

---

---

SITZUNGSBERICHTE

1913.

IV.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

23. Januar. Öffentliche Sitzung zur Feier des Geburtsfestes Sr. Majestät  
des Kaisers und Königs und des Jahrestages König FRIEDRICH'S II.

---

**Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen  
der Klimagürtel.**

VON ALBRECHT PENCK.

---

---

# Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel.

VON ALBRECHT PENCK.

(Wissenschaftliche Festrede, gehalten in der öffentlichen Sitzung am 23. Januar zur Feier des Geburtsfestes Sr. Majestät des Kaisers und Königs und des Jahrestages König FRIEDRICH'S II.)

Das Studium der Formen der Landoberfläche hat deren Abhängigkeit von zwei Gruppen von Faktoren erkennen lassen. Sie hängen ab von der Struktur der Erdkruste, also von Ursachen, die im wesentlichen in der Erde selbst gelegen sind, und von Kräften, die außerhalb der Erde ihren Ursprung haben. Jene bedingen die großen Unebenheiten, diese suchen letztere auszugleichen; jene schaffen den Block, diese meißeln ihn aus: endogenen tektonischen Formen stehen exogene Skulpturformen gegenüber.

Das gegenseitige Verhältnis zwischen beiden Gruppen von Formen hat die Geologen und Geomorphologen durch mehr als ein Jahrhundert beschäftigt. Man hat bald der einen, bald der andern Ursache den maßgebenden Einfluß zugeschrieben. Erst allmählich ist der Gedanke ausgestaltet worden, daß beide Ursachen in ihrem Gegeneinanderwirken die Formen der Landoberfläche bestimmen. Jede exogene Form hat irgendeine endogene zur Voraussetzung, und exogene Kräfte bringen endogene Formen allmählich zum Verschwinden. Das gegenseitige Verhältnis von endogenen und exogenen Ursachen als Formbildner hängt also im wesentlichen von der Größe der Zeit ab, während welcher beide in ihrem Gegeneinanderwirken sich entfalten konnten. Diese an sich nicht neue, aber nur selten klar erkannte Regel ist von WILLIAM MORRIS DAVIS zur Grundlage seiner Klassifikation der Formen der Landoberfläche gewählt worden.

Aber nicht nur die Dauer der Zeit, während welcher die exogenen Kräfte an endogenen Formen nagen, spiegelt sich in dem Formenschatz des Landes, sondern auch die Art der exogenen Kräfte selbst. Es sind ihrer nicht viele: die Verwitterung durch Temperaturwechsel und chemische Tätigkeit des Wassers, an welche sich bald jähe, bald langsame Bewegung gelockerter Massen knüpft, ferner die Zerstörung, der Transport und die Wiederablagerung von Teil-

chen der Erdkruste durch die Bewegungen der Luft, des rinnenden Wassers, des Gletschereises, durch den Wellenschlag und die Bewegungen in den großen Wasseransammlungen. Überblickt man diese Gruppe von Agenzien, so erkennt man unschwer ihre Abhängigkeit vom Klima, wenn man dieselbe nicht zu eng faßt und nicht glaubt, daß eine bestimmte Kraft einem bestimmten Klima eigentümlich sei. Man darf nicht den Wind als die ausschließliche exogene Wirkung im trockenen, das Wasser nicht als die im humiden Klima hinstellen und die Gletscher nicht als Wirkungen eines glazialen Klimas. Es darf nicht vergessen werden, daß der Wind ein universeller Faktor auf der ganzen Landoberfläche ist, welcher in jedem Klima große Wirkungen zustande zu bringen vermag, sobald die Landoberfläche nackt daliegt und nicht eine schützende Pflanzendecke trägt. Ebenso wie in den Wüsten, arbeitet er auch an den sandigen Küsten des Meeres und an den sandigen Ufern von Flüssen, auf den trockenen Betten von Gletscherbächen sowie endlich an jenen Gebirgszinnen, welche die Schneegrenze überragen. Fast universell ist auch die Wirkung des rinnenden Wassers. Wir kennen sie nicht bloß im humiden Klima: sie entfaltet sich zeitweilig in allen, selbst in den trockensten Wüsten und begleitet tief in letztere hinein die aus humiden Ländern kommenden Flüsse. Sie kann bei gelegentlichen Regenfällen hoch über der Schneegrenze zur Entwicklung kommen und setzt selbst unter dem Gletschereise ein. Die Gletscher sind aber ebensowenig wie die Flüsse Kennzeichen eines bestimmten Klimas; sie wurzeln zwar im nivalen Klima, aber erstrecken sich weit aus letzterem heraus und enden in der Regel in humiden Gebieten, stellenweise selbst in ariden Strichen, sofern sie sich nicht im Meere in Eisberge auflösen. Ganz verfehlt ist daher der Schluß, der immer und immer wieder, selbst in jüngster Zeit, von Geologen gezogen worden ist, daß die Flora und Fauna von Schichten, die in nächster Nähe eines Gletscherendes abgelagert worden sind, einen Anhaltspunkt für das Klima geben, unter welchem jener Gletscher entstand. Sie lehren nur klimatische Verhältnisse kennen, in welchen der Gletscher endete. Wir müssen streng unterscheiden zwischen autochthonen Flüssen und Gletschern des humiden und nivalen Klimas und allochthonen Flüssen und Gletschern im ariden bzw. humiden Gebiete<sup>1</sup>.

Nicht die einzelnen Formen, nicht das einzelne Tal oder Düne oder Moräne ist daher bezeichnend für die Abhängigkeit der Formen der Landoberfläche vom Klima, sondern der Formenkomplex, die Landschaft. Mustert man die einzelnen Formenkomplexe, so erkennt man

<sup>1</sup> A. PENCK, Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Basis. Diese Sitzungsberichte 1910, S. 236 (246).

in der Tat ganz auffällige und enge Beziehungen zwischen ihren charakteristischen Eigentümlichkeiten und dem Klima.

Im humiden Klima ist ein Überschuß von Niederschlag gegenüber der Verdunstung vorhanden. Überschüssiges Wasser fließt ab und gewährt dem Lande eine gleichsinnige Abböschung, welche weite Flächen beherrscht und lediglich dort aussetzt, wo durchlässiger Boden das Wasser aufschluckt. Die Gleichsinnigkeit der Abdachung beherrscht sowohl die Gebiete der Wassererosion als auch die der fluviatilen Akkumulation; sie kennzeichnet sowohl die Täler als auch die Stromebenen und wird namentlich durch Durchbruchtäler vermittelt, welche quer durch Gebirgsketten hindurchsetzen und sonst geschlossene Becken in ihr Bereich ziehen. Die gleichsinnige Abdachung erstreckt sich bis dahin, wohin das aus dem humiden Klima abfließende Wasser gelangt, bis zum Meere oder bis in die Trockengebiete hinein, wo sie in geschlossenen Hohlformen enden kann. Geschlossene Hohlformen sind das Kennzeichen arider Gebiete. Wo das abfließende Wasser fehlt, gelangen mehr oder weniger zahlreiche Mittelpunkte für gesonderte Abdachungssysteme zur Entwicklung, und es wird das gesamte Land nicht mehr von einer großartigen gleichsinnigen zentrifugalen Abdachung beherrscht, sondern von zahlreichen kleinen zentripetalen. Die geschlossenen Hohlformen der ariden Gebiete sind selten sehr ansehnlich. Oft handelt es sich lediglich um flache Ebenen oder flache Pfannen, seltener um scharf umrandete Wannen. Die Entstehung dieser Formen ist eine sehr verschiedene. Die einen sind Ausfurchungen durch den Wind im Bereiche leicht zerstörbarer Gesteine, die andern verlassene Böden von allochthonen Flüssen, deren Kolke sichtbar geworden, oder verlassene Täler, welche durch den Einbau von Schuttkegeln oder das Einwehen von Dünen gegliedert worden sind. Es kann sich aber auch handeln um Stücke der Landoberfläche, welche verworfen oder verbogen worden sind, ohne daß dem durch das Einschneiden von Durchbruchtälern entgegengearbeitet werden konnte; endlich können es Lücken zwischen Dünen sein. Die in diesen Hohlformen zum Ausdruck kommende Ungleichsinnigkeit der Abdachung ist nicht so auffällig wie die Gleichsinnigkeit in humiden Landschaften, welche durch die Bahn des abfließenden Wassers gekennzeichnet wird. Sie tritt manchmal erst bei genaueren kartographischen Aufnahmen deutlich hervor. Solche aber fehlen gewöhnlich in den unbewohnten Trockengebieten. Erst ein Klimawechsel macht sie, und zwar in auffälliger Weise, sichtbar, wenn sie sich mit Wasser füllen, und weitausgedehnte flache Hohllebenen in Seen verwandelt werden.

Die Einzelformen in den ariden Gebieten harren größtenteils noch der eingehenden Untersuchung. Die Nacktheit der Oberfläche rückt

manche Einzelheiten in den Vordergrund, welche in humiden Gebieten mehr oder weniger durch die Vegetationsdecke versteckt sind. Manche Einzelheit daher ist als spezifische Wüstenerscheinung beschrieben worden, welche auch dem humiden Klima an entsprechenden Stellen keineswegs fehlt. Selbst die Wüstentäler sind mißdeutet worden. Sie gehören entweder zu größeren allochthonen oder zu kleineren autochthonen Gerinnen. Letztere kommen zeitweilig, namentlich an Steilhängen, zur Entwicklung; rasch laufen die Wasser des ausnahmsweise, dann aber meist heftig fallenden Regens ab und schneiden zwar steilwandige, aber gewöhnlich nicht tiefe, dichtgedrängte Furchen ein, die man als Spülrinnen den langgedehnten Tälern der autochthonen Flüsse humider Gebiete gegenüberstellen kann. In den Badlands nehmen diese Spülrinnen eine besonders großartige Entwicklung; sie fehlen aber in den humiden Gebieten nicht, wo sie manchmal auf nackten Oberflächen einsetzen. Die Erdpyramiden von Bozen sind steingekrönte Pfeiler, die sich aus den Firnen zwischen den Spülrinnen auf nackten Moränen erheben. Die Karren sind kleine Spülrinnen auf Kalk. Während aber die Spülrinnen der humiden Gebiete mit Ausnahme jener auf permeablem Kalk sich der allgemeinen gleichsinnigen Abdachung unterordnen, sind die der Trockengebiete isolierte Erscheinungen, geknüpft an Steilhänge.

Der Formenschatz des nivalen Klimas wird durch die Schnee- und Eisanhäufung den Blicken des Beobachters entzogen und läßt sich nicht direkt wahrnehmen. Er wird gestaltet durch die abfließenden Eismassen, die sich als Gletscherzungen aus dem nivalen Klima weit hinaus in das humide oder aride erstrecken. Glaziale Formen sind also ebenso entweder autochthone nivale oder allochthone im humiden oder ariden Klima. Man kann gewärtigen, daß ihre Gestaltung von denselben Regeln beherrscht wird wie die der Flußbetten; die Betten kleiner Gletscher werden stufenförmig münden in die tieferen der großen, am Boden beider werden Wannen vorkommen, vergleichbar den Kolken am Boden von Flüssen. Jedenfalls bestimmt das Gesetz, welches die Entwicklung der Flußpiegel und damit auch die der Oberflächengestaltung der humiden Gebiete beherrscht, auch die Entwicklung der Gletscheroberflächen. Sie senken sich gleichsinnig, und die der kleinen Gletscher schließen sich asymptotisch an die der großen an. Das gleichsinnige Oberflächengefälle wird nur unbedeutend unterbrochen, für den Wanderer allerdings in erschwerender Weise durch Spalten und da und dort auch durch trichterförmige Einsenkungen.

Geht man nun mit diesen theoretischen Vorstellungen an eine Analyse der Formen humider und arider Gebiete der Landoberfläche, so findet man keineswegs überall Übereinstimmung zwischen Klima und Form. Im humiden Gebiete Europas ist eine solche Kongruenz

lediglich im Süden und in der Mitte vorhanden, nicht aber im Norden, und ebenso verhält es sich in Nordamerika. Im Norden Europas und Nordamerikas findet sich ein auffälliger Widerspruch, eine wahre Diskrepanz zwischen Klima und Oberflächenform. Ersteres ist ausgesprochen humid, letztere aber zeigt nicht die Gleichsinnigkeit der Abdachungen, welche zu gewärtigen wäre; vielmehr finden sich zahlreiche, rings umwallte Hohlformen, typische Wannen, welche gemäß den klimatischen Verhältnissen mit Wasser erfüllt sind. Längst bevor diese auffällige morphologische Tatsache in ihrer Tragweite erkannt worden war, hatten geologische Untersuchungen in den betreffenden Gebieten erwiesen, daß diese den Schauplatz früherer Vergletscherungen darstellen. Mit glazialen Ablagerungen dringen glaziale Formen allenthalben tief in das Bereich der typischen humiden ein, und nichts hat mehr die Gewinnung guter morphologischer Vorstellungen gehindert als gerade die Tatsache, daß fast überall dort, wo man in den höheren Gebirgen Europas die Talbildung zu studieren begann, man auf glaziale oder glazial beeinflusste Formen stieß und nicht die rein fluviatilen kennen lernte.

Mühsam hat man diese Schwierigkeit überwunden. Das eindringliche Studium speziell der Formen der Alpen lehrte das Wesen glazialer Bodengestaltung mehr und mehr erkennen. Die Alpentäler sind nicht rein fluviatilen Ursprungs, sondern stark glazial modifiziert; die alten Gletscher haben ihnen Züge aufgedrückt, die man in Gletscherbetten zu erwarten hat. Stufenförmig münden die kleineren Täler als Betten kleinerer Gletscher in die großen, übertieften Gletscherbetten der Haupttäler. Der Querschnitt beider ist ein ausgesprochen trogförmiger. Die Trogsohle hat kein gleichsinniges Gefälle. Sie endet talabwärts stumpf in moränenumwallten Zungenbecken und zeigt hier und da wannenförmige Vertiefungen. Man hat es in den Alpen mit den Werken einer durch ein schon früher entwickeltes Relief dirigierten glazialen Erosion zu tun, während im mittleren Schweden, namentlich dort, wo sich die Gletscher frei über das Land verbreiteten, die Erosion selektiv verfuhr und weichere Gesteine aus den härteren herausräumte. Wannen entstanden hier und da; nunmehr, nach dem Schwinden der Gletscher, sind sie mit Wasser erfüllt und erscheinen als Talseen in den Alpen, als Ausräumungsseen im mittleren Schweden. Heute ist klar, daß die Wannenform ebenso charakteristisch für alte Gletscherbetten ist wie die Kolkform für die Flußbetten, nur daß diese steilwandiger und weit kleiner ist als jene.

Wie bei den fluviatilen Formen lassen sich auch bei den glazialen autochthone Komplexe von allochthonen trennen. Autochthon sind die Formen, welche Flüsse und Gletscher dort schaffen, wo sie

beginnen; autochthon sind die fluviatilen Formen an Wasserscheiden und die glazialen an ehemaligen Eisscheiden. Das Studium der Talanfänge, speziell in den Gebirgen, lehrt typische autochthone Formen kennen. In humiden Gebieten mit kongruenten Formen herrschen hier Trichter- und Muldenformen, in humiden Gebieten mit diskrepanten glazialen Formen aber halbkesselförmige Nischen, die Kare. Sie sind bezeichnend für die Wurzelstellen der alten Gletscher und offenbaren ein starkes Einsetzen glazialer Erosion dicht am Orte des Ursprungs des Gletschers; sie entstehen ausschließlich im nivalen Klima. An die Kare deutscher Mittelgebirge knüpfte JOSEPH PARTSCH im Jahre 1882 an, als er den Versuch machte, die Lage der Schneegrenze während der Eiszeit zu bestimmen, und damit dieses gewaltige Phänomen auf eine Verschiebung der Grenze zwischen dem nivalen und humiden Klima zurückführte<sup>1</sup>.

Einschlägige Untersuchungen sind seither über zahlreiche Gebirge ausgedehnt worden, und allenthalben hat sich gezeigt, daß die Schneegrenze in der letzten geologischen Vergangenheit erheblich tiefer gelegen gewesen ist als heute. Autochthone glaziale Formen zeichnen eine 800 bis 1300 m hohe Zone unterhalb der heutigen Schneegrenze aus. Kein Gebiet ist in dieser Hinsicht lehrreicher als Südamerika, dessen glaziale Spuren seit langem bekannt, aber erst in neuerer Zeit zusammenhängend gewürdigt worden sind. GUSTAV STEINMANN hat sie zuerst zusammenfassend, zum guten Teil auf Grund eigener Beobachtungen geschildert: »Spuren der Eiszeit reichen über den ganzen Gebirgszug von Kap Horn (56° südl. Br.) bis zur Sierra Nevada de Santa Marta (11° nördl. Br.)<sup>2</sup>.« Allerdings sind sie in der niederschlagärmsten Region recht unbedeutend. In der Westkordillere zwischen 26° und 18° südl. Br. scheinen sie nach STEINMANN an Einzelbergen von weniger als 5000 m Meereshöhe ganz zu fehlen. Auch in der etwas weiter südlich gelegenen niederschlagärmsten Region der Ostkordillere sind sie nur minimal entfaltet. WALTHER PENCK hat am 6000 m hohen Südgipfel des Nevado de Famatina Kare erst in 5200 m Höhe getroffen und sich davon überzeugt, daß kein Talgletscher von dem Gebirge ausgegangen ist<sup>3</sup>. Höher als bisher sonst nachgewiesen, liegt hier die eiszeitliche Schneegrenze, aber noch erheblich höher liegt die heutige, in welche nur die Gipfelpartie des fast 6400 m hohen Gebirges hineinragt. Wir lernen daraus, daß auch in den Wüsten-

<sup>1</sup> Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882.

<sup>2</sup> Über Diluvium in Südamerika. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 1906, S. 215.

<sup>3</sup> Briefliche Mitteilung.

gebirgen Südamerikas eine ansehnliche eiszeitliche Herabrückung der Schneegrenze stattgefunden hat, und eine ähnliche Herabrückung der eiszeitlichen Schneegrenze wird uns auch aus den Wüstengebirgen Nordamerikas und aus den Wüstengebirgen Zentralasiens berichtet. Diese Herabrückung der Schneegrenze macht aber auch nicht in den äquatorialen Regionen halt, wie namentlich HANS MEYER auf Grund seiner ausgedehnten Reisen in Ekuador und Deutsch-Ostafrika<sup>1</sup> gezeigt hat und durch die neueren holländischen Arbeiten<sup>2</sup> auf Neuguinea dargetan worden ist. Diese Tatsache schließt alle jene Hypothesen aus, welche die Eiszeit als ein Phänomen betrachten, das alternierend die eine oder andere Halbkugel betraf; die Eiszeit muß vielmehr als eine allgemeine, die ganze Erde betreffende Verschiebung der Klimagürtel gelten. Die Grenze zwischen humidem und nivalem Gebiete hat einmal allgemein tiefer gelegen, und zwar in höheren Breiten, wie es scheint, etwas mehr, in niederen Breiten und kontinentalen Gebieten, wie es scheint, etwas weniger. Ausgeschlossen sind daher auch alle jene Hypothesen, welche die Eiszeit auf lokale Veränderungen, z. B. in der Höhe der Gebirge, zurückführen wollen, wie dies in jüngster Zeit erst wieder von RICHARD LEPSIUS geschehen ist. Wenn aber LEPSIUS<sup>3</sup> zur Stütze seiner Ansicht auf die Arbeit von YOKOYAMA<sup>4</sup> verweist, wonach die japanischen Hochgebirge keine Gletscher besessen haben, so lenkt er die Aufmerksamkeit wohl weniger auf eine Lücke in einer sonst allgemein auf der Erde auftretenden Erscheinung als auf eine Lücke in unserer Kenntnis des japanischen Hochgebirges. Wenigstens zeigen Ansichten aus diesem, die mir Prof. OSEKI verehrte, beispielsweise am nördlichen Yariga Take (3093 m), deutlich Kare sowie einen Wall, der nach seiner Lage und Erstreckung nur als Endmoräne gedeutet werden kann. Ich gewärtige daher, daß morphologisch geschulte Beobachter im japanischen Alpengebirge uns bald auch den Betrag der eiszeitlichen Herabrückung der Schneegrenze ziffermäßig erweisen werden.

Es ist eine Frage von fundamentaler Bedeutung, ob während der Eiszeit auch die anderen Klimagrenzen auf der Erde verschoben waren. Vom Standpunkte der Morphologie kommt hier die Trockengrenze in Betracht, welche die ariden Gebiete von den humiden scheidet. Gehen wir vom humiden gemäßigten Klima Europas südwärts, so stoßen wir im Norden Afrikas auf die Trockengrenze an der Polarseite des

<sup>1</sup> In den Hochanden von Ekuador. Berlin 1907, S. 427.

<sup>2</sup> H. A. LORENTZ, An Expedition to the Snow clad Mountains of New Guinea. Geogr. Journal XXXVII, 1911, S. 477.

<sup>3</sup> Keine diluviale Eiszeit in Japan. Geologische Rundschau III, 1912, S. 157.

<sup>4</sup> M. YOKOYAMA, Climatic Changes in Japan since the Pliocene Epoch. Journal of the College of Science Tokyo. Vol. XXXII, Art. 5, 1911.



hier humides Klima sich über aride Bolsonformen gebreitet und diese eben mit Wasser erfüllt habe, als ob hier die äquatoriale Trockengrenze einst etwa ebensoviel weiter äquatorwärts gelegen habe wie die polare Trockengrenze im Norden. Aber wir sind auf dem Hochlande von Anahuc im Gebiete jugendlicher vulkanischer Tätigkeit, wo mächtige vulkanische Aufschüttungen erfolgt sind. Auch solche können, wie dies der weiter südlich gelegene See von Nikaragua lehrt, geschlossene Becken bilden, die sich im humiden Klima mit Wasser füllen müssen. Man kann daher zunächst nicht mit Sicherheit sagen, daß hier eine Diskrepanz der Formen vorliegt. Lenken wir daher unseren Blick auf einen anderen Teil der Erde in entsprechender Lage.

Der Wüstengürtel am Ostufer des nördlichen Atlantik erstreckt sich etwas weiter südlich als der am Ostgestade des Pazifik. Er reicht nicht über Afrika hinaus, im Westen nicht einmal bis an dessen Nordküste; seine polare Grenze liegt zwischen  $30$  und  $35^\circ$  nördl. Br., seine äquatoriale aber im Sudan ungefähr bei  $15^\circ$  nördl. Br. Er hat also nahezu dieselbe Breite wie der Nordamerikas, liegt aber um  $7^\circ$  weiter äquatorwärts. Seine Nordgrenze wird durch die alten Kulturländer Nordafrikas bezeichnet, und vielfach wird aus diesen auch von einer in historischer Zeit vollzogenen Klimaänderung berichtet; die einschlägigen Zeugnisse sind jedoch nicht einwandfrei. Aber vieles spricht dafür, daß, wenn auch nicht in den Zeiten des klassischen Altertums, so doch in früherer Zeit das humide Klima im äußersten Norden Afrikas größere Ausdehnung gehabt hat als gegenwärtig. Nicht mit Unrecht spricht man hier von einer früheren Pluvialzeit. Aber die Diskrepanz der Formen ist hier noch nicht so schlagend begründet wie im Westen Nordamerikas. Eingehendere Untersuchungen werden hierüber voraussichtlich noch manches Licht breiten, namentlich, wenn sie jene Erscheinungen im Auge behalten, auf welche ALFRED GRUND<sup>1</sup> die Aufmerksamkeit gerichtet hat, nämlich, daß von einer Reihe von Flüssen der oberste Teil des Einzugsgebietes durch Zunahme der Trockenheit gleichsam abgewelkt und in flache Wannen verwandelt worden sei. Gehen wir weiter südwärts, so schwinden die Anzeichen von einer Diskrepanz zwischen Klima und Oberfläche. Die Oasen in der libyschen Wüste Oberägyptens, welche geschlossene Hohlformen darstellen, zeigen keine Spur von ehemaliger Vollfüllung mit süßem Wasser und eines ehemaligen Ausflusses, was sich geltend machen müßte, falls sie je im humiden Klima gelegen hätten. Wir müssen daher auch wohl für den größten Teil der libyschen Wüste und höchst

<sup>1</sup> Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften Wien. Math.-nat. Klasse, CXV. Abt. I. April 1906.

wahrscheinlich auch für den größten Teil der Sahara ein Andauern von ariden Zuständen durch die ganze Eiszeit annehmen.

Anderen Verhältnissen begegnen wir am Südsaume der Sahara an der Grenze gegen den Sudan. Hier liegt der Tschadsee, größer als das Königreich Sachsen, aber nur ganz wenige Meter tief. Schari und Logone führen ihm mächtige Wassermassen von Süden her zu, die in ihm verdunsten. Gleichwohl ist er kein Salzsee: schon NACHTIGAL hat berichtet, daß sein Wasser süß ist, und wenn es auch nach TILHO<sup>1</sup> mit zunehmender Entfernung von der Mündung der großen Flüsse brackisch wird, so ergibt doch die einzige vorliegende Analyse, daß es süß, sehr rein und ebensowenig salzreich ist wie die Wasser des Schari, Kongo und Niger. Der Tschadsee kann nicht mit dem Schott Melrir oder gar mit dem Großen Salzsee verglichen werden, der durch das Zusammenschrumpfen einer früheren größeren Wassermasse entstanden ist. Man muß ihn als eine verhältnismäßig junge Wasseransammlung deuten, in der sich noch nicht viel Salz hat ansammeln können. Der See hat nicht die Zeit, sich zu konzentrieren, sagen die Chemiker, welche die von TILHO<sup>2</sup> mitgebrachte Probe analysiert haben. Daß er sich dabei über ein Gebiet erstreckt, in welchem früher aride Zustände herrschten, geht klar aus den Inselschwärmen auf seiner Nordseite hervor. FREYDENBERG<sup>3</sup> nennt sie direkt Düneninseln, Îles Dunaires. Wo sich heute der See erstreckt, ist früher der Wüstensand in lange parallele, von NW nach SO streichende Dünenzüge zusammengeweht, ganz ebenso wie im angrenzenden Gebiete von Kanem. Der Tschadsee erscheint uns daher als die sich bildende Wasseransammlung am Boden eines ganz riesigen Bolsons, welche allerdings erst einen sehr kleinen Teil von dessen ganzer Fläche einnimmt, und zwar je nach dem Wechsel von feuchten und trockenen Jahren, bald mehr, bald weniger. Alles in allem bietet er Anzeichen eines Klimawechsels, und zwar diesmal vom ariden zum humiden. Dieser Klimawechsel muß sich im südlich gelegenen Sudan abgespielt haben, denn Schari und Logone sind wasserreicher geworden und begannen als allochthone Flüsse nunmehr den weiten Tschadbolson zu füllen. Wir folgern also im Sudan auf eine Polwärtswanderung der äquatorialen Trockengrenze in jüngster geologischer Vergangenheit.

Der Tschadsee findet ein Seitenstück an der äquatorialen Trockengrenze des südlichen Afrikas in Gestalt der großen Etochapfanne. Wie jener bekommt diese die Zuflüsse aus äquatorialen Breiten, deren

<sup>1</sup> Exploration du lac Tchad. La Géographie XIII, 1906. S. 195. Vgl. auch Documents scientifiques de la Mission TILHO (1906—1909). Paris 1911, I, S. 84.

<sup>2</sup> Ebenda II, S. 595.

<sup>3</sup> Explorations dans le bassin du Tchad. La Géographie XV, 1907, S. 161.

Wasser in ihr verdunsten. Gleichwohl gilt die Pfanne nicht als eigentliche Salzpfanne, sondern als Brackwasserpfanne, d. h. auch hier haben wir es mit einer verhältnismäßig jugendlichen Wasseransammlung zu tun, gebildet in einer flachen Hohlform, gerade am Rande des ariden Gebietes. Aber der Umstand, daß wir uns in der Nähe des südwestafrikanischen Kalkgebietes befinden, wo möglicherweise das Karstphänomen für die Bildung der Hohlform in Betracht kommen kann, mahnt uns hier ebenso zur Vorsicht wie das Auftreten der hohen Vulkane angesichts der Seen des Plateaus von Anahuac.

Wir wenden unsern Blick nun wieder auf die andere Hemisphäre und begeben uns an deren äquatoriale Trockengrenze. In etwa gleicher Breite wie die Etoschafanne finden wir im interandinischen Hochlande Südamerikas das Seenpaar des Titicacasees und des Lago Poopó, welches letzterer vielfach auch Lago Pampa Aullagas heißt. Nach den Untersuchungen von MAURICE NEVEU LEMAIRE<sup>1</sup> erfüllt der Titicacasee eine 272 m tiefe Wanne zwischen den beiden Andenketten und entsendet seinen Ausfluß, den Desaguadero zum Lago Poopó. Dieser nimmt lediglich die Bodenfläche einer großen Hohlform ein und erscheint hier als eine ähnlich seichte Wasseransammlung wie der Tschadsee; ist doch seine größte Tiefe nur 3,95 m. Der Titicacasee ist also hydrographisch ein Flußsee, der Lago Poopó aber, ebenso wie der Tschadsee und die Etoschafanne ein Endsee. Gleich den letzteren jedoch erscheint er nicht als ein eigentlicher Salzsee; seine Wasser sind zwar nicht ganz süß, aber ihr Salzgehalt ist geringer als der des Meeres; er beläuft sich nämlich nur auf 23,456 g im Liter, was nicht hindert, daß einige Fische und Krustazoen des Titicacasees in ihm vorkommen. Dies ist NEVEU LEMAIRE als eine interessante Anpassung von Süßwasserbewohnern an stark brackisches Wasser erschienen. Wir möchten daraus folgern, daß sich der Bolson des Lago Poopó jetzt eben erst mit Wasser füllt, und zwar namentlich durch den Abfluß des Titicacasees. Letzterer selbst enthält nun aber auch nicht rein süßes Wasser, sondern ist, allerdings sehr schwach, salzig. Ein Salzgehalt von 1,071 g im Liter aber könnte in einem echten Flußsee nicht erwartet werden. Er weist uns darauf, daß unser See erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit Flußsee geworden und früher Endsee gewesen ist. Wir erkennen also auch hier eine allmähliche Erfüllung von großen Hohlformen mit Wasser; die eine ist bereits bis zum Überfließen gefüllt, die andere beginnt sich eben erst zu füllen. Wir haben es wiederum mit der Umwandlung arider Zustände in humide gerade an der äquatorialen Trockengrenze zu tun, und diese Umwand-

<sup>1</sup> Les lacs des hauts plateaus de l'Amérique du sud. Paris 1906.

lung geht an beiden Seen in ähnlicher Weise oszillatorisch vonstatten wie am Tschadsee. Der Titicacasee hat in historischen Zeiten nicht unansehnliche Schwankungen seines Spiegels, der Poopósee solche seines Umfanges erlitten.

Das Auftreten großer brackischer oder süßer Endseen an der äquatorialen Trockengrenze, das wir sowohl in Afrika als auch in Amerika feststellen konnten, steht in auffälligem Gegensatze zu dem, was wir an der polaren Trockengrenze wahrnehmen. Hier liegen die salzreichen der größeren Seen. Dem Großen Salzsee in Nordamerika entsprechen in der Alten Welt die Salzseen von Wan und Urmia, sowie das Tote Meer, dessen vielfach gestörte, zum Teil sehr hoch gelegene alte Uferterrassen BLANCKENHORN<sup>1</sup> kürzlich mit eiszeitlichen Ablagerungen in Mitteleuropa parallelisiert hat. Der Gegensatz zwischen den Seen beiderseits des Wüstengürtels wird uns verständlich durch die Annahme, daß sich die beiden Trockengrenzen in letzter geologischer Vergangenheit polwärts verschoben haben. Infolgedessen schrumpften an der polaren Trockengrenze vorhandene Seen ein und hinterließen Salzsolon, während sich an der äquatorialen Trockengrenze leere Wüstenwannen mit Wasser füllten, das sich noch nicht zu konzentrieren vermocht hat.

Neben dem Auftreten von brackischen Endseen scheinen aber auch morphologische Tatsachen für eine in jüngster Zeit erfolgende polwärtige Verschiebung der äquatorialen Trockengrenze zu sprechen, nämlich die eigentümliche Art der Entwicklung des Flußnetzes, welcher wir neben ihr an mehreren Stellen begegnen. Östlich und westlich der sich mit Wasser füllenden Hohlebene des Tschadbeckens begegnen wir am Südrande der Sahara zwei großen ebenen Strichen Landes, welche gleichfalls von Süden her kräftige allochthone Flüsse erhalten; aber das Wasser der letzteren wird in ihnen nicht zum See gestaut, sondern fließt durch sie in äußerst unregelmäßiger Weise hindurch. Es kehrt der Niger, nachdem er das aride Becken von Tombuktu durchmessen, zur Guineaküste zurück, in deren Nähe er seine Quellen hat, und der Weiße Nil tritt aus dem weiten Gefilde des Bahr-el-Ghasal-Beckens, in das er aus der äquatorialen Seenregion gelangt ist, im Norden als ein allerdings sehr wasserarmer Fluß heraus, der gewiß nicht die Nubische und Ägyptische Wüste durchmessen könnte, wenn er nicht durch den Blauen Nil verstärkt würde<sup>2</sup>. Die Stromentwicklung in diesen beiden am Wüstensaume gelegenen Becken ist von auffälliger Unregelmäßigkeit und trägt einen anderen Typus als

<sup>1</sup> Neues zur Geologie Palästinas und des ägyptischen Niltales. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft LXII, 1910. S. 405 (455).

<sup>2</sup> PIETSCHE, Das Abflußgebiet des Nils. Dissertation. Berlin 1910.

das Geäste von Flüssen in ihrem Aufschüttungsgebiete. Sie macht den Eindruck einer gewissen Unfertigkeit in der Anlage der Flüsse, als hätten diese erst kürzlich ihren Weg durch bereits vorhandene Ebenen genommen. Manche Einzelheit, namentlich das Auftreten von Dünen in dem südlichen Teile des Nigerbeckens, weist darauf, daß diese Ebene ein Wüstenklima besessen hat, bevor sie vom allochthonen Niger durchmessen wurde.

Eine ähnliche Unsicherheit der Flußläufe zeigt sich an der äquatorialen Trockengrenze von Südafrika. In dem von PASSARGE<sup>1</sup> erforschten Okawangobecken teilt sich der Okawango in Arme, von denen einer zum Ngamisee, ein zweiter in die Pfanne des Makarrikarribeckens, ein dritter durch den Kwando zum Sambesi fließt. Bald ist es der eine, bald ist es der andere Ast, welcher die größten Wassermassen in sich aufnimmt. Es macht ganz den Eindruck, als ob die Wasser des Okawango sich in einem Gebiete ausbreiteten, in dem einst ähnliche aride Zustände herrschten wie heute weiter südwärts im Makarrikarribecken. Man meint hier eine ähnliche Umwandlung von einem geschlossenen Binnenbecken in ein geöffnetes vor sich zu haben, wie sie sich im Titicacabecken vollzogen hat, und möchte das Makarrikarribecken mit dem Lago Poopó vergleichen, nur daß hier gleichzeitig auch eine Angliederung eines ehemaligen Gebietes ungleichsinniger zentraler Abdachung an das Bereich ozeanischer Abdachung durch Entwicklung eines Abflusses zum Sambesi im Zuge ist. Was hier einzutreten im Begriffe ist, hat sich möglicherweise am Sambesi bereits vollzogen. Oberhalb der Viktoriafälle fließt dieser Strom in flachem, sandigem Gelände, welches PASSARGE auf Grund der Oberflächenformen und Bodenbeschaffenheit zur Kalahari rechnen möchte, obwohl hydrographisch das Ganze in das Bereich des humiden Klimas gehört. Aus dieser breiten, sandigen Fläche stürzt sich der Fluß in jähem Falle in eine tiefe Schlucht. Wer dort gestanden hat und gesehen, wie der über 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> km breite Strom in einer zehnmal schmaleren Schlucht weiterfließt, kann sich des Gedankens nicht erwehren, daß jener hier noch nicht lange an seiner Arbeit sein kann; denn sonst würden die Fälle längst ausgeglichen und die Schlucht, in die der Strom sich stürzt, längst verbreitert sein. Und wer dann unterhalb der Fälle auf den Höhen beiderseits des Stromes in altem Flußschotter mehr oder weniger abgerollte Manufakte aus Hornstein vom Typus der paläolithischen Werkzeuge gesammelt hat, der ist innegeworden, daß die Fälle seit Existenz des Menschen kilometerweit zurückgegangen sind und sich hineindrängen in das innere Hochland, um es zu zer-

<sup>1</sup> Die Kalahari. Berlin 1904. Kap. XXVI, XXXI.

talen: daß letzteres nicht schon geschehen, weist auf die Jugend des Stromes, der erst kürzlich den Weg zum Meere durch Überfließen aus einem Becken gefunden hat. Ist dem so, so muß das äquatorwärts gelegene Hochland nunmehr größere Wassermassen abgeben als früher. Auf diesem Hochlande aber liegt der Bangweolo, dessen große Ähnlichkeit mit dem Tschadsee wiederholt hervorgehoben ist, obwohl er sich von demselben dadurch unterscheidet, daß er im Luapula bereits einen festen Ausfluß hat, der gleich dem Sambesi sich in mächtigen Wasserfällen herabsenkt. Haben wir es nicht hier mit einem weiteren Entwicklungsstadium des Tschadsees zu tun, nämlich mit einer bereits zum Überlaufen gefüllten Hohlebene, wie sie für aride Gebiete kennzeichnend ist? Haben wir in Südafrika es nicht mit einer Reihe von Übergängen geschlossener Hohlformen in aufgeschlossene Becken zu tun, die wir erwarten müssen, wenn aride Zustände humiden weichen? Fast leer sind noch die Hohlebenen des Makarrkarribeckens, teilweise gefüllt ist die der Etoschapfanne, zum Überlaufen gefüllt die des Bangweolo und erschlossen die Hohlebene des oberen Sambesi. Und begegnen wir nicht in Nordafrika Ähnlichem? Leer liegen die Hohlebenen der westlichen Sahara im Djuf, es füllt sich die des Tschadbeckens, es fließt die des Viktoriassees bereits über, und ertrunken sind die Mündungen der in letzteren mündenden Täler. Erschlossen sind endlich die Hohlebenen des oberen Nigerbeckens und des Bahr-el-Ghasal. Und ist es nicht ebenso in Südamerika? Beinahe leer ist der große Bolson von Uyuni, südlich vom Poopósee. Letzterer füllt sich mit Wasser. Zum Überlaufen gefüllt ist das Becken des Titicacasees, und weiter nordwärts ist das innerandine Hochland tief zerschnitten von Tälern. Liegen nicht hier wie da und dort, ebenso wie in Mexiko, die leeren, sich füllenden und überfließenden Hohlformen in der Reihenfolge, die wir postulieren müssen, wenn ein Übergang vom ariden zum humiden Klima sich vollzieht? Und sind es hier wie da nur die ganz flachen Ebenen, die bereits durch allochthone Flüsse erschlossen sind? Alle diese Tatsachen können wir einheitlich durch Annahme einer in jüngster geologischer Vergangenheit sich vollziehenden Polwärtswanderung der äquatorialen Trockengrenze erklären. Freilich, Einzeluntersuchungen haben sie noch nicht erwiesen — vielleicht deswegen, weil die wenigen wissenschaftlichen Beobachter, welche auf dem weiten Gebiete tätig waren, die Möglichkeit nicht im Auge hatten. Daß an sie nicht gedacht wurde, kann nicht wundernehmen; denn augenblicklich tritt, wie es scheint, an den beiden äquatorialen Trockengrenzen eher Trockenheit ein als feuchtes Klima. Der Tschadsee ist in den letzten Jahrzehnten stark zusammengeschwunden und auf ein Minimum reduziert worden, wie

ein solches bereits mehrfach im 19. Jahrhundert eingetreten gewesen ist. Wir nehmen diese kleineren Schwankungen des Klimas nicht zum Ausgang, sondern lenken den Blick auf die größeren Vorgänge, die wir auseinanderzusetzen versuchten. Aber das Einsetzen weiterer Untersuchungen wird darum nicht minder wünschenswert. Von der Etoschafanne fast bis zum Okawangobecken werden sie sich im deutschen Kolonialgebiete bewegen. Dies erfüllt uns mit der Hoffnung, daß hier deutsche Tätigkeit bald einsetzen möchte — sie würde auch vieles zur Kenntnis unserer Kolonien beisteuern.

Wir sind zur Annahme gelangt, daß während der Eiszeit die Klimagürtel der Erde äquatorwärts verschoben waren; die Schneegrenze war herabgedrückt und die beiden Trockengrenzen in niedrigere Breiten gerückt. Die Bewegung der Schneegrenze erscheint bedeutender als die der Trockengrenze, beläuft sie sich doch auf 800 bis 1300 m, das ist rund  $\frac{1}{5}$  der größten Höhe, welche die Schneegrenze auf der Erdoberfläche hat, während die Bewegungen der beiden Trockengrenzen nur wenige, 3, vielleicht 5 Grade der Breite ausmachen. In der Nachbarschaft unsrer Klimagrenzen finden sich Diskrepanzen. Nivales Klima herrschte einst unter der heutigen Schneegrenze, humides äquatorwärts von der polaren Trockengrenze und arides, wie es scheint, an der äquatorialen Trockengrenze. Zwischen diesen Zonen diskrepanter Formen herrschen kongruente. Daraus schließen wir, daß die heutigen Klimagürtel bereits während der Eiszeit vorhanden waren, wenn auch in etwas äquatorwärts verschobener Lage. Wir dürfen daher die Eiszeit nicht mehr einseitig so fassen, wie es LOUIS AGASSIZ getan und wie es auch von Neueren vielfach geschieht, und mit ihr die Vorstellung von riesigen Gletschern auf allen Teilen der Erde verbinden. Nur dort, wo heute die Schneegrenze schon tief liegt und wo durch ihre Herabdrückung enorme Flächen Landes in das nivale Klima rückten, kam es zu großen Vergletscherungen, während dort, wo sie hoch liegt und wo durch ihre Herabrückung nur kleine isolierte Erhebungen in ihr Bereich einbezogen wurden, nur kleine Gletscher gebildet wurden. Sonst machte sich die Klimaänderung der Eiszeit auf der Erde jeweils in der Nähe der Klimagrenzen geltend: an der polaren Trockengrenze durch pluviales Klima, an der äquatorialen Trockengrenze, wie wir wahrscheinlich zu machen suchten, durch arides. Bereits ELLSWORTH HUNTINGTON<sup>1</sup> hat die Notwendigkeit empfunden, die eiszeitliche Klimaänderung, die seines Erachtens sowohl im Eintreten glazialer Umstände in den höheren Breiten und größeren Höhen als auch fluviatiler Um-

---

<sup>1</sup> Some Characteristics of the Glacial Period in Non Glaciated Regions. Bulletin Geological Society of America XVIII, 1907, S. 351 (362).

stände in niederen Breiten und geringeren Höhen bestand, mit einem einheitlichen Namen zu belegen: er nannte sie eine »Arsis« und bezeichnete die Eiszeit als arsiale Epoche, während er den Effekt einer umgekehrten Klimaänderung vom kälteren zum wärmeren, vom feuchten zum trockenen eine »Thesis« nannte. Mir scheint zweckmäßiger, den Komplex der hier gewürdigten, in letzter geologischer Vergangenheit erfolgten Klimaänderungen von der Eiszeit zur Gegenwart als eine anaklimatische Bewegung zu bezeichnen, während umgekehrt die vorausgegangene Änderung, die zur Eiszeit führte, eine kataklimatische Bewegung darstellt. Die dadurch eingeleitete kataklimatische Episode umfaßt die letzte Eiszeit mit ihrer Gletscherentwicklung in höheren Breiten und in den Gebirgen, ferner die Pluvialzeit, von der so häufig an der polaren Trockengrenze bereits gesprochen worden ist, endlich an den äquatorialen Trockengrenzen, wie wir darzutun suchten, höchst wahrscheinlich eine aride Zeit. Die auffälligen Diskrepanzen zwischen Klima und Form, die wir auf der Landoberfläche in zonaler Anordnung finden, bezeichnen wir als solche anaklimatischer Art; wir finden über nivalen Formen humides Klima, über humiden Formen arides und über ariden Formen humides Klima; zwischen diesen Zonen diskrepanter Formen liegen die breiten Gebiete kongruenter Formen der Landoberfläche.

Die Formen des Kataklimas der letzten Eiszeit aber lehnen sich wiederum an solche eines früheren Anaklimas an. In den Hochgebirgen der Erde folgten die eiszeitlichen Gletscher vorher existierenden Tälern, und die Uferlinien des großen Bonneville-sees sind nur Einkerbungen in den großen Bajadas am Fuße des Wahsatchgebirges. So dürfen wir auch vom Standpunkte der Morphologie die kataklimatische Epoche der letzten Eiszeit lediglich als eine vorübergehende Störung der Formenentwicklung der Erdoberfläche ansehen. Es gibt nicht bloß Diskrepanzen von Klima und Formen, sondern auch solche zwischen den Formen der Landoberfläche. Die Skulpturformen der Landoberfläche aber werden sowohl durch Zerstörungsvorgänge als auch durch Ablagerung von Material gebildet. Wir können daher auch kongruente und diskrepante Schichtfolgen unterscheiden, jene als Produkte stabilen, diese als solche wechselnden Klimas. Wie aber die geologische Schichtfolge bekanntlich stets lückenhaft ist, so kann es auch die morphologische Formenfolge sein. Es können die Formen eines letzten Kataklimas bescheiden zurückstehen gegen die eines früheren lange anhaltenden Anaklimas und sich deswegen der Beobachtung entziehen. Dann meint man, eine kongruente Folge von Formen vor sich zu haben und sieht die Diskrepanz nicht. Wie lange hat man doch die Eingriffe der Eiszeit in die Geschichte der Alpentäler übersehen können! Es ist daher leicht denkbar, daß der Beobachter anfänglich



nur kongruente Formen dort würdigt, wo in Wirklichkeit diskrepante vorhanden sind, oder auch, daß er die letzte Diskrepanz in entgegengesetzter Richtung mutmaßt, als sie wirklich vorliegt. Nehmen wir an, daß sich an der Grenze humider Gebiete eine aride Periode geltend gemacht habe, nach deren Schwinden wieder humide Umstände gerade beginnen, die noch nicht zu ansehnlichen Wirkungen geführt haben, so kann es sein, daß die Diskrepanz der ariden Formen über den älteren humiden viel auffälliger ist als die der jungen humiden über den ariden. Dann kann man leicht aus den Formen einen falschen Schluß auf den letzten Klimawechsel ziehen. Nicht unmöglich ist es, daß die verschiedene Interpretierung über den Klimawechsel besonders an der tropischen Trockengrenze sich darauf zurückführt, daß die verschiedenen Autoren nicht denselben, sondern verschiedenalterige Klimawechsel ins Auge fassen.

Zu dieser Bemerkung veranlaßt uns namentlich folgende Tatsache. Es wird von einigen der sich jetzt füllenden Seen an der äquatorialen Trockengrenze berichtet, daß sie Überreste ehemals größerer Seen seien. Nach FELIX und LENK<sup>1</sup> war während der Diluvialzeit an Stelle der heutigen kleinen Seen des Tales von Mexiko ein zusammenhängender großer Süßwassersee vorhanden. STEINMANN teilt mit, daß der Lago Poopó von zwei Uferlinien umrandet ist: er war nach ihm einst viel größer und bildete einen großen Lago Minchin, welcher im Süden mit einem großen Lago Reck zusammenhing, dessen Überrest uns jetzt im Salzumpf von Uyuni vorliegt. Der ausgezeichnete deutsche Geologe trägt kein Bedenken, den See Minchin-Reck als Gebilde der Eiszeit aufzufassen und seine Sedimente als limnoglazial zu bezeichnen. Er ist hierin geleitet offenbar von der Analogie mit der Bonneville-terrasse. Aber während im letzteren Falle der Beweis der Gleichaltrigkeit der Seeterrasse mit den alten Moränen geführt worden ist, ist solches in Südamerika meines Wissens bisher noch nicht gelungen, und es steht meines Erachtens nichts im Wege, jene Seen in die letzte Anaklimazeit, der letzten Interglazialzeit entsprechend, zu verweisen. Aus gleichem Grunde finden wir keinen Widerspruch zwischen der Auslegung der Zone südlich vom Tschadsee durch FREYDENBERG als alten Seeboden und unserer Ansicht. Ein viel größerer Tschadsee als heute kann sich in der letzten Anaklimazeit erstreckt haben, und man könnte geneigt sein, in der Wasserverbindung des Tuburisumpfes durch den Mao Kebbi zum Binuë den Überrest des Ausflusses dieses alten Sees zum Meere hin zu erblicken. Sollten die Wasserverbindungen, die zeitweilig zwischen Cunene und Etoschafpanne einsetzen, nicht gleich-

---

<sup>1</sup> Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko. I. 1890. S. 65.

falls einen Ausfluß eines alten größeren Etoschasees anzeigen, welcher vor der letzten kataklimatischen Episode existierte?

Wir mutmaßen also, daß die Seen an der äquatorialen Trockengrenze nicht die unmittelbaren Überreste jener großen Seen sind, deren Spuren rings um sie herum auftreten, sondern daß sich zwischen die Existenz beider eine aride Zeit einschaltet, während der die Seen verschwunden und ihre Becken leere Hohlformen waren. Wir stützen uns dabei auf die Tatsache, daß die heutigen Seen nach ihrem geringen Salzgehalte nicht alt, sondern eben in Füllung begriffen sind. Trifft unsere Hypothese zu, so sind die alten großen Seen an der äquatorialen Trockengrenze nicht gleichzeitig mit den großen Seen an der polaren Trockengrenze gewesen, deren Überreste heute im Großen Salzsee und im Toten Meere vorliegen; sie würden nicht in die letzte Glazialzeit, sondern in die letzte Interglazialzeit gehören. Wir würden also aus gleichen Ursachen, weil die geschlossenen Hohlformen des ariden Gebietes in humides Klima rückten, zu verschiedenen Zeiten am Saume der ariden Zonen große Seen haben; während einer kataklimatischen Zeit an der Polargrenze, während einer anaklimatischen Zeit an der Äquatorialgrenze. Letzteres tritt eben jetzt ein: es füllen sich hier die großen Hohlformen, aber noch fließen nicht alle über, was einige, wie es scheint, während der letzten anaklimatischen Zeit getan haben.

Geologische Untersuchungen in den an die Schneegrenze anstoßenden humiden Gebieten haben einen wiederholten Wechsel von Glazialzeiten und Interglazialzeiten kennen gelehrt. Wir dürfen daher auch gewärtigen, an den Trockengrenzen einen wiederholten Wechsel von humiden und ariden oder von ariden und humiden Zuständen anzutreffen. Am Großen Salzsee hat das Meisterauge GILBERTS bereits zwei humide Unterbrechungen des dortigen ariden Klimas feststellen können. Vielleicht gelingt ein entsprechender Nachweis auch an der äquatorialen Trockengrenze und macht uns hier mit wiederholten Unterbrechungen des angrenzenden humiden Klimas durch aride Zeiten bekannt. Wir widersprechen also nicht denjenigen, welche auch hier frühere humide Zeiten, wahre Pluvialepochen annehmen. Wir bezweifeln lediglich, daß die humiden Epochen, deren Spuren an der polaren und äquatorialen Trockengrenze erkennbar sind, gleichzeitig existierten.

Hiermit streifen wir die Frage, inwieweit überhaupt eine Gleichzeitigkeit oder Ungleichzeitigkeit von Vorgängen nachweisbar ist, deren Äußerungen sich an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche finden. Den absoluten Beweis für den Synchronismus von Erscheinungen in der Erdgeschichte kann die Geologie nicht erbringen, und für diejenigen, die einen solchen Beweis verlangen, wird selbst die Frage

# Sonderabdrucke aus den Sitzungsberichten 1911. 1912. 1913.

In Commission bei Georg Reimer.

## Physikalisch-mathematische Classe.

F. KURLBAUM: Messung der Sonnentemperatur . . . . .	M 0.50
FISCHER und H. SCHEIBLER: zur Kenntniss der WALDEN'schen Umkehrung VI. . . . .	1.—
C. CARATHÉODORY und E. LANDAU: Beiträge zur Convergenz von Functionenfolgen . . .	1.—
I. SCHUR: über Gruppen periodischer linearer Substitutionen . . . . .	0.50
RUBENS und O. VON BAEYER: langwellige Strahlung der Quecksilberlampe . . . . .	0.50
FROBENIUS: über die unzerlegbaren discreten Bewegungsgruppen } . . . . .	1.—
FROBENIUS: gruppentheoretische Ableitung der 32 Krystallclassen } . . . . .	1.—
PLANCK: zur Hypothese der Quantenemission . . . . .	0.50
WARBURG: über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen in Gasen. I. II. je . .	0.50
WIEN: Bestimmung der mittleren freien Weglänge der Kanalstrahlen . . . . .	0.50
A. TORNIQUIST: Die Tektonik des tieferen Untergrundes Norddeutschlands . . . . .	0.50
HERTWIG: Mesothoriumversuche an thierischen Keimzellen . . . . .	1.—
SCHOTTKY: über das EULER'sche Drehungsproblem . . . . .	1.—
SCHOTTKY: über die vier JACOBI'schen Theta . . . . .	0.50
STRUVE: über die Lage der Marsachse und die Constanten im Marssystem . . . . .	1.—
F. FRECH und C. RENZ: Kreide und Trias im Kiona- und Ötagebiet (Mittelgriechenland) . .	0.50
MARTENS: über die Messung grosser Kräfte im Materialprüfungswesen . . . . .	0.50
I. SCHUR: über einen Satz von C. CARATHÉODORY . . . . .	} 1.—
FROBENIUS: Ableitung eines Satzes von CARATHÉODORY aus einer Formel von KRONECKER } . . . . .	
RUBNER: über die Betheiligung endocellularer Fermente am Energieverbrauch der Zelle . .	0.50
NERNST: Thermodynamik und spezifische Wärme . . . . .	0.50
A. EUCKEN: die Molekularwärme des Wasserstoffs bei tiefen Temperaturen . . . . .	0.50
ORTII: über Rinder- und Menschentuberkulose . . . . .	1.—
LIEBISCH: über die Fluorescenz der Sodalith- und Willemitgruppe im ultravioletten Licht . .	0.50
HABERLANDT: über das Sinnesorgan des Labellums der <i>Pterostylis</i> -Blüthe . . . . .	0.50
RUBENS und G. HERTZ: Absorption langwelliger Wärmestrahlen . . . . .	1.—
HELLMANN: über den Charakter der Sommerregen in Norddeutschland . . . . .	1.—
HELMERT: Gleichgewichtszustand der Erdkruste. . . . .	1.—
FROBENIUS: über Matrizen aus nicht negativen Elementen . . . . .	1.—
O. H. ERDMANNSDÖRFFER: über Mischgesteine von Granit und Sedimenten . . . . .	0.50
F. E. SCHULZE: Lippen- und Wangenschleimhaut. I. Ruminantia (3 Tafeln) . . . . .	0.50
HERTWIG: Idioplasmaveränderung durch physikalisch-chemische Eingriffe . . . . .	1.—
FROBENIUS: über den STRIDBERG'schen Beweis des WARING'schen Satzes . . . . .	0.50
BRANCA: müssen Intrusionen nothwendig mit Aufpressung verbunden sein? . . . . .	1.—
H. POLL: Mischlingstudien. VII. (2 Tafeln) . . . . .	1.—
FROBENIUS: über quadratische Formen, die viele Primzahlen darstellen . . . . .	0.50
SCHOTTKY und H. JUNG: ABEL'sche Functionen. III. . . . .	0.50
SAMTER: die Masse des Saturnstrabanten Titan . . . . .	0.50
NERNST und F. A. LINDEMANN: Untersuchungen über die spezifische Wärme. VI. } . . . . .	1.—
NERNST: Untersuchungen über die spezifische Wärme. VII. } . . . . .	1.—
F. FRECH: über den Gebirgsbau des Tauros u. s. w. . . . .	1.—
SCHWARZSCHILD: über Spectrographenobjective . . . . .	1.—
WARBURG, G. LEITHÄUSER, E. HUPKA und C. MÜLLER: über die Constante <i>c</i> des WIEN- PLANCK'schen Strahlungsgesetzes . . . . .	0.50
K. SCHEEL und W. HEUSE: die spezifische Wärme von Helium und einigen zweiatomigen Gasen zwischen +20 und -180° . . . . .	0.50
ORTII: über tuberculöse Reinfektion und ihre Bedeutung für die Entstehung der Lungen- schwindsucht . . . . .	1.—
PENCK: die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel . . . . .	1.—