

Meteorologische Satelliten erforschen das Weltwetter.

Von Dr. Leopold K l e t t e r, Wien.

Leiter der Wetterabteilung an der Zentralanstalt für
Meteorologie und Geodynamik.

Vortrag, gehalten am 31. Oktober 1962.

Die meteorologischen Satelliten der „Tiros“-Familie unterscheiden sich in einem Punkte grundlegend von allen anderen künstlichen Erdtrabanten: während die Meßdaten der letzteren vorwiegend nur einem exklusiven Forscherzirkel zugänglich sind, können die Tiros-Informationen von allen Meteorologen unmittelbar nach der Beobachtung und in kontinuierlicher Weise für ihre Routinearbeit mitbenützt werden. Es gibt derzeit keine zweite Raumstation, deren Beobachtungsergebnisse bereits sechs Stunden nach jeder Erdumkreisung global in alle Winkel der Welt verteilt werden. Seit am 16. April 1962 begonnen worden war, mit außerordentlich verstärkten Faksimile-Funksendern mit Richtantennen die Tiros-Wolkenbilder in schematisierter Form direkt von Amerika den anderen Kontinenten zuzustrahlen, kann selbst das einfachst ausgerüstete Wetterbüro, wo immer

es auch liegt, diese Informationen regelmäßig und auf einer routinemäßigen Basis empfangen.

Die meteorologischen Satelliten haben eine ganz neue Methode der Wetterbeobachtung eingeleitet. Von einer Fernsehkamera des die Erde in rund 100 Minuten umkreisenden Satelliten werden in sekundenschneller Aufeinanderfolge Serien von sich überlappenden Photographien aufgenommen, die, aneinandergereiht, das Portrait eines ausgedehnten Gebietes der Erdoberfläche und ihrer Bedeckung mit Wolken liefern. Während die konventionelle Beobachtungsmethode aus einem lückenhaften Mosaik von Informationen Einblick in die Großwettervorgänge zu gewinnen sucht, liefern die Tiros-Beobachtungen ein räumlich lückenloses Bild ausgedehnter, die Erdoberfläche bedeckender Wolkenysteme. Am augenfälligsten ist die Nützlichkeit der Tiros-Beobachtungen wohl von jenen Gebieten der Erde, die wegen ihrer Unzugänglichkeit meteorologisch bisher fast ganz unkontrolliert bleiben mußten und von denen man nur durch gelegentlich ausgesandte Expeditionen spärliche meteorologische Informationen erhielt. Wettersatellit Tiros liefert von der ungeheuren Wasserwüste etwa des Pazifischen Ozeans schon so häufige Beobachtungen, daß der Wetterdienst in Australien und in Südamerika großen Nutzen daraus ziehen kann. Durch die besseren Kenntnisse der meteorologischen Vorgänge

durch Tiros-Beobachtungen in den Meeresgebieten der südlichen Hemisphäre konnte dort die Wettervorhersage in vielen Fällen bedeutend verbessert werden.

Die Fähigkeit der meteorologischen Satelliten, ausgedehnte Gebiete der Erdoberfläche und ihrer Wolkenbedeckung von einer Plattform in 700 km Höhe zu beobachten, hat zur Entdeckung neuer Wolkenformen und Wolkenarten geführt, die bisher unbekannt gewesen sind und die eben nur aus der Raumperspektive wahrgenommen werden können. Die bisher wichtigsten Entdeckungen solcher Wolkenformen sind: Riesen-Wolkenspiralen in tropischen Wirbelstürmen; konzentrisch angeordnete breite Wolkenbänder, alternierend mit schmälere wolkenfreien „Klarbanden“ im Reifestadium von Tiefdruckgebieten; Cirrus-Schlangen, die in der atmosphärischen Jet-Strömung entstehen; Cumulus-Wolkenstraßen in den Tropen und schließlich ein gehäuftes Auftreten ring- oder mondsichelförmiger Wolkenzellen mit einem Durchmesser von 50 bis 80 km. Diese „konvektiven“ Wolkenzellen markieren die jeweilige Lage konvektiver Strömungen in der Atmosphäre.

1. Die Tiros-Familie.

Die meteorologischen Satelliten vom Typ Tiros sind seit April 1960 auf eine Familie von sieben Mitgliedern angewachsen. Am 1. April 1960 leitete

Tiros I die Beobachtung und Erforschung des Weltwetters aus der Raumperspektive ein. Die wichtigsten Geräte, die der Wettersatellit mitführt, sind zwei Fernsehkameras, die „Augen“ des Tiros, deren Spezialobjektive zeitweise zur Erde gerichtet sind. Kamera Nr. 1 liefert quadratische Bildausschnitte mit einer Seitenlänge, die auf der Erdoberfläche einer Entfernung von 1200 km entspricht. Kamera Nr. 2 macht scharfe Detailaufnahmen eines 120 km langen und ebenso breiten Ausschnittes. Tiros I hatte eine Funktionsdauer von 78 Tagen. Nach dieser Zeitdauer wurden die Bilder unscharf und schließlich unbrauchbar. Es wurden rund 23.000 Wolkenbilder übermittelt.

Tiros II wurde am 23. November 1960 in eine Kreisbahn um die Erde befördert. Er arbeitete 54 Tage und lieferte 35.650 Wolkenbilder. Dieser Satellit führte auch einen Instrumentensatz zur Messung der Strahlung mit. Dieser bestand aus einem Bündel strahlungsempfindlicher Zellen, sogenannter „Sensoren“, die aus fünf Fenstern auf fünf verschiedene Spektralbereiche ansprachen. Die Sensoren waren für die folgenden Spektralbereiche empfindlich: 6 bis 6,5 μm ; diese Längen liefern Mitteltemperaturen von den obersten Schichten der Atmosphäre, die höchstens eine bis 0,3 Millimeter niederschlagbare Wassermenge enthält. 8—12 μm ; diese Längen geben angenähert die Temperatur der Erdoberfläche an. Ist die Erde mit

Wolken bedeckt, dann erhält man die Temperatur der **W o l k e n o b e r g r e n z e**! Die letzteren Werte liegen dann beträchtlich tiefer. Dieser Zusammenhang zwischen Strahlungsmeßwerten und Wolkenbedeckung kann für Informationen über die Wolkenverteilung an der Nachtseite der Erde ausgenützt werden. Bei einem der rund 400 Strahlungsexperimente mit Tiros II ergaben sich z. B. im östlichen Teil der Vereinigten Staaten von Amerika „Schwarzkörpertemperaturen“ von 240° K, im zentralamerikanischen Raum aber Werte von 280 bis 285° K. Die „kalte“ Strahlungsquelle konnte als ein Gebiet mit dichter hochreichender Bewölkung identifiziert werden; die „warme“ Strahlungsquelle rührte dagegen von einem wolkenarmen Gebiet her. Die übrigen Meßbereiche lagen zwischen $0,2$ und $6 \mu\text{m}$ (Energie der reflektierten Sonnenstrahlung), zwischen 8 und $30 \mu\text{m}$ (terrestrische Strahlung) und zwischen $0,55$ und $0,75 \mu\text{m}$. Ein zweites Radiometer im Tiros II mit viel geringerer Auflösung gab Wärmebilanzinformationen über ein Gebiet innerhalb des Feldes, das von der Weitwinkelkamera überblickt wurde.

Tiros II erfüllte noch eine weitere wichtige Aufgabe: Im Januar 1961 photographierte er das dicke **P a c k e i s** im St. Lawrence-Golf. Durch diese Beobachtungen wurde den meteorologischen Satelliten ein neues Arbeitsfeld erschlossen, nämlich die Kontrolle der Eisbedeckung der polaren Meere,

die Überwachung der Eisgrenzen und das Auffinden offener Fahrtrinnen in den Eismeerern. Diese für die Schifffavigation in den nördlichen Meeren unschätzbaren Dienste werden vor allem zukünftige direkt um die P o l e kreisende Wettersatelliten zu leisten haben.

Tiros III wurde am 12. Juli 1961 in eine Kreisbahn um die Erde geschossen. Vor seinem Start waren von der meteorologischen Weltorganisation (WMO = World Meteorological Organization) umfassende Vorbereitungen getroffen worden, um allen Ländern der Erde die Beobachtung des Wetters vom Weltraum her auf einer routinemäßigen Basis zu ermöglichen. Zunächst wurde ein Code-Verfahren ausgearbeitet, um die Tiros-Informationen über die üblichen Nachrichtenkanäle des Wetterdienstes allen Ländern rasch übermitteln zu können. Unter dem Kennwort „Nephanalyse“ entstand ein einfaches, sehr brauchbares Verschlüsselungsschema, das für die Übermittlung der Tiros-Aufzeichnungen mittels Fernschreiber ausgedacht wurde. Ein anderes Verfahren benützte die im Wetterdienst zur Funkübermittlung von Wetterkarten allgemein verwendete Faksimilefunkverfahren. Die Tiros-Wolkendaten wurden in geographischen Karten mit Hilfe von Symbolen eingezeichnet und über starke Sender von Amerika den anderen Kontinenten zugestrahlt. In 111 Funktionstagen des Tiros III, nämlich vom 12. 7. bis

30: 10. 1961, wurden etwa 1000 Nephanalysen über das internationale Wetterfernschreibnetz und etwa 700 Wolkenbilder über die Faksimilesender routinemäßig verbreitet.

Wettersatellit Tiros III ist der Weltöffentlichkeit als erfolgreicher „Hurrikan-Jäger“ bekannt geworden. Er umkreiste gerade zur „Wirbelsturmsaison“ die Erde. Die gefährlichen Hurrikane und Taifune, von denen jeder einzelne während seiner Lebensdauer Energievorräte in der Stärke von 10 Millionen Hiroshima-Atombomben zur Verfügung hat, entwickeln sich vorwiegend im Spätsommer und Frühherbst in den tropischen Meeresgebieten. Mit der Verwendung des Wettersatelliten Tiros III als wichtiges Glied im Hurrikan-Warnsystem der USA erwies sich die eminent praktische Bedeutung von meteorologischen Raumstationen. Am 10. September 1961 wütete im Golf von Mexiko der von Tiros III verfolgte Hurrikan „Carla“, einer der gewaltigsten Wirbelstürme, von denen bewohnte Gebiete Nordamerikas jemals betroffen worden waren. Mehr als 300.000 Menschen aus den Küstenstädten von Louisiana und Texas flüchteten landeinwärts, verließen, um wenigstens ihr Leben zu retten, die Gefahrenzone. Die Evakuierung einer so großen Anzahl von Menschen konnte nur deshalb rechtzeitig und völlig planmäßig vorgenommen werden, weil das US-Wetterbüro schon zwei Tage vor Eintritt der Katastrophe

Hurrikan-Alarm gegeben hatte. Diese Warnung enthielt den genauen Entstehungsort des Wirbelsturmes, seine Zugrichtung, Zuggeschwindigkeit und die Stärke des zu erwartenden Orkans. Tiros III entdeckte mit seinen beiden Fernsehkameras die Entstehung des Hurrikans schon viel früher, als es mit den herkömmlichen Beobachtungsmethoden möglich gewesen wäre. Nicht weniger als 5 atlantische und 2 pazifische Hurrikane, 9 Taifune im Zentral- und Ostpazifik, 18 tropische Wirbelstürme und 60 bedeutende Sturmentwicklungen wurden von Tiros III aufgespürt, verfolgt und ihre Gefährlichkeit durch rechtzeitige Benachrichtigung der betroffenen Länder auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Insgesamt 50 Warnungen vor gefährlichen Wetterentwicklungen wurden vom US-Wetterbüro telegraphisch, telephonisch oder mittels Funk nach Japan, den Philippinen, Mexiko, Hongkong, Formosa, Guam, Honolulu, San Franzisko, Miami, New Orleans und San Juan geschickt. Unter anderem konnte auch eine größere Fischer-Flotte im Ostpazifik vor einem Hurrikan in Sicherheit gebracht werden.

Die zahlreichen Hurrikan-Photos, die Tiros III geliefert hat, sind eine wahre Fundgrube für die Wissenschaftler. Sie sind derzeit Gegenstand intensiver Studien, die über die Natur der Hurrikane noch wichtige Aufschlüsse vermitteln werden. Es gibt zwar derzeit mehrere Theorien über Ent-

stehung und Entwicklung der Hurrikane, die Meteorologen hatten aber bisher kein Mittel zur Verfügung, um ihre Thesen auch nachzuprüfen. Die Satellitenphotos liefern nun genügend Material zur eingehenden Prüfung der Theorien, die jetzt entweder bestätigt oder verworfen bzw. neu formuliert werden können.

Tiros IV, dessen Start am 8. Februar 1962 erfolgte, führte die von Tiros II begonnenen Untersuchungen über das Erkennen vereister Meeresgebiete fort. Zusammen mit dem US-Wetterbüro, der US-Navy und der Royal Canadian Air Force wurde ein Projekt unter dem Namen „TIREC“ (Tiros Ice Reconnaissance) durchgeführt, das aufschlußreiche Ergebnisse lieferte. Zur gleichen Zeit der Tiros-Passagen wurden von Flugzeugen aus die mit Eis bedeckten Meeresgebiete photographiert. Es wurde Eiskonzentration, Alter der Eisdecke, Type, Ausdehnung der Eisdecke und Veränderungen in ihrer Farbtönung bestimmt. Vergleichende Studien zwischen den Flugzeug-Aufnahmen und den Fernsehaufzeichnungen des Tiros IV zeigten, daß die Tiros-Bilder ein bedeutend besseres Hilfsmittel für das Erkennen vereister großer Meeresgebiete und deren Struktur sind als die herkömmlichen Methoden der Eisaufklärung mit Flugzeugen.

Mit Tiros IV begann auch ein weiteres Großprojekt, das unter der Bezeichnung „Mitarbeit am Tiros-Experiment“ alle Länder, die vom Tiros

überflogen werden, zu einer praktischen und wissenschaftlichen Zusammenarbeit vereinigt. Der Chef des US-Wetterbüros, F. W. Reichelderfer, hat alle meteorologischen Dienste der Erde eingeladen, am Satellitenprogramm mitzuarbeiten. Um die Methode der Wetterbeobachtung und Wettererforschung mit Satelliten erfolgversprechend weiterzuentwickeln, ist die Zusammenarbeit der Meteorologen in allen Ländern der Erde notwendig. Vielfach fehlt es noch an der Erfahrung, die photographierten Wolkentypen auch richtig zu interpretieren. Die Wolken erscheinen auf den Photos als mehr oder weniger helle Nebelflecke. Manche dieser Bilder zeigen eine deutliche Struktur; vor allem kann man lineare, frontale, zirkulare, spiralige und zellulare Formen unterscheiden. Diesen „Wolkenmustern“ entsprechen bestimmte meteorologische Situationen, wie sie in der Wetterkarte in Erscheinung treten. Große Wolkenspiralen sind z. B. mit tropischen Wirbelstürmen identisch, zirkulare Wolkenbänder treten in stationären Tiefdruckgebieten auf, lange Cirrus-„Schlangen“ entsprechen dem atmosphärischen Jetstream, zellulare bienenwabenähnliche Strukturen markieren instabile Luftschichten usw. Viele Wolkenphotos sind aber schwierig zu deuten, weil es vielfach noch an der Erfahrung fehlt. Zur Erleichterung der Interpretation der Satelliten-Wolkenbilder müssen deshalb in Zukunft Hilfsbeobachtungen und Photos dieser

Wolkenbilder gleichzeitig auch vom Boden aus durchgeführt werden. Ferner müssen diese Aufzeichnungen mit Hilfe von Flugzeugen, Radiosonden und Raketen mit näheren Einzelheiten ergänzt werden.

Schon neun Tage nach dem Funktionsausfall des Tiros IV begann am 19. Juni 1962 ein neuer meteorologischer Satellit, T i r o s V, die Erde zu umrunden. Zum Unterschied von seinen Vorläufern, die einen Gürtel zwischen 50 Grad nördlicher und 50 Grad südlicher Breite überstrichen hatten, zog Tiros V eine Bahn, die einen bedeutend breiteren Gürtel umfaßte. Die Fernsehkamera des Tiros V beobachtete die Erde und ihr Wetter zwischen 65 Grad nördlicher und 65 Grad südlicher Breite, das ist ein wesentlich vergrößerter Beobachtungsraum, der im Norden bis Alaska, Grönland und Sibirien, im Süden bis zur Grenze des Antarktischen Kontinents reicht. Diese ungeheure Ausweitung des Operationsraumes bis zu den polaren Meeren weist dem Wettersatelliten neue wichtige Aufgaben zu. Tiros V erreicht z. B. nun auch jene Zone im Norden unserer Hemisphäre, wo sich die für unser Wettergeschehen wichtigen Entstehungsorte der Tiefdruckgebiete befinden. Eine solche „wetterkritische“ Gegend ist der Ausgang der Davis-Straße, nordöstlich von Neufundland. Dort entstehen jene Zyklonen, die sich dann meist im isländisch-britischen Raum festsetzen und von dort her direkt

auf das Wetter in Europa Einfluß nehmen. Für das Wetter in Nordamerika spielt das bei den Aleuten sich bildende Tief eine ähnliche Rolle. Der Wetter-satellit kann an der eigentümlich spiraligen Krümmung der Wolken, an der sogenannten „Wirbelken-nung“, von oben her eine im Gang befindliche Tiefdruckbildung schon viel früher identifizieren, als dies mit konventionellen Methoden der Meteorologie möglich ist. Die Existenz einer Zyklone konnte bisher am sichersten im Druckfeld aus dem ge-schlossenen und angenähert ringförmigen Verlauf der Isobaren nachgewiesen werden. Dieses für Tiefdruckgebiete charakteristische Isobarenbild entsteht aber erst als Folge der zyklonalen Strö-mung in der Atmosphäre. Mit den Tiros-Photogra-phien läßt sich die Zyklone unmittelbar nach ihrer Formierung identifizieren, lange bevor sich das zugehörige Druckfeld aufgebaut hat.

Tiros V übte seine Tätigkeit auch während der Hurrikan-Saison 1962 aus, die erfahrungsgemäß ihren Höhepunkt im Spätsommer und Frühherbst hat. Mit Hilfe des Satelliten konnten 5 schwere tro-pische Wirbelstürme kurz nach ihrer Entstehung entdeckt werden. Die frühzeitige Erkennung dieser gefährlichen atmosphärischen Monstren ermög-lichte eine genaue Bestimmung ihrer Position und ihres Kurses frühzeitig genug, um den gefährdeten Ländern sofort nach Entdeckung der Stürme Alarmbotschaften übermitteln zu können. Inge-

samt wurden vom US-Wetterbüro 433 Tiros-Alarme an folgende Länder übermittelt: Argentinien, Australien, Brasilien, Chile, China, Großbritannien, Hongkong, Island, Japan, Malagasy, Mauritius, Mexiko, Neu Seeland, Nikaragua, Nigeria, den Philippinen, Senegal, Südafrika, Surinam, Uruguay, Venezuela, Kenya, Uganda und Tanganyika.

Um einen Ausfall der Weltwetterbeobachtungen zu vermeiden, wurde Tiros VI noch während der Funktionszeit seines Vorgängers, nämlich am 18. September 1962, in Umlauf gebracht. Damit wurde er um zwei Monate früher als vorgesehen in Betrieb gesetzt. Tiros VI setzte zusammen mit Tiros V die Überwachung der Hurrikane im Atlantik und der Taifune im Pazifik fort. Er half auch mit bei der Vorbereitung und Durchführung der bemannten Erdumkreisung des Astronauten Walter Schirra, die am 28. September stattfand: Tiros VI kontrollierte das Wetter vor und nach dem Start des Astronauten im gesamten Operationsgebiet der Mercury-Kapsel.

Künftige meteorologische Satelliten werden neben der schon zur Routine gewordenen Weltwetterüberwachung auch noch eine Reihe anderer Spezialaufgaben durchzuführen haben. So werden die Satelliten neben den Kameras für Wolkenphotographien auch spezielle Infrarotkameras mitführen, die z. B. beginnende Waldbrände selbst durch vorhandene Wolkendecken hindurch aufspü-

ren können. Man verspricht sich vom Einbau dieser Instrumente eine wesentliche Verbesserung der Waldbrandbekämpfung. Allein die USA erleiden alljährlich durch ausgedehnte Feuer in ihren großen Waldgebieten einen Schaden von rund 300 Millionen Dollar; für die Bekämpfung dieser Brände, die während der heißen Jahreszeit häufig durch Blitzschlag oder Selbstentzündung entstehen, müssen jährlich mindestens 150 Millionen Dollar aufgebracht werden. Die Infrarotkamera des Wettersatelliten könnte solche Schadenfeuer schon in ihren ersten Anfängen feststellen. Auf diese Weise wäre es möglich, den Brandherd rascher einzudämmen.

Ferner planen die Tiros-Konstrukteure weitere Modelle mit Kameras, die massenhaft auftretende Schädlinge, z. B. Heuschreckenschwärme, ausmachen können. Eine solche Verwendung der Wettersatelliten wäre vor allem für Asien und Afrika wichtig, Länder, die jedes Jahr von dieser Plage heimgesucht werden. Ebenso wie bei der Waldbrandbekämpfung sollen die Beobachtungen sofort an die entsprechenden Stellen mittels Alarm-Bulletins weitergegeben werden, so daß unverzüglich Vorbereitungen für die Bekämpfung der Schädlinge getroffen werden können.

2. Die Nimbus-Familie.

Die großen Erfolge mit Wettersatelliten vom Typ Tiros, die seit drei Jahren fast täglich mehr als

hundert Bilder von der Erdoberfläche und ihrer Wolkenhülle liefern, waren Gegenstand von Beratungen bei der letzten Generalversammlung der UN. Das Ergebnis dieser UN-Debatte über das erfolgreiche Tiros-Experiment gipfelte in dem einstimmig gefaßten Beschluß, alle zur Verfügung stehenden Mittel einzusetzen, um den Stand unseres Wissens zu erhöhen und größere Kenntnisse über die grundlegenden physikalischen Kräfte zu erhalten, die unser Wetter beeinflussen. Mit der Verwendung verbesserter Satelliten könnte man diesem Ziel näherkommen. Für das Jahr 1963 ist daher die Verwendung neuer Satelliten mit der Bezeichnung „Nimbus“ geplant. Die Bahn der Nimbus-Satelliten wird über die Pole führen, die Fernsehkamera ist „erdstabilisiert“, und das Beobachtungsintervall wird von jetzt 24 Stunden auf sechs Stunden verkürzt werden. Die Leistungssteigerungen, die durch diese Verbesserungen erreicht werden sind beträchtlich. Der jetzige Tiros-Satellit kann wegen seiner verhältnismäßig flachen Bahn lediglich einen Gürtel zwischen 50° nördlicher und 50° südlicher Breite überstreichen. Der Polarsatellit Nimbus wird auch die polaren Gebiete in sein Beobachtungsprogramm miteinbeziehen können. Die Kamera des Tiros ist raumstabilisiert, sie ist deshalb nur in einem Punkt lotrecht zur Erde gerichtet. An der Gegenseite der Umlaufbahn blickt sie sogar von der Erde weg und in den Raum hinaus.

Von jedem Tiros-Umlauf kann daher nur $\frac{1}{5}$ verwendet werden. Schließt die optische Achse des Fernsehobjektives einen zu großen Winkel mit der Lotrechten ein, dann werden die Bilder verzerrt und unbrauchbar. Ein eigenes Stabilisierungssystem wird die Nimbus-Kamera „erdstabil“ halten, so daß die gesamte Kreisbahn ausgenützt werden kann. Die Verkürzung des Beobachtungsintervalls auf sechs Stunden wird durch den Einsatz zweier Nimbus-Satelliten, die gleichzeitig die Erde umrunden, erreicht werden. Dadurch können dann auch weniger konservative Wettersysteme, wie Gewitterherde, Tornados usw. in ihrer Entwicklung verfolgt werden. Tiros konnte sie zwar aufdecken, aber nicht mehr weiter verfolgen, weil er erst nach 24 Stunden wieder dasselbe Gebiet überflog. Die Television-Kameras der Nimbus-Satelliten werden im Vergleich zum Tiros ein wesentlich erweitertes Gesichtsfeld und dabei ein höheres Auflösungsvermögen besitzen. Der untere Teil des Nimbus wird für verschiedene Instrumentensätze auswechselbar sein. Man kann das eine Mitglied der Nimbus-Familie mit einem Fernseh-Satz ausrüsten, das nächste mit Strahlungsmeßgeräten und das dritte mit einem Wetterradar zur Bestimmung der Niederschlagsfähigkeit der entdeckten Wolkenschichten.

Mit Hilfe der die Erde umrundenden meteorologischen Satelliten haben die Meteorologen eine

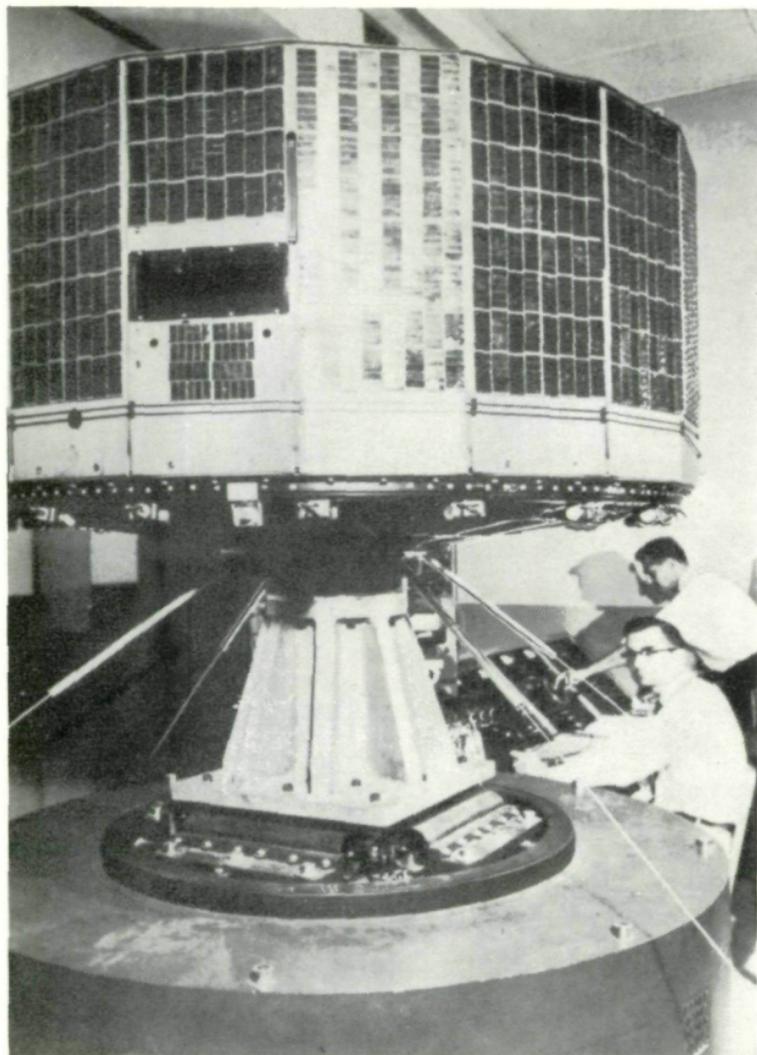


Abb. 1: Tiros-Wettersatellit am Prüfstand.

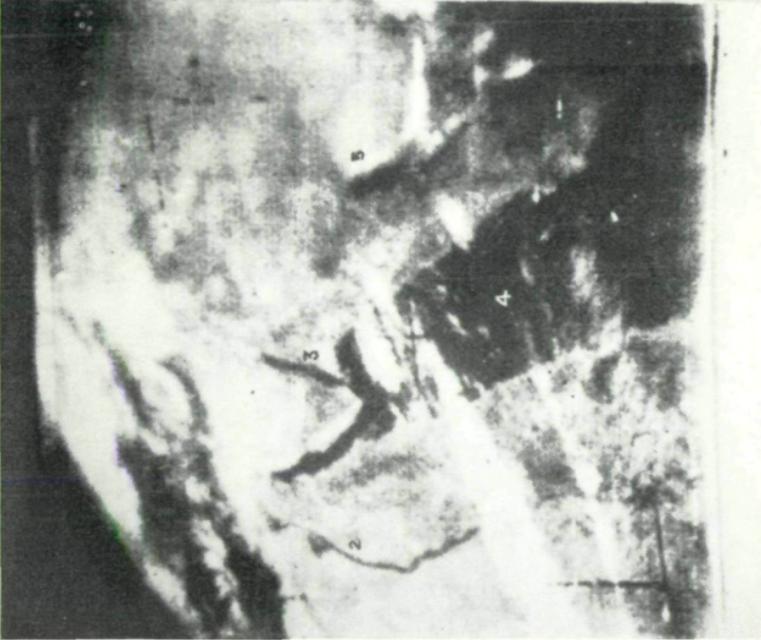


Abb. 2: Blick auf das Rote Meer (4) mit der Halbinsel Sinai (3), auf Ägypten mit dem Nilfluß (2) und Arabien (5) aus 700 km Höhe.

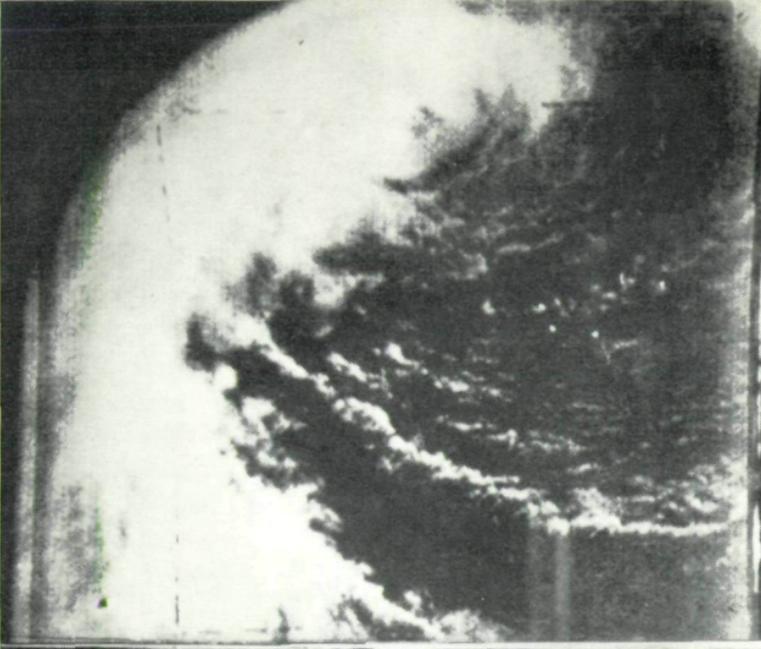


Abb. 3: Aufnahme eines Hurrikans; man beachte das in eine Riesenspirale zusammelaufende Sturmgewölk mit dem „Auge“ des Sturmes.

globale Plattform erhalten, von der sie die Erdatmosphäre beobachten können. Wenn diese neuen Satelliten-Beobachtungen mit den konventionellen Meßdaten kombiniert werden, bilden sie zusammen ein meteorologisches Beobachtungssystem, das dem sehr schwierigen Problem der Beobachtung weltweiter Wettervorgänge gewachsen ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [103](#)

Autor(en)/Author(s): Kletter Leopold

Artikel/Article: [Meteorologische Satelliten erforschen das Weltwetter. 1-17](#)