann erklärt dies (Klimatologie Bd. III, S. 435) damit, dafs die Kordilleren in diesen Breiten niedriger werden und tiefe Einschnitte haben, die den feuchten Westwinden Zutritt auf die Ostseite des Gebirges geben. Aber wodurch ist dann die Trockenheit der Ostküste bedingt? Zur Lösung dieses Rätsels fehlt es noch an der Kenntnis der Thatsachen; wahrscheinlich spielt kaltes Küstenwasser (Aufquellwasser) dabei eine bedeutende Rolle.

Wie grofs die Trockenheit ist, sieht man sowohl an den Messungen der einzigen Beobachtungsstation Chubut, die im Mittel von 8 Jahren nur 223 mm jährliche Regenmenge — davon nur 45 mm in den drei Sommermonaten — ergeben hat, als an den Schilderungen des Pflanzenwuchses. Darwin erklärt (Reise, Kap. 8) die Gegend um Port Desire für charakteristisch: gerundetes Geröll mit einer weifslichen Erde vermischt, die hier und da Büschel braunen, harten Grases und noch seltener niedriges Dorngesträuch trägt; unter diesem auch noch eine Opuntia; stellenweise grofse Salzflächen. Da diese Gegend trotzdem eine Unzahl von Mäusen und Herden von Guanacos, sowie Füchse, Puma, Ibis u. s. w. beherbergt, so könnten die Ablagerungen von Westeregeln u. s. w. wohl in einem solchen Klima entstanden sein; aber welch eine Änderung in der geographischen Lage von Europa setzt dies voraus!

Unter 51°—54° südl. Br. soll die Gegend grasreich, wiesenartig sein und von Wühlmäusen (Tucutuco) ganz unterminiert.

III. Binnenländische Wüsten und Steppen mit strengen Wintern (kältester Monat + 2° bis — 30° C) und kurzen heifsen Sommern (wärmster Monat + 20° bis 30° C).

B 6. Buránklima oder Saksaúlklima. Winterkaltes Wüstenklima mit Schneestürmen (Burán in Sibirien); kältester Monat + 2° C bis — 16° C. So spärlich die mefsbaren Niederschläge auch in diesem Klima gerade in der kälteren Jahreszeit sind, so bietet doch infolge ihrer niedrigen Temperatur der Boden im Frühling genügende Feuchtigkeit für eine kurze Vegetationszeit von Xerophilen, besonders Halophyten dar (unter denen auch ein echter Wüstenbaum, der Saksaúl). Die stärkeren Sommerregen haben nur wenig Wirkung.

B 7. Prärienklima. Winterkaltes Steppenklima, ähnlich wie B 6, jedoch weniger trocken und Vegetationsperiode durch Sommerregen etwas verlängert; kältester Monat bis zu — 30° C. Mitteltemperatur. In Übergangs-

gebieten, wie diese, zeigen sich naturgemäfs erhebliche Unterschiede zwischen den entgegengesetzten Rändern; hauptsächlich sind zwei Stufen kenntlich: die nach B 6 neigenden Wüstensteppen westlich vom Felsengebirge und an der Nordküste des Schwarzen Meeres mit ihren Artemisien und Salsoleen unterscheiden sich deutlich von den östlich resp. nördlich davon sich erstreckenden Grassteppen, in denen durch Winterfeuchte und Frühsommerregen ohne Bewässerung in den meisten Jahren reiche Weizenernten gezeitigt werden, die freilich in trockenen Jahren versagen; nach der Grenze des Eichenklimas zu vermischen sich diese Grasfluren mehr und mehr mit Gehölzen; in kleineren Parzellen reichen sie bis weit in das „Maisklima“ C 3 (Illinois, ungar. Pufsten) hinein. Der Boden dieser Grasfluren, Löfs und Tschernosjom, ist selbst zum grofsen Teil klimatisches (äolisches) Produkt und durch Staubstürme aus den benachbarten Wüsten herbeigetragen.

C. Reich der Mesothermen oder der mittelwarmen Klimate mit kühler Jahreszeit (kält. Mon. unter 18° C.) und heifsem Sommer (wärmster Monat über 22° C.) oder mildem Winter (kältester Monat über 6° C.) oder beidem. Aus der Mannigfaltigkeit der Klimate dieser Gruppe hebt sich ein wohlbekannter Typus heraus: der des klassischen Mittelmeerklimas mit einer zwischen die kurze Kälteruhe des milden feuchten Winters und die Trockenruhe des dürren heifsen Sommers eingeschobenen Vegetationszeit, die im Spätherbst ein schwaches Nachspiel findet (Olivenklima). Von diesem zum beständig feucht temperierten Fuchsienklima, oder zum winterkalten Hickoryklima, oder zu dem die Vegetation erst durch die Regengüsse des Hochsommers aus der Trockenruhe erweckenden Hochsavannenklima finden verschiedene Übergänge statt, welche die folgende Übersicht aufweist:

No. des Klimas	1	2	3	4	5	6	7
Name	Camellien	Hickory	Mais	Oliven	Eriken	Fuchsien	Hochsavannen
Kälteruhe im Winter . .	kurz. u. unvollst.	lang	kurz	kurz und unvollständig			
Trockenruhe . .	fehlt oder fällt in den Winter		Spätsommer	Sommer		fehlt	Winter und Frühling
Sommertemp.	heifs					gemäfsigt	

Klima 1 führt in das Tropenreich, die Klimate 2 und 6 führen in das Eichenklima über.

Der Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat ist in Klima 2 am gröfsten, 22°—45° C., in 3 beträgt er 20°— 30°, in 1 und 4 10°—25° C., in 5 schwankt er zwischen $2\frac{1}{2}$° und 18° C., in 6 und 7 steigt er wohl nirgends über 10° C. Das Jahresmittel liegt zwischen 22° und 1° C.

Wir können die 7 Klimate, unter denen 1 und 2, je nach der Ausbildung der Trockenzeit, bedeutende Varianten zeigen, in drei Gruppen zusammenfassen.

I. Östlicher subtropischer Klimatypus, mit regenreichen, heifsen Sommern (wärmster Monat 22—28° C. bei mindestens 80 mm Regen) und polwärts rasch kälter werdenden Wintern. Die dieser Klimagruppe ange-

hörenden Gebiete in den Vereinigten Staaten, in Japan inkl. Formosa aufser dessen S W.-Küste, und an der Ostküste von Australien und Südamerika weichen von den übrigen darin ab, dafs sie in allen Jahreszeiten reichliche Niederschläge haben; der Rest hat eine Trockenzeit, die in C 1 und C 2 in das Winterhalbjahr fällt, in C 2 die Entwickelung der Vegetation nach der Kälteruhe verzögert und in C 1 teilweise an Stelle der Kälteruhe eine Trockenruhe im Winter und Frühling der betr. Halbkugel setzt. Durch die gezähnte Linie auf Taf. 6 wird diese Teilung der Klimate der Gruppe in eine immer feuchte und eine periodisch trockene Hälfte erkennbar.

Wälder, Gebüsche und Grasfluren, mit gröfserem Artenreichtum der Bäume und Sträucher, besonders der Coniferen, als im Klimatypus C II, nehmen diese Gebiete ein. Sehr viele derselben schmücken jetzt die Gärten Süd- und Mittel-Europas.

C 1. Camellienklima, kältester Monat + 2° bis + 18° C., Gebiet des Anbaues bezw. Vorkommens des Thee- und Maté-Strauches in China und Indien einerseits und Paraguay andererseits, sowie Hauptgebiet der Reis- und Baumwollenkultur.

Immergrüne Maquis, die den folgenden beiden Klimaten fehlen, sind hier stark vertreten. Unter den bekanntesten Pflanzensippen dieses Klimas kehren manche in den verschiedenen Kontinenten wieder; so Magnolien in China-Burma und in den südöstlichen Vereinigten Staaten, Araucarien in Südbrasilien und an der Ostküste von Australien.

Den nun folgenden Klimaten C 2 und C 3 ist gemeinsam, dafs die Mitteltemperatur des kältesten Monats in ihnen unterhalb + 2° C liegt und dafs sie nur auf der nördlichen Halbkugel vorkommen; verschieden sind sie durch die Verteilung der Niederschläge über das Jahr. In

C 2, dem Hickoryklima, ist der Spätsommer regenreich und ist der Frühling im asiatischen Gebiet ausgesprochen regenarm, während er im amerikanischen hinter ersterem wenig zurücksteht.

Charakterbäume dieses Klimas sind verschiedene Verwandte unserer Wallnufs, wie *Juglans mandshurica* in Ostasien, *Juglans nigra* und mehrere *Carya*-Arten (Hickory) in Amerika, während andere bekannte Bäume ihm mit dem benachbarten Teile des Eichenklimas gemeinsam sind; so in Nordamerika die Weymuthskiefer (*Pinus Strobus*), der Lebensbaum (*Thuja occidentalis*), die Hemlocktanne (*Tsuga canadensis*) u. a. Hauptfrucht ist der Weizen.

C 3, Maisklima, ist ein Übergang zu den Klimaten B 7 und C 4, indem auf einen Winter mit wenigstens kurzer Schneedecke ein ziemlich feuchter Frühling und Frühsommer, aber ein trockener Spätsommer und Herbstanfang folgen. Ähnliche Feuchtigkeits-Verteilung kommt auch mit wärmeren Wintern vor, aber auf so kleinen Gebieten (Teile von Spanien, dem Kapland und Südost-Astralien), dafs die Aufstellung eines Klimatypus dafür nicht lohnt. Für die Berechtigung der gewählten Bezeichnung dieses Klimas möge daran erinnert werden, dafs Polenta für den Oberitalieuer, Mamaliga für den Rumänen Nationalspeisen sind, und dafs das um St. Louis bezeichnete Gebiet nicht nur das Zentrum der Maiskultur, sondern mit Hilfe des Maisfutters zugleich das

Erzeugungszentrum von Schweinefleisch und Rindfleisch in den Vereinigten Staaten geworden ist.[1])

Da für unsere Untersuchung wesentlich nur die Regenverhältnisse der Vegetationszeit, aufserhalb der Kälteruhe der Pflanzen, in Betracht kommen, so habe ich die kleinen Landstrecken, in denen die jährliche Periode der Niederschläge wie im Olivenklima, die Temperatur des kältesten Monats aber unter + 2° C. ist, zum Maisklima geschlagen. Es sind dies Hügellandschaften von Urmia bis Kokan in Asien und der Raum zwischen Kaskaden- und Felsengebirge in Amerika. Erstere stehen in ähnlichem Verhältnis zu C 1 und zu B 4 wie das Klima C. 7 zu A 2 und zu B 3.

II. Typus der klassischen Subtropen-Klimate, mit milden, feuchten Wintern und regenarmen Sommern. Mitteltemperatur des kältesten Monats + 2° bis 18° C. Immergrüne und sommergrüne Sträucher und Bäume, selten Wälder, aber oft weit ausgedehnte Gebüsche (Maquis) bildend, nehmen abwechselnd mit sonnigen Matten, in denen aromatische Labiaten u. s. w. in buntem Artengemisch auftreten, den Boden ein. Durch die kurze Kälteruhe im Winter und eine längere Trockenruhe im Sommer zerfällt die Vegetationszeit in einen Hauptabschnitt im Frühling und einen kleinen im Herbst.

C 4. Olivenklima, das klassische Klima der Mittelmeerküsten, mit heifsem, dürrem Hochsommer (wärmster Monat 22°—28° C.); reicht nach Osten an Gebirgslehnen bis nach Ost-Persien, wiederholt sich anderswo aber nur im Innern von Kalifornien und in SW.-Australien.

Es ist dies das Gebiet der Oliven-, Feigen-, Mandeln-, Pistacien- und Weinkultur, welche letztere sich freilich darüber hinaus verbreitet hat.

Neu-Castilien und Aragon bilden einen Übergang zum Klima C 3 (Januarmittel + 2° bis + 6° C., Regenmaxima Mai und November). Die Gebirge der Mittelmeerregion gehören zu C 6 und D 1. Die oberitalienischen Seen bilden, wie Kolchis, wegen des Fehlens der Sommerdürre Inseln von C 1.

C 5. Erikenklima, wie das vorhergehende, aber mit kühlen Sommern (wärmster Monat 22° bis 14° C).; ozeanische und südhemisphärische Fazies des subtropischen Winterregen-Klimas. Die Umgebung des Kaps der Guten Hoffnung mit ihrer erstaunlichen Mannigfaltigkeit von schönblühenden Eriken ist ein guter Vertreter dieses Klimas; im analogen Gebiet von SW.-Australien werden sie durch Epacrideen ersetzt: für beide genannten Gebiete sehr charakteristisch sind auch die Proteaceen. Die kalifornische und chilenische Küste, wo dieses Klima wiederkehrt, haben keine so bezeichnenden Ordnungen aufzuweisen. In Chile nimmt es den Raum von 31° bis 37° Breite ein, nicht den von 23° bis 33°, den Grisebach seiner Flora des chilenischen Übergangsgebiets zuweist.

1) In diesem Teile der Vereinigten Staaten ist übrigens der Unterschied in der jährlichen Regenperiode zwischen C 2 und C 3 viel weniger ausgesprochen, als anderswo. Am besten ist er es in den Regentagen (Meteor. Zeitschr. 1893, S. 161); in den Regenmengen ist er deutlicher bei Hann (Klimatologie III, S. 293), als in Supan's Sammlung (Pet. Mitt. Erg.-Heft 124); in letzterer zeigt er sich darin, dafs z. B. die Regensumme von April und Mai südwestlich von der Trennungslinie um mehr als 3 cm gröfser ist, als die von August und September, nordöstlich davon aber der Unterschied abnimmt und an den Seen und der Ostküste sein Zeichen ändert.

III. Typus der tropischen Bergklimate und rein ozeanischen Klimate in mittleren Breiten: beständig gemäfsigte Temperaturen, wärmster Monat 10^0—22^0 C., kältester 6^0—18^0 C., Unterschied nur 2^0—10^0; kein Regenmangel im Sommer.

C 6. Fuchsienklima, mit ausreichender Bodenfeuchtigkeit während des ganzen Jahres, sei es ohne Trockenzeit, sei es mit kurzer Trockenzeit und grofser jährlicher Regensumme (vgl. unter A 1).

Üppige hochstämmige Wälder (soweit nicht allzuheftige Winde den Baumwuchs stören), mit meist immergrüner, nur in höheren Breiten teilweise zum Winter abfallender Belaubung.

In mittleren Breiten ist dieses Klima auf dem freien Ozean verbreitet. Es erreicht die Küste auf der nördlichen Halbkugel nur am Westrande Europas — SW.-Irland, Cornwales, Guernsey, Brest, Biarritz —, auf der südlichen aber sowohl um Valdivia als an der Südostküste vom Kapland und von Australien, nebst Tasmanien und Neuseeland (gröfstenteils). In niedrigeren Breiten nimmt dagegen dieses Klima die regenreichen Gebirge ein, meist etwas tiefer herabsteigend als das folgende. Unter allgemein bekannten Pflanzen sind Fuchsien gute Vertreter dieses Klimas, da sie auch in unseren Gärten nafskalte Sommer sehr gut, Frost dagegen sehr schlecht vertragen. Auch Baumfarne und die Coniferen-Gattung *Podocarpus* sind für dieses Klima sowohl in Südamerika als in Afrika und Australien nebst der Inselwelt von Sumatra bis Neuseeland charakteristisch. Von den Stufen dieses Klimas ist besonders die mittlere als die Region der Cinchonen bemerkenswert; diese Wohlthäter der leidenden Menschheit wachsen in ihrer Heimat am Ostabhang der Anden unter Jahrestemperaturen von 14 bis 18^0 C. und geringfügiger jährlicher Temperaturschwankung und verlangen ähnliche Verhältnisse auch bei ihrer Kultur. Unterhalb dieser Region sind die Charakterbäume tropische Palmen, oberhalb seltsamerweise ebenfalls eine Palme, die stolze Wachspalme, die fast bis zur Baumgrenze hinaufgeht.

C 7. Hochsavannenklima, mit ausgesprochener Trockenzeit im Winter und Frühling der betr. Halbkugel, und häufigen heftigen Regengüssen und Gewittern im Hochsommer, in den höheren Lagen oft mit Hagel und Schnee gemischt. Blütezeit im Spätsommer.

Baumarme Hochebenen innerhalb der Wendekreise, in Mexico (1700—3400 m), am Titicaca (3800 m), in Bolivien (2100—3900 m), in Südost-Brasilien (oberhalb 1300 m), im Hinterlande von Loango und Benguela (von 1200 m an), in Abessinien (2100—4000 m), Uhehe und Mashonaland. Man kann eine untere oder Agaven-Stufe mit Agaven- und Mais-Kultur, und eine obere oder Quinoa- bezw. Puna-Stufe unterscheiden mit Gersten- und Quinoa-Bau. Die mexicanische Kultur gehörte der ersteren, die peruanische der letzteren Stufe an (Cuzco 3470 m, Mexico 2270 m). Die darüberliegende „*Puna brava*“ weist zunächst einen schmalen Streifen vom Klima D 3, höher hinauf hochalpines Klima (E 3) auf. Cacteen spielen in beiden Stufen von C 7 in der neuen Welt eine grofse Rolle; in der alten finden sie ihr Wiederspiel in stacheligen Euphorbien, wie die Agaven in Aloë-Arten.

Klima C 7 unterscheidet sich von A 2 durch gröfsere Kühle zu allen

Jahreszeiten, von B 3 durch reichlichere Regenzeit und durch geringere Sommerhitze. Längere Regenzeit ergiebt Übergänge zum vorhergehenden Klima mit reicheren Weidegründen („Dega“ Abessiniens), oder Wäldern (Harrar, Randgebirge Mexicos).

D. Reich der Mikrothermen oder der kühlen Klimate, deren wärmster Monat mindestens 10° C., aber nicht über 22° C., und deren kältester unter 6° C. Mitteltemperatur hat, mit mindestens gelegentlicher Schneedecke im Winter und ausreichenden Niederschlägen in der wärmeren Jahreszeit. Nadelwälder, Laubwälder (meist nur sommergrün) und Getreidebau, in den wärmeren Teilen auch Obst-, Wein- und Maisbau.

Zerfällt in zwei nordisch-kontinentale und eine ozeanisch-antarktische Abteilung. In allen dreien findet sich in der Osthälfte der Kontinente eine niederschlagsarme Zeit im Winter, während in der Westhälfte alle Monate feucht sind.

D 1. Eichenklima: Unterschied zwischen wärmstem und kältestem Monat mindestens 10° C. (ersterer 13° bis 22° C., letzterer + 6° bis — 26° C.), mindestens 4 Monate über 10° C. Die Polargrenze des Anbaus von Weizen und von Winterroggen fällt annähernd mit jener des Eichenklimas zusammen und bleibt nur streckenweise, wie auch die des Obstbaues, hinter dieser zurück[1]).

Eine ganze Reihe unserer bekanntesten Bäume und Sträucher finden ungefähr ebendort ihre Verbreitungsgrenze: Eiche, Schwarzerle, Flatterulme, Spitzahorn, Weifsdorn, Haselnufs, Pfaffenhütchen, Schlehdorn, Kreuzdorn, teilweise auch Linde und Esche. Fast alle gehen sie nicht über den Ural hinaus. Aber im Amurgebiet, wo zuerst das Eichenklima wieder auf gröfserem Raume auftritt, finden wir die Mehrzahl in anderen Arten derselben Gattungen wieder: *Quercus mongolica*, *Acer spicatum*, *Corylus heterophylla* u. s. w. Und ähnlich steht es in Amerika mit den Eichen etc. von Columbien und Canada.

D 2. Birkenklima: Unterschied zwischen wärmstem und kältestem Monat mindestens 10°, nur 1 bis 4 Monate über 10° C.: kurze, relativ warme Sommer (wärmster Monat 10° bis 19° C.) und strenge Winter (kältester Monat + 3° bis — 52° C.); in den Thälern des gebirgigen Teils von Ostsibirien die tiefsten Wintertemperaturen der Erdoberfläche. Im gröfseren Teile dieses Klimagebiets taut der Boden auch im Hochsommer nur bis zur Tiefe von etwa 1 m auf. Dennoch trägt derselbe nicht nur Wald, sondern auch gute Ernten von Sommergetreide; Gerste und Hafer werden in den kultivierteren Gegenden bis nahe an die Baumgrenze gebaut, ebenso die Kartoffel.

Einförmige Wälder aus wenigen Nadelholzarten bedecken den Boden grofsenteils, mit beerentragenden Sträuchern als Unterholz und Birken, Vogelbeeren, Espen, nordischen Erlen als Beimischung.

---

1) Nach Engelbrecht (vgl. Nachschrift) fällt namentlich die Nordgrenze des Anbaues von Buchweizen in Rufsland gut mit dieser Linie zusammen, und gehen Hafer- und Sommerweizenbau etwas über sie hinaus, während Winterweizenbau etwas hinter ihr zurückbleibt.

D 3. Klima der antarktischen Buchen: Unterschied der extremen Monate weniger als 10° C., wärmster Monat höchstens 16° C., kältester mindestens 0° C. Alle Monate regenreich.

Auf der südlichen Halbkugel nimmt dieses Klima das westliche Patagonien südlich von 48° S. und die Gebirge von Neuseeland und Tasmanien ein, auf der nördlichen dagegen zeigen es nur die Faröer und die Inseln um Schottland. Dasselbe Klima in einer schmalen Region unter der Baumgrenze in subtropischen und tropischen Gebirgen, aufser am Äquator, wo wegen der geringen Jahresschwankung C III und E 4 direkt an einander grenzen.

Laub- und Nadelhölzer, besonders charakteristisch Buchen von der antarktischen Untergattung *Nothofagus*, mit teils immergrünem, teils abfallendem Laube; mehrere Arten derselben gehen bis an die Baumgrenze, in vor dem Wind geschützten Gebieten als Hochwald[1]), an den windgepeitschten Orten als Krummholz und Gebüsch.

γ E. Reich der Hekistothermen oder der kalten Klimate, in denen die Mitteltemperatur des wärmsten Monats zwischen 10° und 0° liegt. Hochstämmige Bäume können in ihnen nicht mehr gedeihen, nur deren kriechende Zwergformen dringen in die Randgebiete dieser Klimate aus D hinein.

Die Höhenunterschiede, die in den übrigen Klimareichen noch vernachlässigt werden konnten, sind in diesem zu grofs dazu. Denn es entsprechen ihnen ebenso grofse Gegensätze in der Insolation und dem Luftdruck, der Verdunstung und den Niederschlägen. Da auch die Unterschiede in der jährlichen Wärmeschwankung sehr bedeutend sind, so ergiebt sich eine Vierteilung dieses Klimareiches als naturgemäfs. Da ferner dasselbe wohl Tierformen beherbergt, die durch ihre Gröfse und Häufigkeit in die Augen fallen, aber keine ebenso bekannten Pflanzenformen, und auch über die Grenze des Pflanzenwuchses, in die Region des ewigen Schnees, hinüberreicht, so nennen wir die vier Klimate nach deren charakteristischen Tieren.

E 1. Eisfuchsklima oder arktisches Tundrenklima. Kontinentales Tieflandklima mit grofser Jahresschwankung: Temperaturunterschied der extremen Monate über 20° C (bis 60° C.). Winter kalt und relativ trocken, beides jedoch weniger als im ostsibirischen Anteil von D 2. Sommer kurz, jedoch ziemlich beständig, mit reichem Tierleben, besonders von Zugvögeln. Moos- und Flechtentundren, mit Oasen von Blütenpflanzen.

E 2. Pinguinklima oder antarktisches Klima: Ozeanisches Tiefland- bez. Inselklima mit geringer Jahresschwankung: der betreffende Temperaturunterschied ist kleiner als 20° C. (meist 4° bis 15°). Regen-, Hagel- und Schneeböen in allen Jahreszeiten häufig.

Typische Vertreter dieses Klimas sind Kerguelen, Südgeorgien und die Campbell-Insel, die Bäreninsel im Norden bildet den Übergang zu E 1, Island und die Falklands- und Aucklands-Inseln den zu D 2 bezw. D 3.

E 3. Yakklima oder Pamirklima[2]): Kontinentales Plateauklima

1) „Bis Port Famine sah ich mehr grofse Bäume, als sonst irgendwo. . . . Mehrere Buchen hatten beinahe 13 Fufs Umfang", sagt Darwin (Reise, Kap. 11).

2) Die Ausdrücke „Pamir" und „Alpe" werden in ihrer Heimat bekanntlich als Gattungsnamen gebraucht.

mit grofser Jahresschwankung (Diff. über 20° C.). Extreme Strahlungsstärke. Niederschläge spärlich, nur in den Randgebirgen reichlich.

E 4. Gemsenklima oder hochalpines Klima (Alpenrosenklima). Limitiertes Hochgebirgsklima mit geringer, aufwärts noch abnehmender Jahresschwankung der Temperatur (Diff. unter 20° C.) und reichlichen Niederschlägen.

F. Reich des ewigen Frostes ohne Lebewesen: Mitteltemperatur auch des wärmsten Monats unter 0° C. Die berechnete Seehöhe der Null-Isotherme ist nach Hann im Juli in m:

Anden v. Quito . .	5100	Pic du Midi . . .	3940
NW-Himalaja . . .	5700	Ostalpen	3200
Ätna	4100	Ben Nevis	2000;
Pikes Peak . . .	4970		

auf der nördlichen Halbkugel erreicht dieses Reich wohl nirgends den Meeresspiegel, auf der südlichen dagegen schon auf etwa 65° südl. Breite.

Die Verdeckung des Bodens durch Schnee oder Eis auch während des Sommers, also die Grenze des ewigen Schnees und des Gletschereises, ist zwar auch eine Funktion klimatischer Ursachen, aber keine so direkte, dafs sie als Klimagrenze Verwendung finden könnte; beim Gletschereise ist sie zum Teil eine Wirkung benachbarter Klimate in höheren Niveaus.

In der Karte 6 ist die Verbreitung dieser 24 Klimate über die Erdoberfläche dargestellt, so genau, als es der kleine Mafsstab und die vorliegenden Nachrichten gestatten. Als Hauptquellen dienten für die Temperatur Hann's Klimatologie und sein Atlas, für die Regenmenge Supan's kürzlich erschienene Abhandlung (Peterm. Ergänz.-Heft No. 124). Die Seehöhe wurde berücksichtigt, indem auf jeden Grad Celsius 180 m oder auf 100 m 0,56° C. gerechnet wurden.

Die gezähnte rote Linie, die sich auf den trockensten Monat bezieht, ist auf den Ozeanen, wie in meinen früheren Veröffentlichungen, nach der Regenwahrscheinlichkeit (= 0,20 oder 6 Regentagen), auf den Festländern aber diesmal nach der Regenmenge (= 30 mm) gezogen. Beide Definitionen fallen in niedrigen Breiten, etwa bis 45° Br., ungefähr zusammen. In höheren, wo wegen der schwachen Niederschläge des Winters dieses nicht der Fall ist, habe ich die gezähnte Linie fortgelassen; ebenso in Gebirgen, wenn sie drohte, die Karte zu überladen.

Der schwächste Punkt der Karte ist die Abgrenzung der Xerophyten-Gebiete, der Wüsten und Steppen. Die klimatologische Definition des Begriffes Dürre bedarf noch eingehenderer Bearbeitung, zu der gegenwärtig leider das Material selbst noch sehr mangelhaft vorhanden ist, da wir über Verdunstung und Grundwasser noch so wenig wissen.

Auch die rote Linie auf Karte 7, welche die Gebiete mit doppelter Regenzeit umschliefst, ist auf den Festländern nach den Regenmengen, auf dem Ozean nach den Regentagen entworfen.

Eine derart vereinfachte Darstellung des äufserst mannigfaltigen Bildes der Klimate der Erde, wie sie hier versucht worden ist, hat zur selbst-

verständlichen Voraussetzung, dafs man sich auf wenige, praktisch besonders wichtige Züge beschränkt, und zwar namentlich auf diejenigen, die sich in symmetrischer Weise bei den einzelnen Kontinenten wiederholen. Unter den vielen übrigen Zügen ist der Verlauf der Jahreszeiten, d. i. die Lage der warmen und kalten, nassen und trockenen Zeiten im Kalenderjahr, der praktisch bedeutsamste. In einem Punkte, in der Bildung des Klimatypus C II, hat dieser Zug schon im Schema Berücksichtigung gefunden, weil dieses Gebiet der Winterregen und heiteren Sommer sich auf allen Festländern symmetrisch wiederholt. In andern Punkten konnte dies nur unvollständig geschehen, weil, besonders am Ostrande der Festländer, deren verschiedene Gröfse und die Lagerung der Bergketten und Hochebenen die Symmetrie aufhebt. Das Wichtigste hiervon möge hier als wesentliche Ergänzung des Bildes nachgetragen werden.

In Bezug auf die jährliche Temperaturkurve unterscheiden sich deutlich fünf Haupttypen: der äquatoriale mit fast ganz gleichförmiger Temperatur während des ganzen Jahres; der den höheren Breiten gemeinsame normale oder europäische Typus, in dem die gröfste Wärme 1 bis 2 Monate nach der Sommersonnwende folgt; der indische, in welchem sie in das Frühjahr, und der Kapverdentypus, in welchem sie in den Herbst fällt; in allen diesen fällt die kälteste Zeit in den Winter der betreffenden Halbkugel, im sudanesischen Typus aber in denjenigen der andern Halbkugel, die wärmste Zeit, wie im indischen, auf das Frühjahr.

Wenden wir uns zunächst dem uns vertrauten, normalen oder europäischen Typus des jährlichen Temperaturganges zu, der nicht nur für den gröfsten Teil der aufserhalb der Wendekreise gelegenen Erdoberfläche kennzeichnend ist, sondern auch zwischen diesen auf beträchtlichen Strecken vertreten ist (s. die weifsen Flächen auf Karte 7). In ihm erreicht die Wärme im allgemeinen ihren Höhepunkt ca. 1 Monat nach der sommerlichen, ihren Tiefpunkt ca. 1 Monat nach der winterlichen Sonnwende der betr. Halbkugel — an den Küsten fallen beide Punkte oder einer von ihnen um einige Wochen später, als im Binnenlande.

Nach der Verteilung der Hydrometeore über das Jahr treten im Bereich dieses Wärmeganges die Jahreszeiten in dreierlei Weise auf:

1. Südeuropäischer Jahreslauf: Maximum nicht nur der Bewölkung, sondern auch der Zahl der Tage mit Niederschlag im Winter, der Regenmenge im Winter und Herbst, Sommer relativ heiter und trocken, z. T. völlig regenlos.

2. Ostasiatischer Jahreslauf: Maximum nicht nur der Regenmenge, sondern auch der Tage mit Niederschlag und der Bewölkung im Sommer, heiterer trockener Winter. Erstreckt sich über Teile der Klimareiche B bis E, und findet im Osten von Nordamerika keine Analogie, da dieser den Jahreslauf 3 zeigt; wohl aber, bis auf die viel limitierteren Temperaturverhältnisse, im Südosten der drei südhemisphärischen Festländer.

3. Neutraler oder nordeuropäisch-virginischer Jahreslauf, mit Regen zu allen Jahreszeiten: in Nordeuropa, dem östlichen Nordamerika u. s. w. Die Regenmenge hat zumeist in der wärmeren, die Bewölkung in der kälteren

Jahreshälfte ihr Maximum. Nach dem Gang der Regenwahrscheinlichkeit unterscheiden sich die Gegenden nördlich von etwa 53° N Br., deren trockenste Zeit in das Frühjahr (März bis Juni) fällt, von denen südlich hiervon, wo diese in den August bis Oktober fällt. Von Frankreich bis zum Altai, und von Idaho bis zum Atlantischen Ozean finden wir diesen trockenen, heiteren „Nachsommer“ ausgebildet. Seine Nordgrenze ist aus der gestrichelten violetten Linie auf Taf. 7 ersichtlich.

In niedrigen Breiten ändert sich die Sonnenhöhe und die Tageslänge im Laufe des Jahres nur wenig und ist die geringe jährliche Schwankung der Luftwärme teilweise durch andere Ursachen bedingt, nämlich durch die Verteilung der Regen- und Trockenzeiten und durch die vorherschende Windrichtung. Beide habe ich wiederholt kartographisch dargestellt, insbesondere die erstere in Hann's Atlas der Meteorologie (Taf. 12), in Debes' Handatlas, Bartolomew's meteorologischem Atlas und in den Atlanten der Seewarte. Ich will deshalb hier nicht darauf zurückkommen, sondern begnüge mich damit, auf Tafel 7 das Gebiet mit doppelter Regenzeit anzugeben, soweit es nicht in den Bereich der Regen zu allen Jahreszeiten fällt, d. h. soweit es mindestens eine wirkliche Trockenzeit (s. S. 599, 604 ff.) aufweist. Innerhalb der Wendekreise haben wir es dabei in der Regel mit einer grofsen Trockenzeit im Winter und Frühjahr der betr. Halbkugel und einer kleinen Trockenzeit im Hochsommer zu thun, deren letztere oft nur durch ein Schwächerwerden der Regen angedeutet ist: *Veranillo*-Typus, mit Regenmaxima im April, Mai oder Juni und September, Oktober, November auf der nördlichen, Oktober/Dezember und März/Mai auf der südlichen Halbkugel (x auf Karte 7). Eine ebensolche Verteilung der Regen über das Jahr mit gegabeltem Sommermaximum und grofser Trockenzeit im Winter und im frühen Frühling finden wir auch aufserhalb der Wendekreise, mit ganz anderen Temperaturen, wieder in einem Teile von Ostasien, in Colorado, im südöstlichen Argentinien und in Natal. Ähnliches wiederholt sich an den Grenzen der Winterregen-Gebiete, nur unter Vertauschung der beiden Trockenzeiten und Zusammenrücken der beiden Maxima nach der kälteren Seite hin: so in Spanien, dem algerischen Binnenlande, im südöstlichen Australien und an der Südküste des Kaplandes (y auf Karte 7).

Auf ganz andere Art kommt (z) eine doppelte Regenzeit an den Grenzen zwischen ausgesprochenen Sommer- und Winterregen zu stande durch Übergreifen beider in ein regenarmes Zwischengebiet. Dies finden wir an der Aufsengrenze des Passats im Nordatlantischen und Nordpacifischen Ozean, sowie im Innern von Asien (Pandjab), Amerika (Utah) und Australien (am Murrumbidgee und westwärts über die Seen hinaus); in allen Fällen mit Regenarmut verbunden.

Der jährliche Gang der Temperatur hat noch keine übersichtliche kartographische Bearbeitung gefunden. Deshalb habe ich die Haupttypen desselben auf Tafel 7 kenntlich gemacht. Neben dem schon besprochenen europäischen Wärmegang, dessen Gebiet auf der Tafel weifs gelassen ist, sind es die folgenden vier Haupttypen, von denen der indische der ausgeprägteste ist, weil er fast überall mit ungefähr derselben jahreszeitlichen

Verteilung der Regen verknüpft ist, während die übrigen drei sich in ziemlich mannigfaltiger Weise mit den verschiedenen Typen der Regenzeiten kombinieren. Diese vier Typen der Temperaturkurve sind:

1. Der indische mit Maximum der Wärme vor der Sommersonnwende der betr. Halbkugel, d. h. im April, Mai oder Juni auf der nördlichen, Oktober, November oder Dezember auf der südlichen Halbkugel, und Minimum bei oder bald nach der Wintersonnwende. Im normalen indischen Typus zerfällt das Jahr in drei Jahreszeiten: die kalte, die heifse und die Regenzeit. Dieselbe Einteilung des Jahres findet sich in Kordofan (Hann: Klimatologie II, S. 145) und anderwärts. Dafs indessen das frühe Ende der heifsen Zeit beim Ausbruch des Monsuns weniger durch die direkte Wirkung des Regens, als durch die kühlere Luftströmung vom südlichen indischen Ozean bedingt wird, zeigt sich in Süd-Dekan und Ceylon, wo der Wärmegang auch an den Orten diesem Typus folgt, an denen im Juli die Regen schwächer sind als im Mai oder wo sie überhaupt erst im Herbst einsetzen.

2. Der sudanesische Typus, der nur in der alten Welt nördlich von der Linie vertreten ist und sich hier an den indischen anschliefst, unterscheidet sich von diesem dadurch, dafs die kühlste Zeit nicht auf das Winter-, sondern auf das Sommersolstitium der nördlichen Halbkugel folgt und in den Juli und August fällt, sei es dafs sie dabei in die Mitte der hochsommerlichen Regenzeit, wie in Abessinien, trifft, oder in die kleine Trockenzeit, wie in Togo. Auch in Indien ist dieser Typus auf kleinem Gebiete, im südlichen Teile der Malabarküste (Cochin) und der West-Ghats vertreten.

3. Der ozeanische oder Kapverden-Typus zeigt, im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden, Verspätung des Wärmemaximums bis in den Herbst, — in den September oder selbst Oktober auf der nördlichen, März oder April auf der südlichen Halbkugel. Das Minimum zeigt stellenweise — wie aut den Kapverden und Ascension — ebensoviel Verspätung, in der Regel jedoch weniger. Die Regenverhältnisse, mit denen sich dieser jährliche Wärmegang kombiniert, sind ziemlich verschiedenartig; doch ist er für die regenarmen Gegenden über kalten Meeresströmen an den Wendekreisen besonders charakteristisch, also auch für das Garúaklima und die angrenzenden Küstenstriche. Gerade an der Westküste von Südamerika ist aber, seltsamer Weise, die Verspätung nur gering. Für die Küste erklärt sich dieses wohl dadurch, dafs die kräftige Ansaugung kühler ozeanischer Luft nach dem erhitzten Innern, die in San Francisco, am Senegal etc. die Sommerwärme niederhält, hier durch das hohe Gebirge verhindert ist.

In Kalifornien tritt dieser Typus auf kleinem Raume, in höherer Breite als sonst, bei San Francisco auf.

4. Der äquatoriale Typus zeichnet sich durch gleichförmige Wärme während des ganzen Jahres aus: der Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat beträgt weniger als 3^0 C. Welcher Kalendermonat der heifseste oder der feuchteste ist, hat unter diesen Umständen praktisch wenig zu bedeuten und scheint in der That auf die Pflanzenwelt keinen Einflufs zu haben; nur die Dauer der feuchten Zeit und das Mafs der Feuchtigkeit ist für diese entscheidend.

Auf zwei anschaulichen Kärtchen in Berghaus' Physikalischem Atlas hat Herr Prof. Drude den jahreszeitlichen Wechsel in der Pflanzendecke der Erde dargestellt.

Im Januar ist die Vegetation auf der nördlichen Halbkugel bis in die Nähe des Äquators mehr oder weniger im Stillstand, nördlich von etwa 25^0 bis 30^0 N. in „Kälteruhe", südlich davon, soweit sie auf atmosphärisches Wasser angewiesen ist, in „Trockenruhe", da wir im nordhemisphärischen Anteil des Baobabklimas und der angrenzenden Klimate uns nun in der Mitte der grofsen Trockenzeit befinden. Nur im Lianenklima und dort, wo den herrschenden Nordostwinden Gebirgshänge, besonders gebirgige Küsten in den Weg sich stellen, sind die Niederschläge nun reichlich und ist die Vegetation in vollem Gange. In höheren Breiten ist der Boden mit Schnee bedeckt und zwar etwa bis zur Januarisotherme von $+ 2^0$, — also bis zur Nordgrenze der Klimagruppen C 1, B II und C 4 — nur zeitweise, weiterhin aber, in den Klimaten D und E, andauernd. Auf der südlichen Halbkugel befinden sich im Januar das Baobab- und das Camellienklima in der Mitte ihrer Regenzeit, doch ist die Hauptblüte dann vorbei; im Erikenklima ist nun die Vegetation in der hochsommerlichen Trockenruhe, während sie im Fuchsienklima nun in voller Entwicklung steht.

Beim Fortschreiten des Jahres tritt sodann auf der nördlichen Halbkugel im Klima B 4 und dem nördlichen Teile von B 2 die Blütezeit ihrer spärlichen Vegetation in den Monaten Februar bis April ein, wonach diese Gebiete den Rest des Jahres in Trockenruhe verbleiben. Dafs Prof. Drude auf der genannten Karte das Gleiche auch vom Klima B 3 und dem südlichen Teile von B 2 angiebt, dürfte auf einem Versehen beruhen. Grisebach giebt in seiner Vegetation der Erde, Bd. 2, S. 279 ausdrücklich an, dafs die Entwickelung in B 3 erst viel später, wenn die Sommerregen eingetreten sind, stattfindet: „so stand die Hochebene zwischen El Paso und Chihuahua, als Wislizenus sie im August durchreiste, in voller Blütenpracht." Dasselbe gilt jedenfalls auch für das Klima C 7. In den Klimaten C II hat dagegen die Vegetation im März ihre rascheste Entwicklung und tritt schon im Juni Trockenruhe ein. In den Klimaten D 1 und B 7 fällt die Hauptblütezeit auf den Mai, in D 2 auf den Juni, während in E sich nur im Juli und August ein kurzer Flor entwickelt, der im September schon von neuer Schneedecke zugedeckt wird.

Im Juli haben wir das ungefähre Widerspiel dessen, was wir im Januar sahen, mit Vertauschung von Nord und Süd. Eine eingehendere Behandlung des Verlaufs der Jahreszeiten wäre sehr interessant; allein sie würde nicht nur den Rahmen dieses Aufsatzes weit überschreiten, sondern auch wegen der Zerstreutheit des Materials recht schwierig sein. Die Phänologie ist eben bis jetzt fast ausschliefslich vom europäischen Gesichtspunkt betrieben worden.

Die hier gegebenen Begriffsbestimmungen gestatten die vorhandenen Analogien in von einander entfernten Klimaten zu erkennen und die wichtigsten Züge eines Klimas mit wenigen Worten zu kennzeichnen. Wenn wir z. B. sagen, dass die mexicanische Hochebene nördlich von der Stadt

Mexico Hochsavannenklima (meist von der Agavenstufe) mit normalem indischem Typus der Jahreszeiten habe, südlich davon in Seehöhen von 800 bis 1200 m Camellienklima mit indischem Wärmegang, aber Veranillo-Typus der Regenzeiten, und in den höheren Lagen Fuchsienklima, so ist damit in wenigen Worten eine Menge von Thatsachen ausgesprochen, ähnlich wie wenn uns angegeben wird, dafs ein uns bis dahin unbekannter Vogel zur Ordnung der Gallinae und zur Familie der Phasianidae gehört, was uns der Beschreibung einer Menge von Kennzeichen überhebt, die dieser Ordnung und Familie gemeinsam sind. Natürlich wird auch an dem „System der Klimate“ so lange gefeilt werden müssen wie an jenem der Pflanzen und Tiere, es ist aber zu hoffen, dafs die Klimatologen mit der Zeit zu einem ebenso befriedigenden Einverständnis in der Hauptsache kommen, wie die Zoologen und Botaniker. Nur wird man gut thun, um schneller zu einer Verständigung zu gelangen, mindestens fürs erste weniger die wissenschaftlichen Gesichtspunkte des inneren Zusammenhanges, als die praktischen der Anwendung auf die organische Welt und das Menschenleben in den Vordergrund zu stellen.

Zur Abrundung des Bildes vergegenwärtigen wir uns noch die Ausbreitung einiger der bekanntesten Baumtypen: der Palmen, der Nadelhölzer und der Eichen. Für die Klimate A und B 2 sind Palmen charakteristisch, B 5 dagegen meiden sie, ebenso wie B 6 und B 7; in den Klimaten B 3 und 4, sowie C 1, 4 und 5 finden sie ihre Grenze, indem nur einzelne härtere Arten an günstigen Standorten bis in deren kühlere Teile vordringen wie *Chamaerops humilis* am Mittelmeer, *Chamaerops excelsa* in Japan, *Sabal Palmetto* in Carolina; in den wärmeren Teilen von Klima C 1, wie am Fufs des Himalaya, an der Südküste von China und in Südbrasilien, sind sie reicher entwickelt, und auf der südlichen Halbkugel, sowie auch auf Gebirgen in der Tropenzone dringen sie aus diesem auch in das Fuchsienklima ein. In dem Oliven-, dem Eriken- und dem Camellien-Klima treten aber neben diese fremden Gäste Nadelhölzer und immergrüne Eichen in reicher Entwickelung: von ersteren zunächst mannigfaltige Cupressineen und Taxaceen, aber auch schon einzelne Abietineen: auf der Südhalbkugel Araucarien, auf der nördlichen aber nächste Verwandte unserer Kiefern, Tannen und Fichten; man denke nur an die italienische Pinie. In niedrige Breiten aber dringen sie sowohl als die Eichen, doch hauptsächlich in den höheren Niveaus der Gebirge, als Begleiter des Eichen- und des Fuchsien-Klimas ein, in welchem sich beide im westlichen Nordamerika zu gröfstem Formenreichtum und Riesenwuchs entwickeln. Doch auch das Hickory- und das Eichen-Klima im östlichen Nordamerika stehen darin nicht viel nach; viel ärmer ist darin, seit der Eiszeit, Europa. Die ausgedehnten einförmigen Wälder endlich, die sich im Birkenklima durch beide nordischen Kontinente ziehen, bestehen aus wenigen Arten von Kiefern, Fichten, Lärchen, die abwechselnd bis zur Baumgrenze gehen, während die Tannen etwas hinter ihnen zurückbleiben.

Im ganzen Verlauf der vorliegenden Arbeit haben wir die Pflanzengeographie als Hilfe für die Klimatologie herangezogen; naturgemäfs ist es dabei nicht sowohl die auf die Erforschung des Vorkommens bestimmter

Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen ausgehende Richtung dieser Wissenschaft, sondern vor allem die auf die Beziehungen der Pflanzenwelt zu den äufseren Lebensbedingungen gerichtete, die für uns in Betracht kommt; also, nach Drude's Ausdruck, nicht die Untersuchung der Flora, sondern die der Vegetation[1]). Den Unterschied beider kann man wohl am kürzesten durch den Satz erläutern: Vegetationsgrenzen entstehen durch Unterschiede in den jetzigen äufseren Bedingungen, namentlich im Klima, — Florengrenzen durch Verhinderung des Austausches; letztere sind um so tiefer gehend, je länger diese Verhinderung gedauert hat und je vollständiger sie gewesen ist. Beiderlei Grenzen können zusammenfallen, sei es zufällig, sei es dadurch, dafs die Verschiedenheit der äufseren Bedingungen selbst die Mischung hindert. Letzteres gilt aber im allgemeinen nur für neuere, minder tiefgehende Florengrenzen; für die Hauptabschnitte ist die Zeit genügend gewesen, die Besiedelung der abweichenden Nachbargebiete aus dem Material der betreffenden Flora zu gestatten, durch Ausbildung der erforderlichen biologischen Gruppen. Wenn also z. B. eine Wüste nachweislich nur von einer Seite besiedelt ist, so ist der Grund voraussichtlich der, dafs der Einwanderung von der andern Seite Barrièren entgegenstanden, nicht aber der, dafs es in diesem zweiten Gebiet keine Xerophilen gab. Festzustellen, wie und wann diese Besiedelung erfolgte, und welchen Wandlungen dabei die Lebewelt unterlag, ist Sache der Paläontologie oder der historischen Richtung in der Geographie der Organismen. In dieser Richtung nun hat sich die Tiergeographie viel fruchtbarer erwiesen, als die Pflanzengeographie, weil die Urkunden in jener weit reichhaltiger sind. Den Tierfossilien verdanken wir zum Beispiel so grofse Thatsachenreihen wie die, dafs die Lebewelten Nord- und Südamerikas sich in der älteren Tertiärzeit getrennt entwickelten, im oberen Miocän sodann ein grofsartiger Austausch zwischen beiden stattfand, darauf eine neue Scheidung der Kontinente und Differenzierung ihrer Formen Platz griff, bis schliefslich die heutige schwache Landverbindung entstand.

Für den Klimatologen dagegen bietet die Tiergeographie bis jetzt nicht viel, da sie eben ganz vorwiegend vom systematischen und paläontologischen Gesichtspunkt behandelt worden ist, und nicht von dem uns hier näher liegenden biologischen. Es ist nicht blofs einem zufälligen Unterschied der Persönlichkeiten zuzuschreiben, dafs die botanische Abteilung von Berghaus' Physikalischem Atlas der Klimatologie so viel und die zoologische ihr fast gar keine Anhaltspunkte darbietet. Die Vorarbeiten lagen nicht vor, der Einflufs des Klimas ist auch auf die Tierwelt nicht entfernt ein so unmittelbarer wie auf die Pflanzenwelt, und während die Vegetation eines Landes, dessen Pflanzendecke, als der feste Rahmen, in dem sich Tier- und Menschenleben abspielen, sich jedem Reisenden aufdrängt, verlangt die biologische Betrachtung der Tierwelt, die sich in dieser Pflanzendecke verteilt und versteckt, lange eingehende Bekanntschaft mit derselben. Kartographische Darstellungen über die Verbreitung z. B. der Winterschlaf haltenden und der

1) Vergl. besonders das Vorwort zur Abteilung Pflanzengeographie von Berghaus' Physikalischem Atlas.

zum Winter sich weifs färbenden Tiere, der nackten und der Pelztiere, der bunten und der sandfarbigen Gefieder bei Vögeln, der Sommer- und Winterquartiere der Zugvögel würden höchst lehrreich sein. Die grofse Wechselwirkung, durch welche die schnellfüfsigen Huftiere mit wenigen Ausnahmen auf die für den Hochwald zu trockenen oder zu kalten Gebiete angewiesen werden, die Pflanzen dieser Gebiete aber mit Stacheln, Dornen, schlechtem Geschmack oder gar Gift gegen die Angriffe der weidenden Tiere sich verteidigen, ist durch die Darwin'sche Theorie in den Bereich des Begreiflichen gerückt, aber sie ist noch lange nicht tief genug für die Geographie herausgearbeitet. Wie merkwürdig ist doch der Umstand, dafs die Dornen (z. B. an den wilden Obstbäumen) sich nur bei den kleinen Exemplaren finden und verschwinden, wo das Laub dem Bereich der Weidetiere entrückt ist; oder der vereinzelt bleibende Versuch in der Giraffe, auch diese höheren Zweige der Savannenbäume durch ein Huftier abzuweiden! In vielen Fällen sind die biologischen Verschiedenheiten, welche die einen Tiere auf den Wald, die anderen auf die Steppe verweisen u. s. w., ganzen kleineren Verwandtschaftskreisen gemeinsam; dann sind aber die vorhandenen Karten der Verbreitung dieser Kreise oder auch einzelner Arten selten detailliert und genau genug, um ihre Zuordnung zu bestimmten Klimaten scharf erkennen zu lassen. Und für die Unabhängigkeit der biologischen Rolle von der systematischen Verwandtschaft bietet ja auch das Tierreich glänzende Beispiele. Das bekannteste liefert wohl die Tierwelt Australiens, die mit ihren fleischfressenden, insektenfressenden und grasfressenden Beuteltieren eine volle Analogie liefert zu den cactusähnlichen Euphorbien der alten und aloëähnlichen Agaven der neuen Welt.

Immerhin bietet auch ein blofser Vergleich der bekanntesten zoogeographischen Einteilungen der Erde mit unseren Klimaten manches Interessante.

In derjenigen von A. R. Wallace[1]) fällt zunächst in die Augen, dafs die an organischem Leben ärmeren Gebiete, die Tundren, Wüsten und Steppen, nicht als gesonderte Provinzen aufgefafst, sondern unter die benachbarten Provinzen aufgeteilt sind. So ist der Südteil der Sahara mit dem Sudan, der nördliche sowie Iran etc. mit dem Mittelmeergebiet, Innerasien mit Sibirien vereinigt und das Tundrengebiet zu den Waldgebieten von Europa, Nordasien und Nordamerika geschlagen, ebenso im Süden die trockenen Gebiete in Australien, Südafrika und Südamerika nicht von den südlich angrenzenden feuchteren Gebieten geschieden. Denselben Standpunkt vertritt Drude in der Pflanzengeographie dort, wo er von „Floren" und Florenreichen im Gegensatz zur „Vegetation" und zu Vegetationszonen spricht. Unter dem ersteren Gesichtspunkt ist für die Selbständigkeit eines Gebiets die Zahl der ihm besonders und vor anderen eigentümlichen Arten, Gattungen u. s. w. (der „Endemismen") entscheidend, unter dem letzteren der eigenartige biologische Charakter der betreffenden Pflanzendecke und Tierwelt. Da nun in der Wirklichkeit beiderlei Unterschiede vereinigt auftreten, so ist in deren Auffassung ein ziemlicher Spielraum offen. Bezeichnend dafür ist es, dafs an der einzigen Stelle, wo Wallace vom eben erwähnten System abweicht,

1) Die geogr. Verbreitung der Tiere, deutsch von A. B. Meyer; 2 Bde. Dresden 1876.

in Nordamerika, wo er die Steppen und Wüsten des Inneren als eigene Provinz von dem Westen und Osten trennt, bei Drude ein einziges Florenreich alle drei umfafst, während letzterer in Zentralasien genügend endemische Pflanzen erkennt, um es als eigenes Florenreich von den peripherischen Teilen Eurasiens zu trennen. Wiederum in Sclater's Einteilung (Distribution of Mammals, Geographical Journal Vol. 3—10), die mit jener von Wallace in den Hauptlinien zusammenfällt, ist Kalifornien mit der dürren Kontinentalregion dahinter verschmolzen, aber der Osten der Union von dieser sowohl als von der nordischen „canadischen Subregion" geschieden, mit der er bei Grisebach zusammengezogen ist; die Waldgebirge hat Sclater in Nordamerika vom Tiefland getrennt und zur nordischen Region geschlagen — ein Eingehen auf die topographischen Verhältnisse, das er in den übrigen Festländern nirgends befolgt.

Durch alle diese Schwankungen leuchten also gewisse übereinstimmende Grundzüge unverkennbar hindurch, die nur einer konsequenten Durchbildung bedürfen. Diese habe ich versucht nach einer Richtung, der klimatologischen, hier zu liefern, anknüpfend an die von Grisebach einseitig nach dieser Richtung entwickelte Pflanzengeographie. Will man dagegen die aus der Entwickelungsgeschichte stammenden Züge im Bilde rein erfassen, so wird man sich vorwiegend auf die Tiergeographie stützen. Beide Wissenschaften können reichen Gewinn aus dem Austausch ihrer Methoden und Resultate und dem vielseitigeren Ausbau ihres Feldes ziehen. Das natürliche Ergebnis wird dann die Aufstellung und allseitige Charakterisierung natürlicher Lebensgebiete der Erde, Biochoren, sein, an Stelle der jetzigen gesonderten phyto- und zoo-geographischen Provinzen. Pflanzen- und Tiergeographie als getrennte Wissenschaften haben weniger innere Berechtigung, als etwa eine Geographie der Eichen und eine der Landschnecken; denn bei diesen haben wir es mit einheitlichen Wanderungsbedingungen zu thun, die bei jenen fehlen. Pflanzengeographie und Tiergeographie sind die einerseits von Botanikern, andrerseits von Zoologen behandelten Stücke der einen Geographie der Organismen. Ihre Trennung ist ebenso nur durch äufsere Umstände bedingt, wie umgekehrt die Verknüpfung des Erdmagnetismus mit der Meteorologie. Die Berechtigung der Rücksicht auf diese äufseren Umstände will ich natürlich durchaus nicht bestreiten; nur ist es gut, sie nicht mit inneren zu verwechseln. Haben wir erst die Wohnräume der Erde sowie die Natur und Geschichte ihrer Bevölkerungen hinreichend kennen gelernt, so wird die einheitliche Biochorenkarte der Erde nicht ausbleiben, als Endresultat neben zahllosen Verbreitungskarten einzelner Organismengruppen. Die Erreichung dieses Zieles vorzubereiten, soll auch der vorliegende Versuch dienen. Die Klimate der Erde sind der feste Rahmen des Webstuhles, in welchem die Pflanzenformationen die Kette und die Tierwelt den Einschlag des Gewebes bilden.

Die obige Arbeit war schon abgeschlossen, als ich die folgenden drei Werke kennen lernte, die beiden ersten durch die Güte des Herrn Prof. Dr. Zacharias, Direktors des hiesigen botanischen Gartens:

J. Wiesner: Biologie der Pflanzen. Wien 1889.

A. F. W. Schimper: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.

Th. H. Engelbrecht: Die Landbauzonen der aufsertropischen Länder. Berlin 1899.

Ich freue mich, in diesen neueren ausgezeichneten Werken in allem Wesentlichen keine Widersprüche mit dem oben Dargelegten, wohl aber ein reiches Material zur Ausfüllung des nur kurz skizzierten Bildes zu finden. Einige wenige Bemerkungen mögen indessen gestattet sein.

1. Herr Wiesner vertritt (S. 84) die Ansicht, durch die reichliche Ausscheidung ätherischer Öle würden die betreffenden Wüstenpflanzen von einer Dunsthülle umgeben, die als Schirm die starke Sonnenstrahlung, und dadurch auch die Verdunstung, vermindert. Diese Erklärung ist, wenn überhaupt, wohl nur bei Windstille physikalisch zulässig; nun weht aber in Wüsten und Steppen um die Mittagszeit bei starker Sonnenstrahlung fast immer starker Wind; nur in der Nacht und in der kalten Jahreszeit sind Windstillen dort häufig. Die Dunsthülle könnte also höchstens gegen Ausstrahlung, nicht gegen Sonnenstrahlung wirksam sein. Es ist deshalb wahrscheinlich, dafs ihr Nutzen für die Pflanze nur in der Abwehr von Tieren, in „Verekelung“ besteht, eine Wirkung, die auch Wiesner auf S. 102 und 103 anerkennt.

2. Schimper's Pflanzengeographie bringt, neben reichem Belegmaterial eine Reihe präziserer Formulierungen für die Beziehungen zwischen Pflanze und Wasser, von denen hier wenigstens die wichtigsten angedeutet werden mögen. S. 4: „Es mufs zwischen physikalischer und physiologischer Trockenheit unterschieden werden“; auch ein sehr nasses Substrat ist für die Pflanze trocken, wenn sie ihm kein Wasser zu entnehmen vermag. Xerophyten entsprechen physiologischer Trockenheit, Hygrophyten physiologischer Feuchtigkeit. Eine dritte Klasse sind (S. 5) die auf den Wechsel eingerichteten Tropophyten, zu denen die meisten Pflanzen unserer Flora gehören: „die Struktur der perennierenden Teile ist bei ihnen xerophil; die der nur während der (physiolog.) nassen Jahreszeiten vorhandenen hygrophil.“ „Physiologische Trockenheit“ und xerophile Struktur werden bedingt durch (S. 6): A) die Wasseraufnahme herabsetzende Faktoren: geringer Gehalt des Bodens an Wasser, oder Reichtum des Bodens an gelösten Salzen, oder an Humussäuren, oder niedere Temperatur des Bodens; B) die Transpiration beschleunigende Faktoren: Trockenheit der Luft, oder hohe Lufttemperatur, oder Verdünnung der Luft, oder Licht.

Eingehend und an mehreren Stellen seines Buches behandelt ferner Herr Schimper die Einwirkung des Klimas auf die Bildung der Formationen des Gehölzes, der Grasflur und der Wüste. In der klimatischen Abgrenzung der tropischen immergrünen Regenwälder von den laubabwerfenden Gehölzen und Savannen stimmt er auf S. 306 vollständig mit meiner obigen Darstellung überein, indem er sie mit der Grenze der Trockenzeiten auf meiner Karte in Hann's Atlas zusammenfallend findet bis auf einige Gebirgsküsten, die trotz Trockenzeit solchen Wald tragen; den Grund glaube ich oben richtig angegeben zu haben. In den periodisch trockenen Tropengebieten

unterscheidet Schimper Monsunwälder — reich an Lianen —, Savannenwälder — arm an Lianen und an Unterholz — und Dornwälder — reich an Unterholz. Hochwald (Regenwälder und hohe Monsunwälder) verlangt eine jährliche Regenmenge über 1800 mm oder Grundwasser.

Im trockneren Gebiet kämpfen xerophiles Gehölz und Grasflur um den Boden. Die Entscheidung wird in sehr vielen Fällen durch den Boden oder die Eingriffe des Menschen gegeben; Schimper versucht aber, auch aus dem Klima das Übergewicht des einen oder der anderen zu erklären. Nicht aus der Regenmenge selbst, da in vielen Fällen Gehölze noch geringere Ansprüche an diese machen, als die Grasflur, und direkt in die Wüste übergehen, sondern aus der besonderen Art ihrer Verteilung, aus der Windstärke, aus der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Aus dem unzweifelhaften Umstande, dafs für den Baumwuchs die Feuchtigkeit des Untergrundes, für die Grasflur die der obersten Bodenschicht entscheidend ist, schliefst Schimper (S. 180—189), dafs ein gutes Grasflurklima häufige, wenn auch nur schwache, Niederschläge während der Vegetationszeit verlange, während für das Gehölz es „irrelevant ist, ob die Niederschläge häufig oder selten sind, ob sie während der aktiven Periode oder der Ruheperiode fallen". Umgekehrt vertrage die Grasflur grofse Trockenheit der Luft und starke Winde, namentlich während der Ruhezeit, ohne Schaden, während beides auf Bäume besonders im Winter schädigend wirke.

Diese Grundsätze erscheinen sehr plausibel; insbesondere sind die von Schimper (S. 181) angezogenen Bemerkungen Woeikof's gewifs richtig; das von diesem über die Krim Gesagte kann ich nur bestätigen. Allein wenn Herr Schimper an verschiedenen Stellen seines Buches (S. 295—297, 489—491 u. a.) glaubt, aus den Klimatabellen direkt den Unterschied zwischen „Gehölzklima" und „Grasflurklima", bei gleicher Regenmenge, herauslesen zu können, so gelingt es mir nicht, ihm zu folgen. Vergleichbare Daten über Windstärke sind bis jetzt leider noch sehr wenig vorhanden, aus den in Frage kommenden Gebieten keine. Dafs „das Pampasklima, wie die Tabellen zeigen, ein vollkommenes Grasflurklima, mit seinen nicht übermäfsigen, aber reich verteilten Regen" sei, vermag ich nicht zu erkennen; denn die Pampas zeichnen sich, noch mehr als die Steppen Südrufslands, durch heftige, aber seltene, in unregelmäfsigen Zwischenräumen vorkommende Regengüsse aus. Dafs diese Regengüsse hier in allen Monaten vorkommen, soll ja gerade für die Grasflur unwesentlich sein. Ein völliges Versehen ist (S. 481) die Behandlung des Klimas der Falkland-Inseln als „warmtemperiertes Grasflurklima" und die dieser Inseln als „immerfeuchtes Gebiet mit unzureichendem Regen für Waldwuchs". Viel richtiger ist Wiesner's Vergleich (l. c. S. 208) derselben mit Nowaja Semlja. Denn die Mitteltemperatur des wärmsten Monats hat sich sowohl in Port Stanley, als auf Kap Pembroke unter 10^0 C_f erwiesen, und der Gegensatz zwischen der Baumlosigkeit dieser Inseln und den Wäldern Feuerlands, der Darwin in Erstaunen setzte, entspricht also dem Umstande, dafs die 10^0 Isotherme dieses Monats zwischen ihnen hindurchgeht und auch hier, wie im hohen Norden, die Grenze des Baumwuchses bildet. Die Regenmenge auf den Falklands-Inseln ist gröfser

als im russischen Waldgebiet, und das Tussock-Gras, das ihre Grasfluren bildet, ist dasselbe wie im unwirtlichen Südgeorgien. Die auffallende Präzision, mit der jene 10^0 Isotherme mit der polaren Baumgrenze zusammenfällt, kann doch wohl nicht ganz auf Zufall beruhen.

Im Gegensatz zu dieser einfachen Begrenzung der baumlosen Polargebiete oder der tropischen Regenwälder scheint mir ein bestimmter klimatologischer Ausdruck für den Unterschied zwischen Grassteppen und Dorngehölzen noch nicht gefunden zu sein. Sollte man einen solchen finden, so wird natürlich der Ausdruck „Espinalklima“ nur auf eine Unterabteilung des Klimas B 3 anwendbar sein. Vorläufig mag er, in Ermangelung eines besseren, im weiten Sinne stehen bleiben.

3. Auch das Werk des Herrn Engelbrecht zeigt viele Berührungspunkte mit der vorliegenden Arbeit. In der Diskussion der statistischen Daten, die den Schwerpunkt des dreibändigen Werkes bilden, geht der Verfasser beständig auf die klimatischen Einflüsse ein. Vergleicht man seine Karte der Landbauzonen der Erde mit Tafel 6, so ergiebt sich im Wesentlichen folgende Parallele.

<table>
<tr><th>Nördliche Halbkugel</th><th>Landbauzonen nach Engelbrecht</th><th>Südliche Halbkugel</th></tr>
<tr><td>Reich der Hekistothermen</td><td>Arktische Gebiete ohne Getreidebau</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Birkenklima</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Arkt. (antarkt.) Gerstenzone</td><td>Antarkt. Buchenklima</td></tr>
<tr><td>Eichenklima</td><td>Haferzone</td><td>Fuchsienklima u. Patag. (?)</td></tr>
<tr><td>Maisklima, Hickoryklima</td><td>Maiszone</td><td>Espinalklima z. T., Quinoastufe v. C. 7.</td></tr>
<tr><td>B III und E 3, z. T.[1])</td><td rowspan="3">Steppen Innerasiens und Südrufslands</td><td>Camellienklima, südl. T.</td></tr>
<tr><td>Oliven- und Erikenklima</td><td>Erikenklima, B I und B II</td></tr>
<tr><td>B II.</td><td></td></tr>
<tr><td>Agavenstufe von C 7</td><td rowspan="2">Subtrop. Zone d. Baumwolle</td><td></td></tr>
<tr><td>Camellienklima</td><td>Camellienklima, nördl. T.</td></tr>
<tr><td>Reich der Megathermen</td><td>Tropische Zone</td><td>Reich der Megathermen</td></tr>
</table>

Weizen ist zwar in der Maiszone und in den angrenzenden Teilen der Haferzone einerseits, der subtropischen Gerstenzone andererseits die Hauptfrucht, aber eben wegen dieser weiten Verbreitung weniger charakteristisch. In Indien wird er sogar in der Zuckerrohrzone im Grofsen angebaut, so weit das Klima relativ trocken ist.

1) Die Steppen Nord- und Südamerikas werden von Herrn Engelbrecht westlich von den Rocky-Mts und Anden zur subtrop. Gerstenzone, östlich von diesen Gebirgen theils zur Mais-, theils zur Haferzone gerechnet, wegen ihrer reichlicheren Sommerregen.

Die Haferzone liegt zwischen den Grenzen, jenseits deren in höheren Breiten mehr Gerste, in niedrigeren mehr Mais gebaut wird, als Hafer.

Durch die Güte des Herrn Prof. Hettner habe ich schliefslich auch seine, vor fünf Jahren in Spamer's Hand-Atlas erschienene Erdkarte der Pflanzendecke und der Meeresströmungen kennen gelernt. Trotz der Verschiedenheit der Ausgangspunkte und Definitionen — dort pflanzengeographische, bei mir klimatologische, — ist die Übereinstimmung in den meisten Punkten eine vortreffliche. Dies läfst hoffen, dafs man bald zu einer ziemlich einheitlichen natürlichen Einteilung der Erdoberfläche nach klar definierten Grundsätzen kommen wird.

Im einzelnen sind folgende Bemerkungen zu machen.

Das Reich der Xerophyten ist von Hettner nicht in zwei Stufen — Wüsten und Steppen —, wie von mir geschehen, sondern in drei — Wüsten, Steppen und „Grasfluren der gemäfsigten Zonen“ — gegliedert. Oben, S. 659 und 661 habe ich die Natürlichkeit einer solchen Spaltung meines „Prärienklimas“ und „Espinalklimas“ in zwei Stufen der Trockenheit anerkannt. Es wird sich nur darum handeln, passende Definitionen nach klimatischen Werten für diese Spaltung zu finden.

Das Gebiet meines „Hickoryklimas“ ist von Hettner in Amerika mit dem des Eichenklimas vereinigt, in Ostasien zu den „Grasfluren“ geschlagen. Vom Camellienklima sind bei ihm nur die Gegenden mit beständigem Regenreichtum als besondere Vegetationsart („immergrüne Wälder der Subtropen“) kenntlich gemacht, die trockeneren Gebiete dagegen mit dem Baobabklima verbunden.

Im übrigen ist die Übereinstimmung der beiden Karten eine überraschend grofse, ein Beweis, dafs trotz der Verschiedenheiten der Ausgangspunkte das Urteil über den Wert der einzelnen Merkmale bei beiden Verfassern nahezu dasselbe war. Dafs beide in den Hauptpunkten auf Grisebach, Drude und Engler aufbauten, ist selbstverständlich.

Cypern von heute.

Von Dr. phil. **Otto Maas,** Privatdozent in München.

Als während des Berliner Kongresses Cypern in englische Hände gelangte, wurden von vielen Seiten die optimistischsten Hoffnungen für die Zukunft der Insel gehegt, und unter der geordneten Herrschaft der Engländer nach einer Periode türkischen Niedergangs geradezu eine neue Blütezeit erwartet, wie sie das Land im Altertum und Mittelalter gesehen hatte. Heute, nach über 20 Jahren mühevoller und gewissenhafter englischer Verwaltung, behaupten die überlauten Wortführer der dortigen griechischen Nationalpartei, dafs die Engländer härtere Herren seien als ihre Vorgänger, und dafs es dem Inselvolk schlechter gehe als unter den Türken.

Ein Unparteiischer, auch wenn er die Verhältnisse nicht aus eigener Anschauung kennt, wird sich von vornherein sagen, dafs die Wahrheit in der