

# Temperaturextreme auf der Erde.

Von

Univ.-Docent Dr. Rudolf Spitaler.

Die Temperatur, in welcher unsere Erde schwebt, ist noch nicht erforscht. Pouillet schätzt sie zu  $-146^{\circ} C.$ , Fröhlich zu  $-131^{\circ}$  bis  $-127^{\circ} C.$ , Fourier zu  $-60^{\circ} C.$ , Poisson zu  $-40^{\circ} C.$  Die beiden letzteren Angaben dürften wohl zu hoch sein, da auf der Erde schon Temperaturen bis unter  $-60^{\circ} C.$  beobachtet wurden.

Die Hauptwärmequelle für die Erde ist die Sonne. Ihre Wärmestrahlung übertagt die aus dem Erdinnern auf die Oberfläche steigende Wärme so sehr, dass diese gegenüber jener für die Wärmeverhältnisse auf der Erdoberfläche bedeutungslos wird. Die Sonnenwärme wäre im Stande im Laufe eines Jahres eine vier Meter dicke über die Erde gelagerte Eisschicht zu schmelzen, während die innere Erdwärme nur eine 7 mm dicke Schicht bewältigen könnte. Die Wärmestrahlung des Mondes, die zuerst Lord Ross und Melloni nachgewiesen haben, sowie die Wärmestrahlung der Sterne kommen bei meteorologischen Untersuchungen als bedeutungslos nicht in Betracht.

Alle diese Wärmezufuhren reichen aber zusammen nicht aus, um den Wärmeverlust zu decken, welchen die Erde in Folge der Ausstrahlung ihrer Wärme in den kalten Himmelsraum erfährt. Dass die Wärmebilanz der Erde ein Deficit aufweist, beweist der frühere Zustand derselben, wie wir ihn aus den geologischen und paläontologischen Untersuchungen kennen. Diese Veränderungen in den Wärmeverhältnissen der Erdoberfläche gehen aber so langsam vor sich, dass wir für kürzere Zeitperioden, wie Jahrhunderte und Jahrtausende die Ein- und Ausstrahlung der Wärme als im Gleichgewichte befindlich ansehen können.

Für das organische Leben auf der Erde kommt hauptsächlich die Temperatur der untersten Luftschichten in Betracht, wie sie uns ein im Schatten aufgehängtes Thermometer anzeigt, im Gegensatz zur strahlenden Wärme, wie sie beispielsweise durch ein im luftleeren Raume den Sonnenstrahlen ausgesetztes, geschwärztes Thermometer angezeigt wird.

Die Temperaturregengensätze auf der Erde wären äusserst schroff ohne die Atmosphäre, welche die Erde wie ein schützender Mantel umhüllt, ihre Oberfläche wäre, wie es am atmosphärenlosen Monde der Fall ist, den Extremen grösster Wärme während des Tages und ungeheurerer Kälte während der Nacht schutzlos ausgesetzt.

Diese Extreme werden durch die Atmosphäre verhindert. Sie absorbiert einerseits einen Theil der einstrahlenden Wärme und verhindert so eine extreme Erwärmung der Körper, sie vermindert aber andererseits in noch höherem Grade den Wärmeverlust durch die nächtliche Ausstrahlung. Die atmosphärische Hülle, namentlich die unteren, dichteren und wasserdampfreicheren Schichten wirken ähnlich wie die Glasdächer der Gewächshäuser, sie lassen die leuchtende Strahlung in viel höherem Masse durch als die directe Wärmestrahlung, die von dem erwärmten Erdboden wieder zurückstrahlt. So wird eine Aufspeicherung der Wärme ermöglicht und es resultirt daraus eine sehr viel höhere mittlere Temperatur, als dem Gleichgewichte zwischen unbehinderter Ein- und Ausstrahlung entsprechen würde. Die wichtigste Eigenschaft unserer Atmosphäre, sagt Langley, ist die selective Absorption, welche die Strahlung der Sonne in viel höherem Masse durchlässt, als sie die Rückstrahlung der dunklen Wärme gestattet. Wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, würde die Erde mehr Wärme verlieren, als sie durch die Sonnenstrahlung erhält trotz deren grösserer Intensität. Dieser Schluss folgt aus der Thatsache, dass die Ausstrahlung in den Raum viel rascher erfolgt als die Zunahme der Wärme in Folge der directen Sonnenstrahlung. Die Erdoberfläche würde selbst unter den senkrechten Strahlen der Tropensonne eine Temperatur von weniger als  $-45^{\circ} C.$  haben, wenn man die Temperatur des Weltraumes mit Pouillet zu  $-146^{\circ} C.$  annimmt.

Selbst wenn die Atmosphäre vorhanden wäre, aber alle Strahlen wieder ebenso frei passiren liesse, wie sie ankommen,

würde der Effect der gleiche bleiben. Die thatsächliche Temperatur, die wir an der Erdoberfläche beobachten, ist ein Effect der auswählenden (selectiven) Absorption der Wärmestrahlung durch die Atmosphäre, ohne diese Eigenschaft derselben wäre die Erde wohl unbewohnbar.

Schon Ericson hat geschlossen, dass die Mondoberfläche beim Fehlen einer Atmosphäre selbst unter der Sonnenstrahlung kalt bleiben müsse.

Je dünner nun diese atmosphärische Hülle wird, desto schwächer wird diese günstige Wirkung, desto niedriger die mittlere Temperatur der Körper, die nun der freieren Insolation und Ausstrahlung ausgesetzt sind. Deshalb muss die mittlere Temperatur in der Atmosphäre mit der Höhe abnehmen, obgleich die Intensität der Sonnenstrahlung mit der gleichzeitigen Abnahme der Dicke der absorbirenden Hülle wächst.

Die Temperaturverhältnisse in den oberen Regionen der Atmosphäre kennen wir aus den Beobachtungen auf hohen Berggipfeln und aus Ballonfahrten.

Die höchsten meteorologischen Beobachtungsstationen und ständigen Wohnsitze von Menschen reichen bis 5850 *m* Seehöhe. Erstere wurden erst in jüngster Zeit errichtet, wo in der Meteorologie immer mehr und mehr die Nothwendigkeit hervortrat, regelmässige Beobachtungen über die atmosphärischen Vorgänge in grossen Höhen zu erlangen. Während die meteorologischen Beobachtungsstationen am Obirgipfel (2044 *m*), am Säntis (2500 *m*), am Sonnblick (3100 *m*) und Pikes Peak (Colorado) (4300 *m*) schon seit einigen Jahren bestehen, reicht die Errichtung der drei höchsten Stationen in die jüngste Zeit herein und es liegen uns davon auch noch keine regelmässigen Beobachtungsergebnisse vor. Es sind dies das meteorologische Observatorium am Gipfel des Mont Blanc in 4807 *m* Seehöhe und die beiden Beobachtungsstationen, welche die unter Prof. Pickering's Leitung stehende Sternwarte des Harvard College in Cambridge Mass. in der Nähe ihrer Filialsternwarte in Arequipa (Peru) einerseits 30 *m* unter dem Gipfel des unthätigen Vulcans Misti (5880 *m*), andererseits in 5080 *m* Seehöhe auf dem mit ewigem Schnee bedeckten Charchani (6100 *m*) errichtet hat. Beide Stationen sind mit längere Zeit laufenden registrirenden meteorologischen Instrumenten versehen und werden womöglich jeden Monat dreimal

von einem Mitgliede der Sternwarte in Arequipa (2454 *m*), woselbst ebenfalls regelmässige meteorologische Beobachtungen angestellt werden, besucht. Die Temperaturen auf dem Charchani-Observatorium scheinen nach den bisherigen Beobachtungen von der Jahreszeit wenig beeinflusst zu sein.

Die höchstgelegenen bewohnten Orte sind Leh in Tibet in 3517 *m* Seehöhe mit 5·7° *C.* mittlerer Jahrestemperatur, das Dorf S. Vincente bei Portugaleta (Bolivia) in 4580 *m* und das Kloster Hanle in Tibet in 4610 *m* Seehöhe, beide mit mittleren Jahrestemperaturen von 2 bis 3° *C.* Von den hochgelegenen Bergstädten der peruanischen und bolivischen Anden, wie Cerro de Pasco (4300 *m*), liegen keine meteorologischen Aufzeichnungen vor. Ganz nebenbei sei bemerkt, dass die grösste Höhe auf Bergen, nämlich 6780 *m*, von den Brüdern Schlagintweit im Himalaya am Ibi-Gamin-Gipfel erreicht wurde.

Die Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre werden durch Ballonfahrten erforscht.

Der englische Physiker James Glaisher unternahm im Auftrage der British Association for the advancement of Science in den Jahren 1862—1865 zu wissenschaftlichen Zwecken eine Reihe von Ballonfahrten. Die grösste Höhe erreichte er auf der Fahrt am 5. September 1862. In 29.000 engl. Fuss (8840 *m*) Höhe, wo der Luftdruck nur mehr 248 *mm* betrug, war die Temperatur — 20·7° *C.*, während gleichzeitig am Boden das Thermometer 16·7° *C.* zeigte. In dieser Höhe wurde Glaisher ohnmächtig, es dürfte aber der Ballon noch bis auf 36—37.000 englische Fuss gestiegen sein, denn das Minimum-Thermometer wies eine Temperatur von — 24·5° *C.* auf.

Die niedrigste Temperatur, welche bei Ballonfahrten bisher in der Höhe angetroffen wurde, betrug — 39·7° *C.* und wurde von Barral und Bixio bei ihrer Fahrt von Paris aus am 27. Juli 1850 in 7000 *m* Höhe beobachtet.

Noch grössere Höhen und niedrigere Temperaturen als die eben angeführten erreichte ein Ballon ohne Bemannung von 113 *m*<sup>3</sup> Inhalt, welchen Hermite in Paris am 21. März 1893, versehen mit registrierenden meteorologischen Instrumenten aufsteigen liess. Der Ballon, welcher mit einer Geschwindigkeit von 8—9 *m* pro Secunde stieg, wurde behufs Höhenbestimmung mit Fernrohren beobachtet und erschien selbst dem freien Auge

in den grössten Höhen wie Venus glänzend. In der Höhe von 12.500 *m* herrschte eine Temperatur von  $-51^{\circ} C.$ , während dieselbe gleichzeitig am Boden  $17^{\circ} C.$  betrug. Hier sind die Aufzeichnungen des Thermographen in Folge Einfrierens der Tinte unterbrochen, in 16.000 *m*, wo der Luftdruck nur mehr 103 *mm* betrug, hat der Thermograph wieder zu functioniren begonnen und zeigte die Temperatur  $-21^{\circ} C.$  Eigentlich hätte der Ballon nur bis 13.500 *m* Höhe steigen können, doch wurde in Folge der Bestrahlung desselben durch die Sonne das Gas stark erwärmt und das Volumen des Ballons dadurch vergrössert.

Man könnte glauben, dass wir beständig der Gefahr ausgesetzt sind, dass diese kalten Luftmassen, welche wie Wasser über Oel ober uns lagern, plötzlich auf die Erde herabstürzen. Das ist aber nicht möglich, weil niedersinkende Luftmassen sich rasch erwärmen, wie sie sich andererseits beim Emporsteigen abkühlen. Eine Luftmasse von  $-40^{\circ} C.$  Temperatur aus der Höhe von 7000 *m* auf die Erdoberfläche herabgebracht, würde sich um beiläufig  $70^{\circ}$  erwärmen, also unten immer noch  $30^{\circ}$  Wärme zeigen.

Wäre die Oberfläche der Erde durchwegs gleichartig beschaffen, so wäre die Vertheilung der Wärme auf derselben eine sehr gleichmässige, die Temperaturzonen würden durch die Breitenkreise abgegrenzt sein. Die Ungleichförmigkeit der Erdoberfläche, die verschiedene Vertheilung von Wasser und Land auf derselben modificiren aber die gleichmässige Vertheilung der Wärme in hohem Grade. Während im solaren Klima die Wärme im Jahresmittel vom Aequator gegen die beiden Pole hin continuirlich abnimmt, finden wir im physischen oder realen Klima die wärmsten Gegenden nicht am Aequator und die kältesten an den beiden Polen, sondern beide sind bedeutend verschoben. Am übersichtlichsten wird die thatsächliche Vertheilung der Wärme auf der Erde dargestellt durch die Isothermenkarten, welche zuerst Humboldt (1817), später Dove, Buchan und in jüngster Zeit Hann und Wild gezeichnet haben. Ein Blick auf die Januar-Isothermen zeigt, dass die niedrigsten Isothermen nicht die beiden Pole umschliessen, sondern die Gegend um Werchojansk an der Jana in Ostsibirien (asiatischer Kältepol) und eine Stelle im nördlichen Eismeere oberhalb der Parry-Inseln (amerikanischer Kältepol). Wo die niedrigsten Temperaturen auf der südlichen Halbkugel liegen, ist noch nicht erforscht,

sie dürften aber näher als auf der Nordhalbkugel dem Pole zu zu suchen sein. Der thermische Aequator ist beiläufig um 10 Grade gegen Norden hin verschoben.

Entnimmt man für eine grössere Anzahl äquidistanter Punkte eines Breitenkreises den Isothermenkarten die Temperatur, so stellt nach Dove das Mittel aus diesen Zahlen die normale Temperatur des betreffenden Breitenkreises dar, d. i. jene Temperatur, welche auf demselben herrschen würde, wenn die verschiedenen, wirklich vorhandenen Temperaturen gleichmässig vertheilt wären. Bildet man die Differenzen der einzelnen auf dem Breitenkreise herrschenden Temperaturen gegen die Normaltemperatur und verbindet die Orte gleicher Abweichungen (gleicher Anomalien) durch Curven, so bekommt man die Linien gleicher Wärmeanomalie, die Isanomalien. Die thermische Normale, d. i. die Linie, welche die Orte von normaler Temperatur verbindet, trennt die zu warmen von den zu kalten Räumen. Die grösste thermische Anomalie<sup>1)</sup> im Jahresmittel der Temperatur finden wir zwischen dem 60. und 70. Parallel der nördlichen Hemisphäre, wo zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kältecentrum im Nordatlantischen Ocean ein durch den warmen Golfstrom erzeugtes Wärmemaximum sich findet. Aus der Lage der Isanomalien erkennt man deutlich die Achse des Golfstroms und den gegen höhere Breiten immer mehr hervortretenden Einfluss desselben auf die Erwärmung seiner Umgebung. Ja, der Einfluss der warmen Wassermassen, welche der Golfstrom nach Norden führt, ist, unterstützt durch die vorherrschenden West- und Südwestwinde, welche vom Meere gegen die Westküste von Europa wehen, so gewaltig, dass die thermische Normale bis an das Uralgebirge und bis hinauf an die Ostküste von Nowaja Semlja zurückgedrängt wird, von wo an sich ostwärts das asiatische Kältecentrum durch negative Temperaturanomalie bemerkbar macht.

Das asiatische Kältegebiet überschattet noch grosse Theile des Stillen Oceans, welches Analogon wir auch an der Ostküste Nordamerikas treffen, wo wahrscheinlich durch die kalte Labradorströmung, die sich an der Küste herabzieht, die Normale in das Meer hinausgedrängt wird. Die Isanomalien der beiden

1) Vergl. Spitaler: „Ueber die Temperaturanomalien auf der Erdoberfläche“. Petermann's Mittheilungen, 1887 und 1889.

extremen Monate Januar und Juli zeigen deutlich über den Continenten eine Wärmeanhäufung während des Sommers und eine Kälteablagerung während des Winters. Ueber den Meeren ist gerade das Gegentheil der Fall. Im Jahresmittel herrscht über Nordamerika und Asien der winterliche, über Europa, Südamerika und Australien der sommerliche Charakter vor.

Ein Blick auf den Verlauf der Isothermen zeigt, dass bis gegen den 45. Breitengrad das Land temperaturerhöhend, das Wasser temperaturerniedrigend wirkt; jenseits des 45. Grades kehren sich die Verhältnisse um, das Land wirkt temperaturerniedrigend, das Wasser temperaturerhöhend. Es wäre daher eine vergebliche Mühe, die normalen Temperaturen der Breitenkreise  $T\varphi$  als eine Function einzig nur der geographischen Breite  $\varphi$  darzustellen, als  $T\varphi = A + B \cos \varphi + C \cos 2\varphi$ , wie es im solaren Klima möglich ist. Es muss vielmehr auch der Einfluss der Wasser- und Landerstreckung auf dem betreffenden Breitenkreis in Rechnung gezogen werden. Nach Forbes geschieht dies am einfachsten dadurch, dass man in die Temperaturformel noch ein Glied  $D \cdot n \cdot \cos 2\varphi$  aufnimmt, worin  $n$  angibt, wieviel Procente des betreffenden Breitenkreises mit Land bedeckt sind. Für  $45^\circ$  Breite wird das Glied Null, für den Aequator positiv, für den Pol negativ am grössten.

Berechnet man sich für einige Breitenkreise die normalen Temperaturen und setzt sie in die obige Formel ein, so können die Constanten  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt werden.

Mittels der Isothermenkarten von Hann und Wild erhielt ich zur Berechnung der normalen mittleren Jahrestemperaturen folgende Formel:<sup>1)</sup>

$$T\varphi = -2.43^\circ + 17.61^\circ \cos \varphi + 7.05^\circ \cos 2\varphi + 19.29^\circ \cdot n \cdot \cos 2\varphi,$$

welche die den Isothermenkarten entnommenen Normaltemperaturen bis in die höchsten Breiten schon sehr genau darstellt und als der mathematische Ausdruck der normalen Wärmevertheilung auf der Erde angesehen werden kann. Aus dieser Formel ergeben sich aber auch die Temperaturverhältnisse auf

<sup>1)</sup> Spitaler: „Die Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche.“ Denkschriften der mathem.-naturwiss. Cl. der kaiserl. Akad. der Wissenschaften in Wien, LI. Band, 1885.

der Erde bei einer anderen als der eben obwaltenden Vertheilung des Festlandes und des Meeres. Setzt man  $n = 1$ , so bekommt man ein Bild der Wärmevertheilung auf einer vollständig mit Land, setzt man  $n = 0$ , ein solches auf einer vollständig mit Wasser bedeckten Erde. Kerner von Marilaun<sup>1)</sup> hat nach Neumayr's Karte der Jurazeit auf diese Weise die mittleren Wärmeverhältnisse auf der Erde in dieser Zeitperiode dargestellt. Die Temperaturverhältnisse auf einer Landhemisphäre sind excessiv, hohe Temperaturen in den Aequatorealgegenden, niedrige gegen die Pole hin, die einer Wasserhemisphäre limitirt, mässig hohe Temperaturen am Aequator und nicht besonders niedrige in den Polargegenden.

Nach obiger Formel ist die Temperatur auf einer Wasserhemisphäre am Aequator  $22.2^{\circ}$ , am Pol  $-9.5^{\circ}$ , auf einer Landhemisphäre am Aequator  $41.5^{\circ}$ , am Pol  $-28.8^{\circ}$  und der Unterschied zwischen der Temperatur am Aequator und der am Pole beträgt

auf der Wasserhemisphäre  $29.6^{\circ}$ ,  
auf der Landhemisphäre  $74.7^{\circ}$ .

Denkt man sich die in den verschiedenen Breiten vorhandenen Temperaturen gleichmässig über die ganze Erde vertheilt, so wäre die mittlere Temperatur der Erde, wenn sie vollständig mit Wasser bedeckt wäre,  $13.8^{\circ}$ , wenn sie aber mit Land bedeckt wäre,  $20.2^{\circ}$ . Es wäre sehr unrichtig, wenn man aus diesen Zahlen schliessen würde, dass die südliche Hemisphäre als nahezu reine Wasserhemisphäre — es sind von ihrer Fläche  $87\%$  mit Wasser bedeckt — kälter sein müsse als die nördliche, wovon  $40\%$  mit Land bedeckt sind. Ebenso unrichtig oder zum mindesten zu voreilig würde es auch sein, wenn man ohne weiters schliessen würde, die mittlere Temperatur der Erde müsse bei der eben herrschenden Vertheilung von Wasser und Land auf derselben zwischen diesen beiden Grenzen liegen. Am wärmsten wäre eine Hemisphäre dann, wenn sie vom Aequator bis zum 45. Parallel mit Land, von hier bis zum Pole mit Wasser bedeckt wäre; am kältesten, wenn das Gegentheil statthaben würde,

<sup>1)</sup> Kerner v. Marilaun: „Eine paläoklimatologische Studie.“ Sitzungsbericht der mathem.-naturwiss. Cl. der kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien. CIV. Band, 1895.

wenn sie vom Aequator bis zum 45. Parallel mit Wasser, von hier bis zum Pole mit Land bedeckt wäre. Zwischen diesen beiden Extremen, nämlich

Land — Wasserhemisphäre 22·8°

Wasser — Landhemisphäre 11·1°

muss die mittlere Temperatur der Erde unter den eben herrschenden Verhältnissen von Wasser und Land liegen. Man erhält auch thatsächlich, soweit die Vertheilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche bis zu gleichen Breiten beider Hemisphären, d. i. bis zum 65. Parallelkreis bekannt ist, für die mittlere Jahrestemperatur beider Erdhälften 17·6° oder diese Wärme auch über die Calotte vom 65. Grad bis zum Pol vertheilt 16·0°, also zwischen den obigen Extremen liegend. Nimmt man an, dass in den noch unerforschten Polargegenden sowohl Land und Wasser sich vorfinden, so kann man die mittleren Jahrestemperaturen beider Hemisphären gleich und zu 15° annehmen. Vom Aequator bis zum 45. Grad ist die nördliche Halbkugel um 1·1° wärmer als die südliche, nämlich 22·1°, beziehungsweise 21·0°, jenseits des 45. Grades aber kehren sich die Verhältnisse um, die südliche Halbkugel ist wärmer als die nördliche.

Die mittleren Temperaturen der beiden Hemisphären, beziehungsweise der ganzen Erde in den beiden extremen Monaten Januar und Juli sind:

	Januar.	Juli.	Jahresschwankung.
Nördliche Hemisphäre	8·0°	22·5°	14·5°
Südliche Hemisphäre	17·5°	12·3°	5·2°
Ganze Erde	12·8°	17·4°	4·6°.

Während die mit 13% Land bedeckte südliche Erdhälfte im Laufe des Jahres nur einer Temperaturschwankung von 5·2° ausgesetzt ist, also kühle Sommer und milde Winter hat, schwankt die mittlere Temperatur auf der nördlichen, mit 40% Land bedeckten Hemisphäre vom Sommer zum Winter um 14·5°, hier herrschen heisse Sommer und strenge Winter. Aber auch die mittlere Temperatur der ganzen Erde hält sich im Laufe des Jahres nicht constant, sondern die Erde hat einen Sommer und einen Winter, welche mit den gleichen Jahreszeiten der nördlichen Hemisphäre zusammenfallen.

In diesen Verhältnissen, sagt hierüber Dove, scheint ein wichtiges Moment des Bewegungsmechanismus der gesammten Atmosphäre zu liegen, die Bedingung nämlich eines periodischen Ueberganges der Wasserdämpfe in den Zustand des Tropfbaren. Der Kreislauf des Flüssigen, dieser wesentliche Hebel alles vegetativen und animalischen Lebens, erscheint auf diese Weise nicht mehr gebunden an locale Abkühlungen, an die Vermischung ungleich temperirter Luftströme, sondern in der unsymmetrischen Vertheilung der festen und flüssigen Massen auf beiden Erdhälften liegt die innere Nothwendigkeit, dass der Wasserdampf, der sich vom Herbstäquinoctium bis zum Frühlingsäquinoctium über der südlichen Erdhälfte in überwiegendem Masse entwickelt, in der anderen Hälfte des Jahres zur Erde als Regen und Schnee zurückkehrt. So erscheint der wundervolle Gang der mächtigsten Dampfmaschine, die wir kennen, der Atmosphäre dauernd geregelt.

Durch eine kühne Anwendung der obenstehenden Formel der Temperaturvertheilung könnte man unter der Voraussetzung, dass eine Eis- und Schneedecke denselben Einfluss auf die Temperatur wie festes Land ausüben, auf das Vorhandensein und die Grösse eines etwaigen eisfreien Meeres in der Nähe der beiden Pole schliessen.

Nach Prof. Hann's Isothermenkarten beträgt die wahrscheinliche mittlere Jahrestemperatur am Nordpol  $-20^{\circ}$ . Setzt man diese Temperatur in die Formel ein, so sind darin alle Grössen bis auf  $n$ , welche die procentuelle Landbedeckung vorstellt, gegeben und man erhält  $n = 7/10$ , d. h. es sind in der Nähe des Nordpols  $7/10$  der Fläche mit Land, beziehungsweise mit einem eisbedeckten Meere,  $3/10$  aber von einem offenen Meere bedeckt.

Die beiden Extreme der Wärmevertheilung, nämlich wie sie auf einer reinen Land- oder Wasserhemisphäre herrschen würden, treten uns auf der Erde näherungsweise im Land- und Seeklima entgegen. Letzteres besitzt äusserst gleichmässige Wärmeverhältnisse, geringe jährliche und tägliche Temperaturschwankungen, denn der hohe Wasserdampfgehalt der Seeluft verhindert einen grossen Wärmeverlust in Folge der nächtlichen Ausstrahlung, weil schon eine geringe Abkühlung eine Condensation desselben in Form von Wolkenbildung bewirkt, wodurch

die weitere Erkaltung gehemmt wird. Auf St. Helena beispielsweise — ich entnehme hier und im Folgenden die Daten Prof. Hann's Klimatologie — beträgt die grösste tägliche Wärmeschwankung nur  $2^{\circ}$ — $4^{\circ}$ .

In den Tropen, wo die mittlere Jahrestemperatur  $20^{\circ}$ — $28^{\circ}$  beträgt, schwankt die Temperatur im Laufe des Jahres um  $1^{\circ}$ — $5^{\circ}$  und erreicht in den extremsten Klimaten, wie z. B. Chartum, noch nicht  $13^{\circ}$ . Das Landklima weist hingegen grosse Temperaturgegensätze auf. Selbst in den Tropen treten zuweilen tägliche Temperaturgegensätze auf, wie man sie im reinsten Landklima mittlerer Breiten selten findet. So beobachtete Dr. Nachtigall in der Oase Murzuk und in Kuka am Tsadsee Tagesschwankungen von  $19^{\circ}$ — $22^{\circ}$ , Livingston in Südafrika von  $27^{\circ}$ . Ja Rohlf's notirte am 25. December 1878 zu Bir Milrha, südlich von Tripolis, zu Mittag  $37.7^{\circ}$ , während in der Nacht das Thermometer auf  $-0.5^{\circ}$  sank, und Dr. Perrier fand in der algerischen Sahara am 25. Mai 1840 Morgens sein Zelt mit Reif umgeben, während am Tage die Temperatur auf  $31.5^{\circ}$  stieg.

Im Landklima brechen oft innerhalb kurzer Zeit grosse Temperaturgegensätze herein, wie dies im Seeklima wohl nie vorkommt. So sank in Barnaul vom 4. bis zum 16. December 1860 die Temperatur von  $3^{\circ}$  auf  $-55^{\circ}$ , das ist eine Temperaturänderung von  $58^{\circ}$  in zwölf Tagen; zu Krasnojarsk stand am 28. November 1840 das Thermometer noch  $1^{\circ}$  über Null, während es 46 Stunden später bereits auf  $46^{\circ}$  unter Null wies. Der grösste Temperatursprung wurde bisher zu Neu-Hannover beobachtet, wo vom 7. Februar 1861 Mittags bis zum folgenden Morgen die Temperatur von  $4.4^{\circ}$  auf  $-35.6^{\circ}$ , d. i. um  $40^{\circ}$  in 18 Stunden sank.

Ein schönes Beispiel vom Gegensatze zwischen Land- und Seeklima gibt uns Hann, indem er für mehrere fast auf demselben Breitenkreis ( $52^{\circ}$  Nord) liegende Orte von der Westküste Europas in das Innere Asiens hinein auf eine Längenerstreckung von 91 Graden die mittleren Jahres-, sowie die Januar- und Juli-Temperaturen zusammenstellt:

	Jahr	Januar	Juli	Jahresschwankung
Valentia	10·1°	5·7°	15·1°	9·4°
Oxford .	9·4°	3·6°	16·2°	12·6°
Münster	9·1°	1·3°	17·3°	16·0°
Posen	7·8°	—2·7°	18·3°	21·0°
Warschau .	7·3°	—4·3°	18·7°	23·0°
Kursk	5·7°	—9·4°	19·8°	29·2°
Orenburg .	3·3°	—15·3°	21·6°	36·9°
Barnaul	1·7°	—18·0°	21·8°	39·8°

Es nimmt die mittlere Jahrestemperatur von der Küste in das Innere des Continents hinein um 8·4° ab, die Januar-temperatur um 23·7°, während die Julitemperatur um 6·7° zunimmt; die Jahresschwankung der Temperatur erreicht im Innern des Landes mehr als den vierfachen Betrag von dem an der Küste.

Während in höheren Breiten, wie in diesem Beispiele gezeigt ist, die Temperaturerniedrigung die Oberhand gewinnt überwiegt in niederen Breiten, wo ein eigentlicher Winter fehlt, der erwärmende Einfluss und die mittlere Jahrestemperatur nimmt von der Küste in das Innere des Landes hinein zu, wie beispielsweise in Australien.

Die heissesten Gegenden der Erde sind das Tropengebiet, insbesondere aber das Innere Afrikas, und zwar nördlich vom Aequator, und die Ostküste desselben, zumal die südlichen Küsten des Rothen Meeres. Massaua, wo nach Rohlfs das Brunnenwasser in 4—5 *m* Tiefe 34°—35° C misst, hat eine mittlere Jahrestemperatur von 31·4°, davon der kälteste Monat, Januar, 25·5°, der wärmste, Juni, 36·9°; die höchsten Temperaturen reichen aber sogar bis 56° C. hinauf. Chartum und Kuka (Tsadsee) haben eine mittlere Jahrestemperatur von über 28°, welche im Laufe des Jahres zwischen 22° und 34° schwankt. Die höchsten Temperaturen überschreiten in diesen Gegenden fast durchwegs 40°, selbst in der kühlen Jahreszeit erreichen die Monatsmaxima 30°, während die Minima auf 14° herabgehen. Russegger beobachtete in Chartum Ende April zweimal 46·6°.

Obgleich die Minima der Temperatur in den Tropen selten unter 20° herabgehen, wird von Bewohnern dieser Gegenden schon über Kälte geklagt, wenn die fast das ganze Jahr hindurch gleichmässig anhaltende Temperatur von 26°—28° um ein paar Grade sinkt. In Gombé und weiter südlich fand Rohlfs in

den Hütten der Pulloneger eigenthümliche Nachtlager. Bänke aus Thon, die innen hohl sind und nachts durch Kohlen und Feuer gewärmt werden. Der fröstelnde Neger breitet seine Matten darüber und schützt sich so in den Wintermonaten bei einer Temperatur von  $22^{\circ}$  gegen Kälte, während wir bei unserer eben so hohen Sommertemperatur vor Hitze kaum schlafen können.

Ein wahrer Wärmeherd ist in den Sommermonaten das Gangesthal und Pandschab mit mittleren Jahrestemperaturen von  $24^{\circ}$ — $28^{\circ}$ . Die mittleren Maxima betragen beispielsweise in Multan  $48.2^{\circ}$ , in Lahore  $47.9^{\circ}$ , in Benares  $45.7^{\circ}$ , während wiederum die mittleren Minima sogar unter  $0^{\circ}$  herabreichen. In Leh betragen die mittleren Extreme sogar  $31.7^{\circ}$  und  $-20.2^{\circ}$ ! Temperaturen von  $50^{\circ}$  werden sehr oft beobachtet; die absoluten Extreme von Multan betragen  $52.8^{\circ}$  und  $-1.7^{\circ}$ , von Lahore  $50.9^{\circ}$  und  $-1.6^{\circ}$ .

Eine vortreffliche Schilderung des Klimas dieser Gegend verdanken wir dem englischen Missionär Merk, aus der nur einige Stellen herausgegriffen sein mögen. Wenn man sich dem über die erhitzten Sandflächen der Indusregion herkommenden Westwind, der ein wahrer Gluthwind ist, aussetzt, so glaubt man, man wende das Gesicht einem geöffneten Backofen zu. Das Thermometer steigt im Schatten bis über  $50^{\circ} C$ . So lange der Gluthwind stark weht und regelmässig anhält, können die Wohnungen einigermaßen kühl erhalten werden durch Grasthüren, die vor die Thüröffnung gestellt und fortwährend mit Wasser begossen werden, oder durch die Windfächer des sogenannten Thermantidot, welche von einem Manne beständig herumdreht und mit Wasser begossen werden. Wer sich diese künstlichen Kühlmittel nicht verschaffen kann, steht fünf Monate lang die tägliche Qual unerträglicher, erschlaffender Hitze aus. Menschen und Thiere schwächen und schnappen nach Luft, wenn das Thermometer im Hause Tag und Nacht zwischen  $35^{\circ}$  und  $45^{\circ} C$ . steht. Allmählich verliert der Europäer Appetit und Schlaf, alle Kraft und Energie verlassen ihn. Auf die Pflanzenwelt macht sich die Hitze nicht minder fühlbar. Fast alles Grün verdorrt, das Gras scheint bis auf die Wurzel zerstört zu sein, Sträucher und Bäume scheinen abzusterben, die Erde wird hart wie auf einer Strasse, der lehmige Boden

springt auf, die ganze Landschaft erhält den Charakter der Oede und Melancholie. Der heisse Gluthwind hört im Juni allmählich auf und man hat nun Windstille. Nun erst wird die Hitze wahrhaft fürchterlich. Grasthüre, Thermanitodot helfen nicht mehr. Alles sehnt sich nach der nahen Regenzeit.

Äusserst hohe Temperaturen werden während der Sommerzeit auch im Innern Australiens beobachtet, obgleich die mittlere Jahrestemperatur von der in Europa wenig verschieden ist. Stuart erlebte im Innern Australiens Temperaturen von  $55^{\circ} C$ .

Die niedrigsten Temperaturen auf der Erde treten, wenn man vom Polargebiet, wo die niedrigsten mittleren Jahrestemperaturen zu finden sind, absieht, während des Winters in der Umgebung der sogenannten Kältepole auf. Der eine liegt im Arktischen Archipel von Nordamerika und zeichnet sich durch einen sehr kalten Sommer, sowie durch einen strengen Winter aus; die mittlere Jahrestemperatur ist in Folge dessen eine sehr niedrige, nämlich  $-16^{\circ}$  bis  $-20^{\circ} C$ . Die mittlere Temperatur des wärmsten Monats beträgt in diesen Gegenden nur  $3^{\circ}$ — $5^{\circ}$  und es sind dies die niedrigsten Sommertemperaturen der nördlichen Hemisphäre. Man kann daher dieses Gebiet als den Sommerkältepol bezeichnen. Der andere Kältepol liegt im nordöstlichen Sibirien über der Gegend von Jakutsk und Werchojansk; er hat ein ausgesprochen continentales Klima, hohe Sommertemperaturen und äusserst niedrige Wintertemperaturen, und somit sehr grosse jährliche Wärmeschwankung. Die mittlere Jahrestemperatur ist hier nicht so niedrig wie am nordamerikanischen Kältepol, sie sinkt nicht unter  $-17^{\circ}$  herab.

Die Temperaturverhältnisse im Arktischen Archipel von Nordamerika sind uns, wenn auch zumeist nur aus einjährigen Beobachtungsreihen, doch von vielen Stationen bekannt; wir verdanken dieses interessante Material grösstentheils den Schiffsexpeditionen, welche zur Aufsuchung Franklin's in jenen Gegenden weilten.

Im Folgenden sind einige der extremsten Temperaturen, welche daselbst beobachtet wurden, nach Hann's Zusammenstellung angeführt:

Ort	Nördl. geogr. Breite	Jahrestemp.	Absolutes	
			Maxim.	Minim.
Cambridgebai	69° 3'	— 16·4°	12·8°	— 46·9°
Port Leopold	73° 50'	— 16·6°	7·2°	— 46·7°
Northumberl. Sund	76° 52'	— 17·4°	13·9°	— 49·4°
Mercybai	74° 6'	— 16·6°	11·1°	— 54·0°
Melvilleinsel (Winterhafen)	74° 47'	— 17·1°	15·6°	— 45·6°
Rensselaerhafen	78° 37'	— 19·0°	10·6°	— 54·7°
Lady Franklinbai	81° 44'	— 20·1°	7·9°	— 57·1°
Floeberg Beach.	82° 27'	— 19·8°	10·0°	— 58·8°

Die mittlere Temperatur des kältesten Monates sinkt hier selten unter  $-40^{\circ}$  — für die angeführten Orte beträgt die durchschnittliche mittlere Temperatur des kältesten Monates  $-38^{\circ}$  — während dieselbe am asiatischen Kältepole zumeist darunter liegt.

Zur Charakteristik der extremen Wärmeverhältnisse im Gebiete des asiatischen Kältepoles seien folgende Daten angeführt:

Ort	Nördl. geogr. Breite	Mittlere Temperatur			Jahres- schwankung
		Jahr	Januar	Juli	
Ustjansk	70° 55'	— 15·9°	— 41·4°	13·4°	54·8°
Werchojansk	67° 34'	— 16·7°	— 49·0°	15·4°	64·4°
Jakutsk	62° 1'	— 11·2°	— 42·8°	18·8°	61·6°
Irkutsk	52° 27'	— 0·1°	— 20·5°	18·8°	39·3°
Selenginsk	51° 6'	— 0·5°	— 25·7°	22·0°	47·7°
Nertschinsk	51° 19'	— 3·7°	— 29·4°	18·3°	47·7°

Die jährliche Wärmeschwankung erreicht hier ihren höchsten Grad, auf furchtbare Winterkälte folgt hohe Sommerwärme, die den bis über 100 Meter Tiefe gefrorenen Boden auf ein Meter tief aufthaut, Ackerbau gestattet und die schönsten Lerchenwaldungen über dem ewigen Eisboden gedeihen lässt. Die Irkutsker Flora, sagt Erman, ist reicher an Arten als die von Berlin und noch dadurch ausgezeichnet, dass in ihr Pflanzen aus arktischen Landstrichen mit denen warmer Klimate zusammentreffen. Ebenso ist es mit der Thierwelt, denn der Tunguse, der auf dem Renntiere reitet, begegnet dort dem Buräten mit seinen Kameelen und oft fliehen Tiger aus China in die Irkutsker Wälder, in denen Bären ihren Winterschlaf halten.

Für einige der kältesten Orte sind die mittleren Extreme, das sind nämlich die Temperaturen, auf welche man sich jährlich gefasst machen kann, im Folgenden angeführt, denen auch die absoluten Minima beigelegt sind, welche bisher beobachtet wurden.

Ort	Mittlere Extreme	Absol. Minim.
Jakutsk .	33·0° — 54·8°	— 62·0°
Nicolajewsk	28·5° — 39·0°	— 50·0°
Nertschinsk	31·6° — 42·2°	— 47·2°
Ochotsk	23·6° — 38·9°	— 46·2°
Irkutsk	34·9° — 38·4°	— 43·0°

Die höchste Temperatur, welche in Jakutsk innerhalb 32 Jahren beobachtet wurde, beträgt 38·8°, so dass also der Unterschied der absoluten Wärmeextreme 100°, den Unterschied zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt des Wassers erreicht.

Die niedrigste Temperatur, welche bisher auf der Erde beobachtet wurde, betrug — 63·2° in Werchojansk, dem Centrum des asiatischen Winterkältepol. Es übersteigt also der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten auf der Erde beobachteten Temperatur 120° des hunderttheiligen Thermometers.

Es ist nicht möglich, sagt Middendorf, der längere Zeit in Ostasien gelebt, die feierliche Unheimlichkeit zu beschreiben, welche unter der Herrschaft jener fürchterlichen Kältegrade im Freien obwaltet; so etwas muss man erlebt haben, um es zu verstehen. Das Quecksilber ist längst zum festen Metalle erstarrt und lässt sich zu Kugeln formen und schneiden und hämmern wie Blei, das Eisen wird spröde und Beile springen wie Glas; das Holz wird nach Massgabe der in ihm enthaltenen Feuchtigkeit härter als Eisen und widersteht der Axt, so dass nur völlig trockenes Holz sich zum Fällen und Spalten hergibt; die sonst hoch emporflackernde Flamme des Wachtfeuers umleckt nur den entzündeten Holzstoss, sich dicht an ihn anschmiegend. Weit vernehmbar knarrt jeder Tritt im spröde gewordenen Schnee, hell krachend platzen mit mächtigen Schüssen ringsum die Bäume des Urwaldes, ihnen antwortet gleich dem Kanonendonner ferner Batterien ein dumpf nachtönendes unterirdisches Knallen, das die Erde erschüttert. Dieses Knallen rührt vom Bersten der Eisdecken, sowie vom

Bersten des gefrorenen Bodens her. Man möchte nicht glauben, dass Pflanzen und Thiere eine so entsetzliche Wärmeentziehung ungefährdet zu ertragen vermögen.

Dass diese ungeheueren Kälte trotzdem ohne Nachtheil und besondere Beschwerden von Menschen ertragen wird, rührt daher, dass während des Winters über Asien ein constantes Luftdruckmaximum lagert und in Folge dessen beständige Windstille bei klarem Himmel und äusserst trockener Luft herrscht. In feuchten und windigen Klimaten sind Temperaturen von  $-15^{\circ}$  bis  $-20^{\circ}$  viel unerträglicher als in Ostasien die Frostgrade, die unter dem Gefrierpunkte des Quecksilbers liegen und es ist nicht zu wundern, wenn sich Leute, die längere Zeit in Ostsibirien gelebt haben, nur schwer wieder an das unbeständige und feuchte Klima von Europa gewöhnen. Ostsibirien, sagt F. Müller, ist nicht nur ein sehr schönes Land, sondern auch das Klima bietet viele Annehmlichkeiten. Nicht allein die Bewohner hängen mit grosser Liebe an ihrem Heimatlande, selbst Europäer, die lange in Sibirien gelebt haben, sind häufig schon aus Europa, von Sehnsucht nach dem fernen Osten getrieben, wieder dahin zurückgekehrt.

Die höchsten und niedrigsten Temperaturen, welche die österreichische Polarexpedition an Bord des „Tegetthoff“ während der Drift gegen Franz Josef-Land und an dessen Küste erlebte, waren im Jahre 1872/3  $7.7^{\circ}$  und  $-46.2^{\circ}$  in der Breite von 78 Grad und im Jahre 1873/4  $10.4^{\circ}$  und  $-45.9^{\circ}$  unter  $79\frac{1}{2}$  Grad. Die mittleren Jahrestemperaturen in diesen zwei Jahren betragen  $-16.8^{\circ}$ , bez.  $-14.6^{\circ}$ .

Die niedrigsten Temperaturen, nämlich  $-30^{\circ}$  und darunter, kommen nach Hann in Oesterreich-Ungarn vor im Erzgebirge und Nordböhmen, auf dem böhmisch-mährischen Plateau, in Schlesien und dem nördlichen Mähren, in Oberungarn, Galizien und der Bukowina, ferner in Siebenbürgen und in einigen Alpenländern, im Lungau und Kärnten. Die absolut niedrigsten Temperaturen waren  $-36^{\circ}$  in Tamsweg,  $-35^{\circ}$  in Czernowitz und Datschitz,  $-34^{\circ}$  in Teschen, Arvavarallja und Tarnopol.

Zum Schlusse seien noch die mittleren Extreme der einzelnen Monate und des Jahres in Prag angeführt, wie sie sich aus 45jährigen Beobachtungen ergaben:

	Max.	Min.
Januar	7·9°	— 12·4°
Februar .	9·2°	— 10·9°
März	14·4°	— 7·0°
April	21·5°	— 1·1°
Mai	26·7°	2·8°
Juni	29·2°	8·3°
Juli	31·1°	10·5°
August	30·3°	9·7°
September	26·1°	4·8°
October	20·7°	0·3°
November	12·0°	— 5·6°
December .	8·8°	— 10·9°
<hr/>		
Jahr	32·1°	— 16·2°

Die durchschnittliche Monatsschwankung der Extreme beträgt 20·8°, sie ist am grössten im Mai 23·9°, am kleinsten im November 17·6°. Die mittlere Jahresschwankung der Extreme beträgt 48·3° und wir können wahrscheinlich jedes Jahr auf eine einmalige Temperatur von 32° einerseits und von —16° andererseits rechnen.

Die höchste Temperatur, welche seit 1841 in Prag beobachtet wurde, betrug 36·0° am 17. August 1892, die niedrigste — 27·0° am 22. Januar 1850.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Spitaler Rudolf Ferdinand

Artikel/Article: [Temperaturextreme auf der Erde. 204-221](#)