

## **Submarine Schwellenhebung als Erreger einer Allgemein- vereisung**

Von Dr. FRITZ KERNER v. MARILAUN, Wien

Der neuerdings aufgetauchte Gedanke, die Eiszeit sei durch eine Minderung der Sonnenenergie bedingt gewesen, war wohl der nächstliegende und vielleicht älteste Erklärungsversuch des Phänomens. Gleichwohl nannte ihn WOEIKOF (1) als ersten unter jenen, welche nicht erwogen werden sollten. Es lassen sich in der Tat schwere Einwände gegen ihn erheben. Setzt man bei mittlerer, wie bekannt, allerdings sehr unsicherer Längenschätzung die Gesamtdauer der geologischen Zeitspanne der vierundzwanzigstündigen Periode gleich, so entspricht die spätere Würmzeit dem Zeitmoment acht Sekunden vor Mitternacht! Wenn man bei einem Körper feststellt, daß er im Laufe von acht

Sekunden eine merkliche Temperaturänderung erfuhr, so liegt der Gedanke nahe, daß er im Laufe eines ganzen Tages sehr viele sehr erhebliche Wärmewechsel erlitten habe. Die geologische Urkunde spricht aber für gleichmäßige thermische Zustände während langer Zeiträume, wobei zugegeben sei, daß diese Gleichförmigkeit zum Teil eine durch die große Lückenhaftigkeit unserer Kenntnis vorgetäuscht sein mag.

Wenn NÖLKE (2) sagt, daß die Sonne zur kambrischen Zeit um so viel stärker gestrahlt habe, daß die mittlere Erdtemperatur um vier Grade höher war, so kann man dem zustimmen. Selbst ein fanatischer Aktualist kann da nichts dagegen haben; denn das Gesetz, daß sich ein in kalter Umgebung befindlicher heißer Körper mit der Zeit abkühlt, ist eine Erfahrung von heute. Daß aber vor ein paar Dutzenden von Jahrtausenden die Sonne den Erdball um 8° weniger erwärmt habe — wie soll sich das mit der sprichwörtlichen thermischen Gleichmäßigkeit im Mesozoikum zusammenreimen! Eine schwächer strahlende Sonne möchte kein geeignetes Erklärungsmittel der Eiszeit sein, weil sich die Minderung ihrer Strahlungskraft am Gleicher stärker auswirken würde als in den hohen Breiten (3), die Befunde aber auf eine ungefähr gleichgroße Temperatursenkung in den verschiedenen Erdzonen weisen (nachdem man früher einen geringeren Wärmeabfall in den Tropen vermutet hatte). Jene, welche zur Erklärung des tropischen Klimas Deutschlands im Eozän eine heißere Sonne annehmen, begegnen dem Einwand, daß dann wegen der größeren Erhitzung des Äquators die alttertiären Floren der Tropen nicht den heutigen gleichen könnten, mit der Widerrede, daß die größere Erhitzung durch die gesteigerte Wolkenbildung und größere Verdunstungskälte des reichlicher fallenden Regens kompensiert worden sei, eine Entgegnung, die in den tropischen Trockenzeiten allerdings nicht vorgebracht werden kann. Eine schwächere Sonne würde aber am Gleicher eine geringere Bewölkung und Verdunstungskälte erzeugen und so statt einer Kompensation eine schärfere Ausprägung der zonalen solarklimatischen Differenz bedingen. Die Schneegrenzsenkung in den Gebirgen würde unter dem Äquator erheblich größer sein als in hohen Breiten. So erscheint es verständlich, daß sich WOËIKOF gegen eine Verminderung der Sonnenwärme als Eiszeitursache aussprach.

Die Gelegenheit, bei der er dies tat, war jene, bei welcher er auch gegen die Heranziehung anderer hypothetischer Hilfsfaktoren Stellung nahm und für eine rein aktualistische Erklärung der Eiszeit eintrat. Er schrieb damals: »Wer sich Rechenschaft davon gibt, wie wenig die Wärme vieler Gegenden auf unserer Erde der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme entspricht, wie sehr kalte Meeresströmungen und die Eisschmelze abkühlen können und dann Wolken und Nebel die direkte Wirkung der Sonnenstrahlung mindern, der wird in der Vergletscherung Brasiliens keine physikalische Unmöglichkeit sehen und auch zur Erklärung derselben nicht zu völlig unbewiesenen Hypothesen Zuflucht nehmen, wie eine verminderte Sonnenwärme, der Durchgang durch besonders kalte Welträume etc., sondern sich mit den auf der Erde jetzt wirkenden Ursachen begnügen, nur eine besondere Kombination derselben er-

fordernd.« Dieser Satz muß mit jener Einschränkung und jener Ausweitung verstanden werden, mit welcher ihn WOEIKOF selbst verstanden wissen wollte. Unter »Vergletscherung Brasiliens« war nicht eine Inlandeisbedeckung Amaziens, sondern der Bestand von Hängegletschern auf der sehr nassen Ostflanke der Serra do mar Südbrasilien gemeint, und unter den »jetzt wirkenden Ursachen« ist nicht der Mittelwert der Solarkonstante vom Jahre 1881, sondern der Gesamtspielraum der Strahlungsänderungen im jetzt ablaufenden platonischen Weltenjahre (Periheliumlauf) zu verstehen. Dieser Satz stammt aus einer Zeit des Aufschwunges der Glazialforschung, welcher scharfsinnigen kritischen Betrachtungen über CROLL's Lehre zu verdanken war. Er wirkte sich wie eine Befreiung aus den Fesseln eines mittelalterlichen Mystizismus aus. Leider hielt er nicht lange an und wurde durch Geistesströmungen verdrängt, die als Erkenntnisrückgang zu beklagen waren.

Die möglichen »besonderen Kombinationen« der auf der Erde jetzt wirkenden Ursachen sind wohl noch nicht alle erwogen und in ihren Wirkungen ganz durchdacht worden. So schiene es möglich, daß durch restlose Heranziehung aller in der Lufthülle unseres Planeten selbst schlummernden Kräfte klimatische Wirkungen glaubhaft gemacht werden könnten, von welchen man meint, daß sie nur durch fremde außerirdische Hilfe zustande kommen könnten.

Die Unterschreitung des thermischen Schwellenwertes für flüssiges Wasser wurde in ihrer entscheidenden Bedeutung für Eiszeitfragen von den Gelehrten stets vollauf gewürdigt; dennoch kann man auch aus diesem Phänomen noch neue Gesichtspunkte hervorholen. C. F. BROOKS (4) legte dar, daß, wenn der Gefrierpunkt stark bewegten Meerwassers am Pole einer Wasserhalbkugel unterschritten würde, im Winter eine Eiskappe von  $25^{\circ}$  Radius zustande käme. Ein landumringtes Polarbecken bekäme so zur Gänze einen Eisüberzug. Im folgenden Sommer würde ein solcher höchstens zu einem Eisschilde von  $10^{\circ}$  Halbmesser einschrumpfen, um sich im nächsten Winter wieder auszudehnen. Nun müßte man sich als Anlaß zu einer Unterschreitung des besagten Schwellenwertes nicht das Niedersinken eines riesigen Kaltluftkörpers aus den oberen Atmosphärenschichten denken. Es könnte auch die Minderung der Zufuhr lauen Wassers von einer Lücke der Beckenumrandung her die gedachte Wirkung tun. Sie würde sich auch noch am Pole durch eine sehr kleine Temperatursenkung, die aber doch zur Schwellenwertunterschreitung schon genügen möchte, auswirken. Die Ursache der gedachten Minderung der Wärmezufuhr könnte eine meteorologische oder eine geologische oder eine kombinierte sein. Zunächst eine Untereinanderlagerung mehrerer Wellentäler: Koinzidenz kältefördernder Werte von  $\varepsilon$ ,  $e$  und  $\Pi$ , dann eine gegenseitige Schwächung von Ursache und Wirkung als Umkehrung des bekannteren gegenteiligen Vorganges. Eine im Verlauf der leichten Pulsationen im Passatbereich erfolgte ganz geringe Golftriftschwächung könnte das isländische Tief ein wenig abflachen und durch diesen Vorgang wieder sich selbst weiter fördern usw. fort.

Die Erwägung einer geologischen Ursache für die gedachte Schwellenwertunterschreitung knüpft an eine Bemerkung von WUNDT (6) an. Dieser For-

scher ist — obwohl begeisterter Anhänger der astronomischen Klimalehre — der Ansicht, daß zu der durch diese erklärbaren Wärmesenkung noch ein irdisches Geschehen hinzukommen mußte, damit gegen Ende des Pliozäns in Nord-europa eine Vergletscherung erwuchs, und erblickt dieses Geschehen in einer Hebung des Whyville-Thomson-Rückens, durch die der Querschnitt der Golftrift eine Verkleinerung erfuhr. Verbindet man die Anschauung von WUNDT mit der Darlegung von BROOKS, so scheint es, als wenn ein Axiom erschüttert würde. Kaum in einer der gar vielen Aufzählungen der möglichen Ursachen der Eiszeit vermißt man die Feststellung, daß eine morphologische Ursache der Eiszeit außer Betracht bleibt. Jüngst ließ sich wieder eine Stimme so vernehmen. »Die Allgemeinheit der Herabsenkung der eiszeitlichen Schneegrenze schließt aus, daß der Eiszeit örtliche Erscheinungen, Hebungen des Landes, Änderung von Meeresströmungen usw. zugrunde liegen.« Am Pole fließen die Begriffe lokal und universal, Punkt und Erdenrund zusammen. Eine örtliche Ursache konnte zuerst den Pol abkühlen und dann wegen der allseitigen Ausstrahlung der Kälte vom Pole zur Ursache einer den ganzen Erdumkreis ergreifenden Abkühlung werden. Daß im Pliozän ein Teil der Polaris landbedeckt war, stört diese Überlegungen nicht, weil es in der Ableitung von BROOKS betont wird, daß sich in den hohen Breiten in betreff des abkühlenden Einflusses auf die Umgebung schneebedecktes Land ganz ähnlich wie eisbedecktes Meer verhalte. Die paläogeographische Forschung stellte fest, daß die Becken und Schwellen am Grunde der Vorzeitmeere wandlungsfähige Gebilde waren, deren Größen- und Formenwechsel zum Teile oszillatorischen Charakter trugen. Nähme man an, daß es sich auch mit der nordatlantischen Schwelle so verhalten habe, könnte man — im Rahmen der Darlegungen von BROOKS — auch die ersten Anlässe (Polvereisungen) zu wiederholten Eiszeiten als durch örtliche geomorphologische Vorgänge bedingte deuten. Es kämen starke, fallweise zu völligem Verschuß gediehene Einengungen der für den Eintritt der Golftrift in das Nordmeer verfügbaren Lücke in Betracht.

Die Wandlung eines eisfreien in ein eisbedecktes arktisches Becken müßte als eine katastrophale Umwälzung auf der Erde erscheinen, würde sie doch — nach Analogie mit den weißen Flecken am Mars — von den Nachbarplaneten aus wahrgenommen. Da liegt es freilich nahe, an eine gewaltige kosmische Ursache zu denken. Wie könnte so etwas bloß durch irdische Vorgänge zustande kommen! Und doch; es müßte bloß durch Hebung der nordatlantischen Schwelle der Lauwasserzutritt zum Nordmeer vermindert oder durch Druckänderungen die Stärke der Golftrift verringert werden, und schon könnte — wenn die Wassertemperatur am Pol bereits dem Gefrierpunkt nahe wäre — dort der Schwellenwert für stark bewegtes Meerwasser unterschritten werden und hierdurch — gemäß den Darlegungen von BROOKS — eine allseits weit vordringende Eisbedeckung des Polarbeckens erwachsen. Aus eigener Kraft und ohne eine verdunkelte Sonne oder einen kosmischen Nebel zu Hilfe zu rufen, hätte die Erde im Pliozän ihre Vereisung einleiten und vorbereiten können. [Es sei hier bemerkt, daß zum Verständnis der rech-

nerischen Ableitung von BROOKS keine Gewandtheit im Umgang mit elliptischen Integralen erforderlich ist; die Kenntnis gemischt-quadratischer Gleichungen mit einer Unbekannten genügt.] War der erste Schritt zu einer Eisbildung getan, so konnten nach und nach neue thermische Schwellenwerte unterschritten werden: der Schwellenwert für Winterniederschlag in flüssiger Form, der Schwellenwert für Aufzehrung des Winterschnees im Sommer, der Schwellenwert für flüssige Niederschläge im Frühling und Herbst usw. So konnte die Eiszeit das thermische Negativ eines aus kleinstem Anlasse zu Riesengröße angewachsenen Brandes sein (5).

Besonders bedeutsam war nach der Darlegung von WUNDT (7) die mit wachsender Ausbreitung der Schneeflächen eingetretene Steigerung der Albedo. Sie leistet in ihrer allerdings unter vereinfachenden Annahmen durchgeführten rechnerischen Formulierung ungefähr das, was sich PENCK von einer vorübergehend von Schwäche befallenen Sonne verspricht: eine Wärmesenkung um vier Grad im großen Durchschnitt, wie sie BRÜCKNER und KLUTE angenommen haben, und eine solche um  $8^{\circ}$  als Maximum, wie sie PENCK jetzt als oft erreichten örtlichen Wert feststellt.

#### S c h r i f t t u m

1. WOEIFOF, A.: Gletscher und Eiszeiten. Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin. 1881.
  2. NÖLKE, F.: Astronomie und Geologie. Zeitschr. der Deutschen Geologisch. Gesellsch. 1937.
  3. KERNER v. MARILAUN, F.: Wie würde sich bei einer Änderung der Sonnenenergie das zonale Wärmegefälle ändern? Meteorolog. Zeitschr. 1940, Juni.
  4. BROOKS, C. E. P.: The problem of mild polar climates. London Quart. d. R. Meteor. soc. 51. 1925 u. Climate through the ages. London 1926.
  5. KERNER v. MARILAUN, F.: Eine abweichende Meinung über die Entstehungsweise der Eiszeit. »Eiszeit und Urgeschichte« VII. Bd. Leipzig 1930.
  6. WUNDT, W.: Die astronomische Theorie der Eiszeiten. Naturwissenschaftl. Wochenschr. 1938.
  7. Ders.: Das Reflexionsvermögen der Erde zur Eiszeit. Meteorolog. Zeitschr. 1938, März.
-