

11. Heezen, B. C., Tharp, M., Ewing, M.: The floor of the oceans. I. The North Atlantic. Geol. Soc. America. Special Papers 65, 1959, 1—122.
12. Holtzscherer, J. J. et Bauer, A.: Contribution à la connaissance de l'inlandsis du Groenland. Expéd. Pol. Franç. Résultats Scientifiques N III 2, N II 3. 1954.
13. Kosack, H.-P.: Die Antarktis. Heidelberg 1955.
14. Kosack, H.-P.: Die Höhenlage der antarktischen Eiskuppel. Polarforschung 5, 1960, 21—24.
15. Liestol, O.: The volume of ice in Antarctica. Norsk Polarinstitut, Arbek 1961.
16. Loewe, F.: Das grönländische Inlandeis nach neuen Feststellungen. Erdkunde 18, 1964.
17. Loewe, F.: Beiträge zum Massenhaushalt des antarktischen Inlandeises. Petermanns Mitt. 1961, 269—74.
18. Mackintosh, N. A.: The Antarctic Convergence. Discovery Reports 23, 1946, 177.
19. Meinardus, W.: Die zonale Verteilung der Luft- und Wassertemperatur. Deutsche Südpolarexpedition 3, 1923, 528—46.
20. Mellor, M.: The Antarctic ice sheet. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Cold Regions Science and Engineering I B -1, 1961.
21. Nutt, D. C.: Significance and techniques in the study of inclusions in glacier ice. Polarforschung 5, 1961, 82—86.
22. Phibert, B.: Beseitigung radioaktiver Abfallsubstanzen in den Eiskappen der Erde. Schweiz. Zeitschrift f. Hydrologie 13, 1961, 263—84.
23. Prohaska, F.: Zur Frage der Klimaänderung in der Polarzone des Südatlantik. Archiv f. Meteorologie etc. B, 3, 1951, 72.
24. Prudhomme, A. et Valtat, B.: Les observations météorologiques en Terre Adélie. Analyse critique. Exp. Pol. Franç., 1957.
25. Rubin, M.: Atmospheric advection and the antarctic mass and heat budget. In: Antarctic Research. Am Geoph. Union Monograph 7, 1962.
26. Rubin, M. and Weyant, W. S.: Antarctic Meteorology, in: Antarctica. New Zealand Ant. Soc. 1964.
27. Sorge, E.: Glaziologische Untersuchungen in Eismitte. Wiss. Erg. d. Deutschen Grönlandexp. Alfred Wegener. Bd. 3, 1935.
28. Sverdrup, H. U.: The currents off the coast of Queen Maud Land. Norsk Geogr. Tidsskrift 19, 1953.
29. Thiel, E. C.: The amount of ice on planet earth. Am. Geoph. Union, Monograph 7, Antarctic Research. 1962.
30. Van Rooy, M. P.: Meteorology of the Antarctic Pretoria 1957.
31. Vowinckel, E. and Orvig, S.: Water balance and heat flow of the Arctic Ocean. Arctic 15, 1962, 205—23.
32. Maps: a) Antarctica 1:5 Mill. Am. Geogr. Soc. 1961.  
b) Vinson Massiv. U.S. Geol. Survey. 1:250 000 Reconnaissance Series 1962.

## Polarforschung und Wettersatelliten

Von G. Warnecke,

z. Z. am Goddard Space Flight Center, NASA, Greenbelt, Maryland \*)

Mit dem erfolgreichen Start des ersten Wettersatelliten im Rahmen des TIROS-Experiments (*Television and Infrared Radiation Observation Satellite*) begann im Jahre 1960 ein neues Zeitalter meteorologischer Beobachtung und Forschung; denn die im Laufe der folgenden Jahre gestarteten weiteren sieben TIROS-Satelliten haben der atmosphärischen Physik ein überaus reichhaltiges Beobachtungsmaterial geliefert, dessen Verwendungsmöglichkeit von der aktuellen, praktischen Anwendung in der Wettervorhersage bis zur globalen Erforschung einzelner Komponenten des atmosphärischen Strahlungshaushalts reicht.

Die auf annähernd kreisförmigen Bahnen die Erde umlaufenden künstlichen Erdsatelliten stellen Observatorien dar, die nach genau vorherbestimmtem Plan Messungen der von der Erdoberfläche bzw. von der unterhalb des Satelliten befindlichen Atmo-

sphäre ausgehenden Strahlung in maximal fünf verschiedenen Bereichen des Spektrums vornehmen und außerdem die Erde mit zwei Fernsehkameras beobachten. Infolge der Eigenrotation des Satelliten werden mit den Meßgeräten weite Gebiete linienweise abgetastet und analog registriert, so daß die Zusammensetzung der Abtastlinien nachher eine Darstellung in Karten erlaubt, wobei aber die Liniendichte der Radiometermessungen wesentlich geringer ist, als bei konventionellen Fernsehbildern. Infolge der Erddrehung verschiebt sich die Umlaufbahn des Satelliten gegenüber der Erdoberfläche stetig, so daß ständig andere, meist aber gut aneinander anschließende Gebiete beobachtet werden. Dadurch erhält man mit einem Satelliten innerhalb weniger Umläufe Beobachtungsdaten für Bereiche kontinentalen Ausmaßes. Bis zum Februar 1963 hatten die TIROS-Satelliten insgesamt 168 148

\*) Dr. Günter Warnecke, 1 Berlin 37, Siepesteig 14a

brauchbare Bilder geliefert. Nach diesen wurden 5048 genaue Analysen der Bewölkung angefertigt, und mehr als 700 Hinweise konnten über die exakte Lage von Tiefdruckgebieten gegeben werden.

Ein gewisser Nachteil der TIROS-Satelliten ist, daß ihre eigene Drehachse raumstabilisiert ist. Dadurch beobachten die Meßinstrumente die Erde ständig unter anderen Winkeln, zeitweise sehen sie sogar in den Welt- raum und liefern gar keine Beobachtungen von der Erde. Ein weiterer Nachteil ist, daß die Umlaufbahn bisher nur jeweils bis in die gemäßigten Breiten nord- und südwärts reichten, die Polargebiete von den Beobachtungen bisher weitgehend ausgenommen wurden. Beide Nachteile sollen aber mit dem Übergang zu einem neuen System meteorologischer Satelliten ausgeschaltet werden, nämlich mit den Satelliten vom Typ NIMBUS, deren erster möglicherweise noch im Jahre 1964 in seine Umlaufbahn geschossen wird, und einen neuen TIROS-Typ.

Die markanten Unterschiede zwischen TIROS und NIMBUS sollen sein: eine annähernd über die Pole verlaufende Bahn sowie die dauernde Orientierung der Meßgeräte senkrecht zur Erde. Damit wird einerseits eine lückenlose Beobachtung der Erde möglich, andererseits kommt auch die Polarforschung nunmehr stärker mit diesem neuartigen Beobachtungsmittel in Berührung. Im folgenden sollen daher die instrumentelle Ausrüstung des NIMBUS und einige während des TIROS-Experiments gewonnene Erfahrungen hinsichtlich ihrer vielseitigen Verwendbarkeit kurz erläutert werden.

### 1. Fernsehbilder

Ein spezielles System mehrerer synchronisierter Kameras mit einem Gesichtswinkel von je  $37^\circ$  wird alle 91 Sekunden eine Folge von einander etwas überlappenden Bildern aus einer Höhe von rund 900 Kilometern aufnehmen. Dabei wird auf jedem Umlauf mit 33 Bildern je Kamera ein ca. 2500 km breiter, zusammenhängender Streifen des im Tageslicht befindlichen Bahnteils abgetastet. Die Fernsehbilder werden je nach Stellung des Satelliten in bezug auf die Bodenstation entweder direkt abgerufen oder zunächst auf Magnetband gespei-

chert und später zur Erde übermittelt. Diese Fernsehbilder gestatten

- a) eine sehr detaillierte *Analyse der Wolkensysteme*, wobei viele besondere Erscheinungen wie Leewellen, Wolkenstraßen und erst recht natürlich Fronten sowie zyklonale und antizyklonale Wirbel meist sehr klar identifiziert werden können;
- b) in wolkenfreien Gebieten eine genaue *Analyse des Zustandes der Erdoberfläche* hinsichtlich unterschiedlicher Albedo, wobei *schneefreies Land, offenes Wasser* sowie *Schnee- und Eisgebiete* bei genügender Beleuchtung bis in viele Einzelheiten unterschieden werden können.

Es braucht kaum betont zu werden, welche Bedeutung diese Beobachtungen in Gebieten mit wenigen Stationen haben, und daß es künftig möglich wird, mit geringem zusätzlichem Aufwand die Eisverteilung der Polarmeere täglich genau zu kartieren.

### 2. Nachtaufnahmen der Bewölkung

Da die Polargebiete lange Zeit schlecht oder gar nicht beleuchtet sind, wird die Bewölkungsbeobachtung für viele Zwecke erst sinnvoll, wenn sie auch in der Dunkelheit getätigt werden kann. Deshalb erhält NIMBUS ein Infrarot-Radiometer hoher Auflösung (HRIR), das im Wellenlängenbereich von 3,4 bis 4,2  $\mu$  empfindlich ist. Seine Bildschärfe ist mit der der Fernsehbilder durchaus vergleichbar; die Auflösung beträgt etwa 8 km.

Fernsehkameras und High Resolution Infrared Radiometer zusammen werden dann in niederen Breiten eine mindestens 12stündige, in den hohen Breiten eine sogar noch häufigere Beobachtung der Wolkenbedeckung der Erde ermöglichen. Infolge der geometrischen Eigenschaften der Umlaufbahn werden nämlich die Polargebiete in besonders dichter Folge, d.h. in fast stündlichem Abstand überflogen (Abb. 1), und es steht ein Beobachtungsmaterial in Aussicht, dessen wissenschaftlicher Gehalt kaum erschöpflich sein dürfte. Meteorologie und Klimatologie werden davon in gleicher Weise Gebrauch machen können wie die Ozeanographie; letztere hauptsächlich hinsichtlich der

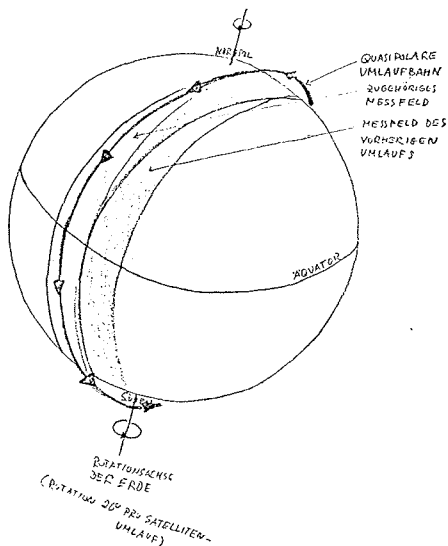


Abb. 1: Schematische Darstellung der geplanten Umlaufbahn der Wettersatelliten vom Typ NIMBUS

Eisverhältnisse der Polarmeere. Aber auch Hydrologie und Glaziologie werden von diesen Beobachtungen profitieren, da die TIROS-Photos sehr deutlich — wolkenloser Himmel vorausgesetzt — die Bedeckung der Gebirge mit Schnee und Eis laufend zu beobachten und zu verfolgen gestatten.

### 3. Strahlungsmessungen im Sichtbaren und im Ultrarot

NIMBUS wird wie einige seiner Vorgänger vom TIROS-Typ später auch mit Radiometern mittlerer Auflösung (MRIR) ausgerüstet sein. Die Messungen erfolgen dabei in folgenden Spektralbereichen:

#### 6.5—7.0 $\mu$ (Kanal 1)

Wasserdampf-Absorptionsbande; hiermit wird ermöglicht, die atmosphärische Wasserdampfverteilung zu studieren, sowie in größerem Maße die nächtliche Wolkenverteilung.

#### 10—11 $\mu$ (Kanal 2)

Atmosphärisches „Fenster“; gemessen wird hier die von der Erdoberfläche bzw. opaken Wolken ausgehende Strahlung.

#### 0.55—0.75 $\mu$ (Kanal 3)

Sichtbare Strahlung; ermöglicht die Untersuchung eines Teils der reflektierten

Strahlung und damit einen Vergleich mit den Fernsehbildern.

#### 7—30 $\mu$ (Kanal 4)

Terrestrische Strahlung; dieser Bereich des Spektrums erfährt nahezu die gesamte von der Erde ausgehende langwellige Strahlung (wichtig für den Strahlungshaushalt).

#### 0.2—4 $\mu$

Albedo-Messung; in diesem Spektralbereich des Sichtbaren und des nahen Ultrarot findet die hauptsächlichste Reflexion von Strahlung an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre statt (wiederum bedeutsam für den Strahlungshaushalt).

Das Fünfkanal-Radiometer tastet das Meßfeld mit einem Gesichtswinkel von 2.85° ab, dem auf der Erde etwa ein Gebiet von 80 qkm entspricht.

Von besonderer Wichtigkeit für die aktuelle Polarforschung wird ein neues Verfahren der Daten-Übermittlung sein, das zur Zeit erprobt wird und mit dem NIMBUS eingeführt werden soll. Es handelt sich dabei um das sogenannte „APT-System“ (Automatic Picture Transmission System). Es erlaubt allen interessierten Nationen, mit einem entsprechenden Bodengerät und nach vorheriger internationaler Vereinbarung die im Satelliten gespeicherten Fernsehaufnahmen für ein bestimmtes geographisches Gebiet selbst abzurufen. Dadurch wird eine schnelle Versorgung mit Originalbildern ermöglicht, die der augenblicklichen Faksimile-Übertragung

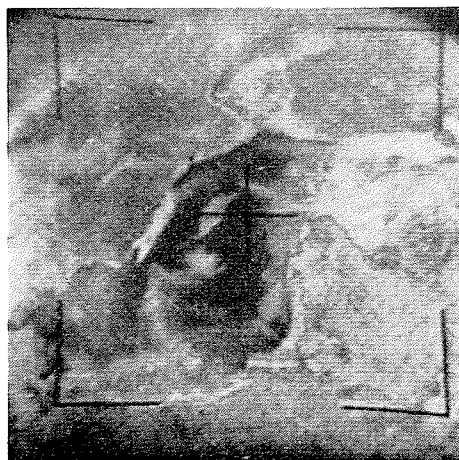


Abb. 2: Fernsehaufnahme des Satelliten TIROS VI vom Ostseegebiet am 22. Februar 1963 um 09.58 MEZ (2291. Umlauf)

natürlich weit überlegen ist, sowohl hinsichtlich der Bildqualität als auch der Übermittlungsgeschwindigkeit.

Wenn auch die physikalische und meteorologische Interpretation der Satellitenmessungen teilweise recht diffizil ist und gelegentlich nur mit ergänzenden „konventionellen“ Daten zu eindeutigen Ergebnissen führt, so ist der Schatz, der der Geophysik hiermit eröffnet wurde, doch so reichhaltig, daß auch die Polarforschung in nicht unwesentlichem Maße von den Satellitendaten wird Gebrauch machen können.

Als Beispiele für die Leistungsfähigkeit der Satelliten seien ein Foto und die Auswertung einer Strahlungskarte angeführt. *Abb. 2* zeigt eine Aufnahme (TIROS VI) der Ostsee am 22. Februar 1963 um 09.58 MEZ. Man erkennt in unmittelbarer Nähe des Kreuzes im Bildmittelpunkt die Insel Gotland, links davon die schwedische Küste, rechts die Küste Litauens und Lettlands. Die Rigaer Bucht und der Finnische Meerbusen leuchten hell und zeigen völlige Eisbedeckung, ebenfalls der Ladoga- und der Onega-See. Die südliche Ostsee zeigt Eis den Küsten vorgelagert, aber auch in losen Feldern auf See. Der Botttnische Meerbusen, dessen schwedische Küste besonders deutlich aus dem Bild heraustritt, ist vom Bereich der Schären an weitgehend zugefroren, eine ziemlich geschlossene Eisdecke befindet sich offenbar auch zwischen Südschweden und Pommern. Auf dem Festland treten ebenfalls vereiste Seen und Schneeflächen deutlich hervor. Zieht man in Betracht, daß erstens dieses Bild aus einem sehr schrägen Blickwinkel aufgenommen ist, der bei dem Nimbus-Satelliten vermieden wird, und zweitens die einander folgenden Bildserien zu Mosaikbildern zusammengesetzt werden können, so ergibt sich beispielsweise eine außerordentlich erleichterte Eisüberwachung<sup>4)</sup>. Welch detaillierte Angaben mit Hilfe der Strahlungsbeobachtungen zu machen sind, veranschaulicht *Abbildung 3*. Hier handelt es sich um eine Analyse der Strahlungsdaten des TIROS IV auf seinem 638. Umlauf am 24. März 1962, nachmittags, im Wellenlängenbereich des „atmosphärischen Fensters“. Nur geringfügig durch Wasserdampfabsorption gestört, wird in diesem Spektralbereich die von der Erde kommende

Infrarotstrahlung gemessen. Ihre Intensität läßt sich unter der Voraussetzung von Schwarzstrahlung direkt in Temperaturwerte umsetzen. Abgesehen davon, daß die Werte absolut genommen etwas zu niedrig

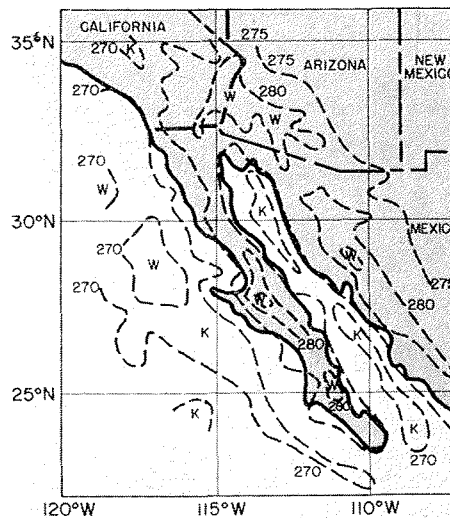


Abb. 3: Ausstrahlung im Spektralbereich 8–12  $\mu$  bei wolkenlosem Himmel im Bereich Kaliforniens am 24. März 1962, 16 Uhr Ortszeit, gemessen vom Satelliten TIROS IV auf dem 638. Umlauf. (Einheit: äquivalente Temperatur der Strahlung eines schwarzen Körpers in °K)

ausfallen, wofür Abweichungen der Erdoberfläche vom idealisierten schwarzen Körper, aber auch unter tieferer Temperatur befindliche strahlende Beimengungen der Atmosphäre verantwortlich zu machen sind, ergibt sich doch eine überraschend gute Wiedergabe der Landkonfiguration, die hier durch die Temperaturdifferenz zwischen warmem Land (nachmittags, ca. 16 Uhr Ortszeit) und kühlerem Wasser gekennzeichnet ist. Auch die Strahlungsdaten sind bei entsprechender Interpretation also zum Studium sehr detaillierter Einzelheiten der Erdoberfläche geeignet. Es braucht nicht weiter hervorgehoben zu werden, daß sich natürlich ausgedehnte Wolkengebiete, die sich infolge der vertikalen Temperaturabnahme in der Atmosphäre unter wesentlich niedrigeren Temperaturen befinden, in einem solchen Bilde außerordentlich scharf abzeichnen.

Da die Literatur über die Ausrüstung der Satelliten, die Datengewinnung und -aus-

wertung sowie über die bereits vorliegenden Bearbeitungen und Ergebnisse sehr umfangreich ist, sei hier nur auf einige Veröffentlichungen mit ausgedehntem Literaturverzeichnis verwiesen.

Literatur:

1. Final Report on the Tiros I Meteorological Satellite System, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland/USA. Technical Report R-131, NASA, Washington, D. C. 1962.
2. Proceedings of the International Meteorological Satellite Workshop November 13—22, 1961, Washington, D. C. Herausgegeben von: National Aeronautics and Space Administration und U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C.
3. Proceedings of the First International Symposium on Rocket and Satellite Meteorology, Washington, D.C. April 23—25, 1962. North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1963.
4. K. L. Kondratjeff, Meteorologitscheskoje Sputniki, Leningrad 1963.
5. E. Kiss, Bibliography on Meteorological Satellites (1952—1962) U.S. Weather Bureau, Washington, D. C. April 1963.
6. D. Q. Wark und R. W. Popham, Ice Photography from the Meteorological Satellites Tiros I and Tiros II, U.S. Weather Bureau, Meteorological Satellite Laboratory Report No. 8, Washington, D. C. March 1962.
7. W. Nordberg, W. R. Bandeen, B. J. Conrath et al., Preliminary Results of Radiation Measurements from the Tiros III Meteorological Satellite, Journal of Atmospheric Sciences 19, 20—30, Jan. 1962.
8. R. Stampfl und H. Press, Nimbus Spacecraft System, Aerospace Engineering 21 (7), pp. 16—28, Juli 1962.
9. World Meteorological Organization, Technical Note No. 49 „Reduction and use of Data obtained by Tiros Meteorological Satellites“, Genf 1963.

## Preliminary Report on Drainage Systems of Antarctica \*)

By Mario B. Giovinetto, Madison 5 Wisconsin \*\*)

### Introduction:

Many studies have been made on the mass budget of Antarctica (Aver'yanov, 1960; Buinitsky, 1960; Lister, 1959; Loewe, 1959; Mellor, 1959; Rubin, 1962; Dolgushin and others, 1962). In general, the ratio between two particular estimates of the net mass budget is smaller than the ratio between the figures for a specific accumulation or ablation term used in the same two estimates (e.g. Wexler, 1961). Unfortunately, the physiographic complexity and the large area of Antarctica make it difficult to discuss in detail the merits of an assumption applied to the whole continent by a particular investigator and to evaluate the error in some of the accumulation and ablation terms he estimates. It is evident that it will take several decades of continuous field investigations before an adequate amount of data is available to assert the mass difference between accumulation and ablation. In the meantime, there is need to study the mass budget for Antarctica following methods that will foster accuracy in the computation of accumulation and ablation terms,

and yet require less time to accumulate evidence to assert a positive or negative mass budget.

It would be possible to determine the net mass budget for particular drainage systems with relatively good accuracy and in relatively short time if international effort is directed to this end. Studies of the mass budget for particular drainage systems are of interest because -i) the net mass budget of a given system is not necessarily proportional to the area nor to the ice mass of the given system, and -ii) the net mass budget for a particular system and the net budget for Antarctica may have opposite signs. Therefore, a division of Antarctica into drainage systems is recommendable, and eventually a division of these into drainage basins.

This report presents a division of Antarctica into drainage systems, together with an estimation of the error in the computation of some of the accumulation terms considered in studies of the mass budget. The determination of the area of each system

\*) Geophysical and Polar Research Center Contribution no. 121. The present work is as summary of a more detailed research paper to be submitted for publication under the same title and contribution number. In this work, prepared for oral presentation at the Karlsruhe meeting of the German Society for Polar Research (October 1963), full references will not be given.

\*\*) Mario B. Giovinetto, Madison 5, Wisconsin, 6021 South Highland Road, Geophysical and Polar Research Center.