

Unperiodische Schwankungen der meteorologischen Elemente in Sanae, Queen Maud Land, Antarctica

Von F. Burdecki, Pretoria*

Schon vor über 150 Jahren näherte sich Th. Bellingshausen mit den beiden Schiffen Vostok und Mirny den Gestaden jenes Teils der Antarktis, der heute Queen Maud Land heißt. Aber erst seit den Norwegischen Expeditionen des Konsuls Lars Christensen begann — seit 1926 — die intensivere Erforschung dieser Küsten des großen südlichen Kontinents. Im Januar und Februar 1939 überflogen Flugzeuge der Schwabenland-Expedition diese Eis- und Gebirgsmassen. 1949 wurde die Maudheim-Station ($71^{\circ} 02.6' S$; $10^{\circ} 55.5' W$) von einer Norwegisch-Britisch-Schwedischen Expedition gegründet. Mit der Gründung der Norway Station ($70^{\circ} 30' S$; $02^{\circ} 32' W$) im Jahre 1957 aus Anlaß des Internationalen Geophysikalischen Jahres begann die ständige, systematische Erforschung dieser Teile der Antarktis. Im Januar 1960 übernahm Südafrika die norwegische Station, und 1962 wurde, kaum 20 Kilometer von Norway Station entfernt, die Station Sanae gegründet. (S.A.N.A.E. = South African National Antarctic Expedition.)

Ogleich 30jährige Beobachtungsreihen für klimatologische Studien erwünscht sind, so hat sich doch schon jetzt im Archiv des Südafrikanischen Wetterdienstes ein recht umfangreiches Forschungsmaterial für eine vorläufige Untersuchung der klimatischen Verhältnisse von Sanae angesammelt und wird vom Verfasser dieses Artikels bearbeitet.

Der erste Teil dieser Bearbeitung (1.), der die Temperatur-, Wind- und Luftdruckverhältnisse behandelt, befindet sich augenblicklich schon im Druck und sollte spätestens Anfang 1971 im NOTOS, dem Organ der Forschungs-Abteilung des Wetterdienstes der Republik Süd-Afrika, erscheinen. Aus dem umfangreichen Material sei hier über einige interessante Einzelheiten, über Extremwerte und unperiodische Schwankungen der meteorologischen Elemente referiert.

1. Extrem-Werte meteorologischer Elemente in Sanae

Die Bestimmung von Mittelwerten wie auch von mittleren jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen der meteorologischen Elemente ist ohne Zweifel eine der Hauptaufgaben bei der Erfassung des Klimas eines Ortes oder eines Gebietes. Aber gleich an zweiter Stelle ist es wichtig, Extrem-Werte derselben Elemente wie auch unperiodische Schwankungen statistisch und eventuell in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit zu bestimmen. Es können sich dabei wichtige Hinweise ergeben auf den Einfluß solarer Strahlungsschwankungen auf das Wettergeschehen. Über die vielen diesbezüglichen Spezialuntersuchungen ist vom Verfasser 1964 (2.) berichtet und in einer Bearbeitung der Temperatur-Verhältnisse der Südhemisphäre während des Internationalen Geophysikalischen Jahres (3.) der unperiodische solare Einfluß nachgewiesen worden.

In diesem Beitrag kann darauf nicht eingegangen werden. Doch werden wir beim Hinweis auf langperiodische Windanomalien diesen Einfluß wohl anzunehmen haben und gleichzeitig dabei feststellen müssen, wie fehlerhaft das Bild klimatischer Verhältnisse sein kann, wenn die Periode der Beobachtungen noch zu kurz ist.

In der beigefügten Tabelle sind einige wichtige Extrem-Werte der in Sanae notierten meteorologischen Elemente zusammengestellt worden. A und B sind die im achtjährigen Zeitraum 1960—1967 in der nachbarlichen Norway-Station und Sanae beobachteten absoluten Temperatur-Extreme der einzelnen Monate. Es ist ersichtlich, daß alle Temperaturen zwischen einem im Januar notierten Maximum von $+7,3^{\circ} C$ und einem abso-

*) Dr. Feliks Burdecki, Clarendon Court 3, Eastwood Nr. 162, Pretoria/Arcadia, South-Africa

EXTREM-WERTE METEOROLOGISCHER ELEMENTE:
Sanae, 1963—1967, beziehungsweise 1960—1967

	A	B	C	D	E	F	G
	°C	°C	°C	NE+ENE Knot.	NW+NNW Knot.	mb	mb
Januar	+7,3	—25,3	19,1	18,76	10,01	1006,1	965,6
Februar	+2,8	—31,3	23,5	26,78	9,16	1013,6	961,6
März	—0,8	—35,3	24,2	22,50	9,16	1014,3	965,7
April	—2,8	—43,9	27,5	33,63	10,83	1005,6	951,1
Mai	—1,9	—51,0	24,7	38,71	15,42	1017,8	947,1
Juni	—5,2	—44,6	27,0	33,27	11,50	1024,9	950,8
Juli	—5,5	—47,1	28,6	32,41	14,17	1021,8	962,9
August	—3,8	—50,0	28,2	34,14	10,00	1016,7	948,8
September	—1,9	—48,3	20,4	27,93	18,28	1012,8	951,8
Oktober	—1,9	—42,9	23,3	35,20	8,50	1011,0	947,2
November	+0,4	—33,0	25,9	24,67	10,00	1006,3	960,3
Dezember	+5,2	—18,3	16,6	21,07	8,88	1006,6	963,9

luten Minimum von $-51,0^{\circ}\text{C}$ liegen. Interessanterweise sind beide Extreme in Sanae, im Jahre 1964 notiert worden, und das Temperatur-Minimum ereignete sich schon im Mai. Gewöhnlich setzt schon die erste Kälte-Welle im Mai, sogar im April ein. In der 5jährigen Periode 1963—1967 war der Mai dreimal kälter als der Juni.

Die maximale Temperatur von $+7,3^{\circ}\text{C}$ muß als ein wirklich außergewöhnlicher Fall betrachtet werden. Die Januar-Temperatur des Jahres 1964 war sogar tiefer als das entsprechende 5jährige Monatsmittel. Dies Maximum wurde am 3. Januar um 10.30 Uhr notiert, wobei das Tagesmittel nur $+0,1^{\circ}\text{C}$ betrug. Geringe Luftfeuchtigkeit und völlig wolkenfreier Himmel ermöglichten den plötzlichen Temperaturanstieg. Im allgemeinen ist der Gefrierpunkt des Eises eine selten überschrittene Temperatur-Barriere in Sanae.

Kolumne C gibt die maximalen Tagesdifferenzen der Temperatur-Extreme im Zeitraum 1963—1967. Wie zu erwarten, sind diese Differenzen während der Sommermonate am geringsten, eben wegen der erwähnten Temperatur-Barriere. Das bedeutsame Abrücken des Eisrandes nach Norden während der Wintermonate erhöht die Kontinentalität Sanaes. Im Jahresmittel sind die Tagesdifferenzen der Temperatur-Extreme viel geringer und betragen nur $9,65^{\circ}\text{C}$. Im Innern Antarktikas, wie auch in den polaren Gebieten Sibiriens werden diese Werte weit überschritten.

Bei den Windgeschwindigkeiten ist es schwierig, Extreme, die natürlich in diesem Fall nur Maxima sind, zu bestimmen. Die Meßapparate versagen gewöhnlich bei der Notierung maximaler Windstöße. Aus diesem Grunde sind in den Kolumnen D und E die mittleren Windgeschwindigkeiten angegeben für die beiden Sektoren der Windrichtungen, aus denen (NE+ENE) maximale, beziehungsweise (NW+NNW) minimale Windstärken zu erwarten sind. Es ist ersichtlich, daß die Windstärken des nordöstlichen Sektors im Mittel 2,56mal höher liegen als die des nordwestlichen Sektors. Allerdings ist dabei zu beachten, daß die Frequenz der Winde aus NW+NNW nur 1,04 % ist. Deswegen ist es doch nicht ausgeschlossen, daß bei bedeutender Verlängerung der Zeit der Messungen dieses Verhältnis von 1:2,56 starken Änderungen unterliegen kann. Die (NE+ENE)-Winde gehören schon zu den häufigeren. Für die Zeit 1963—1967 ergab sich eine 15,52prozentige Frequenz. Am häufigsten wehen (E+ESE)-Winde: Frequenz 37,80 % und mittlere Windstärke 22,39 Knoten.

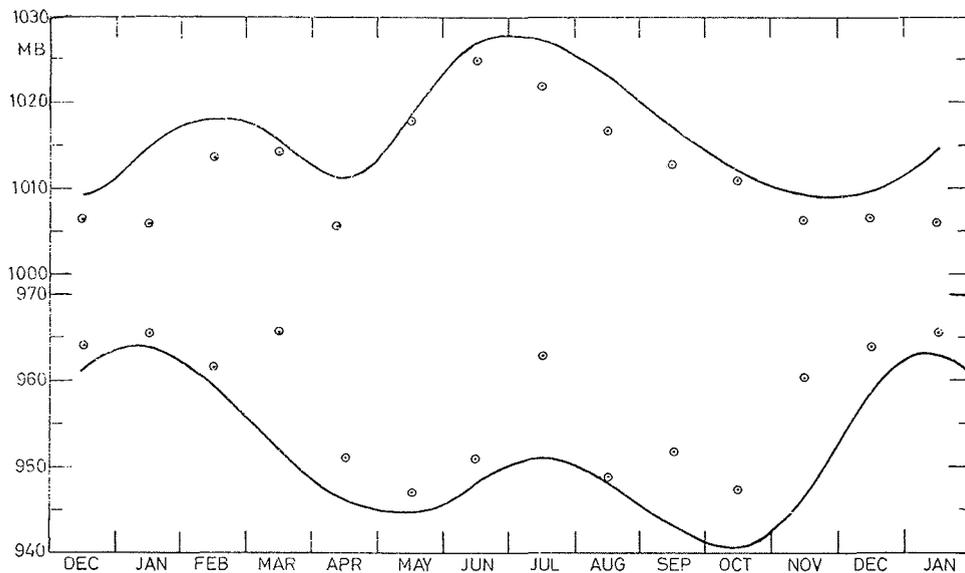


Fig. 1: Extremwerte des auf Meeresspiegel reduzierten Luftdrucks in Sanae für die einzelnen Monate und die Periode 1963—67.

Die Kolonnen F und G enthalten die Maxima und Minima des auf Meeresspiegel reduzierten Luftdrucks. In Fig. 1 sind diese Extremwerte graphisch dargestellt. Außerdem wurden zwei Kurven konstruiert, die die Grenzen der wahrscheinlich möglichen Luftdruckschwankungen in den einzelnen Monaten bestimmen. Sie sind nicht das Resultat einer Glättung der Monatsextreme; zusätzlich wurden Gegebenheiten jährlicher Doppelschwankungen des Luftdrucks berücksichtigt, wie sie sich schon aus Untersuchungen Hofmeyrs (4.), Schwerdtfegers (5.), van Loons (6.) und anderer ergaben, und auch einem statistischen Studium der Sanae-Werte entsprechen.

Es ist anzunehmen, daß nur in den Wintermonaten Juni und Juli absolute Maxima und im Oktober absolute Minima des Luftdrucks zu erwarten sind. Die Differenz der absoluten Extreme kann zweifellos nach weiteren Jahren der Beobachtungen 90 mb überschreiten. Im Vergleich mit Luftdruckschwankungen an anderen Orten in polaren oder polnahen Gebieten ist diese Druckamplitude relativ gering.

II. Langperiodische Abweichungen von den Mittelwerten

Langperiodische Abweichungen von Mittelwerten der Wetterelemente sind für das Studium der atmosphärischen Zirkulation von nicht geringerem Interesse wie Spitzenwerte weit von der Norm abweichender Extreme.

Fig. 2 gibt uns den Verlauf der Abweichungen der mittleren monatlichen Temperaturen von den 5jährigen Monats-Mittelwerten der Periode 1963—1967 für Sanae und — zum Vergleich — für Dumont D'Urville. Dumont D'Urville ($66^{\circ} 40' S$, $140^{\circ} 01' E$) ist rund 4400 km von Sanae entfernt, auf der „anderen“ Seite der großen Ost-Antarktischen Eismasse. Die Temperatur-Werte entstammen der Arbeit von Chesneau und Heuzey (7.). Die mittlere Jahrestemperatur ist für Dumont D'Urville rund $6,5^{\circ} C$ höher als für Sanae, auch sind dort die täglichen Temperatur-Schwankungen geringer. Entsprechend sind die Abweichungen der Monatsmittel gleichfalls geringer, wie das in Fig. 2 deutlich zu sehen ist.

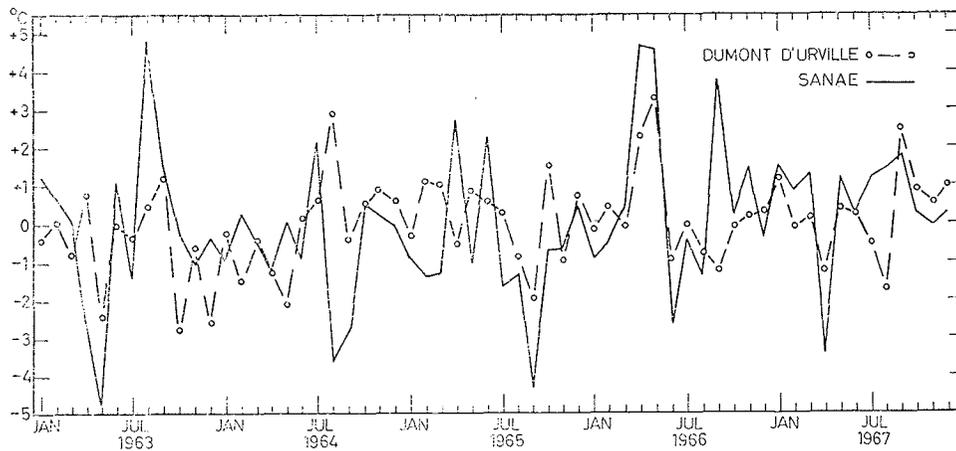


Fig. 2: Abweichungen der monatlichen Temperatur-Mittel von den fünfjährigen Monats-Mittelwerten. Sanae und Dumont d'Urville, 1963—67.

Interessanterweise läßt sich jedoch eine weitgehende Übereinstimmung der Temperatur-Abweichungen zwischen beiden Stationen feststellen, deren Entfernung ungefähr der Distanz Bonn—Persischer Golf entspricht. Gerade die starken Abweichungen erfolgen entweder in denselben Monaten oder in dichter zeitlicher Folge.

Ähnliche Übereinstimmungen lassen sich beim Vergleich analoger Kurven der Luftdruckabweichungen beider Stationen feststellen. Die Correlationen der Druckwellen und langperiodischer Temperaturschwankungen weisen deutlich sowohl auf ein umfassendes antarktisches System der atmosphärischen Zirkulation hin, wie auch auf Auswirkungen solarer Pulsationen auf die meteorologischen Zusammenhänge.

Eine besonders ausgeprägt sich über fast ein Jahr hinziehende Anomalie läßt sich auch in den Windverhältnissen nachweisen. Fig. 3 stellt die Abweichungen der monatlichen Mittelwerte der Windstärken von den entsprechenden 5jährigen monatlichen Mittelgeschwindigkeiten dar. Die geglättete Wellenlinie zeigt besonders deutlich eine mehrmonatliche Periode relativer Lufruhe, vor und nach dem Januar 1965, an. Fig. 4 stellt den Anstieg, beziehungsweise den Abfall des Prozentsatzes der Windstillen dar, und es ist ersichtlich, daß die erwähnte mehrmonatliche Periode reduzierter Windstärken auch im beachtlichen Ansteigen der Häufigkeit der Windstillen zum Ausdruck kommt.

In den Luftdruckverhältnissen ist diese „Ruheperiode“ durch ein Vorherrschen von Hochdrucklagen deutlich gekennzeichnet. In Fig. 2 sind die Monate vor und nach Januar 1965 durch geringere Abweichungen von den Temperaturmitteln charakterisiert. Beachtenswert ist auch ein deutliches Absinken der absoluten Luftfeuchtigkeit (mixing ratio) in den Sommermonaten 1964/65 unter die sommerliche Norm.

Das Studium von Wetterchroniken aus allen Ländern bringt uns immer Hinweise auf mehr oder weniger ausgeprägte warme, kalte, feuchte, dürre oder windige Jahre. In der Antarktis, überhaupt in polaren Gegenden ist es diesbezüglich genau so. Die Existenz langperiodischer Abweichungen von mehrjährigen Mittelwerten weist darauf hin, wie nötig es ist, über vieljährige Beobachtungen zu verfügen. Würden nur die Messungen der Jahre 1964 und 1965 vorliegen, so würden unsere klimatischen Vorstellungen bezüglich Sanae recht fehlerhaft sein. Andererseits wäre auch eine Klimatologie Sanaes ohne Berücksichtigung jener langperiodischen Windanomalie zu beanstanden. Wir können nur hoffen, daß weitere Beobachtungsreihen die 5- bzw. 8jährigen, nunmehr bearbeiteten Messungen nicht zu sehr „Lügen strafen“ werden.

In einer beachtenswerten Arbeit über Schneefall auf dem Fimbul Ice Shelf (8.) hat D. V. Neethling sorgfältig das Anwachsen der Schneemassen in der Gegend von Sanae und Norway Station analysiert und dabei auch die Frequenzen der Windrichtungen und Windstärken studiert. Es ergab sich, daß während der Jahre 1960/61 die Winddata von Norway Station beachtliche Unterschiede aufwiesen gegenüber den Winddaten für Sanae

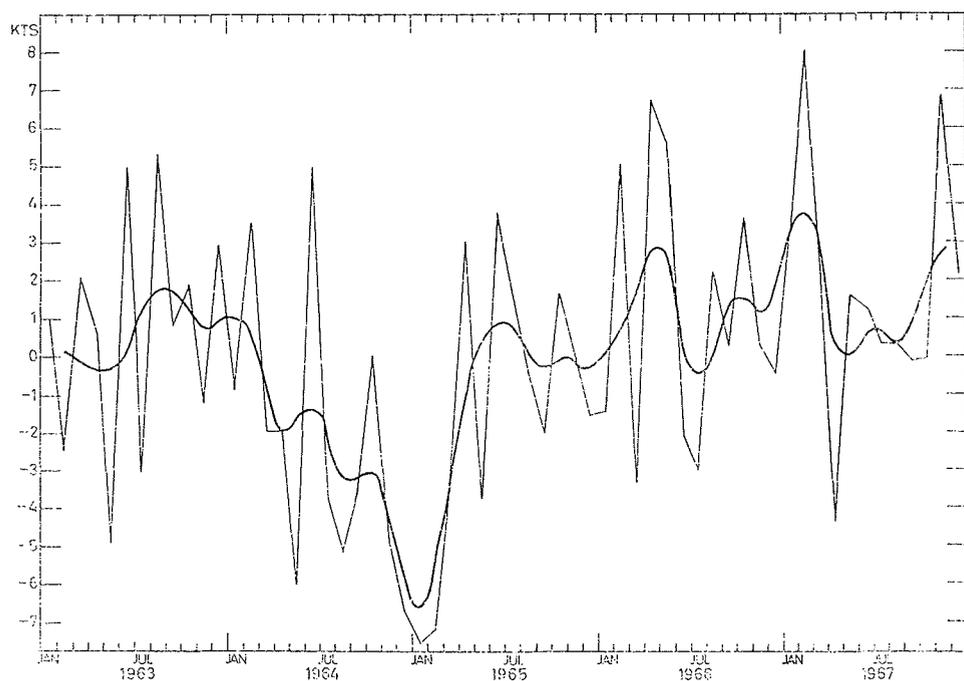


Fig. 3: Abweichungen der monatlichen Mittelwerte der Windstärken (in Knoten) von den entsprechenden fünfjährigen Monats-Mitteln. Sanae, 1963-67.

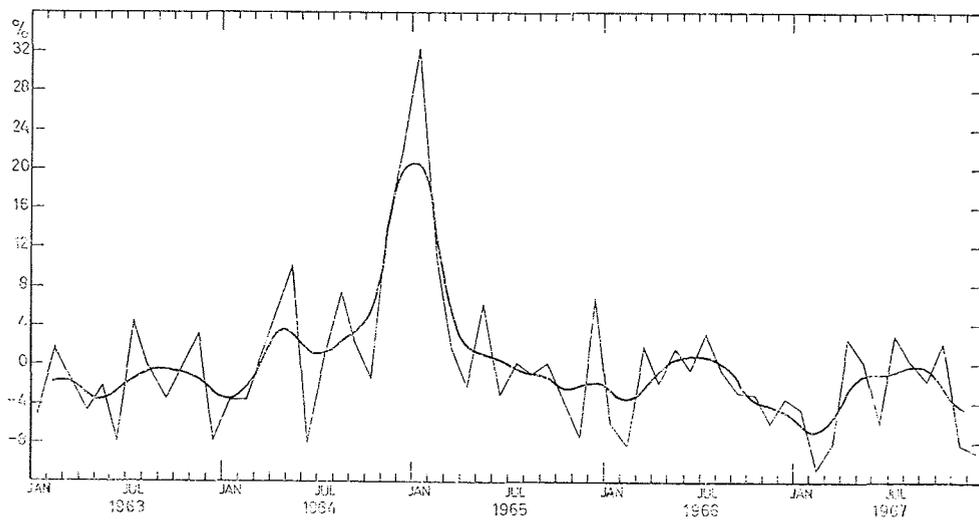


Fig. 4: Abweichungen vom mittleren Prozentsatz der Frequenzen der Windstillen. Sanae, 1963-67.

in den Jahren 1963—1966. Topographische Verschiedenheiten beider Nachbarstationen beeinflussen ohne Zweifel die Windstrukturen. Leider läßt sich jedoch nicht mit solcher Sicherheit, wie dies Neethling annimmt, feststellen, wieweit diese Verschiedenheiten die Winddifferenzen beeinflussen, da der zweijährige Zeitraum der Beobachtungen in Norway Station zu kurz ist, da andererseits keine gleichzeitigen Messungen in Sanae vorliegen, und da — wie wir sehen — gerade die Jahre 1964 und 1965 in Sanae durch eine mehrmonatliche Anomalie der Windverhältnisse gekennzeichnet sind.

Abschließend möge die Bemerkung gestattet sein, daß die von Jahr zu Jahr enorm anwachsende Masse meteorologischer Beobachtungen es erwünscht erscheinen läßt, den Einfluß solarer Strahlungsschwankungen auf das irdische Wettergeschehen genauer, ständig und systematisch zu studieren und zu bestimmen.

— — —

Der Direktion des Wetterbureaus der Republik Südafrika bin ich für die Erlaubnis, diesen Beitrag zu veröffentlichen, zu verbindlichem Dank verpflichtet.

L i t e r a t u r :

1. Burdecki, F.: The climate of Sanae. Part I: Temperature, wind and sea-level pressure. *Notos, W. B., Pretoria, 18, 1969, 3—60.* (Im Druck).
2. Burdinski, F.: The influence of solar activity upon meteorological events. *News Lett. W. B., Pretoria, No. 179, 1964, 37—42.*
3. Burdecki, F.: Surface and sea-level, temperatures and thermal unrest of the Southern Hemisphere during the summer half-year of the IGY. *Notos, W. B., Pretoria, 15 (1/2), 1966, 47—78.*
4. Hofmeyr, W. L.: Atmospheric sea-level pressure over the Antarctic. In: van Rooy, M. P. (Ed.) *Meteorology of the Antarctic.* In: van Rooy, M. P. (Ed.) *Meteorology of the Antarctic.* Pretoria, 1957, 51—70, charts.
5. Schwerdtfeger, W.: Annual and semi-annual changes of atmospheric mass over Antarctica. *J. geoph. Res., Washington, D. C., 72 (14), 1967, 3543—3547.*
7. Van Loon, H.: Acclimatological study of the atmospheric circulation in the Southern Hemisphere during the IGY. Part II *J. appl. Met., Boston, 6 (5), 1967, 803—815.*
7. Chesneau, J. et J. Heuzey: *Données climatiques de la station Dumont d'Urville.* Monogrs. Mét. nat., Paris, No. 72, 1969, 63 p.
8. Neethling, D. C.: Snow accumulation on the Fimbul Ice Shelf, western Dronning Maud Land, Antarctica. In: *Proc. Int. Symp. on Antarctic Glaciological Exploration, Hanover, N. H. US, Sept. 3—7, 1968, Paper 67.*