

Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet.

Von Dr. W. KÖPPEN.

(Hierzu Tafel IV.)

In zwiefacher Abhängigkeit stehen der Mensch und die ganze organische Welt vom Klima. Einerseits wirken die Wärme und die Wasserzufuhr direkt bestimmend auf die Lebensprocesse ein, andererseits üben dieselben ihren Einfluss mittelbar aus durch Begünstigung oder Unterdrückung anderer Organismenarten. Bei Pflanzen und kaltblütigen Thieren ist die direkte Abhängigkeit vom Klima am meisten in die Augen springend, bei den warmblütigen Thieren, deren Körpertemperatur vermöge eines wunderbaren Mechanismus nahezu vollständige Unabhängigkeit von der Temperatur der Umgebung besitzt,¹⁾ ist die in-

¹⁾ Dass die Körperwärme bei tiefen Aussentemperaturen auf ihrer Höhe bleibt, weiss Jedermann aus eigener Erfahrung; weniger bekannt dürfte es sein, dass sie sich auch dann so erhält, wenn die Lufttemperatur die normale Blutwärme übersteigt. Dieser Umstand macht es dem Menschen möglich, auch solche gluthesse Gegenden zu durchreisen und zu bewohnen, wo, wie im Sommer in der Colorado-Wüste und in einem Theile der Wüsten der alten Welt, die Lufttemperatur jeden Mittag über 38° C. steigt, — ausreichende Wasseraufnahme vorausgesetzt.

direkte Wirkung des Klimas die wichtigere. Was für die Eiswüsten der Polarregionen die Besiedelung durch den Menschen einschränkt oder ganz ausschliesst, ist nicht so sehr die Ungunst der Witterung — ebenso hohe Kältegrade finden wir für einen Theil des Jahres in Gegenden mit vergleichsweise dichter Bevölkerung — sondern die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit der Beschaffung geeigneter organischer Nahrung, namentlich durch Ausschluss der Nährpflanzen. Ein Mittelglied zwischen diesen beiden Gruppen von Ursachen bilden die klimatischen Krankheiten, welche heute mehr und mehr auf die Wirkung kleinster Organismen zurückgeführt werden, während sie früher als direkte Wirkungen des Klimas resp. unorganischer Bedingungen angesehen wurden.

Auch die direkten Wirkungen der Temperatur, wie sie bei den höheren Gewächsen so auffällig uns entgegengetreten, sind verschiedener Art; namentlich ist die unmittelbar todbringende Wirkung gewisser Wärmegrade von dem Einfluss der innerhalb der zum Leben nöthigen Grenzen liegenden Temperaturen auf die Geschwindigkeit und Intensität der Lebensprocesse zu unterscheiden. Während für den einen Strauch das Hinderniss seiner Kultur bei uns darin besteht, dass er dem Erfrieren ausgesetzt ist, besteht es für den anderen darin, dass in dem kurzen resp. kühlen Sommer „das Holz nicht ausreift“, d. h. der nothwendige Jahres-Cyklus der Lebensvorgänge nicht durchlaufen wird; in vielen Fällen reicht auch die gebotene Wärme wohl zur individuellen Existenz, aber nicht zur Ausbildung reifer Samen aus, so dass die dauernde Existenz der Art im Lande ohne fortdauernde Kolonisation oder Beihülfe des Menschen nicht möglich ist. Auch hier findet sich mannigfaches Ineinandergreifen der Ursachen, indem z. B. das „nicht ausgereifte Holz“ leichter erfriert, andererseits die theilweise erfrorene Pflanze die gebotene warme Zeit weniger ausnutzen kann. Seit den Untersuchungen von Sachs weiss man, dass die Keimung und vermuthlich auch das übrige Wachstum der Pflanzen bei einer gewissen, von ihm als Optimum bezeichneten, Temperatur am raschesten vor sich geht, und um so langsamer, je weiter die Temperatur nach oben oder nach unten von dieser abweicht, bis es in einem gewissen Abstand von derselben Null wird und zunächst Scheintod, in noch grösserem Abstand vom Optimum aber immer schneller wirklicher Tod eintritt.

Alle höheren organischen Wesen können nur leben, wenn die Temperatur der Säfte ihres Körpers nicht über ein gewisses, höchstens zwischen 40° und 55° liegendes Maass nicht hinausgeht und nicht unter eine gewisse, je nach der Konzentration dieser Säfte etwas unter 0° C. liegende Grenze hinabsinkt; im ersteren Falle tritt Gerinnung der Eiweissstoffe, im letzteren Gefrieren ein, welcher letztere Zustand allerdings von vielen Pflanzen und ziemlich hoch organisirten Thieren das Leben nur zeitweise suspendirt und, wenn das Aufthauen hinreichend langsam erfolgt, von einem Wiedererwachen gefolgt ist.

Bekanntlich hat man oft versucht, den unverkennbaren Einfluss der Temperatur auf die Entwicklungs-Geschwindigkeit der Pflanzen durch Formeln quantitativ auszudrücken. Komplirtere Annahmen, wie z. B. jene, dass die Dauer einer Entwicklungsphase dem Quadrate (Quetelet) oder der Quadratwurzel (Babinet) der Höhe der Temperatur über dem Gefrierpunkt proportional sei, haben sich keines Anklangs zu erfreuen gehabt; die Erkenntniss, dass nur oberhalb gewisser, für alle Pflanzen und Lebensvorgänge verschiedener, Schwellenwerthe (Minima) die Länge der Zeit stellvertretend für die Höhe der Temperatur eintreten kann, hat von dem Ausgehen vom Gefrierpunkt ebenfalls

Abstand nehmen lassen; die Annahme, dass das Produkt aus der Zeit und der Höhe der Temperatur über einer solchen Schwelle ein richtiges Maass gebe für die Wirkung der Wärme auf die Pflanze findet hingegen auch heute noch eifrige Verfechter,¹⁾ obwohl nicht geläugnet werden kann, dass auch diese auf willkürlichen Voraussetzungen beruht. Dass es besonders dort, wo diese Schwelle nicht direkt bestimmt ist, durch Annahme verschiedener Werthe für dieselbe recht wohl gelingen kann, in der Mehrzahl der Fälle leidlich übereinstimmende „Wärmesummen“ für die verschiedenen Jahre zu erhalten, kann nicht in Erstaunen setzen, weil ja die frühere Entwicklung der Vegetation in warmen, als in kalten Jahren gewiss nicht zu läugnen ist, und nur Maass und Art dieses Einflusses fraglich sind, die in der freien Natur gegebenen Grenzen, innerhalb welcher der Vergleich angeführt wird, aber sehr enge sind.

Unter solchen Umständen erscheint es rathsamer, von allen vorgefassten Annahmen absiehend, nur die Dauer der Zeit in's Auge zu fassen, während welcher sich die Temperatur über resp. zwischen gewissen Grenzwerten hält. In dieser Weise hat Grisebach mit Erfolg manche wichtigen Vegetationsgrenzen durch die Dauer der Vegetationszeit der betr. Pflanzen dem Verständniss näher geführt, indem er zeigte, dass deren Verbreitung dort ihr Ende findet, wo die Zeit, während der die äusseren Bedingungen für die Vegetation der Pflanze günstig sind, unter ein gewisses Maass sinkt. Besonderes Interesse hat mir, bei Gelegenheit eigener eingehender Beschäftigung mit den Verbreitungsgrenzen der Holzgewächse in Russland, ein eigenthümlich gestalteter Gürtel eingeflossen, in welchen die Grenzen vieler der gewöhnlichsten mitteleuropäischen Bäume und Sträucher fallen, und der vom Finnischen Meerbusen ostwärts nach dem Ural, längs diesem südwärts und dann süd-westwärts nach dem Unterlaufe der Wolga und des Dons sich erstreckt. In diesem Gürtel von nur etwa 300 km Breite fallen die Grenzen der Eiche (*Quercus pedunculata*), Flatterulme (*Ulmus effusa*), des Spitzahorns (*Acer platanoides*), Weissdorns (*Crataegus Oxyacantha*), Haselnussstranches (*Corylus Avellana*), Pfaffenhütchens (*Evonymus verrucosus*) und des wilden Apfels (*Pyrus Malus*), welche zugleich die am weitesten nordostwärts vordringenden Repräsentanten ihrer Gattungen sind, während einige andere Holzarten, wie *Alnus glutinosa*, *Prunus spinosa* und *Rhamnus catharticus*, deren Grenzen ebenfalls in diesen Gürtel fallen, nächste Verwandte besitzen (*Alnus incana*, *Prunus Padus*, *Rhamnus Frangula*), welche weiter nach Norden gehen. Im westlichen Russland erreichen auch die Linde und die

¹⁾ Vgl. insbesondere A. v. Oettingen: Phänologie der Dorpater Lignosen (Dorpat, 1879). Der Verfasser bekämpft darin energisch die Auffassung, dass in der Anwendung der „Wärmesumme“ die Voraussetzung liege, dass das Wachstum eine lineare Funktion der Temperatur sei; sein Beweis bezieht sich indessen nur darauf, dass eine gleichzeitige Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von der Phase — also ein ungleichförmiges Wachstum bei gleichbleibender Temperatur — mit der Anwendung der „Wärmesummen“ verträglich sei (sofern die Schwelle dieselbe bleibt!), giebt aber auf S. 31 selbst zu, dass bei verschiedenen konstanten Temperaturen die Wachstumsgeschwindigkeit in gleicher Phase proportional der Temperatur (oder Temp.-Abstand von der Schwelle, $t-s$) sein müsse nach der Formel; dass sie dieses aber in Wirklichkeit sei, ist eben die willkürliche Annahme, welche die Pflanzen-Physiologen perhorresciren. Ich bedaure lebhaft, dass es mir so durchaus unmöglich ist, mich auf den Standpunkt zu stellen, den ein von mir so hochgeachteter Forscher vertritt; allein es ist mir trotz redlicher Bemühungen nicht gelungen, dessen Berechtigung zu begreifen. Es würde uns hier viel zu weit von unserer eigentlichen Aufgabe abbringen, wenn ich eine Entgegnung auf die umfangreichen Auseinandersetzungen Oettingens hier einschalten wollte.

Esche mit den oben genannten Bäumen zusammen ihre Grenze, im östlichen Bingegeben geht die Linde noch etwas weiter nach Norden als diese, auch wohl über den Ural hinaus, während die Esche südwestlich zurückbleibt, so dass sie nur in der Gegend etwas unterhalb Nishnij-Nowgorods den Wolga-Strom erreicht. Der nördliche Schenkel dieses Grenzgürtels liegt dort, wo die normale Dauer der Zeit mit Tagesmitteln von mehr als 10° C. unter 4 Monate herabsinkt, während der südöstliche durch die, allem Baumwuchs feindlichen, kontinentalen Steppen gesetzt wird, das heisst durch einen für die gesteigerte Verdunstung ungenügenden Regenfall. Dass in beiden Fällen auch historische (geologische) Bedingungen und solche der Konkurrenz mit anderen Organismen zur Bestimmung der speciellen Lage dieser Grenzen mitwirken, unterliegt keinem Zweifel, da dieselben Gewächse vom Menschen im Norden etwas und im Südosten weit über ihre natürliche Verbreitungsgrenze hinaus kultivirt werden können. Vereinzelt Stellen, wo dieselben jenseits dieser Grenze auch ohne Beihilfe des Menschen gedeihen könnten, werden gewiss sowohl in Nordrussland als besonders in Westasien in bedeutender Anzahl vorhanden sein, aber die grosse Entfernung derselben von einander und ihre geringe Ausdehnung, inmitten einer fremden, für diese Verhältnisse besser ausgerüsteten Vegetation, erschwert die Einwanderung und die Erhaltung der Species in diesen Gegenden allzusehr.

Eine noch wichtigere Grenzlinie ähnlicher Natur ist die Polargrenze des Baumwuchses, welche sehr nahe mit der 10° Isotherme des wärmsten Monats zusammenfällt; wo die normale Dauer des Zeitraums mit Tagesmitteln über 10° C. weniger als einen Monat beträgt, kommen Bäume selbst in verkümmertem Zustande nicht mehr vor und die letzten Waldinseln in der Tundra liegen überall nahe an dieser Grenzlinie; die Kälte des Winters hat dagegen keinen merkbaren Einfluss auf den Baumwuchs, und im ganzen gewaltigen Becken der Lena, sowie im grössten Theil von jenem des Jenissei, wachsen noch hochstämmige Wälder auf einem Boden, der nur in seinen obersten Schichten aufthaut. Die mittlere Temperatur des Jahres ist eben für die Vegetationsverhältnisse in keiner Weise maassgebend.

Wie mächtig die beiden eben besprochenen thermischen Grenzlinien — Dauer der Mitteltemperatur über 10° gleich einem und gleich vier Monaten — die Lebensverhältnisse des Menschen beeinflussen, wird klar, wenn wir erwähnen, dass mit der letzteren — der Eichengrenze — auch jene der Kultur des Weizens annähernd zusammenfällt, während jenseits der Waldgrenze nicht nur keinerlei Feldbau mehr möglich ist, sondern auch die jagdbaren Thiere fast ausschliesslich nur im Meere zu finden sind. Dass die Verkürzung der Vegetationszeit dort, wo noch Feldbau möglich ist, den Menschen in noch direkterer Weise beeinflusst, durch Zusammendrängung aller Feldarbeiten auf wenige Monate und Nöthigung zu anderweitigem Erwerb während des langen Winters, ist leicht ersichtlich, wie denn überhaupt der Gegensatz zwischen dem letzteren und dem traumhaft kurzen Sommer des Nordens auch auf das geistige Leben der Nordländer von Einfluss sein musste.

Von solchen Gesichtspunkten ausgehend, habe ich gesucht, auf der Karte (Tafel 4) die Wärmezonen der Erde vom Standpunkte der Andauer der Temperatur über oder zwischen gewissen Schwellenwerthen darzustellen, und zwar nach den wirklichen an der Erdoberfläche herrschenden Verhältnissen, ohne Reduktion auf ein ideales gleichmässiges Niveau. Die Zeichnung der Karte nach der auf den Meeresspiegel reducirten Temperaturvertheilung wäre ungleich

einfacher gewesen; ich hielt aber die Zugrundelegung der Temperaturverhältnisse der untersten Luftschicht in der Nähe des wirklichen Erdbodens für weit lehrreicher, besonders wegen der Anwendung der Karte auf Pflanzen-, Thier- und Kulturgeographie. Auf die dabei befolgte Methode werde ich weiter unten zurückkommen; hier sei nur noch bemerkt, dass ein Eingehen auf kleine Details absichtlich vermieden wurde, um die wesentlichen Züge nicht durch krause Darstellung zweifelhafter Einzelheiten zu verdecken. Bei Gebirgen habe ich also — wie es der kleine Maassstab auch kaum anders gestattete — nur die nach Ausdehnung vorwaltenden Regionen aufgeführt und die anderen übersprungen.

Als Schwellenwerthe der Temperatur habe ich 10° und 20° C. im Tagesmittel genommen und als charakterisirende Zeitabschnitte, den oben geschilderten Beziehungen der Baumgrenze und des „Eichenklimas“ folgend, 1 und 4 Monate gewählt. Die Berücksichtigung der täglichen Temperaturschwankungen würde zwar eine recht interessante Vervollständigung des Bildes herbeiführen, allein es ist in vielen Hinsichten zweckmässig, die Aufstellung der Grundzüge des Bildes nicht durch diese Rücksichtnahme zu compliciren. Auch andere Momente im Verhalten der Wärme müssen einen bedeutenden Einfluss auf die organische Welt ausüben, wie namentlich die Veränderlichkeit der Temperatur sowohl im Dove'schen Sinne wie in jenem von Hann. Denn das, was wir nach den vieljährigen Mittelwerthen als der Pflanze dargeboten ansehen, und in der Karte darstellen, ist es nicht im einzelnen Jahrgange; und dort, wo die Wärmeverhältnisse der letzteren grosse Verschiedenheiten zeigen, werden die gelegentlich (und zwar nicht selten gruppenweise) vorkommenden ungünstigen Jahrgänge die wirklichen Existenzverhältnisse schlechter gestalten, als sie nach den Normalwerthen zu sein schienen. Ein Beispiel einer solchen Wirkung dürfte in dem Fehlen der Eiche und der sie begleitenden Holzgewächse in Südwestsibirien gegeben sein, wo ihnen in einem, wenn auch nur schmalen Gürtel „Eichenklima“ den Normalwerthen nach geboten wird in einer Gegend, wo die Niederschläge noch durchaus genügend für üppigen Baumwuchs sind; aber die Eiche und ihre ganze oben erwähnte Genossenschaft überschreitet nicht den Ural, nur einige Repräsentanten (wie *Alnus glutinosa*) treten in den Vorbergen des Altai inselbändig wieder auf, in der Barabá hingegen ist Birke in üppigstem Wuchs fast allein herrschend.¹⁾ Da in Westsibirien die mittlere Veränderlichkeit im Sinne Dove's (mittlere Abweichung des einzelnen Jahrganges vom Normalwerth) grösser ist, als wohl irgendwo in der Welt, so brauchen wir für diese Ausschliessung der genannten Baumarten nicht nach anderen Gründen zu suchen; doch wird vielleicht die Wirkung dieses Elements noch unterstützt durch ein anderes, welches ebenfalls in Westsibirien ausserordentliche Grösse erreicht, nämlich die Veränderlichkeit in Hann's Sinne, oder die mittlere Grösse der Temperatur-Änderungen von Tag zu Tag.

Die Zahl der Kombinationen, in welchen die besagten Grenzen der Zeitdauer (1, 4 und 12 Monate) und der Temperatur (10° und 20° C.) zusammen treten können, ist zwar eine bedeutende; allein praktisch kommen nur gewisse davon in Betracht und sind deshalb in der beifolgenden Karte nur 7 verschiedene Gürtel unterschieden, von denen 6 sich auf der nördlichen und südlichen Halbkugel wiederholen und welche vielfach durch Gebirge oder durch den Gegensatz zwischen Festland und Meer in Stücke zertheilt sind.

¹⁾ Vgl. Middendorff, Mém. de l'Acad. de St. Ptersbg., VII, 14 No. 9.

1. Der tropische Gürtel umfasst nach unserer Definition die ineine der Erdoberfläche, an denen die normale Mitteltemperatur aller Monate über 20° liegt; da dieselbe ferner — mit wenigen Ausnahmen — nur in kontinentalen Gegenden am Nordrande des Gürtels im wärmsten Monat über 30° steigt, so ist gleichmässige hohe Wärme mit sehr geringer jährlicher Schwankung dessen Charakterzug und hängt die Theilung des Jahres nur von den Hydrometeorien ab. Der Gürtel reicht durchschnittlich von 20° N. bis 16° S., seine Breite unterliegt jedoch bedeutenden Schwankungen, indem er durch die kalten Strömungen an den Westküsten der Kontinente und zum Theil durch die Ausstrahlung im Inneren der Kontinente zur Zeit, wo die Sonne über der anderen Hemisphäre steht, noch mehr durch Erhebungen, eingeschränkt wird, während die warmen Strömungen an den Ostküsten und die gleichmässige Wärme der Oceane die Grenzen des Gürtels weiter polwärts verschieben. Durch meridionale Gebirgszüge wird die tropische Zone ausserdem in Ostafrika und Amerika zum grossen Theile quer durchschnitten. Inseln und vom Passat bestrichene Küsten nahe dem Aequator zeigen den Charakter dieser Zone am deutlichsten; folgende Beispiele mögen denselben vergegenwärtigen:

	Samoa	Cayenne	Para	Sansibar	Colombo	Batavia
Kältester Monat:	24.1	26.1	26.0	25.2	26.5	25.3
Wärmster Monat:	26.7	27.7	27.7	28.1	28.6	26.4

2. In den subtropischen Gürteln herrscht während mindestens eines und höchstens 8 Monaten gemässigte Temperatur, während in einer mindestens 4 Monate langen heissen Jahreszeit der hohe Stand der Sonne zur vollen Geltung kommt; ja sogar wegen grösserer Tageslänge und geringerer Bewölkung werden in diesem Gürtel höhere Hitzeextreme erreicht, als in der Nähe des Aequators. Auf der Karte findet man diesen Gürtel durch einen rothen und einen blauen Strich in vielen Gegenden in zwei oder drei Untergürtel getheilt; zunächst kann man nämlich einen fast tropischen Untergürtel, wo die gemässigte — also relativ kühle — Jahreszeit mit dem Tagesmittel unter 20° nur kurz ist und weniger als 4 Monate umfasst, von dem Rest des Gürtels abschneiden, in welchem die heisse Jahreszeit weniger als 8 Monate währt; dieser Rest des subtropischen Gürtels weist sodann zwar auf der südlichen Halbkugel und auf den Oceanen allgemäin (ausser auf schmalen Streifen an den Ostküsten der Kontinente) keine eigentlich kühlen Monate mit Mitteltemperaturen unter 10° C. auf; auf den Festländern der nördlichen Hemisphäre aber schliesst derselbe ausgedehnte Gebiete in sich, in welchen die Temperatur des kältesten Monats unter dieses Maass sinkt und also zuerst von einem eigentlichen Winter die Rede sein kann. Das eigentliche China und die Südstaaten der Nordamerikanischen Union gehören mit Ausnahme des südlichen Küstensaumes in diesen winterbegabten Theil der subtropischen Zone ebensogut, wie der südliche Abschnitt des aralo-kaspischen Beckens, die centralen Theile von Persien, Syrien und Arabien, sowie Theile von Griechenland und Süditalien.

Zur Durchführung der rothen Linie auf den Meeren und in den Gebirgen niederer Breiten fehlte es an Material und wäre dieselbe in diesen Fällen, wo die ganze jährliche Schwankung so gering ist, auch wertlos gewesen, da dort, wo die Temperatur aller Monate um höchstens 1°—2° von 20° sich entfernt, es ziemlich gleichgültig ist, ob dieses für weniger oder für mehr als 4 Monate stattfindet. Nur dort, wo, wie in der Sahara, die jährliche Temperaturschwankung gross ist, werden beide Untergürtel breit und ist ihre Unterscheidung wesentlich.

3. Die gemässigten Gürtel beider Hemisphären zerfallen in mehrere Abschnitte, welche das mit einander gemein haben, dass die gemässigten Temperaturen (10° – 20°) mindestens 4 und die heissen ($> 20^{\circ}$ C.) nicht mehr als 4 Monate anhalten. Die beiden ersten Abschnitte dieses Gürtels, mit Violett und Dunkelblau bezeichnet, vertreten einander gegenseitig, indem der eine, wo kein Monat über 20° oder unter 10° vorkommt, (mit „konstant gemässigt“ bezeichnet) den Oceanen, der andere, mit „Sommer heiss“ überschriebene, in welchem zugleich überall die Temperatur für einen oder einige Monate unter 10° fällt, den Festländern eigen ist; der dritte Abschnitt hingegen, durch „Sommer gemässigt, Winter kalt“ charakterisirt, bildet einen nahezu kontinuierlichen Gürtel um die ganze Erde an der polaren Grenze der beiden anderen, von dem konstant gemässigten durch die 10° Isotherme des kältesten Monats, von dem sommerheissen durch die 22° Isotherme des wärmsten geschieden. Es erschien instruktiver, in diesem Fall statt 20° diesen etwas höheren Werth zu nehmen, weil derselbe eine bessere klimatische Grenze ergiebt und anderenfalls der folgende (gemässigte, sommerheisse) Gürtel auf einen schmalen Streifen eingeschränkt würde. Allerdings entsteht dadurch stellenweise ein neues Zwischengebiet dort, wo 1 bis 3 Monate über 20° aufweisen, aber keiner 22° C.; doch ist dasselbe zu unbedeutend, um eine Darstellung auf der Karte zu erfordern.

a. Der gemässigte sommerheisse Gürtel hat viel Verwandtschaft mit dem äusseren winterkalten Theile des subtropischen, von dem er sich nur durch die Länge der heissen Zeit wesentlich unterscheidet. Es war deshalb auch beabsichtigt, die Farben dieser beiden Gürtel ähnlich zu machen, und nur durch ein Versehen wurden bei der Herstellung die Farben des sommerheissen und des konstant gemässigten Gebietes vertauscht, wodurch namentlich im aralo-kaspischen Gebiet die Unterscheidungen übertrieben sind, während andererseits der Gegensatz des „ewigen Frühlings“ auf tropischen Gebirgen gegen die Hitze der umgebenden Tiefländer nicht so deutlich hervortritt, wie es wünschenswerth gewesen wäre. In diesem Gürtel hat die Vegetation allgemein, ausser im östlichen Nordamerika und in Ostasien, im Sommer regelmässig von Dürre zu leiden, sodass Bewässerung für die Gartenkultur, theilweise auch für den Feldbau, erforderlich wird. Die hohe Temperatur beeinträchtigt hier die Vegetation nur indirekt, insofern sie die Verdunstung steigert; aber da in diesen Breiten die hohe Wärme vorzugsweise erreicht wird im Sommer kontinentaler Gegenden mit wenig Bewölkung und Regenfall, so sind Wärme und Wasserarmuth im grösseren Theile dieses Gürtels eng verknüpft, und setzen dessen kontinentale Theile sich als Wüsten oder Steppen von der nördlichen Waldregion scharf ab. Die Verbindung von Hitze mit Feuchtigkeit, wie sie einen grossen Theil des Jahres hindurch den tropischen Gürtel charakterisirt, kommt im subtropischen und dem sommerheissen Gürtel nur in den Monsungebieten Süd- und Ostasiens, sowie am Südostrande Nordamerikas und Brasiliens vor.

b. Die Gebiete mit konstanter Herrschaft gemässigter Temperaturen bilden auf der Nordhemisphäre, von den tropischen Gebirgen abgesehen, zwei getrennte Areale auf dem Atlantischen und dem Grossen Ocean; auf der südlichen Halbkugel hingegen ist der Gürtel dieses Charakters nur an einer Stelle durch den südamerikanischen Kontinent unterbrochen, da er südlich von den Südenden Afrikas und Australiens vorbeigeht. Dagegen zeigt sich dort eine andere auffallende Unregelmässigkeit, indem in den südlichsten Theilen der beiden letztgenannten Festländer sich inselförmige Gebiete abscheiden, in welchen unter

dem Einfluss des Kontinents die Temperatur des kältesten Monats tiefer sinkt, als auf dem Meere an dessen polarer Grenze, und unter 10° C. hinabgeht. Der gemässigte sommerheisse Gürtel ist auf der Südhemisphäre nur auf drei kleinen Festlands-Flächen vertreten.

c. Der dritte, äusserste, von den gemässigten Gürteln, den wir den „gemässigten sommerkühlen Gürtel“ nennen können, wird dadurch charakterisirt, dass die mittlere Temperatur während mindestens 4 und höchstens 11 Monaten zwischen 10° und 20° und in mindestens 1 und höchstens 8 Monaten unter 10° liegt, Monate mit einer Mitteltemperatur über 22° aber nicht vorkommen. Unsere Karte lässt diesen Gürtel, der gegenwärtig der Hauptsitz der menschlichen Cultur ist, nach Osten zu mit dem Altaigebirge abbrechen und erst im Amurgebiet wieder auftreten, und in der That ist dieses nahezu der Fall, und spiegelt sich dieses Verhältniss in der Vegetation in verstärktem Maasse (vgl. oben) wieder in dem Verschwinden fast aller Laubbäume schon in der Nähe des Urals und deren Wiederauftreten im Amurgebiet, während dazwischen die sibirischen Nadelwälder bis an die Steppe Centralasiens reichen, in Westsibirien nur mit theilweise zwischengeschobener Region der Birkengehölze. Allein vollkommen wird die zum Verschwinden dieses Gürtels erforderliche äusserste Steilheit der jährlichen Temperaturkurve doch nicht erreicht. Es gehörte dazu ein Juli von mehr als 22° C. bei einer mittleren Temperatur der beiden Monate Mai und September von weniger als 10° ; dieser Unterschied beträgt nun an keiner bekannten Station die hierfür erforderliche Grösse von 12° , erreicht aber immerhin in Nertschinsk, Blagowestschensk und Selenginsk 10.1° bis 11.1° , in Semipalatinsk, Barnaul, Irkutsk und Urgá 9° bis 10° , es ist also der gemässigte Gürtel mit Sommern von genügender Länge, aber ohne reguläre Hitze, am Nordrande Centralasiens nicht ganz ausgelöscht, aber jedenfalls nur durch (besonders wegen der gebirgigen Natur dieser Grenzgegend) sehr schmale und unregelmässig geformte Streifen vertreten.

4. Der hieran sich polwärts anschliessende kalte Gürtel, in dem die Zahl der gemässigten Monate unter 4, aber nicht unter 1 herabsinkt, und die Vegetationszeit sehr verkürzt wird, bildet auf beiden Erdhälften einen zusammenhängenden Ring um die Erde. Dass die Breite dieses Ringes auf der südlichen Hemisphäre weit geringer ist als auf der nördlichen, ist durch die Geringfügigkeit der jährlichen Wärmeschwankung in der ersteren bedingt, denn in der Südhemisphäre ist zwischen der Breite, wo der kälteste Monat unter 10° sinkt (c. 40° S.) und derjenigen, wo ihm auch der wärmste folgt (c. 49°), aus diesem Grunde der Abstand unvergleichlich kleiner als in Asien, wo unter dem 100. Längengrad die erstere Grenze auf 22° N., die letztere auf 72° N. zu liegen kommt; die Abstände verhalten sich wie $1:5\frac{1}{2}$! In einem grossen Theil des nördlichen Gürtels thaut der Boden, welcher ja in einer gewissen Tiefe auch im Sommer ungefähr (in 23 m Tiefe vollständig) die mittlere Jahrestemperatur beibehält, gar nicht auf, obwohl nicht nur hochstämmige Wälder, sondern z. Th. auch Kornfelder auf seiner Oberfläche recht gut gedeihen. Die punktirte blaue Linie, die jedoch auf keine Genauigkeit Anspruch machen kann, führt diese Ausdehnung des Eisbodens vor Augen; bei der Spärlichkeit und geringen Zugänglichkeit der Beobachtungsdaten über denselben habe ich der Zeichnung die Berechnung von Wild zu Grunde gelegt, wonach die Eisbodengrenze ungefähr mit der Jahresisotherme von -2° zusammenfallen muss. Exclaven dieses Gebietes von kleinerem Umfang, wie sie jedes höhere Gebirge bieten muss, habe ich nicht in der Karte berücksichtigen können.

5. Ebenso wenig gestattete der Maassstab der Karte eine Darstellung der analogen Exclaven der polaren Gürtel grössten Wärmemangels, nur die ungefähre Ausdehnung der grossen Gebiete dieser Art in Centralasien hat Berücksichtigung gefunden. Die äquatorialen und unteren Grenzen dieser Region fallen nicht überall mit der Baumgrenze zusammen, weil die mangelnde Sommerwärme zwar die wichtigste, aber nicht die einzige Bedingung für die Baumlosigkeit dieser Gebiete ist. Dass der Wald in hohen Breiten die Nähe des Meeres flieht, ist nur theilweise durch die Herabdrückung der Sommerwärme durch das Meer, theilweise aber auch durch die grössere Stärke der Stürme bedingt, welche ja auch in viel niedrigerer Breite — wie z. B. in Nordwestdeutschland — wegen des Abpeitschens den Baumwuchs in der Nähe des Meeres nur dort zulassen, wo irgend ein Schutz gegen sie geboten ist. Auf exponirten Küsten und Inseln reicht deshalb die absolute Baumlosigkeit — wie z. B. auf den Aleuten — auch in das Gebiet hinein, wo allem Anscheine nach die Temperatur mehr als eines Monats 10° erreicht und übersteigt; und ebenso wie diese verhalten sich freie Plateaus und Gipfel im Gebirge, wo ebenfalls die heftigen Winde die Baumgrenze weit unter die Höhe herabdrücken, welche sie an geschützten Abhängen und Schluchten erreicht; ein schönes Beispiel davon bietet das Krimsche Jailá-Gebirge. Dass es in vielen Fällen nicht eine einzelne Schädlichkeit, sondern das Zusammenwirken verschiedener ist, welches das Gedeihen der Organismenart ausschliesst, ist leicht zu begreifen, da jeder schädliche Eingriff die Kraft des Organismus, andere zu überwinden, verringert.

Um das Bild der Vertheilung der Lufttemperatur an der wirklichen Erdoberfläche zu erhalten, giebt es keinen anderen Weg, als die Zugrundelegung von Höhenkarten und Berechnung der Höhe, welcher eine gewisse Temperatur entspricht, aus der Temperatur eines einzelnen Niveaus und der vertikalen Temperaturabnahme, wie sie für die Gegend und Jahreszeit ermittelt ist oder nach Analogie angenommen werden kann. Ein Versuch, die Linien blos nach den direkten Angaben der wenigen und zufällig vertheilten meteorologischen Stationen zu ziehen, wäre für solche Karten ein handgreiflicher Unsinn. Da die Karte übrigens, als erste dieser Art, nur die grösseren Züge richtig darstellen soll, so war eine subtile Genauigkeit in diesen Berechnungen nicht erforderlich. Die angenommene Temperaturabnahme variirt zwischen 150 und 200 Metern Erhebung auf 1 Grad; die viel langsamere Abnahme im Winter kontinentaler nördlicher Gegenden kam für unsere Zwecke nicht in Betracht, da sie weit ausserhalb der Vegetationszeit fällt. Als Ausgangsniveau wurde entweder der Meeresspiegel genommen und die vorhandenen Isothermenkarten zu Grunde gelegt, oder dasjenige einer Station oder Stationsgruppe, für welche gute Bestimmungen vorlagen. Für die Vereinigten Staaten und für Norwegen wurden der Darstellung Karten von Schott und Mohn zu Grunde gelegt, welche bereits die Temperaturvertheilung an der wirklichen Erdoberfläche darstellten; jene von Schott beziehen sich allerdings auf die Mittel der Jahreszeiten, weshalb ihrer Verwendung erst eine Reduktion auf die von mir gewählten Zeiträume vorhergehen musste, die mit Hilfe der numerischen Werthe der benachbarten Stationen und darauf graphischer Interpolation geschah. Von den ermittelten Höhengrenzen unserer Regionen in den Gebirgen der übrigen Erde mögen die wichtigsten im folgenden Täfelchen in runden Zahlen Platz finden.

Vergleichen wir unsere Karte mit den jetzt so zahlreich vorhandenen Darstellungen der Jahres- oder auch Monats-Isothermen, so wird man, auch abgesehen davon, dass solche auf einer Weltkarte noch nicht für die wirkliche

Obere und untere Grenzen der Gürtel in Metern

	des tropischen	des subtropischen	des gemässigten sommerheissen	des konstant gemässigten	des gemässigten sommerkühlen
Mexiko	0—500	500—1700	1700—1800	2200—2700	2700—3600
Äquatoriale Anden	0—1000	1000—1500	—	1500—3400	3400—3600
Peru, Westabhang	—	0—200	—	200—1200	1200—2000
Rio Janeiro	0—200	200—1100	—	1100—	—
Guiana	0—1000	1000—1300	—	1300—	—
Gabun	0—700	700—1000	—	1000—2400	2400—2800
Abessinien	0—700	700—1600	—	1600—2300	2300—3300
Ceylon	0—1050	1050—1600	—	1600—2800	2800—3300
Sunda-Inseln	0—1100	1100—1300	—	1300—2800	2800—3000
<hr/>					
Himalaya	—	0—1600	1600—1800	—	1800—3600
Kaukasus	—	—	0—340	—	340—1350
Armenien	—	0—850	850—1600	—	1600—2600
Altai	—	—	—	—	0—1800
Alpen, Südabhang	—	—	0—500	—	500—1400
Algier	—	0—800	800—1650	—	1650—
<hr/>					
Natal	—	0—500	—	500—950	950—2200
Kap der guten Hoffnung	—	—	—	0—450	450—
Chili in 33° S. Br.	—	—	—	—	0—1700

Erdoberfläche, sondern stets für den idealen Meeresspiegel geliefert worden sind, nur stellenweise Uebereinstimmung finden, welcher an anderen Punkten wesentliche Differenzen gegenüberstehen. Im allgemeinen würden sich die Linien unserer Karte, wenn sie auf gleiches Niveau reducirt sein würden, weit mehr den Breitenkreisen anschliessen, als die Jahresisothermen es thun; es entspricht dieses dem analogen Verhalten der Mehrzahl der Verbreitungsgrenzen der Pflanzen, welches längst bemerkt und vielfach dem Einfluss des Lichtes zugeschrieben wurde, dessen Vertheilung nach der geographischen Breite sich richtet und von den Unregelmässigkeiten der Wärmevertheilung frei ist; unsere Karte dürfte jedoch zeigen, dass ein grosser Theil der Verbreitungsgrenzen sich direkt durch die Temperatur-Verhältnisse der Vegetationszeit erklärt. In der That decken sich die Gebiete der Tafel 4 vielfach mit den auf den pflanzengeographischen Karten Grisebach's (Vegetation der Erde, auch in Peterm. Mitth. 1866) und Engler's (Geschichte der Pflanzenwelt, auch in Meyers Convers.-Lex., Jahres-Suppl. V).

Diese Uebereinstimmung wird sich bei grösserer gegenseitiger Berücksichtigung zwischen der Geographie der Organismen und der Klimatologie mit Vortheil noch weiter treiben lassen; allein immerhin ist das heutige Klima nur der eine der beiden mächtigsten Faktoren in der Vertheilung der organischen Wesen; der zweite, mindestens ebenso wichtige, ist der historische. Der dankbaren Aufgabe, diese beiden Faktoren in der Untersuchung und auch in der kartographischen Darstellung auseinanderzuhalten, hat sich namentlich Engler mit Erfolg gewidmet, doch bleibt in dieser Richtung noch ausserordentlich viel zu thun, um grössere Klarheit in die Geographie der Organismen zu bringen. Präcisirung der Fragestellung durch diese Zergliederung in die einzelnen Faktoren wird die Wissenschaft mehr fördern als die Aufstellung immer neuer Eintheilungen der Erde in Floren- oder Faunen-Reiche, und da freilich der Mensch, namentlich so lange er den Stoff selbst noch wenig beherrscht, der Systematik dringend bedarf, so dürfte die strenge Durchführung verschiedener einseitiger Eintheilungen nach bestimmten einheitlichen Gesichtspunkten sehr förderlich sein, förderlicher als das etwas verfrühte Streben nach immer besseren natürlichen, alle Charaktere umfassenden Eintheilungen.

Werfen wir zum Schluss noch einen Blick auf die Beziehungen der in unserer Karte dargestellten Wärmegürtel zu den Menschenrassen und zur Kultur, so tritt zunächst auffällig hervor, wie die gegenwärtigen Träger der Civilisation, die Europäer und deren Abkömmlinge, zur Entwicklung jenes rastlosen Strebens „nach einem glücklichen, goldenen Ziel“, welches die Grundbedingung dieser Kultur ist, einer kühlen Jahreszeit zur Erfrischung ihrer Kräfte und zur Anreizung ihrer Bedürfnisse dringend nöthig haben. Ein heisser, sogar sehr heisser Sommer verhindert das athemlose „Going ahead“ in Nordamerika nicht, wo aber sich die Hitze, wenn auch gemildert, über das ganze Jahr erstreckt, wohin der stimulirende Winter nicht mehr reicht, da kann wohl gelegentlich der Nordländer die mitgebrachten idealen Ziele oder gross angelegten Spekulationen Jahre hindurch mit Energie verfolgen, aber Schläffheit und Sorglosigkeit ist sicherlich der allgemeine Charakterzug des Menschengeschlechts in diesen Gegenden, der auch die eingewanderten Europäer je länger, um so sicherer ergreift. Dazu kommt für den Europäer die notorische Unmöglichkeit, in dieser Zone auf dem Festlande ohne Lebensgefahr harte körperliche Arbeit zu thun und sich der Sonne ungeschützt auszusetzen — eine Schranke, deren Ursachen noch ungenügend aufgeklärt sind und welche auf dem Ocean, an Bord, wie auf oceanischen Inseln, nicht entfernt in dem Maasse besteht. Hierdurch ist die Bildung von Kolonien mit rein europäischer Bevölkerung in diesen Gegenden ausgeschlossen und kann der Weisse nur als Herr über Untergebene anderer Rasse oder nur in vereinzeltten Erwerbszweigen daselbst Fuss fassen. Wie jedoch die Karte zeigt, ist die geographische Breite dabei nicht durchaus entscheidend, da sich in allen Breiten höher im Gebirge Landschaften finden, welche die für den Weissen erforderlichen Temperaturverhältnisse darbieten und welche auch voraussichtlich, wenn einmal die dort meist fehlenden Kommunikationen und genügender Rechtsschutz geschaffen sind, eine kompakte Bevölkerung europäischer Rasse erhalten dürften.

Das gewaltige Wachsthum des Verkehrs hat die Mittelpunkte der Kultur im Laufe der Zeiten aus den an Naturerzeugnissen reichsten Ländern immer weiter und weiter nach den an diesen armen, aber für den Verkehr günstig gelegenen und von einer Bevölkerung mit hochentwickeltem Unternehmungssinn bewohnten Gebieten verlegt. So ist die Kultur der alten Welt aus dem subtropischen Gürtel, wo sie bis in's VI. Jahrhundert v. Chr. ihre Hauptsitze hatte, in den gemässigt sommerheissen gewandert, während der gemässigt sommerkühle, mit Ausnahme etwa der unmittelbar an die alten Kulturländer Mesopotamiens etc. angrenzenden Hochländer, noch in tiefer Barbarei begraben lag. Im Laufe des Mittelalters glich sich der kulturelle Unterschied dieser beiden Gürtel in Europa mehr und mehr aus. Die im Zeitalter der grossen Entdeckungen sich vollziehende Verschiebung der Mittelpunkte des Verkehrs und z. Th. auch der Macht von Italien und der Levante nach der Iberischen Halbinsel und von der Ostsee zur Nordsee geschah von Osten nach Westen innerhalb derselben Gürtel; mit dem raschen Hinwelken der Blüthe Spaniens und Portugals und dem Aufblühen Hollands, nachher Englands, war aber die Verlegung des Schwerpunkts der menschlichen Civilisation nach der kühleren Zone vollendete Thatsache, an der auch die fortdauernd hohe und gerade in neuester Zeit in frischem Fortschreiten begriffene Kulturstellung der Nordhälfte Italiens nichts ändern kann.

Auch in Amerika ist die analoge Wanderung der Kultur aus den warmen nach den kühleren Ländern in der Zeit seit Beginn der europäischen Besiedelung

auffällig genug; allein die alte, eingeborene Kultur dieses Festlandes gehörte hier grösstentheils ebenfalls gemässigtem Klima an, indem sie sich in Peru sowohl als in Mexico auf die Hochebenen konzentrierte, und nur in Yucatan finden sich Ruinen prächtiger Bauten vom tropischen Urwalde überwuchert. Es zeigt sich daher in Amerika noch mehr als in der alten Welt der Vorsprung, welchen die gemässigten Klimate vor den heissen in Bezug auf die Weckung des Unternehmungssinnes und des Strebens nach Grossem besitzen; je allgemeiner aber dieser Satz hervortritt, um so mehr müssen die sehr vereinzeltten Ausnahmen aus demselben unsere Aufmerksamkeit erwecken, wo wir grossartige Ruinen und Reste einer vergleichsweise hohen Civilisation im tropischen Tieflande vorfinden. Am nächsten kommen solche dem Aequator wohl in Hinterindien und Java; ob der Umstand, dass wir sie in Vorderindien und Yucatan in der Nähe von Hochländern gemässigten Klimas und in einem gewissen genetischen Zusammenhange der Bewohner mit den letzteren finden, für die Erklärung dieser Ausnahme wesentlich ist, mögen Andere entscheiden. Es dürften indessen überhaupt die von Einzelnen oder einer herrschenden Kaste durch despotische Macht über die träge Masse erzwungenen Unternehmungen, wie wir sie in den heissen Ländern ganz vorwiegend vertreten finden, von dem Unternehmungssinn des Volkes selbst resp. eines grossen Bruchtheils desselben zu scheiden sein, wie wir ihn schon bei den Mittelmeervölkern und später noch mehr bei Hanseaten, Holländern, Engländern u. s. w. finden. Die ersteren finden dort den günstigsten Boden, wo der Reichthum der Naturerzeugnisse die Ernährung grosser Menschenmassen und deren Indolenz ihre Beherrschung leicht machen, während die letztere zum grossen Theil in den gerade entgegengesetzten Bedingungen wurzelt.

Durch die Ausbreitung und Thatkraft des Menschengeschlechts in der gemässigten Zone ist ein Eingriff in die geographische Vertheilung der Thierwelt erfolgt, der in der Regel noch nicht genügend gewürdigt wird. Durch Ausrottung der grossen Säugethiere in dieser Zone hat er schon in frühester Zeit eine weit grössere Kluft zwischen tropischen und arktischen Thieren geschaffen, als sie von der Natur gegeben war; diejenigen Thiere, welche der heissen und gemässigten Zone angehörten, hat er dadurch auf die heisse, jene, deren Verbreitungsbezirk die gemässigte und kalte Zone umfasste, auf die kalte eingeschränkt, und so kommt es, dass die quaternären Höhlenfunde uns ein Gemisch von Thieren verschiedener Klimate — wie Löwe und Renthier, Hyäne und Eisfuchs, Nilpferd und Vielfrass — liefern, welches unerklärlich wäre, wenn wir nicht auch jetzt in solchen Theilen der gemässigten Zone, in welchen gegenwärtig noch eine dünne Bevölkerung auf sehr niedriger Kulturstufe lebt, ähnliche, wenn auch nicht ganz so weitgehende Verknüpfung fänden; ich erinnere an den Amur, wo noch vor kurzem, freilich auf kleinem Gebiete, der Tiger das Renthier jagte.

Auf der anderen Seite giebt es Thiere, welche, der Ausbreitung des Menschen folgend, ihr Verbreitungsgebiet erweitern, namentlich nach dem kalten Gürtel hin; und zwar nicht nur Parasiten und Hausthiere, sondern auch so viel vom Menschen verfolgte Thiere wie der Hase sind in diesem Fall. Die Herleitung von Klimaänderungen aus der Verbreitung der höheren Thierwelt ist daher nur bei allseitiger Untersuchung der Frage möglich.