

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

1938. Heft I

Januar-April-Sitzung

München 1938

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

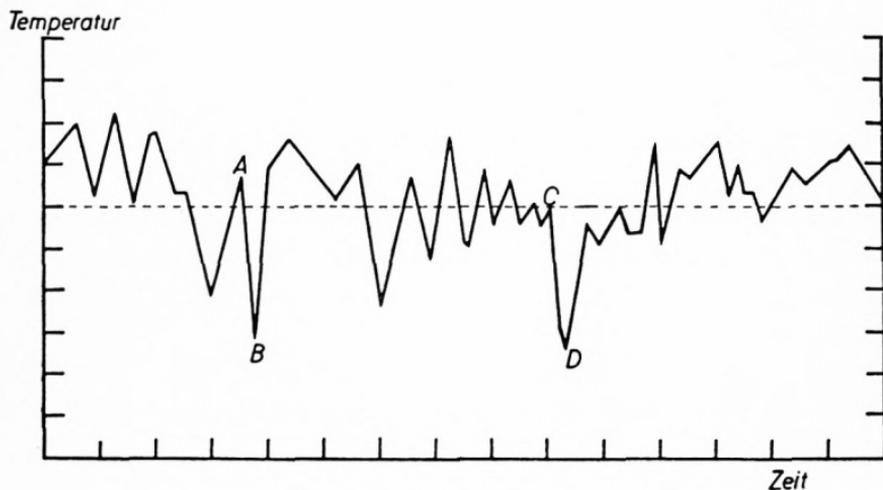


Zur Deutung der Klimaschwankungen.

Von A. Schmauß-München.

Vorgelegt in der Sitzung vom 15. Januar 1938.

Es gehört zum Wesen der meteorologischen Elemente, daß sie dauernden Schwankungen unterliegen. Betrachten wir etwa den Gang der Temperatur als Funktion der Zeit, dann ergibt sich kaum je eine stetige Linie, sondern ein unregelmäßiger Verlauf, den wir an einem schematischen Beispiel besprechen wollen.



Je nach den Einheiten auf der Zeit- und der Temperaturachse lassen sich alle uns bekannten thermischen Vorgänge darstellen.

1. Nehmen wir, vom Kleinsten ausgehend, auf der Abszissenachse Sekunden, auf der Ordinatenachse Hundertstelgrade, dann stellt das Bild Mikrotemperaturschwankungen dar, die eine Folge der Brown'schen Molekularbewegung sind. Der Aufschluß, den wir aus einem derartigen Thermogramm erhalten, gilt nur für einen sehr kleinen Raum.

2. Gehen wir über zu Minuten und Zehntelgraden, dann erfassen wir das, was man thermische Unruhe nennt. All die kleinen Temperaturunterschiede, die es schon im Bereiche eines Zimmers gibt, geben Anlaß zu Austauschströmungen, die auch optisch zu erkennen sind, Szintillation.

3. In der nächsten Größenordnung, die durch Stunden auf der Abszissenachse, durch Grade auf der Ordinatenachse gekennzeichnet sei, erfassen wir die als Witterungsvorgänge angesprochenen Veränderungen. Wenn wir den bekannten täglichen Temperaturverlauf von einem Thermogramm wegnehmen, also das Periodische vom Aperiodischen trennen, zeigt uns das Bild die Vorgänge, die sich an einem bestimmten Tage ereignet haben, z. B. kann der Abstieg A B durch einen kurzen Regen zur Zeit der Einstrahlung zustande gekommen sein; im Stück C D mag etwa der Einsatz eines Bergwindes zu erkennen sein. Änderung der Strahlungsverhältnisse, getrennt nach Ein- und Ausstrahlung, und Zufuhr anderer Luft, das sind die wichtigsten Ursachen für derartige Temperaturschwankungen. Die Vorgänge können zufällig sein, es gibt aber auch periodisch wiederkehrende Erscheinungen, die sich in den Thermogrammen durch täglich zur selben Zeit erfolgende Änderungen äußern. Der Eintritt von Land- und Seewinden, das Auftreten bestimmter Abgänge von Kaltluft aus benachbarten Tälern, das Auftreten sog. Luftlawinen von benachbarten Höhen, nächtliche Winde, wie sie aus dem Höllental bei Freiburg, aus dem Wispertal bei Lorch a. Rh. bekannt sind, gehören hierher.

Die Gruppe 3 hat also bereits ein großes Einzugsgebiet: Alles, was durch die Bewegung der Atmosphäre im Laufe eines Tages herangeholt werden kann, findet sein Abbild im Thermogramm.

4. Gehen wir über zu Jahren und stellen im Bilde etwa die Abweichungen der Monatstemperaturen vom langjährigen Mittel (gestrichelte Linie) dar, dann haben wir einen Ausdruck für die jedem geläufige, von jedem als normal hingenommene Tatsache, daß wir kalte und warme Winter- oder Sommermonate in aufeinanderfolgenden Jahren erleben. Die unmittelbare „Ursache“ pflegen Verlagerungen der großen „Aktionszentren“ zu sein. Liegt z. B. das Azorenhoch weiter nördlich als gewöhnlich und erstreckt es sich über die britischen Inseln, dann erhalten wir maritime Luftzufuhr und dementsprechend mildes Wetter im Winter, kühles im Sommer.

Für den, der nur am Wetter seines Ortes Anteil nimmt, mag es so aussehen, als sei ein Eingriff von außen in die Wettermaschine erfolgt. Wenn man aber die Verlagerung der Aktions-

zentren auf einer Weltkarte darstellt, dann sind es zumeist nur kleine Schwankungen, die sie um ihre Mittellage ausführen. Wer die Entstehung der Aktionszentren aus der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre kennt, kann sich über solche Veränderungen gar nicht wundern. Es wäre im Gegenteil überaus merkwürdig, wenn die atmosphärischen Bewegungen, die im Raume 4 schon ganze Kontinente erfassen, Jahr für Jahr die gleichen wären.

Das Aussehen eines Kontinents ist dauernder Abwechslung unterworfen. Man denke nur z. B. an die verschiedene Schneebedeckung in aufeinanderfolgenden Wintern, die sich wegen des zu ihrer Beseitigung benötigten Energiebedarfs auf die Temperatur des darauf folgenden Frühjahrs usw. auswirken muß. Diese von Jahr zu Jahr eintretenden Schwankungen sind also im Grunde eine Auswirkung des so veränderlichen Wetters.

5. Gehen wir zu Jahrzehnten über, dann erhalten wir etwas, was man als Klimaschwankungen zu bezeichnen pflegt. Die Menschen sind, sobald eine Schwankung zeitlich mit der Dauer des Menschenlebens kommensurabel wird, geneigt, „besondere Ursachen“ hierfür anzunehmen. Die Bescheidenen begnügen sich mit der Vorstellung, daß sich die wechselnde Zahl von Sonnenflecken darin zu erkennen gäbe. Als Arbeitshypothese ist der Gedanke sicher wertvoll; es sind auch bereits eine Fülle einwandfreier Untersuchungen darüber angestellt worden, das Ergebnis ist aber noch durchaus schwankend.

Nach allem, was wir hierüber gesichert wissen, gewinnt man in steigendem Maße den Eindruck, daß die Sonnenflecken und die mit ihnen verkoppelte Veränderung der Solarkonstante nicht die Bedeutung besitzen, die man früher vermutete. Die thermischen Befehle der Sonne werden von der Atmosphäre nur sehr zögernd befolgt. Man muß immer wieder darauf hinweisen, daß die tiefste und höchste Temperatur eines Tages oder Jahres nicht zur Zeit des tiefsten und höchsten Sonnenstandes eintritt. Wir kennen Gebiete, in denen die Phasenverschiebung mehrere Stunden bzw. Monate erreicht. Die über uns liegende Atmosphäre wird nicht direkt von der Sonne angeheizt. Wir bekommen daher das sog. Strahlungsklima nur selten zu schauen. Weitauß vordringlicher sind die advektiven Vorgänge, die Luftmas-

senverlagerungen, die aber Zeit brauchen, so daß bei uns die Temperatur verlässlich erst dann ansteigt, wenn im Bereiche der für unser Wetter verantwortlichen Atmosphäre der Winter beendet ist. Wir erinnern etwa an die Tatsache, daß uns noch im Mai winterliche Erinnerungen streifen können, wenn wir Luftzufuhr aus arktischen Gebieten bekommen.

Die neueren Forschungen legen daher mehr Gewicht auf die Untersuchung anderer Erscheinungen auf der Sonne, die vielleicht unmittelbarer einwirken könnten. Es gibt Vorgänge auf der Sonne, die die Strahlung weniger quantitativ als qualitativ verändern. Es wäre denkbar, daß eine Verstärkung der UV-Strahlung oder eine Korpuskularstrahlung eine Umstimmung der Atmosphäre im Gefolge hätte, z. B. vermehrte Zirrenbildungen infolge vermehrter Zufuhr von Kondensationskernen aus außerirdischen Räumen. Wir wissen aber noch so wenig darüber, daß wir uns fragen, ob wir nicht „Ursachen“ auf der Erde selbst finden können.

In der Tat braucht man nicht weit zu gehen. Wenn wir uns schon nicht wundern, daß die atmosphärische Zirkulation „aus ganz natürlichen“ d. h. irdischen Gründen zu Beginn eines neuen Wetterjahres nicht genau an dem Punkte angelangt ist, an dem sie in den vorangegangenen Jahren gelegen hatte, wieviel mehr ist das der Fall in der Hydrosphäre! Die Meeresströmungen, die auch auf die Sonnenstrahlung zurückgehen, haben wegen der dabei beteiligten Massen eine wesentlich größere Beständigkeit. Abweichungen der Temperatur des Golfstroms in diesem Jahre sind weiter nördlich noch im nächsten und übernächsten Jahre festzustellen. Sie wirken aber auch auf die darüberstreichende Atmosphäre. Dank ihrer großen spezifischen Wärme ist das Wasser der gebende, die Luft der empfangende Teil. Es ist z. B. festgestellt worden, daß eine mit Sturmesstärke und einer Temperatur von -20 Grad die amerikanische Küste verlassende Luftmasse, nachdem in ihr vorübergehend der seltene Fall einer Temperaturdifferenz von 25 Grad zwischen Luft- und Meerestemperatur erreicht wurde, auf Bermuda, also in etwa 1000 km Entfernung, schon mit $+10$ Grad anlangte.¹

¹ M. Rodewald, Der Seewart 1937 S. 86; R. Scherhag, Ann. d. Hydr. u. marit. Met. 1937 S. 581.

Die Atmosphäre beeinflußt ihrerseits die Bewegung des Wassers, so daß in dynamischer Hinsicht eine enge Wechselwirkung besteht. Diese ist auch ein Hinderungsgrund für eine unmittelbare prognostische Verwertung der Golfstromtemperaturen zur Bestimmung der Wintertemperaturen von Westeuropa, die immer wieder versucht wird. Das Gefüge ist zu vielgestaltig, als daß wir es heute schon zu enträtseln vermöchten, aber die Erkenntnis ist beachtlich, daß Klimaschwankungen auf terrestrischer Grundlage eintreten können.

Das atmosphärische Geschehen ist ein vorzügliches Beispiel für das Zusammenwirken vieler kleiner Ursachen, für die Nachwirkung jeder Abweichung. Da sich nach Umlauf bestimmter Zeiten die kleinen Ursachen zufällig wieder zusammenfinden können, ist es nicht verwunderlich, daß das Wettergeschehen und mit ihm das Klima wellenförmig verläuft. Auf der Suche nach Unterlagen für die Langfristvorhersage hat man daher begreiflicherweise den „Perioden“ stets besonderes Augenmerk zugewandt. Zeitweise hat die harmonische Analyse der Wetterkurven geradezu zu einer „Periodenjägerei“ geführt, die ebenso abwegig war wie der Versuch, jede Periode auf eine bestimmte „Ursache“ zurückführen zu wollen. Noch heute sind die Spuren der Astrologie zu erkennen, auch in der Meteorologie, wenn versucht wird, die durch die harmonische Analyse herausgeschälten Wellen nur dann als reell anzuerkennen, wenn sie mit einem kosmischen Ereignis, etwa mit der Periode der Sonnenflecken oder einem Multipolum derselben, übereinstimmen.

Es ist verständlich, daß man gerne exakte Perioden im Wettergeschehen auffinden möchte, wie sie die Astronomie für ihre Vorhersagen zur Verfügung hat, aber wir erfassen die Vorgänge besser, wenn wir uns davon freimachen und nur von Rhythmen im Wettergeschehen sprechen, die weder in Amplitude noch in Phase die Präzision von Wellen zu haben brauchen. Die Atmosphäre unterliegt Impulsen, die von den Veränderungen der Erdoberfläche ausgehen und noch lange nachwirken. Sie hat in ihren Rhythmen innere Gesetzmäßigkeiten, wie wir sie auf anorganischem Gebiete etwa bei den Geysern antreffen, oder auf organischem Gebiete vom Pulsschlag her kennen.

Es wird keinem Menschen einfallen, den Rhythmus des Her-

zens als von außen diktiert anzunehmen. Er ist der Ausdruck einer bestimmten Reihe von Vorgängen, die sich zwangsläufig nach einer bestimmten Zeit wiederholen. Sie besitzen statistische Gesetzmäßigkeiten von solcher Präzision, daß man bei Abweichungen von der Regel den Arzt aufzusuchen pflegt.

In letzter Zeit wurde wieder viel über die meteorologischen Perioden geschrieben¹ und ihre „Realität“ erörtert. Mir scheint, daß man sich durch die Skepsis, Perioden nur dann als „reell“ gelten zu lassen, wenn das Schuster'sche Kriterium erfüllt ist, der Freude am Rhythmus im Wettergeschehen beraubt. Die Nachbardisziplinen könnten viel beitragen, wenn sie von der Forderung abgehen würden, ein Fach nur soweit als Wissenschaft gelten zu lassen, als man darauf exakte Prognosen aufbauen kann.

Die Physik grenzt heute genau die Gebiete ab, in denen das Geschehen determiniert, in denen es indeterminiert ist. Zum Glück für die Physik ist das letztere nur in molekularen Räumen der Fall, während in der Meteorologie auch Vorgänge in übermenschlich großen Räumen indeterminiert sind, wenn sie auch kausal verlaufen. In der Physik des Atoms haben sich Überlegungen der Astronomie als fruchtbar erwiesen — hier haben wir Gelegenheit, Überlegungen aus der Welt der kleinsten Dimensionen auf terrestrische Dimensionen zu übertragen. Die Zeit, da man statistische Ergebnisse als solche zweiten Ranges betrachtete, ist vorüber; statistische Häufigkeiten sind ebenso interessant wie klassische Gesetze.

Wer die Rhythmen von solchen Gesichtspunkten aus betrachtet, kann nicht umhin, die Ordnung in den scheinbar so ungeordneten Witterungsvorgängen zu bewundern. Dafür ist aber Voraussetzung, daß wir uns von dem Bestreben frei machen, es der Astronomie gleich tun zu wollen; viel richtiger suchen wir die Parallelen bei der Biologie.

Daß Klimaschwankungen bzw. Klimaänderungen auch auf kosmische Ursachen zurückgehen können, bedarf keiner besonderen Erörterung. Aber das sind Befehle von außen, die nicht so interessant sind wie die Eigengesetzlichkeiten unserer Atmosphäre!

¹ Im Jahrgang 1936 und 1937 der Zeitschrift *La Météorologie*, Paris.