

6.

Das Schwinden der Gletscher.

Von W. Kaiser.

Unter den Eindrücken, welche eine Schweizerreise in jedem Besucher der grossartigen Alpenwelt hinterlässt, spielen die Gletscher eine hervorragende Rolle. Schon dieser Umstand würde die Besprechung eines seit mehreren Jahrzehnten beobachteten Phänomens, welches jene für die Geschichte der Erde so wichtigen Gebilde betrifft, an dieser Stelle als berechtigt erscheinen lassen. Eine weitere Veranlassung zu nachstehenden Bemerkungen liegt in dem Umstande, dass die Frage nach den Ursachen der Eiszeit — einer Vergletscherung ausgedehnter Gebiete — auf der Tagesordnung der Wissenschaft steht. —

Es war an einem sonnenglänzenden Tage des Jahres 1862, als ich zum ersten Male den Rosetsch-Gletscher bei Pontresina im Ober-Engadin erblickte. Wie eine aus Saphir gebaute Mauer stieg er aus dem Schutt und Felsengewirr der Moräne empor, so klar, so durchsichtig, dass die verschiedenen Schichten, aus denen er gebildet war, sich deutlich abzeichneten. Aus dem Eise quollen und sprudelten, vom warmen Strahle der Sonne hervorgehlockt, unzählige Bäche, die in krystallener Bette hierhin und dorthin schossen, um plötzlich in gähnender Spalte zu verschwinden. Ringsum stiegen, bis zum Gipfel in ein weisses Kleid gehüllt, die Bergriesen empor, über alle ragend der gewaltige Piz Bernina. Von den Abhängen hüben und drüben tönten die schrillen Piffe der Murmelthiere, jener scheuen Bewohner der Alpeneinsamkeit, durch die Luft. Damals war es keine leichte Sache und es bedurfte eines umsichtigen Führers, um durch das Labyrinth der Gletscherspalten zu der Halbinsel, den Agagliuls, zu gelangen, welche die beiden Arme trennt, aus denen der Rosetsch-Gletscher entsteht. Von Pontresina führte mich das nächste Wanderziel in das Thal von St. Moritz hinüber. Welch herrliche Landschaft hat dort die Natur mit den einfachsten Mitteln hervorgezaubert!

Nur drei Farben verwendete sie, Weiss für die Gipfel, Grün für die Matten und den Kranz der Wälder, Blau für die im Grunde schlummernden Seen von St. Moritz und Silvaplana.

Fünfzehn Jahre später schildert ein Besucher*) den Anblick mit ganz anderen Farben. Erst nach ganz langem Suchen gelang es ihm, den Fusssteig zu finden, der durch Gebüsch von Alpenrosen und Zirbeln mich vordem unmittelbar auf das Eis brachte. Mindestens dreihundertundachtzig Meter war er von dem Gletscher entfernt; so weit ist dieser zurückgewichen, indem er fünf Frontmoränen auf seiner Flucht zurückliess. An der Stelle, wo man ehemals vom Ufer auf den Gletscher gestiegen, musste er hinabblicken, um denselben zu gewahren. Tief unten, wenigstens sechzig Meter tief, lag er zwischen die Seitenmoränen eingezwängt. Auch unten Alles verändert. Nichts mehr von jener durchscheinenden fleckenlosen Saphirfarbe; die Oberfläche war mit Schlamm und hässlichem Schutt bedeckt. Nichts mehr von den silberklaren pfeilschnellen Bächen; auf dem zermürbten Eise standen trübe Tümpel, unschlüssig, wohin sie sich wenden sollten, um auf den Grund zu gelangen. Die Spalten hatten sich geschlossen, der Schnee war verschwunden, grau und braun starrten die nackten Felsen empor. Auch das weisse Kleid des Piz Bernina war schadhaft geworden. Als einziger Ersatz für den Verlust so vieler Schönheiten bot sich ein leichter Zugang zu den Agagliuls. Während es früher einer ganzen Tageswanderung bedurfte, konnte man dieselben jetzt im Laufe eines Nachmittags bequem und ohne Führer besuchen. Vor den Stimmen der Menschen und dem Wiehern der Pferde hatten sich die Murmelthiere in einsamere Gegenden zurückgezogen.

So sieht der Rosetsch-Gletscher heute aus, und mit ihm sind alle andern beschrieben, die als Edelsteine durch die ganze Alpenkette zerstreut sind. Auch das Thal von St. Moritz hat den Glanz der Jugendschöne eingebüsst. Hässliches Braun ist an die Stelle des blendenden Weiss getreten, welches gar schlecht zu dem Blau und Grün passt.

Woher, so fragen wir uns, diese so befremdliche Erscheinung? Wie kommt es, dass das Mer de glace an jener Stelle, wo man es nach den prächtigen Nadelholzwäldern, in welche eingezwängt es die wundervollen Cascaden bildete, Mer de bois genannt hat, sich

*) Stoppani in den Atti della Accademia dei Lincei.

vollständig in die Schlucht des Montanvert zurückgezogen hat, eine Strecke von wenigstens neunhundertfünfzig Meter? Wie kommt es, dass der Glacier de l'Argentière seit 1820 um tausend Meter zurückgewichen ist, dass sich dasselbe Bild am Mont Blanc, am Adamello, am St. Gotthard wiederholt?

Zuerst machte — soviel wir wissen — der italienische Gelehrte Stoppani im Jahre 1861 bei Gelegenheit einer Naturforscherversammlung zu St. Jean de Maurienne auf die Allgemeinheit jener Erscheinung aufmerksam. Seitdem widmete er derselben seine besondere Aufmerksamkeit, indem er wiederholt die Gletscher der Alpen besuchte, zahlreiche Messungen vornahm und nach den Gründen der Erscheinung forschte. Gleichzeitig wurden Beobachtungen von den schweizerischen Gelehrten Dufour und Forel, von dem durch seine Betheiligung an der österreichischen Nordpolarfahrt in den weitesten Kreisen bekannten Julius Payer und Anderen angestellt. Payer beobachtete besonders die Gletscher der Ortelergruppe. „In dem für Südtirol so ungewöhnlich feuchten Sommer 1868“, sagt er, „geschah es, dass die Eismassen der Orteleralpen, deren Umgrenzung mir durch die Aufnahmen früherer Jahre genau erinnerlich war, trotz der ungewöhnlichen Strenge und Schneeüberlagerung des letztvergangenen Winters, bezüglich ihrer Details bis fast zur Unkenntlichkeit abzehrten. Aehnlich lauteten die Berichte aus anderen Alpentheilen. Liegt unter diesen Umständen nicht die Annahme nahe, dass unsere Eiswelt ihrem Ende verhältnissmässig rasch, d. h. mit beschleunigter Geschwindigkeit entgegen geht, und dass die zunehmende Polirung der Gletscherbahn eine Hauptursache davon bildet? Betrachtet man alle unsere Gletscher als augenblicklich nicht existirend, so erscheint wohl die Folgerung gerechtfertigt, dass zwar eine Erneuerung der Eiswelt stattfinden wird, dass jedoch das von ihr binnen einer Reihe von Jahren erreichte Arealmaximum weit unter dem jetzigen Stande zurückbleiben muss; denn unsere wirklich vorhandene Gletscherwelt arbeitet noch immer mit der sich nur langsam vermindernden Erbschaft aus der sogenannten Eiszeit. Das ihr dadurch gegebene temperative Gleichgewicht, von dem sie nur allmählich einbüsst, entspricht nicht mehr den allgemeinen Wärmeverhältnissen in der Höhe. Demnach steht die Ausdehnung der Gletscher nicht mehr im Verhältniss zu dem heutigen Temperaturmoment.“ Eine Stütze erhält diese Ansicht in der Allgemeinheit der Erscheinung, welche sich nicht auf die Alpen beschränkt. Nach Mittheilungen

des Direktors des russischen physikalischen Central-Observatoriums Dr. Wild, sowie des schwedischen Geologen Nyström sind auch die Gletscher des Kaukasus und Norwegens in ständigem Rückschreiten begriffen. Im Kaukasus hat dasselbe wie in der Schweiz gegen 1855 begonnen. In Norwegen trat es anfangs nur vereinzelt auf; jetzt ist es allgemein. Auch in Spitzbergen haben nach Nordenskiöld die Gletscher in den letzten Jahren merklich abgenommen; ebenso ist dieses in Grönland beobachtet worden. Da die Pyrenäen dasselbe Verhalten zeigen, so ist wenigstens für die vier grossen europäischen Gletschergruppen die Erscheinung unzweifelhaft festgestellt: eine Thatsache von der hervorragenden Bedeutung für die Geschichte unserer Erde. Rechnen wir die Gletscher von Spitzbergen und Grönland hinzu, so hat die Erscheinung eine Verbreitung auf der nördlichen Halbkugel über 100 Längengrade; ihre Ursachen können also nicht örtlicher, sie müssen allgemeiner Art sein. Ehe wir unsere Augen besonders auf die Alpen richten, wollen wir Dufour's Ansichten über die allgemeinen Ursachen kennen lernen, zu denen Stoppani's Beobachtungen eine willkommene Ergänzung bieten.

Im Augenblicke, meint also der erstgenannte Gelehrte, ist es schwierig, die Ursachen des Rückganges der Gletscher anzugeben; denn was die Wetterverhältnisse betrifft, so sind die letzten Jahre von den vorhergehenden nicht sehr verschieden gewesen. Uebrigens hängt das Vorschreiten und Zurückweichen eines Gletschers von verschiedenen Umständen ab: zuerst von der Hitze und Feuchtigkeit der Sommer und von der Häufigkeit und Stärke der warmen Winde.

Was die Wärme und den Wind angeht, so liegen die Folgen ihrer Einwirkung auf der Hand; aber auch der Einfluss der Feuchtigkeit ist nicht zu bezweifeln. Wie durch Experimente bewiesen ist, verdichtet sich der Wasserdampf auf der Oberfläche der Gletscher, wie er sich im Winter auf der Innenseite der Fensterscheiben verdichtet; und dieses Verdichtungswasser vermehrt in bedeutendem Masse die Menge der aus dem Gletscher entstehenden Flüssigkeit. Diese Verdichtung ist die Ursache, dass eine erhebliche Menge von latenter Wärme frei wird, was hinwieder das Schmelzen des Eises befördert.

Aber das Schwinden des Gletschers hängt nicht nur von den Kräften ab, die ihn zu zerstören trachten, sondern auch von denen, die ihn aufbauten.

In einer gewissen Höhe über der Meeresfläche fällt selbst unter dem Aequator der Niederschlag in fester Form, das heisst, als Schnee.

Die Schneedecke der Gebirge steigt im Winter zur Ebene hinab und zieht sich im Sommer wieder gegen die Gipfel zurück. Die untere Grenze des Gebietes, welches auch im höchsten Sommer mit Schnee bedeckt ist, heisst Schneelinie. Dieselbe ist in verschiedenen Gegenden in verschiedener Höhe.

Die Ursachen der Verschiedenheit sind in der Vertheilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten, in dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft, der Art der herrschenden Winde, sowie in der Menge des fallenden Schnees zu suchen. In den Alpen liegt sie in 2700 Meter Höhe, auf Spitzbergen hingegen beginnt sie schon bei 460, in den äquatorialen Anden aber erst bei 4800 Meter, am Karakorum in Hochasien bei 5820, auf den Hochebenen Tibets bei 6100 Meter.

Aus den Schneelagern der Gebirge nun, die sich in muldenförmigen Hochthälern ansammeln, und unter dem Druck der Hunderte von Fuss hohen Auflagerungen, nehmen die Gletscher ihren Ursprung und gleiten als wirkliche Eisströme langsam in die Ebene hinab, bis sie an ein Niveau kommen, wo die herrschende Temperatur sie in demselben Masse abschmilzt, wie die oberen Massen nachrücken. Diese untere Grenze reicht viel tiefer als die Schneelinie; in den Alpen nimmt man sie im Mittel bei 1740 Meter an. Der am Tiefsten herabreichende Gletscher der Schweiz ist der Grindelwaldgletscher, welcher sich bis zu 983 Meter herabsenkt, wo die mittlere Jahrestemperatur schon $+ 6\frac{1}{2}^{\circ}$ Celsius beträgt. Die Entstehung des Gletschereises haben wir uns in folgender Weise zu denken. Durch die Einwirkung der Sonnenwärme und der lauen Winde schmilzt der Schnee in den Regionen unter 4000 Meter; das Wasser sickert in tiefere Lagen, wo es kälteren Schnee findet und wieder gefriert. Hierdurch nimmt es die Gestalt von Körnern an, die mehr oder weniger zusammenhängen und den Firn (d. h. vorjährigen Schnee) bilden. Der Firn folgt auch dem Gesetz der Schwere und drängt nach der Tiefe. Stürzt er nicht über steile Abhänge hinab, sondern sammelt er sich in ausgedehnten Mulden, immer nach unten drängend, so verwandelt er sich allmählich in festes Gletschereis. Gletscher ist also eine Gesamtheit von Hochschnee, Firn und Eis; im engeren Sinne versteht man freilich darunter nur den aus dem Hochschnee und Firn entstandenen Eisstrom. Die grösseren Gletscher füllen die von den Firnfeldern abwärtsführenden Thäler in ihrer ganzen Breite und bis zu einer bedeutenden Höhe aus, indem sie

den Windungen derselben folgen. Häufig stossen mehrere Eisströme zusammen, die dann zu einem Hauptstrom verschmelzen. Die Gletscheroberfläche erscheint auf flachem Boden gewölbt, auf unregelmässiger Fläche ist sie von vielfach verzweigten Spalten durchsetzt. In diese Spalten ergiessen sich die Schmelzwasser, und wenn die Spalten sich schliessen, so bleiben die vom Wasser ausgewaschenen kaminartigen Löcher zurück. Unter den Gletschern befinden sich die Kanäle, durch welche das Wasser sich einen Abfluss verschafft. Die Kanäle vereinigen sich am unteren Ende des Gletschers zu einem Bache, der gewöhnlich durch eine Wölbung, das Gletscherthor, hervorbricht. Der Schutt und die Felstrümmer, welche von den umgebenden Gebirgen auf die Gletscheroberfläche herabstürzen, ordnen sich längs der Wände zu langen Reihen, die Seitenmoränen genannt werden. Vereinigen sich zwei Gletscher, so bilden die Seitenmoränen der sich aneinanderschliessenden Wände eine Mittelmoräne, während der am unteren Ende abgelagerte Schutt zur Endmoräne wird. Unter allen Gletschererscheinungen hat keine die Naturforscher so beschäftigt, wie die Bewegung. Durch genaue Beobachtung hat man gefunden, dass dieselbe bei raschem Vorschreiten 150—200 Meter im Jahre betragen kann. Der schottische Naturforscher Forbes stellte auf dem Mer de glace am Montblanc zuerst genauere Untersuchungen über die Art der Bewegung an, welche später von Anderen bestätigt wurden. Es ergaben sich folgende Gesetze: 1. die abwärtsgehende Bewegung ist beständig, im Sommer so gut wie im Winter, nie ruckweise; 2. sie ist bei warmem Wetter, also im Sommer, stärker als bei kaltem und wird durch Regen und Schneeschmelzen beschleunigt; 3. die Oberfläche eines Gletschers bewegt sich schneller als der Boden; die Mitte desselben schneller als seine Seiten; 4. die Bewegung ist auf stark geneigtem Boden stärker, als auf weniger geneigtem.

Der Gletscher in seiner Gesamtheit ist also die Summe der meteorologischen Vorgänge während einer langen Reihe von Jahren. Es wäre also verfehlt, wenn man die Ursache des Zurückweichens der Gletscher einzig in den Verhältnissen der letzten Jahre suchen wollte: dieselben beginnen schon in der Zeit ihres Entstehens selbst.

Fassen wir nunmehr die Beobachtungen des italienischen Geologen in's Auge. Zu den am Rhonegletscher von Dufour und Forel angestellten Messungen fügt er eine Reihe von Ziffern hinzu, welche unser Staunen erregen müssen. Bei einzelnen der grösseren Gletscher

hat er ein Zurückweichen von 1000 Meter und ein Sinken von 50, 60, ja 100 Meter festgestellt, abgesehen von den Schnee- und Eisfeldern, welche zu Hunderten verschwunden sind. Diese Abnahme von vielen Tausenden von Kubikmeter Schnee und Eis kann auf die Dauer natürlich nicht ohne den verhängnissvollsten Einfluss auf die Vorländer der Alpen bleiben, welche von ihnen bewässert werden.

Wir stehen also am Ende einer Eiszeit, und die Physik der Gletscher wird nunmehr die Aufgabe haben, das Zurückweichen der letzteren zu beobachten. Die Merkzeichen, an denen dasselbe erkannt wird, hat die Geologie schon lange festgestellt. Wir sehen sie in jenen abgerundeten Kuppen am Fusse der Alpen, in jenen Schrammen und Riefen der polirten Felsen, in jenen ungeheuren Moränen, welche sich an den Ufern des Mincio, des Oglio, der Adda und nördlich von den Alpen erheben und uns von der ehemaligen Ausdehnung der Gletscher erzählen, die sich Dutzende von Meilen weit zurückziehen mussten, als ihre Zeit gekommen war.

Aber werden jene Eisströme fliehen, bis sie völlig verschwunden sind, werden sie nie in ihre Betten zurückkehren? Wir dürfen getrost antworten, dass wir in den Erscheinungen der Vergangenheit eine Bürgschaft für die Zukunft haben. Es ergiebt sich nämlich aus zahlreichen Dokumenten, dass in den Alpen von jeher ein stetes Kommen und Gehen der Gletscher stattfand, wenigstens auf dem ungefähren Gebiete ihrer historischen Ausdehnung. Wir sind jetzt noch nicht auf dem Punkte angelangt, der im 11. bis 15. Jahrhundert erreicht war, als über das heute vom Aletschgletscher bedeckte Gebiet die Kinder zur Taufkapelle getragen wurden, als man über den Pass des Monte Moro zu Pferde von Sars nach Macugnaja gelangte, als das Weissthor, welches noch vor wenigen Jahren nur von den kühnsten Alpensteigern begangen wurde, den Pilgern einen bequemen Weg von Zermatt nach Sion bot.

Die Eisperiode, an deren Ausgang wir jetzt angelangt sind, scheint gegen Ende des vorigen Jahrhunderts begonnen zu haben; sie erreichte ihren Höhepunkt zwischen 1817 und 1820. Darauf blieben die Gletscher eine Zeit lang stationär, bis gegen 1855 der Rückgang eintrat.

Dass gesteigerte Gletscherthätigkeit nicht mit einer allgemeinen Abkühlung der Temperatur zusammenhängt, gilt als ziemlich sicher. In der geologischen Eiszeit bedeckte eine üppige Flora die Abhänge, zwischen denen die Gletscher flossen, mit dichtem Urwalde, der von

Elephanten, Rhinozeronten, Affen, Tigern und Hyänen bewohnt war; und das Geschiebe, welches die bis zum norditalischen Meeresufer reichenden Gletscher ablagerten, ist mit unzähligen Schalen von Weichthieren vermischt, die heutzutage noch in den warmen Gewässern des Mittelmeeres vorkommen. Die Bedingungen eines jeden Gletschers sind Kälte und Wasser, dieses als Stoff, jene als bildende Kraft. Hieraus ergibt sich, dass die Eiszeit eher einen warmen als kalten Charakter haben muss, also eine Zeit der Regengüsse und dichten Nebel ist. Und wie es in der geologischen Zeit war, muss es auch in der geschichtlichen sein. Die Kälte allein vermag keinen Flocken Schnee zu schaffen; bei hinreichender Feuchtigkeit aber bedarf es nicht einmal der auf den Alpengipfeln herrschenden Kälte, um diese mit einer weissen Decke zu umhüllen. So liegt der Gedanke nicht fern, dass über Norditalien nur ein wärmeres Klima sich zu entwickeln braucht, welches reichlichere Feuchtigkeit an die Alpen abgibt, um die Gletscher wieder über die blühenden Gefilde herabzuziehen, wie ja beispielsweise in Neuseeland unter weit milderem Himmel die von einer tropischen Vegetation eingefassten Gletscher bis fast an das Meer reichen.

Da also in den beiden Faktoren, der Kälte, besonders aber der Feuchtigkeit die Ursache der Gletscherschwankungen zu suchen ist, so wäre der richtige Weg, eine Erklärung zu finden, das sorgfältige Studium der Wetterverhältnisse eines hinreichend langen Zeitraumes. Leider sind derartige Beobachtungen früher sehr ungenau aufgezeichnet worden. Es ist ein günstiger Zufall, dass gerade die Beobachtungen des Observatoriums in Mailand über ein Jahrhundert, bis 1763, hinaufreichen. Noch günstiger erscheint dieser Umstand, wenn man die Lage Mailand's berücksichtigt, der Schlüsse auf die Klimatologie der Alpen wohl rechtfertigt. Die Temperaturunterschiede in den 119 Jahren der Beobachtungen sind so geringfügig, dass sie gar keinen Anhaltspunkt für die Beantwortung unserer Frage geben. Anders steht es mit den Feuchtigkeitsverhältnissen. Nach den Zusammenstellungen von Professor Celoria in Mailand betrug die Zahl der Schneetage daselbst während der ersten Periode des Vorrückens der Gletscher (1787—1806) 243, während der gleichlangen Periode des Zurückweichens (von 1857—1876) aber nur 156. Die Differenz in je zwanzig Jahren des Vorschreitens und Zurückweichens ist also 87; d. h. während des ersteren betrug die Zahl der Schneetage ein Drittel mehr als während des letzteren.

Zu den Beobachtungen von Dufour, Stoppani, de la Rive, Tyndall, welche die Eiszeit als eine Periode grösserer Wärme ansehen, sind jüngst verschiedene Untersuchungen italienischer Forscher gekommen, die geeignet scheinen, die allerdings noch mehrfach dunkle Frage der Beantwortung näher zu führen.

Professor Pietro Blaserna legte in der Sitzung der königl. Akademie in Rom vom 17. Juni vorigen Jahres eine Abhandlung über die der Eiszeit entsprechende Temperatur*) vor, welche folgenden Gedankengang hat: „Zur Bildung und zum Bestehen eines Gletschers gehören zwei Bedingungen: ein Verdunstungsbecken, welches im Stande ist, regelmässig eine hinreichende Menge von Wasserdampf zu liefern, und eine condensirende Oberfläche von solcher Beschaffenheit, dass sie den Wasserdampf verdichten und einen Theil desselben als ewigen Schnee aufnehmen kann. Für die Alpen ist das Verdunstungsbecken fast ausschliesslich durch das Mittelmeer und das Pothal mit seinen Seen, seinen Flüssen und seiner bewässerten Oberfläche gebildet.

Wenn die Temperatur steigt, so muss die Menge des von dem Verdunstungsbecken gelieferten Wasserdampfes wachsen, und in derselben Zeit muss die Grösse der verdichtenden Oberfläche abnehmen, weil die Schneegrenze steigt.

Wenn die Temperatur sehr niedrig ist, so ist die Verdunstung so gering, dass trotz der grossen Ausdehnung der condensirenden Oberfläche sich kein Schnee mehr bildet und der Gletscher keinen Ersatz für die abschmelzende Masse erhält.

Wenn im Gegentheile die Temperatur sehr hoch ist, so findet zwar eine sehr starke Verdunstung statt, aber es ist keine condensirende Oberfläche vorhanden, es wird also auch kein Schnee gebildet.

Die Gletscherbildung gehört also einer mittleren Höhe der Temperatur an; daneben hängt sie von der Gestalt des Berges ab. Ein Berg mit sehr abschüssigen Seiten, mit grossen Hochflächen in der Region des ewigen Schnees, wie das Massiv des Mont blanc und die Berner Alpen mussten ihre stärkste Gletscherentwicklung bei erhöhter Temperatur haben, wenn die Vermehrung des Wasserdampfes die wenig merkbare Verringerung der Verdichtungsfläche

*) Sulla temperatura corrispondente al periodo glaciale. Atti della R. Accademia dei Lincei, 1883. Vol. VII, Fasc. 14, pag. 284 ff.

überwiegt; wohingegen Berge mit grosser Basis und sanftem Abhang, wie der Aetna und der Chimborazo, unter dieselben Bedingungen wie die vorhergenannten versetzt, das Maximum ihrer Gletscherentwicklung von einer Erniedrigung der Temperatur erwarten müssten, wenn die Verminderung des Wasserdampfes durch beträchtliche Vermehrung der Condensationsoberfläche mehr als ausgeglichen wird.“

Blaserna meint, dass das Maximum der Gletscherentwicklung des Mont blanc bei einer Temperatur eingetreten sei, die zwei Grad über der jetzigen war, indem die mittlere Jahrestemperatur von Genf und Turin der jetzigen von Bologna und diejenige von Rom der jetzigen von Messina entsprach.

Als die Temperatur von Europa zwölf Grade höher war als jetzt, müssen nach Blaserna furchtbare Regengüsse vorgeherrscht haben, aber nicht einmal der Gipfel des Mont blanc condensirte ewigen Schnee. Als die Erde sich abkühlte, bildete sich eine erste condensirende Oberfläche und mit ihr der erste ewige Schnee. Die Gletscher entwickelten sich allmählich in dem Masse, als es kühler wurde; für den Mont blanc erreichte ihre Bildung, wie oben bemerkt, das Maximum, als die Temperatur zwei Grade über der jetzigen war; und für die übrigen Gipfel trat zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Temperaturen, die aber immer höher als jetzt waren, dasselbe ein. Bei fortschreitender Abkühlung verminderten sich auch die Gletscher und nahmen schliesslich ihre jetzige Gestalt an.

Das ist in ihren Hauptzügen die sehr einfache und auf den ersten Blick einleuchtende Theorie des Prof. Blaserna, welche die Nothwendigkeit beseitigt, zur Erklärung der Eiszeit eine Erniedrigung der Temperatur vorauszusetzen.

Gegen die Erklärung Blasernas macht ein anderer römischer Gelehrter, Paolo di S. Robert, zwei Einwendungen. *)

Erstens ist bekannt, dass viele Berge, welche heutzutage nur vorübergehend mit Schnee bedeckt sind, zu anderen Zeiten auch ihre Gletscher hatten; so der Gran Sasso d'Italia, die Vogesen, das Riesengebirge, der Harz u. s. w. Der Gran Sasso d'Italia — 2912 m. über dem Meere — überragt nur um wenige hundert Meter die Schneegrenze, so dass, wenn die Temperatur Italiens sich um zwei Grad erhöhte, diese Grenze sich über den Gipfel des Berges erheben

*) Atti u. s. w. VIII, 2 pag. 56 Perchè i ghiacciaj si vadano ritirando.

und die Condensationsfläche vollständig verschwinden würde. Nun zeigt dieser Berg ganz unzweifelhafte Spuren eines alten Gletschers. In der Eiszeit muss der ewige Schnee also tiefer hinab als jetzt auf dem Berge gereicht haben. Das aber konnte nur in Folge einer niedrigeren mittleren Jahres-Temperatur als jetzt oder auch einer tieferen mittleren Sommer-Temperatur bei übrigens gleicher mittlerer Jahrestemperatur der Fall sein.

Ausserdem hat man in entschieden warmen Ländern, in Syrien, auf den Azoren, in Columbia Gletscherspuren entdeckt: es ist einleuchtend, dass eine Rückkehr der Eiszeit in jenen Gegenden nicht mit einer Erhöhung der Temperatur stattfinden würde.

Die Temperatur der Atmosphäre ist also nicht ständig niedriger geworden, wie Blaserna voraussetzt; es muss eine Zeit gegeben haben, wo sie niedriger war, als heute, und wenn nicht das ganze Jahr hindurch, so doch während eines Theiles des Jahres.

Zweitens spricht gegen Blaserna's Hypothese die eben näher besprochene Abnahme der Gletscher in unserem Jahrhundert. Diese Abnahme müsste nach Blaserna die Folge eines Herabganges der Temperatur sein. Nun hat sich die mittlere Jahrestemperatur seit etwa 33 Jahrhunderten nicht erheblich geändert, wie von Arago auf Grund von Beobachtungen der Vegetation bewiesen worden ist.

Dieser Widerspruch zwischen den beobachteten Thatsachen und der Theorie des Prof. Blaserna scheint darin seinen Grund zu haben, dass er nur die Schneefelder oberhalb der Grenze des ewigen Schnees ins Auge fasst und die Einflüsse, welchen der Gletscher unterhalb dieser Linie ausgesetzt ist, völlig ausser acht lässt.

Die Gletscher der Alpen steigen selbst bis zu 1500 m unter die Schneegrenze herab, der Gletscher der Brenva zum Beispiel erreicht bei den Bädern von Courmayeur eine Höhe von 1300 m über dem Meere; der Gletscher der Bossons bei Chamounix eine Höhe von 1099 m. Die durch das Schmelzen verursachte Abnahme des Gletschers ist ausserordentlich gross und darf nicht unberücksichtigt bleiben. Wenn der Gletscher in seiner Ausdehnung constant ist, so entspricht die jährliche Abnahme dem oben gefallenen Schneequantum eines Jahres. Das Abschmelzen hängt von der Temperatur ab: es steht zu derselben in gradem Verhältnisse. Die Temperatur der grössten Entwickelung der Gletscher fällt nicht mit derjenigen zusammen, welche der grössten Menge des auf den Höhen condensirten Wasserdampfes entspricht. Angenommen eine mittlere Jahres-

temperatur von 15° entspräche der grössten Menge des auf den Höhen condensirten Wasserdampfes. Wenn die mittlere Temperatur über 15° steigt, so nimmt die Menge des condensirten Wasserdampfes ab, dagegen nimmt das Abschmelzen zu: der Gletscher vermindert sich.

Wenn aber die mittlere Jahrestemperatur unter 15° sinkt, nimmt die Menge des Schnees zu, das Abschmelzen lässt nach und wird im Verhältniss zu der Menge des Schnees so gering, dass der Gletscher wächst.

Hiernach muss die grösste Ausdehnung des Gletschers bei einer mittleren Jahrestemperatur unter 15° eintreten.

Im Allgemeinen wird die Temperatur, welche der grössten Ausdehnung der Gletscher entspricht, sicherlich niedriger sein, als die Temperatur, welche der grössten Menge des auf den Höhen gefallenen Schnees entspricht.

Wie schon angedeutet wurde, hat sich die Gesamt-Temperatur auf unserer Erde seit vielen Jahrtausenden nicht merkbar verändert; trotzdem nehmen die Gletscher seit Decennien ab: Wo haben wir die Gründe zu suchen? S. Robert entwickelt darüber folgende Gedanken, in denen er zum Theil mit den übrigen Beobachtern übereinstimmt, aber ein neues Moment hinzufügt.

Die Hauptursache des Schwindens der Gletscher sieht er in der fortschreitenden Abnahme des feuchten Niederschlages in der kalten Jahreszeit. Der in der warmen Jahreszeit — April bis September — condensirte Wasserdampf, meint er, trägt wenig zur Bildung der Gletscher bei, weil er zum Theil wieder verdampft, zum Theil in flüssigem Zustande herabkommt; dagegen bleibt der während der kalten Jahreszeit — October bis März — als Schnee gefallene auf den Bergen liegen und dient als Nahrung für die Gletscher.

Zu den von Prof. Celoria mitgetheilten Zahlen fügt S. Robert die folgenden hinzu.

In Turin betrug die jährliche Niederschlagsmenge in der Zeit von 1809—1811 für die kalte Jahreszeit 465 mm, für die warme 943 mm, während dieselbe in der Periode 1866—1882 in der kalten Jahreszeit 316 mm, in der warmen 511 mm betrug. Es ergibt sich für die letztere ein Minus von 149 bezw. 205 mm.

Auf dem grossen St. Bernhard beobachtete man in der Periode 1861—1874 eine Abnahme des feuchten Niederschlages von 204 mm gegen die zwei vorhergehenden Jahrzehnte; und was noch bedeutungsvoller ist, eine Abnahme des Schnees von 10 m auf 4,864 m.

In Genf ergab die Periode von 1861—1874 eine Verminderung des Wassers von 84 mm im Vergleich zu der vorhergehenden Periode von 35 Jahren.

In Paris waren die Jahresmittel des Regens die folgenden:*)
 Periode 1805-1820: Kalte Jahresz. 234 mm, Warme Jahresz. 262 mm.

„	1821-1850:	„	„	221	„	„	„	294	„
„	1851-1872:	„	„	218	„	„	„	291	„

Wenn die nächste Ursache des Schwindens der Gletscher die Abnahme der Menge des condensirten Wasserdampfes ist, welches ist nun die Ursache dieser Abnahme?

Diese letztere hängt von verschiedenen Umständen, in erster Linie von der Entwaldung und der Entwässerung des Bodens ab, welche die verdampfende Oberfläche vermindern.

Wird das Klima trockener, so vergrössert sich der Unterschied zwischen der kalten und warmen Jahreszeit; die Grenze des ewigen Schnees wird höher, und die Gletscher ziehen sich zurück.

Wenn wir die meteorologischen Beobachtungen über den Gang der Temperatur in unserem Jahrhundert ins Auge fassen, so finden wir folgende Ergebnisse:

In Turin war die mittlere Temperatur in der Periode von 1809 bis 1811 in der kalten Jahreszeit $5^{\circ},9$ C., in der warmen 18° , während in der Periode von 1876—1882 die mittlere Temperatur für die kalte Jahreszeit $5^{\circ},85$ C., für die warme $19^{\circ},4$ betrug.

Hieraus erhellt, dass die Temperatur der kalten Jahreszeit sich fast nicht geändert hat, während die Temperatur der warmen Zeit um mehr als einen Grad gewachsen ist. Dass die Schneegrenze auf den im Umkreise von Turin liegenden Bergketten sich erhöht hat und die von denselben herabsteigenden Gletscher sich zurückgezogen haben, ist demnach nicht zu verwundern.

Auf dem grossen St. Bernhard wurde in der Periode von 1861 bis 1874 eine Steigerung der Temperatur von $0^{\circ},92$ im Vergleich zu der vorhergehenden von 20 Jahren beobachtet.

Zu Genf ergab die Periode von 1861—1874 eine Erhöhung der Temperatur von $0^{\circ},63$ gegen die vorhergehende von 35 Jahren.

Paolo S. Robert unterzieht auch die Frage nach der Ursache der grossen Ausdehnung der Gletscher in der sogenannten Eiszeit einer Untersuchung und kommt zu demselben Ergebniss, welches

*) Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1883.

oben schon erörtert wurde, dass nämlich die Eiszeit nicht nothwendig eine Zeit der niedrigeren Temperatur gewesen ist; und dass man zu ihrer Erklärung die grossen Veränderungen in der Excentricität der Erdbahn u. s. w. nicht zu Hülfe zu nehmen braucht. S. Robert neigt sich vielmehr der Meinung zu, dass die Annahme einer grösseren Verdunstungsfläche zur Erklärung des Phänomens genügt.

Gegen die Mitte des Quaternärs, in der älteren früheren Steinzeit also, als jeder Gedanke an Ackerbau und Viehzucht dem Menschen noch fern lag, war Europa ohne Zweifel mit ungeheuren Wäldern bedeckt. Die Ströme, denen kein Damm verwehrt, aus den Ufern zu treten, die grosse Menge von Sümpfen, Teichen und Morästen mussten die Verdunstungsfläche unendlich viel ausgehnter machen, als sie heute ist. Höchst wahrscheinlich war auch die Sahara noch mit einem Meere bedeckt, welches eine ungeheure Menge von Wasserdampf lieferte.

Infolge dessen war das Klima des vorhistorischen Europa sehr feucht. Die Anwesenheit einer grossen Menge von Wasserdampf, welcher im Sommer die Hitze milderte und im Winter sich der Irradiation widersetzte, verminderte die Differenz zwischen den Temperaturen der kalten und warmen Zeit und drückte die Schneegrenze herab. So konnten die Gletscher tiefer herabsteigen und auf ihrem Rücken die unzählige Menge von Wanderblöcken forttragen, mit denen die südlichen und nördlichen Vorländer der Alpen besät sind.

Hiermit ist auch die Thatsache erklärt, dass die Gletscher in Neuseeland bis auf 100 Meter zum Meere herabreichen. Das Klima dieser Inseln ist sehr feucht und die Grenze zwischen den Temperaturen der kalten und warmen Jahreszeit sehr enge. Wenn der Unterschied in Europa mehr als 20° , so beträgt er in Neuseeland noch nicht 7° .

Wenn die menschliche Rasse in Europa austürbe und in Folge dessen aller Anbau aufhörte, so würden die Wälder sich allmählich wieder ausbreiten, zahlreiche Sümpfe und Teiche würden entstehen, die nicht mehr eingedämmten Ströme austreten, und das Land würde versumpfen. Die Folge dieser Veränderungen wäre eine Vergrösserung der verdampfenden sowohl wie der condensirenden Oberfläche, eine Verminderung der Differenz zwischen Sommer- und Winter-temperatur, — kurz eine zunehmende Ausdehnung der Gletscher.

Die Schlussfolgerungen, welche sich aus diesen Erwägungen ergeben, sind also folgende:

1. Die Eiszeit muss eingetreten sein, als die mittlere Jahrestemperatur, oder wenigstens die mittlere Sommertemperatur niedriger war als jetzt.

2. Das Schwinden der Gletscher ist — bevor man kosmische oder tellurische Erscheinungen zu Hülfe nimmt — einfacher auf locale meteorologische Ursachen zurückzuführen, welche zum Theil von der fortgesetzten Thätigkeit des Menschen auf der Erde abhängen.

In dieser zweiten Schlussfolgerung liegt eine Schwäche der Beweisführung, indem eine — wie wir zu Eingang sahen — allgemeine über einen grossen Theil unserer Erde verbreitete Erscheinung durch locale Verhältnisse erklärt wird. Immerhin mögen solche auf den Bestand der Gletscher in den Alpen, in den Pyrenäen, im Kaukasus eingewirkt haben; für Spitzbergen und Grönland scheint diese Annahme ausgeschlossen: die Wissenschaft wird sich also zu bemühen haben, eine einleuchtende allgemeine Erklärung für die Erscheinung zu suchen oder wenigstens für die letzterwähnten Gletschergebiete nach localen Ursachen forschen müssen. —

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins in Elbersfeld](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Kaiser W.

Artikel/Article: [6. Das Schwinden der Gletscher 93-107](#)