

- [5] Hundert Jahre Eidgenössische Landestopographie 1838—1938. Bern, Eidgenössische Landestopographie 1938.
- [6] Brandstätter, L., Das Geländeproblem in der Hochgebirgskarte 1:25.000 I. und II. Jb. f. Kartogr. Hrsrg. v. Deutschen Kartogr. Ges. 1941 und 1942.
- [7] Schneider, K., Die Landeskarte der Schweiz 1:50.000. Geographica Helvetica I, 1946.
- [8] Derselbe, Mitteilungen der Eidgenössischen Landestopographie. Jber. Geogr. Ges. Bern XXXVIII, 1947.

Klimaschwankungen der Gegenwart

Von Dr. F. Aurada

Nach den Rückzugsstadien der diluvialen Vereisung beginnen sowohl im Postglazial als auch in historischer Zeit kürzere Klimaschwankungen.¹ Pollenanalytische Untersuchungen konnten in den Mooren Skandinaviens, auf den britischen Inseln, in den Alpen, aber auch in Neufundland-Labrador fünf Grenzhorizonte feststellen, die einem Wechsel von feuchtem, maritimem, zu trockenerem, kontinentalerem Klima und umgekehrt entsprechen. Der älteste kann auf 2300 v. Chr., der jüngste auf 1200—1300 n. Chr. datiert werden. Die zwischen 1200 und 1300 beginnende Klimaverschlechterung führt zu ausgedehnten Gletschervorstößen; heute werden in Island Gebiete eisfrei, die vor 1300 kultiviert waren. Damals verschwand die nordische Besiedlung SW-Grönlands, auch die Mongoleninvasion aus Zentralasien wird damit in Verbindung gebracht. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts erreichten die Gletscher NO-Grönlands große Ausdehnung, zu einer Zeit, da auch in Norwegen, Island und im Alpengebiet ähnliche Hochstände zu verzeichnen sind. Bemerkenswert ist, daß der Gletscherhochstand von 1850 mit einem Überschwemmungsmaximum des Nils, mit verstärkten Niederschlägen in vielen Teilen der Erde und einem auffallend breiten Wachstum der Baumringe zwischen 1860 und 1880 zusammenfällt.

In den letzten Jahrzehnten wächst die Literatur über gegenwärtige Klimaschwankungen besonders an. 1916 zeigt Wallén Temperaturanstiege in Stockholm auf, 1931 bezeichnet Scherhag in seiner Arbeit über Klimaverbesserung in Nord-europa diese Erscheinung sogar als „Erwärmung“ der Arktis. A. Wagner lehnt 1940 eine gleichmäßige Periodizität der Schwankungen ab, stellt aber an Hand umfangreichen Materials eine Klimaverbesserung in Europa und seinen Nachbargebieten fest. Seit 1400 war das Klima niemals so günstig wie nun seit 1920. In fünf Beweisgruppen faßt Ahlmann die Ergebnisse der gegenwärtigen Klimaschwankungen zusammen.

1. Klimatologische Beweise.

Das Beobachtungsmaterial aus den nordatlantischen Ländern weist zweifellos auf eine Abnahme der Kontinentalität, d. h. Erhöhung der Wintertemperatur und Anwachsen des Niederschlags hin. Aus Holland, England (Lancashire) und Schweden (Stockholm) kennen wir die ältesten Beobachtungsreihen. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts erhöhen sich überall die Wintertemperaturen um 1,7 bis

¹ Hans W. von Ahlmann, The Geographical Journal, vol. CXII, Nos. 4—6, April 1949.

2,5° C, die Jahresmittel dagegen zeigen gleichbleibende oder nur geringe Erhöhungstendenz (0,3° C, bzw. 0,5° C). Mit der Abnahme des Unterschiedes zwischen Juli-Jänner-Temperatur, d. h. einer Zunahme des maritimen Klimacharakters, wächst der Niederschlag zwischen 2,5 und 5% an. Die Klimastatistik Norwegens und Spitzbergens zeigt ein ganz ähnliches Bild: Die Differenz zwischen Sommer- und Wintertemperatur nimmt seit 1852—1881 um 1° C ab. Vor allem in Spitzbergen ist der Temperaturanstieg größer als seit 200 Jahren, die Gesamtniederschläge erhöhen sich um 9,3%. In Dänemark stiegen seit 1897 die Jännertemperaturen um 2,3° C und der Durchschnitts-Druckgradient zwischen Nord und Süd ist in den letzten 50 Jahren um 39% gestiegen, so daß W- und NW-Winde größere Geschwindigkeiten entwickeln. In Finnland und dem Baltikum verlängert sich infolge milder Winter die Vegetationsperiode um 13—16 Tage (SW-Küste 21—24 Tage) zwischen 1934 und 1938 im Vergleich zu 1901—1930. Ebenso tritt ein Rückgang der Küstenvereisung ein. Aus Rußland wird seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein deutliches Ansteigen der Wintertemperaturen in nördlichen Stationen wie Kola, Archangelsk und Leningrad gemeldet. Die gleiche Erscheinung tritt in der Westhemisphäre auf. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts steigen die Wintertemperaturen in Philadelphia, New Haven und Connecticut an, die Verdunstung in Colorado erhöht sich, der Salzgehalt des Großen Salzsees hat sich zwischen 1877 und 1940 nahezu verdoppelt. Auch in der Arktis erhöhen sich die Wintertemperaturen (Vergleich 1889—1938, 1929—1938) in W-Grönland um 5° C, in Spitzbergen um 6° C.

Diese Klimaveränderung erklärt sich aus Verstärkung der atmosphärischen Zirkulation, dafür sprechen Beobachtungen über Luftdruck, Wind und Treibeis im nördlichsten Atlantik. Die Verstärkung des Druckgradienten bringt größeren Warmluftnachschieb mit sich, denn besonders der Winterluftdruck ist beträchtlich abgesunken, so daß eine zusätzliche südliche Windkomponente auftaucht. Das „Tief“ im Nordatlantik ist abnormal weit nach N verschoben, die Richtung des Druckgradienten verlagert sich, so daß Warmluft in die Arktis gebracht wird; daher die maximale Temperatursteigerung im hohen Norden. Einer bestimmten Temperaturdifferenz zwischen Äquator und Nordpol entspricht eine bestimmte atmosphärische Zirkulationsstärke und damit ein entsprechender Wert des „Austauschkoeffizienten“ nach Defant. Verstärkt sich die Zirkulation, so steigert sich auch dieser Koeffizient, der Lufttransport in die Arktis vergrößert sich. Damit aber verringert sich die Temperaturdifferenz zwischen niederen und höheren Breiten, so daß ein ständiges Pulsieren einzutreten scheint, ein Vorgang, der sich selbst reguliert.

2. Glaziologische Beweise.

Aus dem Verhalten einzelner Gletscher kann noch nicht auf Klimaveränderungen geschlossen werden, da lokale meteorologische und topographische Einflüsse auftreten. Doch ist in den letzten 60 Jahren ein allgemeiner Gletscher-rückgang erkennbar, der besonders 1930—1950 zunimmt. Für alle Gletscher im Nordatlantikraum gilt folgendes: 1. Alle beobachteten Eisströme sind in Rückgang begriffen, dabei wird die Abnahme der Eismächtigkeit entscheidender als der Längenverlust. In den letzten Jahrzehnten hat sich diese Tendenz, die nach dem Hochstand von 1820—1850 einsetzte, wesentlich verschärft. 2. Der Eishaushalt ist negativ, Ablation übersteigt den Firnzuwachs. 3. Gegenwärtig sind vor allem die hohen Temperaturen dafür verantwortlich.

Die meisten norwegischen Gletscher liegen seit den letzten Dezennien unter

der klimatischen Schneegrenze, zehren von ihrer Substanz, so daß z. B. die Gletscherzungen des bekannten Jostedal-Eisschildes seit 1910 um fast 500 m zurückgewichen sind, bzw. völlig verschwanden. Viele Millionen Kubikmeter Eis fallen so der Abschmelzung anheim (Pasterze 1929—1939 120 Millionen Kubikmeter). Auch in Spitzbergen (Rückzüge bis zu 4,5 km im Eisfjordgebiet), Island und Grönland hält dieser Gletscherrückgang an, ein geradezu katastrophales Schrumpfen zeigten die Alpengletscher im Sommer 1947. In Alaska erreicht dieser Rückzug ungeheure Ausmaße, so wich der Muirgletscher (Glacier Bay) 1902—1946 22 km zurück. Doch auch für niedere Breiten gilt dieses „Gletschersterben“. In Südamerika begannen ebenso wie in Ostafrika die Rückzüge um 1860. Die Eiskappen des Kilimandscharo, Kenia und Ruwenzori schwinden seit 1920 besonders rasch und ebenso sinken die Wasserspiegel der ostafrikanischen Seen während der letzten 30 Jahre, so liegt der Spiegel des Viktoriasees heute über 2 m tiefer als vor zehn Jahren. Weite Landgebiete Afrikas trocknen aus, nach E. P. Stebbing schiebt sich während der letzten Jahrhunderte die Sahara jährlich 1 km nach S. vor.

3. Ozeanographische Beweise.

Nimmt man verstärkte atmosphärische Zirkulationen über dem Nordatlantik an, so ist eine Temperatur- und Salzgehaltzunahme der nach N gerichteten Meeresströmungen zu erwarten. Messungen an der norwegischen Küste, um Spitzbergen und im Meridian von Kola bestätigen das. Die Wassertemperaturen sind seit 1900 und 1910 um 1—1,9° C gestiegen, der Salzgehalt hat sich um 0,04—0,2 Promille erhöht. Damit weicht die Packeisgrenze der letzten Jahrzehnte weit gegen N zurück. Zu Beginn des Jahrhunderts konnte der Schiffsverkehr mit den Kohlenlagern auf Spitzbergen nur drei Monate im Jahr aufrechterhalten werden, heute sieben Monate lang. Seit 1920 bessern sich die Eisverhältnisse der Barent- und Karasee wesentlich, und jährliche Sommer-Flugaufnahmen an der russischen N-Küste (1924—1944) zeigen eine Treibeisabnahme von 1 Mill. km². Von ebenso großer praktischer Bedeutung ist das Zurückweichen der S-Grenze des „Ewigfrostbodens“ nach N. Auch die N-Küste Islands wurde zwischen 1911 und 1940 um zwei Monate kürzer durch Packeis blockiert als zwischen 1861 und 1890.

4. Biologische Beweise.

Die N-Wanderung von Fischarten, wie Hering, Schellfisch und Heilbutt, steht im engsten Zusammenhang mit den veränderten klimatischen Bedingungen. Vor allem der Vorstoß des Kabeljau ist bemerkenswert. Seit 1927 wandert er in ständig wachsender Zahl nach N. 1919 erreicht er 64° N, 1930 wird er bei 70° gesichtet und heute liegt die N-Grenze seiner Wanderungen bei 73° N, d. h. in 27 Jahren eine Verschiebung um 9 Breitengrade. Doch die Verlängerung der Vegetationsperiode ist wohl der größte wirtschaftliche Nutzen der Staaten um den Nordatlantik. In Island, Schweden, Norwegen und Finnland schiebt sich die Vegetation gegen N vor. Die Grenze des Ackerbaues wird nach N und gebirgsaufwärts vorgeschoben. Die Wälder Nordskandiaviens überschreiten ihre bisherigen Grenzen, auch aus Alaska wird positive Waldverschiebung gemeldet. Kiefer und Rottanne wachsen rascher, bilden breitere Jahresringe aus als vor zwei Dezennien. In den Hochmooren von Südschweden, Deutschland, der Schweiz und auf Neufundland zeichnen sich neue Grenzhorizonte, ähnlich denen aus dem Postglazial, ab, als Folge der gegenwärtigen Klimaverschiebung.

5. Eustatische Beweise.

Die gegenwärtige Klimabesserung scheint infolge der Abschmelzung großer Eismassen ein Ansteigen des Meeresspiegels hervorzurufen, Mareographen-Aufzeichnungen an verschiedenen Küsten sprechen dafür. Doch handelt es sich in den letzten Jahrzehnten nur um einen jährlichen Mittelwert von etwa 1 mm. Sowohl dieser Wert als auch die positiven eustatischen Verschiebungen (1890—1944) an der Küste Dänemarks mit jährlich 0,5 mm sind mit Fehlern der Meßgenauigkeit behaftet und haben daher keinen Anspruch auf unbedingte Richtigkeit.

Um diese scheinbar weltweite Klimaverbesserung qualitativ und quantitativ genügend erfassen zu können, sind meteorologische Stationen in der Antarktis und Arktis notwendig. Eine Kette solcher, mit Radiosonden ausgerüsteter Stationen müßte vom zentralen, antarktischen Inlandeis über Grahamland durch Süd- und Nordamerika nach N reichen; eine ebenso wichtige Beobachtungskette wäre von Spitzbergen über Europa quer durch Afrika zu legen.

Erst wenn auch in der Antarktis ähnliche Klimaschwankungen nachweisbar sind, können wir diese Erscheinung für die ganze Erde als allgemeingültig annehmen und damit in den Schwankungen der Sonnenaktivität die Ursache dafür suchen.

Neue Handbücher zur Gletscher- und Eiszeitkunde.

Von J. Sölch

Den altbekannten Handbüchern von Heim und Hess sind nach längerer Pause, sieht man von W. H. Hobbs „Characteristics of existing glaciers“ (New York 1922) ab, bald nacheinander mehrere wichtige Veröffentlichungen gefolgt: Die Gletscherkunde von E. Drygalski und F. Machatschek (Wien 1942) — ich habe sie an anderer Stelle (G. Z. 1944, S. 74) kurz angezeigt und möchte mich hier nicht wiederholen —, R. F. Flint's „Glacial Geology and Pleistocene Epoch“ (88 Fig., 30 Tab. im Text, 6 Ausschlagtafeln, London-New York 1947) und jüngst R. v. Klebelsberg's „Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie“ (2 Bde., 93 Abb. im Text und 1 Ausschlagtafel, Wien 1948/49). Zunächst soll dieses am leichtesten zugängliche Handbuch etwas eingehender besprochen werden.

Der Verfasser, als Geo- und Glaziologe und zugleich jahrelang als Herausgeber der Zeitschrift für Gletscherkunde wie kaum ein anderer zur Abfassung eines derartigen Werkes berufen, gliedert seine Darstellung in zwei Teile: einen allgemeinen (Gletscherkunde und Glazialgeologie, S. 1—403) und einen historisch-regionalen (Quartäre und vorquartäre Vergletscherungen, S. 408—927). In dem Abschnitt Gletscherkunde (S. 1—250) werden Bildung, Gefüge, Bewegung, Oberflächenformen der Gletscher, die Beziehungen zwischen Eis und Untergrund, (bewegte) Moränen, Zusammensetzung und Typen der Gletscher, Gletscherkatastrophen, Kalben der Gletscher und Eisberge und die Gletscherbäche behandelt; in der Glazialgeologie (S. 251—403) die glazialen Ablagerungen, und zwar „unmittelbar glaziale“ des Gletschereises: Moränen, Drumlins, und der Gletscherwässer im Gletscherverband d. s. Oser, Kames und Sander; „mittelbar glaziale“: glazifluviale, -limnische, -marine, -äolische; dann die glaziale Erosion und ihre Formen, hierauf „sonstige glaziale und glazial beeinflusste Bildungen“ (glaziale Wasserläufe, Bergstürze, Seen und deren Formenwerk) und zuletzt wesentlich kür-