

Das Klima der Eiszeit

Autor(en): **Brückner, Ed.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **73 (1890)**

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90066>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Klima der Eiszeit.

Vortrag von Prof. Dr. Ed. Brückner in Bern.

So alt die Erkenntniss ist, dass einst die Gletscher der Alpen, zu riesenhafter Grösse angeschwollen, das ganze Schweizerland unter ihrer eisigen Last begruben, so alt ist die Frage nach dem Klima, welches jene Eisausdehnung verursachte. Zahllos sind die Hypothesen, die auf jene Frage die Antwort zu liefern suchten. Bald deutete man die Eiszeit als einen gewaltigen Schüttelfrost der Erde, bald als eine Periode sindfluthartiger Regen. Man versuchte das eine oder das andere durch terrestrische oder kosmische Vorgänge zu erklären und verlor sich in ein Gewirr von Hypothesen, von denen die Mehrzahl heute durch die Beobachtung gänzlich widerlegt ist. Die Spekulation war der Feststellung der Thatsachen weit voraus geeilt.

Erst das extensive und intensive Studium der diluvialen Ablagerungen in den letzten 15 Jahren hat eine Reihe von Thatsachen erkennen lassen, welche eine feste Basis für die Beantwortung der Frage nach dem Klima der Eiszeit abgeben.

Einer der hervorragendsten Züge, welcher die Gletschererscheinungen der Diluvialzeit auszeichnet, ist die Allgemeinheit des Phänomens. Die ganze Erde ist von einer Eiszeit betroffen worden, die sich jedoch in den verschiedenen Gebieten verschieden intensiv

äusserte. Durchweg bestand sie in einer Potenzierung der jetzigen Vergletscherung. Wo heute grosse Gletscher existiren, von dort sehen wir in der Diluvialzeit gigantische Eismassen ausstrahlen, so das nordeuropäische, das nordamerikanische und das patagonische Inlandeis; wo heute nur Gletscher von mässiger Grösse anzutreffen sind, begegnen wir auch in der Eiszeit zwar im Verhältniss zu den heutigen immer noch riesengrossen, jedoch im Vergleich zu den Inlandeismassen kleinen Gletschern, so in den Alpen, den Pyrenäen, im Kaukasus, Himalaya, Kuen-lun, Thian schan, in der Sierra Nevada des Great Basin, in Neuseeland, auf den Kerguelen, in Südgeorgien etc. Endlich trugen Gebirge, die sich heute nicht mehr in die Region des ewigen Schnees erheben, in der Diluvialzeit auch nur ganz kleine Gletscher, wie die Vogesen, der Schwarzwald, die Karpathen, der Ural, die Australischen Berge, die Falklandsinseln etc.

Noch deutlicher tritt die Allgemeinheit des Phänomens hervor, wenn wir die Spuren der diluvialen abflusslosen Seen über die Erde hin verfolgen. Wie die Gletscher, so sind auch die abflusslosen Seen in ihrer Grösse durchaus von den klimatischen Elementen abhängig, von dem Niederschlag, der sie direkt oder durch Vermittlung der Flüsse nährt und von der Wärme, die an ihnen durch Verdampfung, wie an jenen durch Schmelzung zehrt. Auch sie waren in der Diluvialzeit gewaltig angeschwollen, wie der Bonneville- und der Lahontansee mit ihren zahlreichen kleinen Nachbarn im Great Basin von Nordamerika, wie die Seen in der Sahara, in Tibet, in Turkestan, wie das Kaspische Meer und der Aralsee, das Todte Meer etc. Bei einigen der Seen im Great Basin liess sich direkt der Nachweis führen, dass dieses Anschwellen gleichzeitig mit der Vergletscherung der benachbarten Gebirge stattfand.

Es ist sehr wichtig, dass auch die Tropen keine Ausnahme machen; auch sie haben, wie die übrigen Gebiete der Nordhemisphäre und der Südhemisphäre, in der Diluvialzeit einerseits eine bedeutende Vergrößerung ihrer Gletscher und andererseits eine solche ihrer abflusslosen Seen erlebt; auch sie haben ihre Eiszeit gehabt, wenn auch deren Spuren sich hier nicht in dem Masse aufdrängen wie in höheren Breiten. Allein die diluviale Vergletscherung war, verglichen mit der heutigen, in den Tropen nicht kleiner, als bei uns oder in Amerika. So gibt es kein Land der Erde, das nicht seine Eiszeit gehabt hätte. ¹⁾

Diese Allgemeinheit der Eiszeit auf der ganzen Erde weist mit Entschiedenheit auf eine Gleichzeitigkeit derselben hin; so lange man glauben konnte, dass die Tropen keine Eiszeit erlebt hätten und dass die Südhemisphäre sich heute in einem Stadium der grössten Vergletscherung befinde, so lange konnte man an eine Ungleichzeitigkeit der nord- und der südhemisphärischen Eiszeit glauben. Heute geht das nicht mehr.

Noch etwas anderes lehrt die Allgemeinheit des Eiszeitphänomens auf der Erde und die Thatsache, dass dasselbe durchweg in einer Potenzierung der heutigen Gletscher bestand, nämlich dass im Grossen und Ganzen die Vertheilung von Hoch und Niedrig, von Wasser und Land die gleiche war wie heute, ein Schluss, der mit der geringen Verbreitung diluvialer Meeresablagerungen auf dem Festlande ganz in Uebereinstimmung steht.

Heute treffen wir Gletscher nur dort an, wo mehr oder minder ausgedehnte Theile des Felsgerüsts der Erde über die Schneegrenze emporragen. Wenn wir in der Eiszeit die Gletscher gewaltig angeschwollen

¹⁾ Der Vortragende hatte eine Karte ausgestellt, welche die Verbreitung der diluvialen Gletscher und Seen erkennen liess.

sehen, so müssen wir offenbar schliessen, dass weit ausgedehntere Theile der Erde sich oberhalb der Schneegrenze befanden, dass also die Schneegrenze tiefer lag als heute. Penck hat mit Hülfe einer sinnreichen Methode den Betrag der Depression der Schneegrenze in der Eiszeit für eine Reihe von Gebirgen zu bestimmen gesucht und gefunden, dass erstere rund 1000 m tiefer lag als heute, an einigen Orten etwas tiefer, an andern etwas weniger tief. Eine allgemeine, auch in den Tropen deutlich auftretende Depression der Schneegrenze zeichnete also die Eiszeit aus.

Eine zweite Thatsache von grosser Wichtigkeit hat die Erforschung der Diluvialablagerungen zu Tage gebracht — die Thatsache der Wiederholung der Vergletscherung. Es hat nicht eine Eiszeit gegeben, sondern deren zwei, die durch eine Zeit relativ kleinen Gletscherstandes getrennt waren. Ja, Penck vertritt für das deutsche Alpenvorland und vor allem für das Etschgebiet drei Eiszeiten, und ich konnte mich seinen Resultaten auf Grund eigener Beobachtungen an der Salzach und im Gebiete der südöstlichen Alpen anschliessen.

Die Zahl derjenigen geologischen Profile, deren Erklärung nicht anders als durch die Annahme einer Wiederholung der Vergletscherung möglich ist, mehrt sich von Tag zu Tag. Sie haben alle das Gemeinsame, dass in ihnen, zwischen zwei Moränen lagernd, einer älteren untern und einer jüngern oberen, Bildungen auftreten, die nicht unter dem Gletscher entstanden sein können, wie mächtige Lager von Flussgeröllen und Gehänge- oder Wildbachschutt, in denen sich mehrfach fossile Pflanzen fanden, Lager von Torf, gelegentlich selbst marine Sedimente und Löss. Das gilt von den Alpen, wie von den Pyrenäen und dem Felsengebirge,

vom nordeuropäischen Inlandeis, wie vom nordamerikanischen.

Man streitet heute schon nicht mehr über die Tatsache der Wiederholung der Vergletscherung, sondern über den Betrag des Rückzuges der Eismassen in der Interglacialzeit. Hierüber aber muss die geographische Verbreitung der interglacialen Profile Auskunft geben.

Leider bringt es die Natur der Sache mit sich, dass interglaciale Profile vorwiegend in der Nähe der Peripherie der Gletscher-Gebiete auftreten, wo allein eine ungestörte Ablagerung der Moränen stattfand, während gegen das Innere des vergletscherten Gebietes hin ein immer vollständigeres Ausfegen alles lockeren Materials erfolgen musste. So kommt es, dass bis heute nur in den Alpen, hier jedoch an mehreren Stellen, die interglacialen Profile bis tief in das Herz des Gebirges hinein verfolgt werden konnten. Offenbar hatten sich die Gletscher in der Interglacialzeit sehr weit zurückgezogen. Zu dem gleichen wichtigen und interessanten Resultat, dass die Gletscher der Interglacialzeit ihrer Grösse nach nicht wesentlich von den heutigen verschieden gewesen sein können, führt auch die Untersuchung der interglacialen Flora. Was nun aber von den Alpen gilt, gilt bei der Harmonie, die sich in allen Erscheinungen der Eiszeit überall ausspricht, auch mehr oder weniger sicher für die übrigen Gletschergebiete. Auch hier schaltete sich zwischen die beiden Vergletscherungen eine Zeit kleinen Gletscherstandes ein.

Voll und ganz werden diese Schlüsse durch die Untersuchungen amerikanischer Gelehrter im Gebiete der beiden grossen diluvialen Seen des Grossen Beckens von Nordamerika, des Lake Bonneville und des Lake Lahontan, bestätigt.

An beiden Seen lassen sich mit aller Sicherheit

zwei Perioden hohen Wasserstandes unterscheiden, die durch eine Zeit getrennt erscheinen, in welcher die Seen mindestens auf ihren heutigen Umfang zusammengeschwunden waren. Ueberall nämlich, wo man durch nachträgliche Erosion in den Boden der alten Seen eingetiefte Thäler antrifft, da sind drei Schichten übereinander zu beobachten: zu unterst der Niederschlag eines alten Sees; darüber eine Schicht typischer Fluss- und Bachablagerungen, endlich im Hangenden ebenfalls lacustre Bildungen. Diese drei Horizonte sind durch Discordanzerscheinungen von einander getrennt; der Kies vor allem lagert oft in Thälern, die in die liegende Seeablagerung geschnitten sind. Es schaltet sich also zwischen die beiden Perioden hohen Wasserstandes eine Zeit ein, in welcher der alte Seeboden von Flüssen durchflossen wurde, die auf ihm ihre Gerölle ablagerten. Diese interlacustren Profile, wie man sie nicht unpassend nennen könnte, lassen sich im Gebiet des Grossen Salzsees abwärts bis 50 m Höhe über dem jetzigen Spiegel des Sees verfolgen, wo die beiden untern Ablagerungen unter den obern jüngern verschwinden. Analoges ist am Lake Lahontan constatirt. Russell und Gilbert machen es sogar wahrscheinlich, dass in der Zeit zwischen den beiden Seeperioden überhaupt alle stehenden Gewässer des Beckens geschwunden waren.

Angesichts der Ausdehnung desjenigen Gebietes der Erde, für welches eine Zweizahl der Eiszeiten oder der Höchststände der Seen nachgewiesen ist, darf man heute wohl an der Allgemeinheit dieser Wiederholung nicht zweifeln und den Satz aussprechen: Die ganze Erde hat mindestens zwei Eiszeiten erlebt, getrennt durch eine Interglacialzeit, zwei Perioden tiefer Lage der Schneegrenze und grossen Standes der Gletscher und abflusslosen

Seen, getrennt durch eine Periode hoher Lage der Schneegrenze und kleinen Standes der Gletscher und Seen. Es sind grossartige Schwankungen der hydrographischen Phänomene der Erde, von welchen uns die Diluvialablagerungen zeugen; nur in entsprechenden Schwankungen des Klimas können sie ihre Ursache besitzen.

Die diluvialen Schwankungen der Gletscher, wie der abflusslosen Seen, können sowohl durch einen Wechsel von kalten und warmen Perioden, als auch durch einen solchen von feuchten und trockenen erklärt werden. Gegenwärtig neigt man unter den Geologen, nach dem Vorgange von Lecoq, de la Rive, Tyndall und Frankland, vielfach der Ansicht zu, es sei die Eiszeit durch eine Vermehrung der Niederschläge veranlasst worden; die Temperaturverhältnisse hätten dagegen nur eine mehr untergeordnete Rolle gespielt. Ja, Whitney, der diese Hypothese weiter ausgebaut hat, verfißt sogar, ebenso wie Frankland, die Anschauung, dass die Eiszeit bei höherer Temperatur stattfand, da bei höherer Temperatur die Verdunstung und damit die Niederschläge gesteigert gewesen sein müssten. Ihm ist das Schwinden der Gletscher und Seen eine Folge der allmäligen Abkühlung des Erdenklimas. Aenderung der Niederschläge ohne wesentliche Aenderung der Temperatur, das ist die Parole, die ausgegeben wird. Man stützt sich hierbei zum Theil auf die Ausführungen Woeikof's, deren Anwendung jedoch übertrieben wird. Woeikof selbst hat sich gegen jene Theorie Whitney's, wie früher Sartorius von Waltershausen gegen diejenige Frankland's, gewandt und ihre Haltlosigkeit aus meteorologischen Gründen dargethan. Eine Erhöhung der Temperatur der Luft und der Meere würde freilich mehr Verdunstung und mehr Niederschlag verursachen, aber die Schneemenge in den Gebirgen

vermindern; denn Schnee würde nur in grössern Höhen fallen als jetzt, und da die Schneegrenze selbst in den feuchtesten Gegenden der Tropen jetzt bedeutend höher als 4000 m liegt, so würde sie dann noch höher rücken.

Ueberblickt man die Sachlage, so ist ersichtlich, dass man bis heute der Frage fast ausschliesslich in Speculationen näher zu treten suchte. Wie schwierig es jedoch bei solchen ist, die einzelnen Factoren gegen einander abzuwägen, zeigt die Thatsache, dass die einen für die Eiszeit unbedingt ein etwas wärmeres, die andern aber ein etwas kälteres Klima annehmen wollen. Wirklich positive Anhaltspunkte zur Klärung der Frage hatte bis vor Kurzem nur Woeikof beigebracht, indem er die klimatischen Bedingungen der heutigen Gletscher eingehend feststellte. Da schlug im Jahre 1885 Lang einen neuen Weg ein; er suchte, wie schon vor ihm Sonklar, Forel und Richter, durch eine Discussion der meteorologischen Beobachtungen in der Umgebung der Alpen festzustellen, welcherlei Ursachen die Schwankungen der Alpengletscher bedingen, die wir im laufenden Jahrhundert deutlich erkennen können und deren Studium vor allem Forel sich zur Aufgabe gemacht hat. Er fand, dass diese Schwankungen parallel gehen mit Schwankungen des Niederschlags, während ein Parallelgang mit der Temperatur sich nicht mit gleicher Schärfe ergab. Eine Vermehrung des Niederschlags, so schloss er, muss also auch in erster Reihe die Eiszeit heraufbeschworen haben.

Es war mir vergönnt, die Untersuchungen Lang's, welche sich auf die Alpen beschränkten, über die ganze Erde hin auszudehnen. An der Hand der Beobachtungen von im Ganzen 800 Stationen mit insgesamt 37,000 Beobachtungsjahren gelang es mir darzuthun, dass

das Klima auf der ganzen Erde in einer beiläufig 35-jährigen Periode Schwankungen erleidet.

Die Klimaschwankungen der historischen Zeit bestehen in Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks und des Regenfalls, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Dabei ist die Temperatur dasjenige Element, von dem alle übrigen abhängen.

Die Schwankungen der Temperatur konnte ich an Thermometerbeobachtungen bis 1731 zurück verfolgen, dagegen an den Daten über die Eisverhältnisse russischer Ströme bis 1700 und selbst noch weiter zurück. Die Schwankungen der Temperatur sind so gut wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Nur 11 Procent derselben bilden Ausnahmen, jedoch ohne dass irgend eine Gesetzmässigkeit gefunden werden könnte, während jedesmal 89 Procent aller Gebiete gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden erleben. Die Amplitude dieser Temperaturschwankungen beträgt im Mittel für die ganze Erde nahezu 1° C.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckvertheilung ein, indem sie synchrone Schwankungen des Barometers hervorrufen. Die Intensität und der Character dieser Luftdruckschwankungen ändert sich von Gebiet zu Gebiet in durchaus gesetzmässiger Weise. In den Wärmeperioden erscheint der Uebertritt oceanischer Luft vom Meer aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Das muss nun seinerseits auf den Regenfall des Landes einwirken.

Auf dem Gros der Landmassen schwankt der Regenfall derart, dass die kühlen Perioden auch feucht und die warmen trocken sind. Etwas mehr als 20 Procent der durch meteorologische Beobachtungen vertretenen Gebiete verhalten sich theils ständig, theils wenigstens temporär abweichend, indem bei ihnen Regen-

reichthum und Wärme, andererseits Regenarmuth und Kälte zusammenfallen. Es ist sehr wichtig, dass diese Ausnahmegebiete sich vorwiegend um die Oceane gruppieren, die solcherart ihrer ganzen Ausdehnung nach in den Verdacht der Ausnahme kommen, wie der nordatlantische Ocean. In der That ist es verständlich, dass umsomehr Gelegenheit zur Regenbildung dem Ocean entzogen wird, je mehr feuchte, oceanische Luft vom Meer aufs Land übertritt. So scheint eine Art Compensationsverhältniss zwischen Continent und Ocean zu bestehen.

Die Schwankungen des Regenfalls sind sehr verschieden ausgeprägt; ihre Intensität nimmt im allgemeinen mit der Continentalität zu. Das Verhältniss der Regenmenge zur Zeit des Maximums zu derjenigen des Minimums wächst gegen das Innere der Landmassen hin; den grössten bekannten Werth erreicht es mit 2.31 in Westsibirien. Es rücken hier in der feuchten Periode die Isohyeten um viele Hunderte von Kilometern gegen das Innere des Festlandes vor, um in der Trockenzeit sich ebenso weit wieder zurückzuziehen. Da gleichzeitig auf dem Ocean die Regenmenge abnimmt, so besagt das nichts anderes, als dass sich in den kühlen und für die Landflächen feuchten Perioden die Gegensätze zwischen Ocean und Continent erheblich ausgleichen. Die Abnahme des Regenfalls gegen das Innere des Landes ist in der warmen Trockenperiode rasch, in der feuchten Kälteperiode langsam. Das liess sich für Asien, Europa und Nordamerika im Grossen und selbst für beschränkte Gebiete im Kleinen darthun.

Im Mittel für die Länder der Erde, ausschliesslich der Ausnahmegebiete, beträgt die Schwankung des Regenfalls 24 Procent des vieljährigen Mittels, und einschliesslich der Ausnahmen immer noch 12 Procent.

Die gesammte zur Zeit des Minimums auf alle Länder der Erde fallende Regenmenge ist um 12 Procent kleiner als diejenige zur Zeit des Maximums.

In den letzten beiden Jahrhunderten erscheinen als Centren von kalten und auf dem Lande feuchten Perioden die Jahre 1700, 1740, 1780, 1815, 1850 und 1880, als Centren von warmen und auf dem Lande trockenen Perioden die Jahre 1720, 1760, 1795, 1830 und 1860.

Diese Schwankungen des Klimas wirken deutlich auf den Stand der Flüsse und Flusseen, vor allem auch der abflusslosen Seen, wie der Gletscher, ein und verursachen Schwankungen derselben in einer etwa 35-jährigen Periode.

Es ist sehr bezeichnend, dass die grossen, langdauernden Oscillationen der Gletscher und der abflusslosen Seen der Diluvialzeit ihrem Character nach genau diesen an den heutigen Gletschern und abflusslosen Seen zu beobachtenden kurzdauernden Schwankungen entsprechen. Gewiss hat daher der Schluss eine hohe Berechtigung, dass auch die diluvialen Klimaschwankungen ihrem Character nach den heute zu beobachtenden entsprachen. Wie heute ein Vorstossen der Gletscher und ein Anschwellen der Seen durch eine Kälteperiode veranlasst wird, in deren Gefolge eine Schwächung der Luftdruckdifferenzen und daher eine Vermehrung des Niederschlags auf dem grössern Theil der Landflächen der Erde auftritt, so dürfte auch eine ganz entsprechende, nur durch eine grössere Abweichung und eine längere Dauer ausgezeichnete Kälteperiode mit analogen begleitenden Aenderungen des Luftdrucks und des Regensfalls als Ursache der Eiszeit zu betrachten sein. Es war das Klima der Eiszeit überall kühler und auf dem grössern Theile der Landflächen der Erde auch feuchter

als das heutige und als das Klima der Interglacial-, wie der Präglacialzeit.

Dieses Resultat stimmt mit den Anschauungen von Gilbert, Penck, Dutton und Neumayr im Wesentlichen überein, da sie alle die Ursache der Eiszeit in einer negativen Temperaturabweichung suchen. Doch erweitert und ergänzt es dieselben, indem es local auch den Schwankungen des Regenfalls einen Einfluss zuspricht. Die Schwankungen der Temperatur sind die erste und allgemeine Ursache, zu der sich in vielen Gegenden entsprechende Schwankungen des Regenfalls gesellen. Diejenigen Gebiete, welche wir oben bei der Schilderung der 35-jährigen Schwankung des Regenfalls als Ausnahme-Gebiete kennen lernten, vor allem die Meere, dürften wahrscheinlich auch in der Eiszeit keine Vermehrung, sondern eher eine Minderung ihres Niederschlages erlebt haben. Ja, die in jener Zeit niedriger Temperatur voraussichtlich geringere Verdunstung macht es fast wahrscheinlich, dass überhaupt die gesammte, auf die Erde niederfallende Regenmenge geringer war als heute; aber die Regenmenge der Festländer war grösser. Suchen wir diese aus der Analogie mit den Klimaschwankungen der letzten Jahrhunderte gewonnenen Ergebnisse an dem vorliegenden Thatachenmaterial zu prüfen.

Diejenige Erscheinung der Eiszeit, welche hierzu am besten geeignet scheint, ist die Depression der Schneegrenze. Dieselbe ist nach unserer Anschauung durch eine Minderung der Temperatur, die überall auftrat, veranlasst gewesen, gleichzeitig jedoch in verschiedenen Gebieten durch eine Steigerung des Regenfalls mit beeinflusst worden. Es muss sonach die Depression in verschiedenen Gebieten verschieden gross sein, mittelgross dort, wo eine Aenderung des Regen-

falls nicht platzgriff, am grössten dort, wo letzterer am intensivsten anwuchs, endlich am kleinsten dort, wo der Regenfall etwas abnahm. In der That zeigt es sich, dass die Depression der Schneegrenze keineswegs gleichmässig ist. Die wenigen vorhandenen Beobachtungen scheinen wirklich zu bestätigen, dass die Abweichung des Regenfalls während der Eiszeit vom heutigen von Ort zu Ort verschieden gewesen ist, derart, dass dort, wo heute die Schwankungen des Regenfalls sich am schärfsten ausprägen, auch in der Eiszeit die Vermehrung des Niederschlags relativ sehr gross war.

Ueber den Betrag der Abweichung des Regenfalls in der Eiszeit vom heutigen kann man schon deswegen nichts aussagen, weil derselbe von Ort zu Ort verschieden war. Anders aber steht es mit der Abweichung der Temperatur. Würde die Depression der Schneegrenze ausschliesslich ein Werk der Depression der Temperatur gewesen sein, so müsste an der diluvialen Schneegrenze jene Temperatur geherrscht haben, welche heute im gleichen Gebirge an der recenten Schneegrenze herrscht. Es liesse sich dann der Betrag der Temperatur-Depression einfach aus dem Betrag der Depression der Schneegrenze mit Berücksichtigung der bekannten Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe von $0,5^{\circ}$ pro 100 Meter berechnen. Da aber nach unserer Anschauung die Depression der Schneegrenze in vielen Fällen auch von einer Zunahme des Regenfalls beeinflusst wurde, so wird jene Methode offenbar nur dort gute Ergebnisse liefern, wo höchst wahrscheinlich eine Mehrung des Niederschlags nicht stattfand, d. h. dort, wo die Depression der Schneegrenze relativ klein ausfiel. Wir finden in dieser Weise als Endresultat, dass das Klima der Eiszeit um etwa 3 bis 4° kälter war als das heutige. Man sieht, es gehört keineswegs eine

gigantische Temperatur-Erniedrigung, wie man früher glaubte, dazu, um eine neue Eiszeit hervorzurufen. Die Temperatur-Differenz zwischen Eiszeit und heute ist sogar sehr gering, ist sie doch nur 3—4mal so gross als die Amplitude der oben für die letzten beiden Jahrhunderte nachgewiesenen säcularen Schwankungen der Temperatur. Dadurch, dass diese Temperatur-Depression auf die Luftdruck-Verhältnisse einwirkte, wurde die Feuchtigkeit auf dem Lande vermehrt, das Klima wurde hier oceanischer und die Schneegrenze noch tiefer herabgedrückt.

Ueber das Klima der Interglacialzeit können wir auf Grund der Klimaschwankungen in der historischen Zeit nur aussagen, dass dasselbe dem gegenwärtig herrschenden ziemlich nahe gestanden haben dürfte; denn Seen und Gletscher waren nicht wesentlich grösser — vielleicht sogar kleiner — als heute; das Klima war wärmer, als das Eiszeitklima und gleichzeitig erheblich continentaler. Mitteleuropa erlebte damals eine Steppenperiode.

Es wäre hier der Platz, die gewonnenen Ergebnisse an dem, was man über Fauna und Flora der Diluvialzeit weiss, zu prüfen. Doch die Zeit drängt; es genüge der Hinweis, dass Flora und Fauna unsere Schlüsse durchaus bestätigen.

Zwei Kälteperioden mit einer Temperatur etwa 3—4° tiefer als die heutige, die auf dem Lande als feuchte Perioden auftraten, getrennt durch eine Wärmeperiode, die der heutigen und der präglacialen klimatisch ungefähr entsprach, das sind, mit wenigen Worten geschildert, die Klimaschwankungen der Diluvialzeit.

Wenn wir in dieser Weise den Gang der Ereignisse aus dem Wirrsal einzelner Erscheinungen zu enträthseln suchten, so entzieht sich uns doch die Ursache der

mächtigen Klimaschwankungen der Diluvialzeit noch vollkommen. Wir müssen uns damit begnügen, auf Grund unserer obigen Ausführungen festzustellen, welchen Bedingungen eine brauchbare Theorie zu genügen hat.

Zunächst kann die Ursache der diluvialen Klimaschwankungen keine tellurische gewesen sein; denn eine solche wäre mit der Thatsache der Allgemeinheit des Eiszeitphänomens für die ganze Erde unvereinbar. Dann muss sie eine periodisch wirkende gewesen sein; denn wir haben mindestens zwei, vielleicht sogar drei Eiszeiten zu unterscheiden. Endlich muss die Ursache derart beschaffen gewesen sein, dass sie auf der ganzen Erde, also gleichzeitig auf der Nordhemisphäre und auf der Südhemisphäre, in höheren Breiten wie am Aequator die Temperatur beeinflusste, indem sie dieselbe im Vergleich zur Gegenwart in jeder Eiszeit um wenige (3—4) Grade deprimirte; hierdurch werden alle Hypothesen ausgeschlossen, welche den Hauptnachdruck auf die Präcession der Tag- und Nachtgleichen und auf die verschiedene Länge des Sommers und des Winters legen und ein Alterniren der Eiszeit zwischen Nord- und Südhemisphäre annehmen. Damit aber sind wir auch am Ende dessen, was wir über die Ursache der diluvialen Klimaschwankungen aussagen können. Nur als eine Vermuthung, die eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich hat, möchten wir hinzufügen, dass sich bei der vorhandenen Uebereinstimmung zwischen den diluvialen Klimaschwankungen und denjenigen von kurzer Periode in der Gegenwart beide Phänomene vielleicht auf eine Ursache gleichen Characters zurückführen lassen könnten. Ob eine solche gemeinsame Ursache in Schwankungen der Sonnenstrahlung zu suchen ist oder nicht, können wir nicht bestimmen. Sicher scheint nur, dass eine Oscillation

der Sonnenstrahlung die geschilderten Phänomene der Diluvialzeit gut erklären könnte.

Wie die Räder eines Uhrwerks greifen die verschiedenen meteorologischen Elemente Temperatur, Luftdruck und Regenfall in den Klimaschwankungen heute wie auch in der Diluvialzeit ineinander ein. Wir sehen die Räder sich drehen und den Zeiger in bestimmtem Rhythmus sich bewegen; allein die treibende Kraft der Feder ist uns verborgen. Nur die Wirkung derselben vermögen wir zu erkennen und hieraus auf die gewaltige Grösse der Kraft zu schliessen. Sie hebt den Spiegel der Seen, der Flüsse, ja den der Meere; sie stösst die Gletscher vor und greift tief ein in das organische Leben. Allein sie selbst, die Ursache der Klimaschwankungen von heute, wie derjenigen der Diluvialzeit, kennen wir nicht. ¹⁾

¹⁾ Vgl. zur vorliegenden Frage auch Brückner: Klimaschwankungen seit 1700, nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Wien, Hölzel, 1890. Kapitel X, Seite 291—318.