



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

196. Die Eiszeit

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Nach dem was oben über die Bildung der Gletscher gesagt wurde, ist klar, dass der Wechsel der Jahreszeiten für dieselben wesentlich ist; die Gletscher fehlen deshalb auch in den schneebedeckten Gebirgen der Tropen; in der Aequatorialzone von Südamerika kommen keine Gletscher vor, obgleich die Cordillere dort weit in die Region des ewigen Schnees hineinragt. Nach den Beobachtungen von Philippi und Leybold kommen in Südamerika die Gletscher erst unter dem 35. Grad südlicher Breite am Descabezado de Maule und unter dem 36. Grade südlicher Breite am Nevado da Chillan vor.

In ausgezeichneter Weise ist das Gletscherphänomen in den zum ersten Male von Haast genauer untersuchten Alpen der Südinsel von Neu-Seeland entwickelt. Zwischen dem 43. und dem 44. Grade südlicher Breite schätzte Haast die Kammhöhe des Gebirges zu 2900 m, während die einzelnen Gipfel sich zu einer Höhe von 3200 bis 4200 m erheben. Die Grenze des ewigen Schnees findet sich in jener Gegend in einer Höhe von 2400 bis 2530 m. Aus den Firnfeldern, welche die kolossalen Schneepyramiden umgeben, entwickeln sich Gletscherströme, welche im Verhältniss zu den Berghöhen viel bedeutender sind als die Gletscher der europäischen Alpen (ohne Zweifel wegen des feuchten insularen Klimas von Neuseeland) und welche theilweise bis zu einer Tiefe von 1200 m über dem Meeresspiegel herabsteigen.

Auffallend gross ist die Masse des Gletscherschlammes, welchen viele der neuseeländischen Gletscherbäche mit sich führen. So ist z. B. das Wasser des von Gletscherbächen gespeisten drei geographische Meilen langen und eine Meile breiten Tekapo-Sees nicht klar, wie das Wasser der Schweizer Seen, sondern so milchig trübe, dass es in ein Glas geschöpft aussieht, als ob Milch in dem Glase gewesen und man Wasser dazu gegossen hätte. Nur nach Monate langem kaltem und trockenem Wetter klärt sich das Wasser etwas.

Die Eiszeit. Abgesehen davon, dass im Sommer das untere 196 Gletscherende sich zurückzieht, während es im Winter vordringt, ist die mittlere Lage, um welche dasselbe im Laufe des Jahres schwankt, eine veränderliche, so dass oft längere Perioden hindurch der Gletscher vordringt, um sich dann für längere Zeit wieder zurückzuziehen.

Nach Fritz hat im Jahre 1540 ein Rückzug, dagegen 1575, ferner 1595 bis 1601 ein Vorrücken der Gletscher in den Alpen stattgefunden; 1602 begann der Grindelwaldgletscher sich zurückzuziehen. Ferner waren die Gletscher

im Vorrücken		im Rückzuge
1606 bis 1610	Tyrol	
1626	"	
1636	"	
1677	"	
1680	"	
1710	"	
1736	Schweiz	1719 Alpen
1757 bis 1777	"	1750 Schweiz
1780 " 1786	"	1760 bis 1767 Tyrol
		1799 "
1812 " 1820	Tyrol und Schweiz	1811, 1821 Schweiz
1826 " 1831	Schweiz	nach 1827 Tendenz zum Rückzuge allgemein, besonders stark
1833 " 1839	Schweiz, Tyrol	1837 bis 1842 Schweiz
1843 " 1854	" "	1852 " 1857 Schweiz, Tyrol
1856 " 1860	" "	1860 " 1867 " "
1869 " 1874	einige, Schweiz	1872 " 1878 " "
1878 " 1880	westliche Schweiz	
1880 " 1887	mehr und mehr östliche Schweiz.	1887 Schweiz eine Reihe wieder im Stillstande.

Während der Periode des starken Rückganges der Gletscher in den sechziger Jahren hatte sich der untere Grindelwaldgletscher so weit zurückgezogen, dass im Jahre 1865 ein bisher ganz mit Eis bedeckter Steinbruch frei wurde, in welchem man zwei im Jahre 1750 behauene Marmorblöcke vorfand, welche in den Garten des Museums zu Bern gebracht und mit einer entsprechenden Inschrift versehen wurden.

Es lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit nachweisen, dass manche Gletscher der Schweiz im Mittelalter eine geringere Ausdehnung hatten, so dass über einige Pässe ein lebhafter Verkehr stattfand, welche gegenwärtig so vereist sind, dass sie höchstens von einzelnen Gemsjägern oder Touristen besucht werden. Dagegen war in vorhistorischen Zeiten die Ausdehnung der Alpengletscher eine bei weitem bedeutendere als sie gegenwärtig ist, wie aus den vielfachen Spuren hervorgeht, welche die Gletscherthätigkeit jener Zeiten zurückgelassen hat.

So findet man in vielen Alpenthälern, namentlich aber im Aarthale, in namhafter Höhe über der Thalsohle Felsen, welche deutliche Gletscherschliffe zeigen. Der Weg von Meyringen nach der Grimsel geht über Felsplatten, welche so glatt polirt sind, dass man Rinnen einhauen musste, um es für Menschen und Pferde möglich zu machen, mit Sicherheit darüber zu gehen.

Zu den Spuren, welche die Gletscher zurücklassen, gehören auch namentlich die sogenannten Gletschermühlen oder Riesentöpfe. Wo ein Gletscher sich bis in eine Gegend herunter erstreckt, in welcher

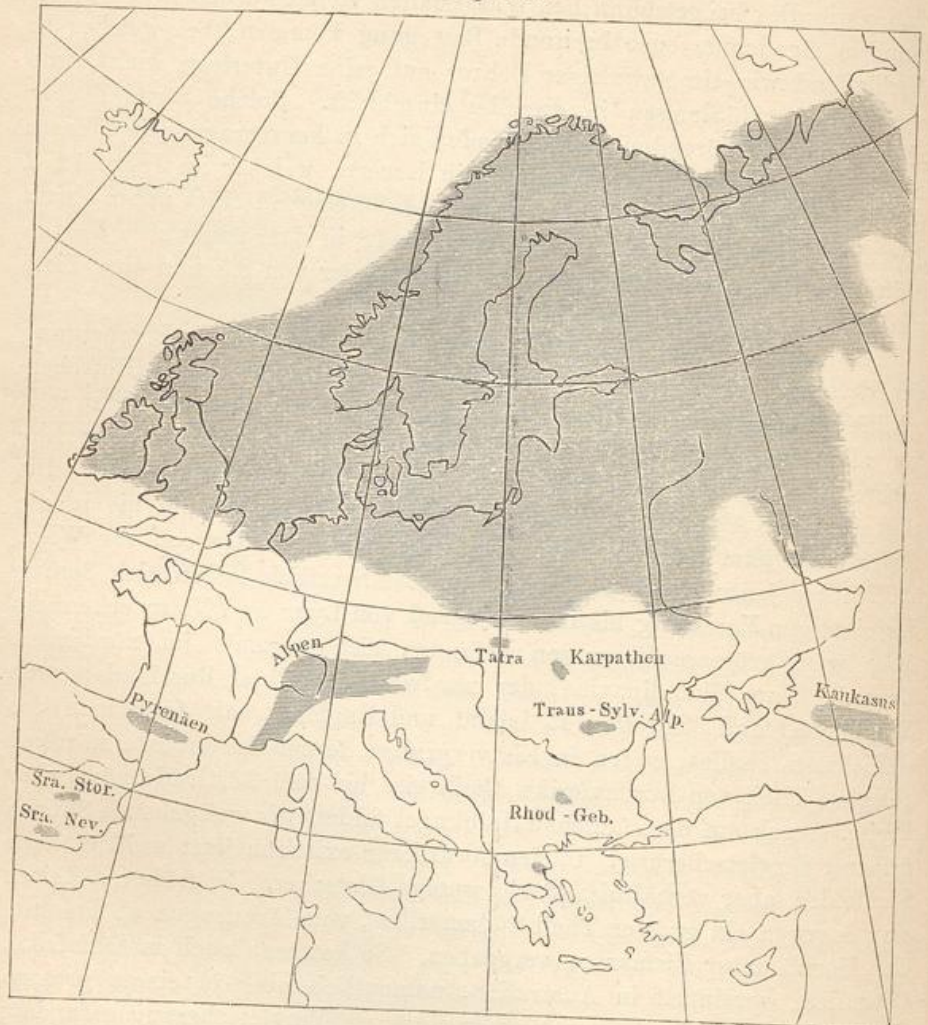
die Lufttemperatur höher als 0° ist, da wird das Eis an seiner Oberfläche in fortwährendem Abschmelzen begriffen sein, es werden sich Wasserströme bilden, welche in die Eisspalten hinunterstürzen. Befindet sich nun am Grunde eines so entstandenen Wasserfalles ein Stein, so kann dieser durch die Gewalt des fortwährend herunterstürzenden Wassers, ebenso wie dies bei gewöhnlichen Wasserfällen vielfach beobachtet werden kann, in strudelnde oder kreisende Bewegung kommen, bei welcher er abschleifend wie ein gewaltiger Bohrer auf seine Unterlage wirkt, und kesselförmige Höhlungen in dieselbe einschleift. Solche Strudellöcher mit den dazu gehörenden Steinen finden sich in hervorragendem Maasse in dem sogenannten Gletschergarten in Luzern, welcher im Jahre 1872 aufgedeckt wurde, und zeigt, dass auch diese Gegend einst unter einem Gletscher vergraben war. Das grösste der 18 in dem genannten Garten befindlichen Strudellöcher hat einen Durchmesser von 8,5 und eine Tiefe von 10 m.

Es wurde ferner schon erwähnt, dass eine begleitende Erscheinung der Gletscher die sogenannten Seiten- und Frontmoränen sind. Gletscherschliffe und Moränen finden sich nun an vielen Orten, welche jetzt weit von allen Gletschern entfernt sind, und beweisen, dass früher die Eisverbreitung in weit bedeutenderem Maasse als jetzt stattfand. Die Gletscher der Alpen erstreckten sich einst nach Norden hin bis in die Gegend, wo jetzt München liegt, nordöstlich bis in die Gegend von Wien, südlich bis jenseits des Gardasees, und südwestlich lassen sich Spuren der einstigen Vereisung bis in die Gegend von Lyon und Nizza erkennen. Aber weit grössere Eismassen befanden sich vormals im nördlichen Europa. Ganz Skandinavien, der nordwestliche Theil Russlands, ganz Norddeutschland, Schottland, Irland und England, mit Ausnahme des südlichsten Theiles, waren in Eis vergraben, ferner der grösste, nördlich gelegene Theil von Nordamerika, theilweise bis zum 38. Grade nördlicher Breite. Auch auf der südlichen Halbkugel finden wir weitgehende Spuren früherer Vergletscherung. In den Cordilleren existiren jetzt wohl manche Firnfelder, aber verhältnissmässig wenige Gletscher. In früheren Zeiten war dagegen ein grosser Theil Südamerikas, vom Aconcagua ab bis zum Cap Horn, unter Eismassen vergraben. So hat man auch in Südafrika, Ostindien, vereinzelt in Australien, namentlich aber in einem grossen Theile von Neuseeland Spuren einer einstigen Vergletscherung gefunden, und in manchen Gegenden der Erde, z. B. in Norddeutschland, lassen sich sichere Spuren einer mindestens zweimaligen Vereisung nachweisen.

Ueberall haben seit jenen Zeiten die Gletscher an Ausdehnung bedeutend abgenommen, und nur das in Eis vergrabene Grönland bietet noch ein Bild eines grossen vergletscherten Landes. In Grönland sind jetzt etwa 2 Millionen Quadratkilometer Landes unter Eis vergraben. Während der Eiszeit waren dagegen in Nordeuropa 6 Millionen und in Nordamerika 9 Millionen Quadratkilometer Landes vergletschert. Aber ein Bild des damaligen Zustandes des vergletscherten Landes erhalten wir doch durch die neuerdings

in Grönland ausgeführten Untersuchungen. Dort hat sich gezeigt, dass das Eis überall in der Nähe des Meeres die geringste Höhe hat und weiter im Innlande ansteigt. 70 bis 80 km von der Küste beträgt die Höhe des Eises etwa 1300 m über dem Meere; hier tauchen noch einzelne Bergspitzen über

Fig. 310.



Karte der einstigen Gletscherverbreitung in Europa (nach Penck und Neumayr).

seiner Oberfläche hervor, aber weiter im Innern erreicht das Eis eine Höhe von mehr als 1650 m, und alle Bergspitzen sind von ihm bedeckt.

Ähnlich müssen wir uns den Zustand Europas während der Eiszeiten denken. Während der ersten der beiden für Norddeutschland sicher nachweisbaren Vergletscherungen nahm diese ihren Ursprung auf der skandinavischen Halbinsel und Finnland; von dort breitete sie sich fächerförmig aus und bedeckte weithin das Land mit langsam abnehmender

Höhe, westwärts bis zur Westküste von Irland und Holland, südostwärts bis Kiew und Nischnij-Nowgorod, während sie in Deutschland etwa beim Harz und Riesengebirge ihr Ende fand (s. Fig. 310). In den Grenzgebieten war das Eis, wie jetzt in Grönland am Meeresufer, am niedrigsten, im Ausgangsgebiete in Skandinavien und Finnland am höchsten, und es lässt sich mit ziemlicher Sicherheit nachweisen, dass die durchschnittliche Höhe des Eises gegen 1000 m betragen hat. Gegen diese Dimensionen ist die Tiefe der Nord- und Ostsee, welche jetzt im Mittel resp. 88 und 66 m beträgt, verschwindend klein; — beide Meere wurden vollständig vom Eise ausgefüllt, ihre Gewässer verdrängt, soweit sie nicht gefroren, und über sie hinweg nahm die gewaltige Eismasse ihren Weg, alles weiche und bewegliche Material aufwühlend und theilweise mit sich fortführend, und Widerstand leistende Felsen abschleifend. Eine ungeheure Menge von Gesteinen ist auf diese Weise von Skandinavien und Finnland in ferne Gegenden transportirt, horizontale Kreideschichten des Meeresbeckens aufrecht gestellt, Hügel vernichtet und anderswo aufgestaut, und Thäler gebildet, wo früher keine waren. Dann kam eine Zeit des Abschmelzens des Eises; mächtige Ströme bildeten sich, die Thäler füllten sich mit Wasser, und allmählich entstand wieder eine Vegetation, wo sie lange Zeit durch das Eis vernichtet war. Dann kam nach vielen Jahren eine neue Eiszeit, die aber ihren Ausgangspunkt nicht mehr in Skandinavien, sondern weiter südöstlich hatte. Während die erste Vergletscherung in Deutschland hauptsächlich in der Richtung von Nordosten nach Südwesten vor sich ging, so nahm die zweite ihre Richtung von Osten nach Westen. Sie war weniger ausgedehnt als die erste, aber doch wurde wieder die ganze Ostsee vom Eise erfüllt, und wieder wurden enorme Geschiebmassen über das vergletscherte Land ausgebreitet. Dann trat wieder ein Abschmelzen des Eises ein, die Gletscher verschwanden langsam, und allmählich nahm, nachdem die ablaufenden Gewässer verlaufen waren, das nordeuropäische Tiefland seinen jetzigen Charakter an. Lange Zeit war man über den Ursprung der in zahllosen Mengen in Norddeutschland verbreiteten sogenannten Findlings- oder erratischen Blöcke im Zweifel. Man glaubte, sie seien auf Eisschollen über das Meer aus Norwegen, Schweden, Finnland und den Ostseeprovinzen nach Deutschland gebracht, bis sich in verhältnissmässig neuer Zeit durch unverkennbare Spuren hat nachweisen lassen, dass ihr Transport durch Gletscher bewirkt ist.

Es fehlt nun nicht ganz an Anhaltspunkten für die Untersuchung der Frage, wie das Klima Europas während der Eiszeit gewesen sein mag. Zunächst sind wir im Stande, mit einiger Sicherheit anzugeben, in welcher Höhe sich die Schneegrenze in den Bergen befand. Denn es reichen zwar die Gletscher, wie wir gesehen haben, häufig tief in die Thäler herab, aber ihren oberen Ausgangspunkt können sie doch nur in der Region des ewigen Schnees nehmen, da wo die Temperatur nicht hoch genug ist, um den gefallenen Schnee zu schmelzen. Nun hat

Penck mit Sorgfalt untersucht, von welchen Bergen früher Gletscher herabgekommen sind und von welchen nicht, und ist dabei zu dem Resultate gekommen, dass während der Eiszeit in den Alpen die Schneegrenze um 1000 m niedriger lag als jetzt. Das gleiche Verfahren wurde auch auf andere einst vergletschert gewesene Länder angewandt, und es hat sich fast überall genähert das gleiche Resultat ergeben. Hieraus lässt sich nun aber berechnen, um wieviel niedriger die Temperatur damals war als jetzt. Denn wir haben gesehen, dass die Temperatur sich durchschnittlich für etwa 200 m Höhenunterschied um 1°C . ändert, und hat also zur Eiszeit die Schneegrenze um 1000 m niedriger gelegen als jetzt, so würde daraus folgen, dass die Temperatur um ungefähr 5°C . niedriger gewesen ist. Eine derartige Temperaturerniedrigung würde aber für die meisten vergletschert gewesenen Gegenden keine auffällig niedrige mittlere Jahrestemperatur hervorbringen, wenn man sie mit derjenigen vergleicht, welche im Mittel auf der entsprechenden geographischen Breite stattfindet. So ist z. B. jetzt die mittlere Jahrestemperatur in Berlin = $+ 9,0^{\circ}\text{C}$., und wir würden nach dem Vorhergegangenen annehmen können, dass sie während der Eiszeit = $+ 4,0^{\circ}\text{C}$. gewesen ist. Nun ist die geographische Breite von Berlin = $52\frac{1}{2}^{\circ}$ und nach der Tafel (S. 516) ergibt sich für diese Breite die mittlere Jahrestemperatur genau ebenfalls = $+ 4,0^{\circ}\text{C}$., woraus folgt, dass für die Gegend von Berlin die mittlere Temperatur während der Eiszeit nicht unter den für die Jetztzeit geltenden mittleren Betrag der entsprechenden geographischen Breite herabgegangen ist. Aehnliche Resultate ergeben sich für andere in der Vorzeit vergletschert gewesene Gegenden.

Bezüglich der Ursachen der früheren bedeutenden Eisverbreitung sind mancherlei Hypothesen aufgestellt worden. Einestheils hat man angenommen, dass das Sonnensystem bisweilen in besonders kalte Regionen des Weltraumes gelangt ist, andernteils hat man geglaubt, dass auf die Gletscherbildung die Richtung des Perihels der Erdbahn einen bedeutenden Einfluss übe. In der jetzigen Zeit befindet sich nämlich die Erde am Anfange des Jahres in der Sonnennähe, zu einer Zeit, wenn auf der nördlichen Halbkugel Winter, auf der südlichen aber Sommer herrscht. Nun ändert sich aber die Richtung der Apsidenlinie, also auch die Richtung nach demjenigen Punkte des Himmels, in welchem die Sonne während ihrer Erdnähe steht, gegen den Frühlingspunkt sowohl in Folge der Aenderung der Lage der Apsidenlinie selbst, als auch in Folge der Präcession des Frühlingspunktes. Die erstere ist in ihrer Geschwindigkeit etwas veränderlich, geht aber im Mittel um etwa $0,3125^{\circ}$ in 100 Jahren vorwärts. Der Frühlingspunkt geht dagegen in jedem Jahrhundert um $1,3947^{\circ}$ rückwärts, die relative Lage der Apsidenlinie gegen den Frühlingspunkt ändert sich demnach in einem Jahrhundert um $1,71^{\circ}$, und in etwa 21000 Jahren um 360° . Es folgt daraus, dass vor 10500 Jahren die Erde sich am Anfange des Juli, d. h. während des Sommers der nördlichen, oder während des Winters der südlichen Halb-

kugel in der Sonnennähe befunden hat, so dass also die Sommer der nördlichen Halbkugel wärmer, die Winter dagegen kälter gewesen sein müssen. Ueberdies aber bewegt sich die Erde während ihrer Sonnennähe mit der grössten Geschwindigkeit in ihrer Bahn, es würde dadurch die Zeit der hohen Temperatur verkürzt, und die der niedrigen Temperatur verlängert worden sein, und im Mittel würde der nördlichen Halbkugel etwas weniger, und der südlichen etwas mehr Sonnenwärme zugeflossen sein. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass eine niedrige Temperatur durchaus nicht hinreichend für eine Gletscherbildung ist, sondern dass dabei noch ganz andere Factoren, wie z. B. die Vertheilung von Wasser und Land, sowie die Meeres- und Luftströmungen, eine bedeutende Rolle spielen. Wir finden z. B., dass in der Jetztzeit unter dem 65. Grade nördlicher Breite Gletscher vorhanden sind in Grönland bei einer mittleren Jahrestemperatur im Meeresniveau von etwa -3°C .; auf Island bei einer mittleren Jahrestemperatur von $+3^{\circ}\text{C}$., und in Norwegen bei einer mittleren Jahrestemperatur von $+4^{\circ}\text{C}$., wogegen in Asien in gleicher geographischer Breite selbst bei einer mittleren Jahrestemperatur von -14°C . keine Spur einer Gletscherbildung vorhanden ist. In den Gebirgen entstehen dort Gletscher, wo eine warme feuchte Luft rasch in solche Regionen geführt wird, in welchen sie unter den Gefrierpunkt abkühlt, und es scheint überhaupt für die Gletscherbildung erforderlich zu sein, dass starke Temperaturoegensätze in räumlich nahe gelegenen Gebieten vorhanden sind. So steht Grönland theilweise unter der Wirkung des warmen Golfstromes, theilweise unter derjenigen der kalten Labradorströmung, wie sich deutlich aus der Richtung der dortigen Isothermen ergibt, während auf Island und in Norwegen der Golfstrom in Verbindung mit der Höhe der dortigen Berge die Gletscherbildung begünstigt. Es ist sehr wohl denkbar, dass, wenn eine Verbindung der Ostsee mit dem Weissen Meere in der Gegend entstände, wo sich der Ladoga- und Onegasee befinden, dann eine eiskalte Meeresströmung vom Eismeere aus durch die Ostsee gehen, und nicht nur die Temperatur im nordöstlichen Europa sowie in Deutschland bedeutend erniedrigen, sondern auch in Verbindung mit dem warmen Golfstrom in Skandinavien eine ausserordentlich starke Gletscherbildung hervorrufen würde.

Da wir nun über die Vertheilung von Wasser und Land während der Glacialperiode nur wenig, und über die damals herrschenden Luft- und Meeresströmungen gar Nichts wissen, so ist es auch nicht möglich, mit einiger Bestimmtheit die näheren Bedingungen zu erkennen, unter welchen die grosse Gletscherbildung vergangener Zeiten vor sich gegangen ist.

Absorption der Wärmestrahlen durch die Atmosphäre. 197

Wenn man mit Hülfe einer Sammellinse Zunder durch Concentration der Sonnenstrahlen anzünden will, so wird man einen grossen Unterschied