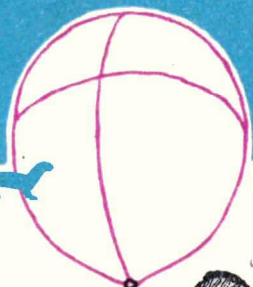




HANS KLEFFE



Vorstoß ins
Unbekannte



BAND 18

HANS KLEFFE

Vorstoß ins Unbekannte

Ein Bericht
über das III. Internationale
Geophysikalische Jahr

DER KINDERBUCHVERLAG
BERLIN

Illustrationen: Werner Ruhner

Alle Rechte vorbehalten

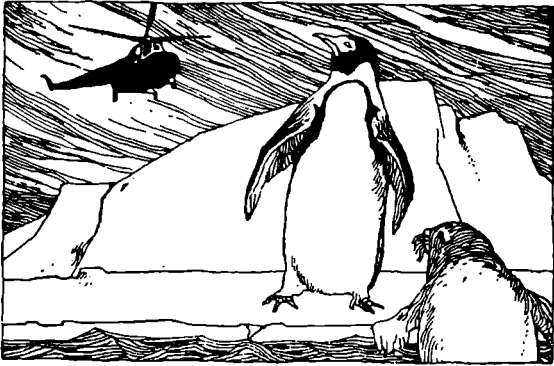
Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr. 304-270/205/63-(20-VII B)

Karte genehmigt durch MdI der DDR, Nr. 5366/1

Gesamtherstellung: Karl-Marx-Werk Pößneck V 15/30 · 2. Auflage
ES 9 F

Für Leser von 12 Jahren an



I. KAPITEL

Sturm auf den Eiskeller der Erde

An Bord der „Ob“, 5. Januar 1956. Keiner findet in dieser Nacht Schlaf. Nach 35tägiger Fahrt über 10 500 Seemeilen ist das Schiff nun dicht vor dem Ziel. Jeder, dem es möglich ist, hält sich an Deck auf, um als erster die Küste des fernen Ziels Antarktika am Horizont zu entdecken.

Antarktika ist der sechste Erdteil unseres Planeten. Hier wird am 1. Juli 1957, dem Tag, an dem das III. Internationale Geophysikalische Jahr beginnt, ein großes Forschungs-

programm anlaufen, das die noch unge lösten Rätsel des geheimnisvollen Eiskontinents lösen soll. Viele Länder der Erde werden bei dieser friedlichen Offensive der Wissenschaft miteinander wetteifern. Die Sowjetunion entsendet bereits jetzt den ersten Vortrupp, der bis zum 1. Juli 1957 mehrere arbeitsbereite Forschungsstationen einrichten soll.

Die Nacht ist nicht dunkel, denn im Januar herrscht hier im Südpolargebiet der Polarsommer: Es wird fast ein halbes Jahr lang nicht dunkel und um Mitternacht nur dämmerig. Hier ist der Januar die hellste Jahreszeit. Kaum, daß die Sonne hinter dem Horizont versunken ist, geht sie schon wieder auf.

Seit Tagen bietet sich den Forschern an Bord der „Ob“ dasselbe Bild: Ein düster graues Meer, aus dem sich die Silhouetten wuchtiger Eisberge herausheben. Aber nun müßte man unmittelbar vor der Küste Antarktikas sein.

Nach 3.30 Uhr morgens verdichtet sich der Dunst zu dickem Nebel. Die „Ob“ geht auf kleine Fahrt. Ein Zusammenstoß mit einem Eisberg wäre selbst für dieses stabile Schiff gefährlich.

Aufmerksam betrachtet der Kommandant

den Bildschirm des Radargerätes. Wenn das menschliche Auge keine 3 m weit durch den dichten Nebel sehen kann, blickt das „Radarauge“ noch kilometerweit und macht alle Eisberge auf dem Bildschirm sichtbar.

Jetzt zeigt das Radarbild mächtige Anhäufungen der schwimmenden Kolosse. Der Kommandant gibt Befehl, die „Ob“ mit gedrosselten Motoren treiben zu lassen. Stunde um Stunde verrinnt, während der wachhabende Steuermann jede Bewegung der Eisberge auf dem Radarschirm aufmerksam verfolgt.

Plötzlich reißt der dichte Nebel auf, und zum erstenmal nach zehn Tagen strahlt die Sonne wieder zwischen weißen Wolken vom Himmel. Ein prächtiger Anblick: Dutzende von Eisbergen stehen wie Wächter vor der Küste, als wollten sie den Zugang zu diesem größtenteils noch immer unerforschten Kontinent versperren. Steuerbord sieht man die weit ins Meer vorstoßende Zunge des Helen-Gletschers, eines ehemals geschlossenen Eisblocks, der in mehrere hundert gigantische Eisberge zerfallen ist. Backbord erblickt man das Ziel der weiten Reise: Ein langer weißer Streifen, der sich ostwärts am Horizont verliert, die Eisküste Antarktikas! Man nennt

dieses Gebiet hier nach dem britischen Südpolarforscher, der es entdeckte, Shackleton-Schelfeis. Unter Schelfeis versteht man den der eigentlichen Landküste vorgelagerten Eisstreifen.

Die „Ob“ nimmt Kurs auf eine Bucht. Sie muß durch ein Treibeisfeld gelangen, das aus unzähligen einzelnen Eisschollen besteht. Diese Schollen sind keine Eisberge, sondern nur flache, etwa 0,5 m tiefe, mit Schnee bedeckte schwimmende Eisfladen. Besonders große Exemplare haben bis zu 200 m Durchmesser. Trotzdem können sie der „Ob“ nicht gefährlich werden, und der Schiffsbug pflügt sich zwischen den schwimmenden Schollen einen Weg in die Bucht. Einzelne Schollen zerbersten beim Anprall, kleinere überschlagen sich gar, die großen werden beiseite geschoben. Schließlich erreicht das Schiff eine eisfreie Wasserstelle, eine sogenannte Wake. Vor der „Ob“ liegt nun das Randeis der Bucht. Es ist nicht sehr dick, so daß sich das Schiff hineinsägen kann. Mehrere Male nimmt es Anlauf und dringt dabei jedesmal etwa 25 m tiefer ein.

Man will möglichst dicht an das eigentliche Festland oder zumindest bis an eine recht feste Eisdecke heran. Hier sollen dann die

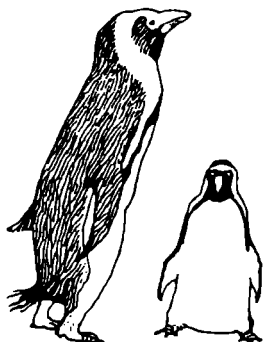
Ausrüstungen für die zu errichtenden Forschungsstationen ausgeladen und später weiter landeinwärts transportiert werden.

Der Landeplatz schwimmt davon

Die ersten Bewohner Antarktikas werden gesichtet. Es sind keine Menschen, denn Antarktika ist der einzige Erdteil, der – abgesehen vom vorübergehenden Aufenthalt der Polarforscher – von Menschen unbewohnt ist. Selbst an den wenigen Küstenstellen, die im Sommer eisfrei werden, findet man keine menschlichen Bewohner.

Aber Robben und Pinguine leben hier. Zwei Robben sonnen sich unweit der „Ob“ auf einer Eisscholle. Sie nehmen keine Notiz von dem Schiff, obwohl sie höchstwahrscheinlich noch nie einen solchen stählernen Koloß gesehen haben.

Dafür sind die Pinguine um so neugieriger. Ganze Scharen dieser possierlichen Vögel kommen vom Gletscher herunter auf das Randeis. Dabei bewegen sie sich auf sehr merkwürdige Weise fort: Sie legen sich mit dem Bauch auf die glatte Schneefläche und stoßen sich mit den Beinen ab. Wie lebende



Schlitten rutschen sie so den Gletscher hinunter, um sich vor dem Schiff zu postieren und aufmerksam alles zu verfolgen, was sich hier tut. Die „Ob“ sägt noch zwei Stunden lang einen immer länger werdenden Kanal in das Randeis, dann läßt sie sich im Eis einfrieren. Einige Forscher gehen von Bord, um auf Schneeschuhen einen ersten Erkundungsmarsch ins Innere des Eislandes zu wagen.

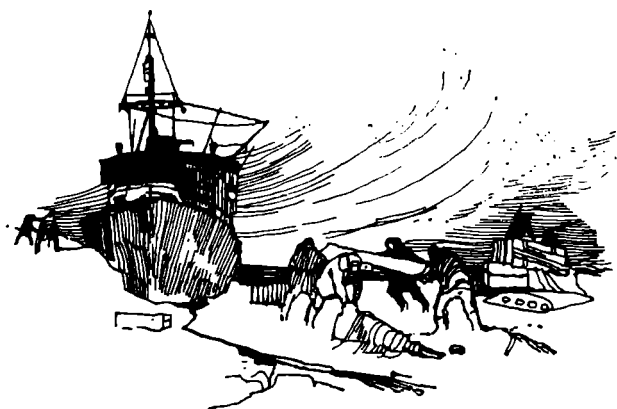
In der darauffolgenden Nacht werden schwere Kisten von Bord auf das Eis entladen. Sie enthalten zwei Flugzeuge, die zerlegt worden waren und nun schnell zusammengesetzt werden sollen. Sie werden dann aus der Luft erkunden, ob und wo sich

ein günstiger Platz für die Errichtung des großen Forschungsstützpunktes befindet.

Doch als der neue Morgen anbricht, hat sich das strahlend schöne Wetter, mit dem Antarktika seine Besucher empfing, jäh gewandelt. Dunkelgraue Haufenwolken verhängen den Himmel, mit jeder Minute nimmt der Sturm zu und erreicht bald Windstärke 10. Wenn die Böen heraufziehen, erzittert die „Ob“, als würde sie mit großen Eisschollen zusammenstoßen.

Dichtes Schneetreiben setzt ein. Bald kann man nur noch 8 m weit sehen. Alles andere liegt hinter einem undurchdringlichen weißen Vorhang wirbelnder Flocken. Verbissen versuchen die Flugzeugmechaniker ihre Arbeit dennoch fortzusetzen, um wenigstens eines der beiden Flugzeuge zusammenzubauen.

Die Windstärke ist auf 11 gestiegen. Der Sturm drückt das Schiff mit der Backbordseite gegen das Randeis, das unter diesem Druck zu bersten beginnt und sich in Schollen auflöst, die ins Meer abtreiben. Der ganze Entladeplatz löst sich in kleine schwimmende Eisinseln auf. Man muß befürchten, daß auch die Kisten mit den Flugzeugteilen auf den Schollen davontreiben. Jetzt heißt es:



Nicht ausladen und zusammenbauen, sondern schnell wieder einpacken und die Kisten in Sicherheit bringen!

Der Sturm wird zum Orkan. Mit 110 km/h Geschwindigkeit rasen die tobenden Luftmassen heran. Die Männer, die die Kisten wieder an Bord bringen, schweben ständig in Lebensgefahr. Werden sie bei diesem Unwetter mit einer Scholle ins Ungewisse davontreiben? Um ein Haar, und die Kiste mit den Tragflächen der IL-12 wäre auf einer Scholle hinaus aufs Meer geschwommen. Aber die Männer kämpfen tapfer gegen die Gewalten der Natur und tragen nach stundenlangen Strapazen schließlich doch den Sieg davon.

Wo das Benzin einfriert

Antarktika zeigt sein wahres Gesicht. Verständlich, daß es der einzige unbewohnte Kontinent der Erde ist! In Grönland, auf Feuerland, im Gluthauch der Sahara können Menschen leben, wenn sie sich an das Klima gewöhnt haben, aber in Antarktika nicht. Dieser mächtige Eiskeller der Erde, der mit über 13 000 000 km² weit größer als ganz Europa ist, hat das rauheste Klima, das man auf unserem Planeten findet. Manchmal können Flugzeuge auf Antarktis-Stationen nicht landen, weil selbst das Flugzeugbenzin zu kleinen Kristallen gefriert.

Als bisher tiefste Temperatur wurden $-87,4$ Grad gemessen. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt etwa -30 Grad. Aber nicht die Kälte allein macht die Antarktis so unwirtlich. Es kommen noch die eisigen Stürme hinzu. An 262 Tagen des Jahres toben Stürme und an weiteren 23 Tagen Orkane. Im Adélie-Land hat der Wind das ganze Jahr hindurch die Stärke von Stürmen oder Orkanen. Sehr oft sind es Schneestürme, die mit 50 m/s Geschwindigkeit (= 180 km/h) über die Eiswüsten peitschen. Der erfahrene sowjetische Polarforscher

Dr. Michail M. Somow, der auch die große sowjetische Antarktisexpedition leitete, sagte einmal: Das, was man in der Antarktis zuerst und am meisten verwünschen lernt, ist der Schnee! Immer und immer wieder muß man zur Schaufel greifen, um Fahrzeuge, Zelte und Hütten freizugraben, die vom Schnee verweht worden sind.

Eine beispiellose Aktion

Trotz alledem war die unwirtliche, ja lebensfeindliche Antarktis in den vergangenen Jahren das Ziel zahlreicher Expeditionen. Hunderte von Wissenschaftlern und technischen Hilfskräften hielten sich vorübergehend in Antarktika auf und führten einen harten Kampf gegen das Klima. Mit einem Großeinsatz aller Hilfsmittel der modernen Technik rollte ein wissenschaftlicher Sturmangriff auf die Eisfestung Antarktika ab, der in der ganzen bisherigen Geschichte der Polarforschung einzigartig dasteht.

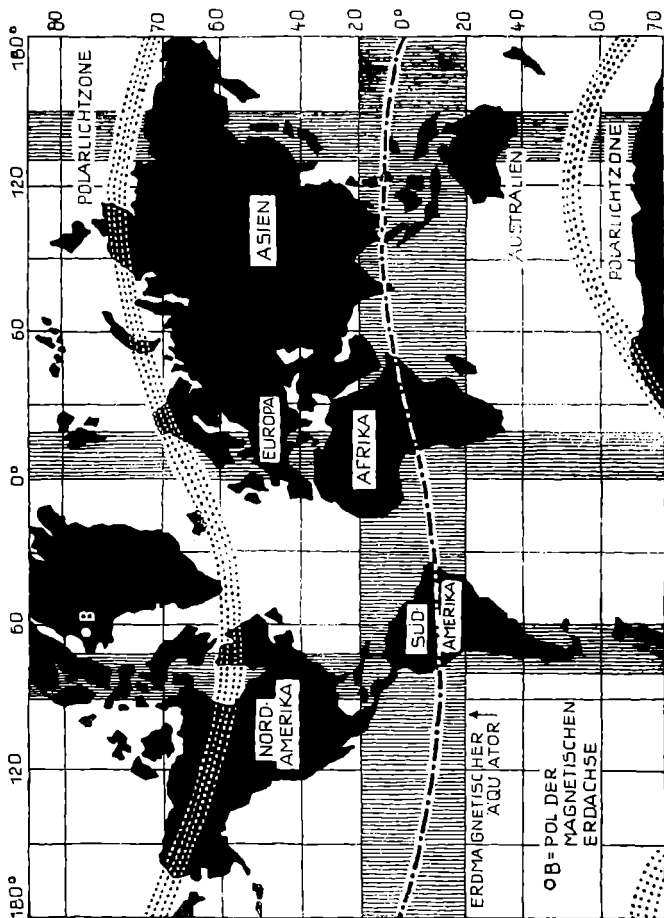
Nach der „Ob“ trafen noch das sowjetische Expeditionsschiff „Lena“ sowie ein Kühlschiff ein, das Lebensmittelvorräte für mehrere Jahre an Bord hatte. Die sowjetische Expe-

dition errichtete an einem Fleckchen Erde, das im Polarsommer eisfrei ist, ihren Hauptstützpunkt Mirny. Er ist benannt nach einem der beiden Schiffe, mit denen 1820 zum erstenmal Menschen die Küste Antarktikas erreichten. Es war eine russische Expedition unter Leitung von F. F. Bellingshausen und M. P. Lazarew.

Der Stützpunkt Mirny ist eine kleine Barackenstadt an der Küste. Eingerichtet wie eine richtige Stadt, besitzt sie sogar ein eigenes Kraftwerk, vor allem freilich viele wissenschaftliche Laboratorien. Von hier aus drangen Trupps weiter ins Innere Antarktikas vor und errichteten dort Forschungsstationen.

Außer der Sowjetunion entsandten zehn weitere Staaten – die USA, Großbritannien, Frankreich, Neuseeland, Norwegen, Japan, Argentinien, Australien, Chile und die Südafrikanische Union – Antarktis-Expeditionen. Insgesamt 33 Forschungsstationen wurden errichtet, eine davon direkt am Südpol. Flugzeuge brachten die Wissenschaftler und sämtliches Material auf dem Luftwege zum Pol und hielten ohne Landverbindung die Nachschubversorgung aufrecht.

Der Sturmangriff auf den Eiskeller der Erde



In den schraffierten Zonen arbeiteten besonders viele Forschungsstationen

war nur ein Teil der großen wissenschaftlichen Aktion, die III. Internationales Geophysikalisches Jahr 1957/58 genannt wurde. Über 10 000 Gelehrte und noch viel mehr wissenschaftlich-technische Hilfskräfte aus 64 Staaten arbeiteten an der Erfüllung eines Forschungsprogramms, das in der bisherigen Geschichte der Wissenschaft beispiellos dasteht.

Das III. Internationale Geophysikalische Jahr sollte ursprünglich vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 dauern. Es wurde aber auf vielen Fachgebieten der Wissenschaft noch bis Ende 1959 fortgesetzt.

Auch unsere Deutsche Demokratische Republik leistete zum Internationalen Geophysikalischen Jahr – kurz IGJ genannt – wichtige Beiträge. Von 65 Stationen unserer Republik wurden laufend wissenschaftliche Messungen für das Programm des IGJ durch geführt. Wissenschaftler der DDR beteiligten sich an Forschungsfahrten des in der DDR gebauten sowjetischen Schiffes „Michail Lomonossow“ und an großen gletscherkundlichen Expeditionen im Gebiet der Sowjetunion.

Es ist nun an der Zeit, zu erklären, was man unter Geophysik zu verstehen hat. Geo-

physik ist die zusammenfassende Bezeichnung aller Naturwissenschaften, die sich mit der physikalischen Beschaffenheit der Erde und mit den Wechselwirkungen zwischen Sonne, Weltraum und Erde beschäftigen. Zu den geophysikalischen Wissenschaften zählen die Geographie, vor allem die Erforschung heute noch unbekannter Gebiete der Erde, ferner die Gletscherkunde (Glaziologie), die Erdbebenforschung (Seismologie), die Meereskunde (Ozeanographie), die Geodäsie (Wissenschaft von der Form und Größe der Erde sowie von der Bestimmung der geographischen Längen- und Breitengrade), die Gravimetrie (Messung der Schwerkraft der Erde), die Meteorologie (Wetter- und Klimakunde), die Erforschung der hohen Schichten der Erdatmosphäre (Aeronomie), die Wissenschaft von den kosmischen Strahlen, die Erforschung des Erdmagnetismus und noch andere Spezialgebiete. Mittelbar muß man auch die Sonnenphysik den geophysikalischen Wissenschaften zurechnen, weil viele Vorgänge in der Lufthülle und an der Oberfläche der Erde von der Sonne ausgelöst oder zumindest entscheidend beeinflußt werden. Wandern die Kontinente der Erde? Wird es auf der Erde wärmer? Kann man aus Vor-

gängen auf der Sonne für längere Zeit die Witterung auf der Erde voraussagen? Bis in welche Höhen reicht die Lufthülle (= Atmosphäre) der Erde? Woraus besteht die Atmosphäre in großen Höhen? Wie ändert sich der Erdmagnetismus? Wie stark ist die kosmische Strahlung im Weltraum? Um wieviel ändert sich die Lage der Umdrehungsachse der Erde? Wie stark ist die Erde an den Polen abgeplattet? Dies sind nur einige wenige von den Forschungsproblemen des IGJ.

Die Wissenschaftler nahmen unzählige Messungen vor, die aber erst das Rohmaterial bilden und nun gesammelt und zusammengefaßt werden. Diese Auswertung wird noch viele Jahre dauern. Erst dann kann man auf die gestellten Fragen antworten. Aber einzelne Ergebnisse des IGJ sind schon jetzt bekannt. Sie werden zum Teil in diesem Buche beschrieben.

Künstliche Eisbeben

Besonderes Interesse galt im IGJ der Antarktis, denn hier sind einige besonders wichtige Naturvorgänge zu beobachten, deren Erfor-

schung den Wissenschaftlern den Schlüssel zur Lösung grundlegender Probleme der Geophysik in die Hand gibt. Die Rätsel der Antarktis beginnen schon bei der Frage, wie groß denn eigentlich das unter dem Eis begrabene Festland Antarktika ist und welche Form es hat.

Eisfreie Länder kann man heute sehr bequem und schnell von Flugzeugen aus vermessen. Die Fotos zeigen den Küstenverlauf, Flüsse, Seen, Gebirge und Gebirgszüge sowie alle Einzelheiten der Landschaft. Aber in der Antarktis sind aus der Luft nur die Größe und Form des mächtigen Eispanzers, der das antarktische Festland bedeckt, zu vermessen, nicht aber das Land selbst. Um das unter dem Eis begrabene Festland zu erforschen, muß man an möglichst vielen Punkten der Eisdecke die Dicke der Eisschicht messen. Dies geschieht, indem man die Eisdecke durch kleine Sprengladungen erschütterte. Die Erschütterungswellen ähneln denen eines Erdbebens. Mit besonderen Apparaten werden sie genau aufgezeichnet. Daraus kann man dann errechnen, wieviel Meter unter dem Eis der feste Boden beginnt.

Liegt der Boden tiefer als der Meeresspiegel, so ist der Boden unter dem Eis freilich gar

kein Land, sondern Meeresboden. Denn gäbe es den Eispanzer nicht, so befände sich hier kein Festland, sondern ein Meer. Es hat sich im IGJ herausgestellt, daß an vielen Stellen der Antarktis gar kein Festland, sondern nur Meeresbuchten und große Binnenseen unter dem Eis begraben liegen. Der sechste Kontinent der Erde ist also nicht, wie noch bis vor wenigen Jahren angenommen, ein mehr oder weniger geschlossener Festlandblock, sondern eine reichgegliederte „Landschaft“ mit Meeresbuchten, Gebirgen, Tälern und Seen. Nur sieht man von alledem nichts, weil das ganze Land unter einer kilometerdicken Eisdecke liegt.

Das IGJ brachte viele neue und überraschende Erkenntnisse über die Beschaffenheit des Festlandes unter dem Eis. Die Küste des Festlandes beginnt viel weiter südlich, also weiter zum Pol hin, als die Küste des Eises. Messungen zwischen Mirny und der 375 km südlicher gelegenen Station Pionerskaja ergaben, daß der feste Boden auf dieser Strecke im Durchschnitt 40 m und stellenweise sogar 420 m unter dem Meeresspiegel liegt. Auch das Marie-Byrd-Land, in dem Forscher der Vereinigten Staaten von Amerika tätig waren, liegt im Durchschnitt 1500 m

unter dem Meeresspiegel. Das Land unter dem geographischen Südpol befindet sich in einem etwa 80 km breiten Tal, das von zwei Gebirgszügen eingeschlossen ist, die über 2000 m Höhe aufweisen. Allerdings ist weder von den beiden Gebirgszügen noch von dem Tal etwas zu bemerken, denn der Eispanzer ebnet sozusagen alle Unterschiede ein. Auf dem Tal lastet eine 2500 m, auf den Bergketten eine 500 m dicke Eisschicht.

Andererseits wurde von dem Meeresgraben, den man bisher zwischen der Wedell- und der Ross-See unter dem Eis vermutete, nichts gefunden. Als der britische Forscher Dr. Vivian Fuchs auf dieser Strecke die Antarktis durchquerte, ergaben seine Messungen, daß sich unter dem Eis kein Meeresboden, sondern richtiges Festland befindet. Dennoch sind in dieses Land zahlreiche Seen eingebettet. Im ganzen ist der antarktische Eispanzer nach neueren Messungen größtenteils 2500, an vielen Stellen sogar 3500 m dick. Die größte bisher gemessene Eisdicke betrug 4260 m.

Die Erforschung des Eislandes setzte die Wissenschaftler größten Strapazen aus, denn das Vordringen auf dem Eis gleicht in mancher Hinsicht einem Feldzug gegen Natur-

gewalten. An vielen Stellen ist ein Weiterkommen nur mit Hilfe von Luftaufklärung möglich. Das Inlandeis der Antarktis sieht ja nicht so aus wie ein Eislaufplatz mit einer schönen glatten Fläche, sondern ist von tiefen Rissen und Spalten durchzogen.

Andere weite Gebiete sind mit Eishöckern übersät oder von lockerem Pulverschnee bedeckt.

Oftmals kamen die sowjetischen Expeditionen mit ihren Raupenfahrzeugen nur weiter, wenn Flugzeuge aus der Luft einigermaßen passierbare Wege ausfindig machten. Flugzeuge warfen für die Expeditionen, die sich auf dem Eis vorwärtskämpften, Proviant sowie Treibstoff für die Fahrzeuge an Fallschirmen ab.

Große Schwierigkeiten hatte auch die britische Expedition unter Leitung von Dr. Fuchs zu überwinden. Riesige Eisfelder waren – soweit das Auge blicken konnte – mit unzähligen Eishöckern bedeckt. Die Fahrzeuge konnten nicht mehr in Gruppen fahren, sondern jedes mußte sich einzeln seinen Weg durch das Labyrinth der Eishöcker suchen. Es wurden weite Umwege gemacht. Und doch mußte man dann manchmal feststellen, daß ein Weiterkommen unmöglich war. So ging

es wieder zurück. Eine neue Fährte wurde gesucht.

Die Expedition von Dr. Fuchs hatte keine Flugzeuge zur Unterstützung. Oftmals standen die Fahrzeuge plötzlich vor steilen Abhängen, und es kostete den Forschern viel Schweiß und Nervenkraft, die Fahrzeuge einigermaßen wohlbehalten über die steilen Eishänge zu manövrieren. An manchen Tagen kam man nur 800 m weiter, an günstigen Tagen 50 km.

Besonders gefährlich waren die tiefen Gletscherspalten. Vom Schnee zugeweht, sah man sie nicht. Wo Verdacht auf Gletscherspalten bestand, wurde der Weg vorher Meter für Meter abgetastet. Dazu steckte man ein 1,8 m langes Aluminiumrohr in den Schnee. Traf es auf festen Widerstand, so war die Stelle passierbar, traf das Rohr aber in 1,8 m Tiefe noch auf keinen Widerstand, so konnte man mit den 2000 bis 3000 kg schweren Raupenfahrzeugen und den noch schwereren beladenen Transportschlitten nicht darüberfahren.

Doch selbst diese Vorsichtsmaßnahme schützte die Expedition nicht immer vor unangenehmen Überraschungen. Einmal passierte es Dr. Fuchs, daß unter ohrenbetäubenden

dem Krachen links und rechts vom Fahrzeug der Boden plötzlich in 20 m Tiefe abstürzte. Die Motoren der schweren Fahrzeuge hatten eine Schneebrücke, die über eine breite Eispalte führte, so erschüttert, daß sie zum größten Teil einstürzte. Nur das Mittelstück der Brücke blieb stehen. Zum Glück befand sich das Fahrzeug gerade an dieser Stelle.



2. KAPITEL

Kann man die Antarktis auftauen?

Ein reiches Betätigungsfeld bietet die Antarktis den Glaziologen (Gletscherforschern). Rund 88 Prozent der gesamten auf der Erde von Gletschern bedeckten Flächen entfallen auf die Antarktis! Das Eisplateau des Südpolargebietes ist mit 13000000 km² etwa siebenmal größer als alle Gletscher des nördlichen Polargebietes zusammen. Die antarktische Eiskappe hat die Form eines gewaltigen flachgewölbten Schildes, dessen Scheitelpunkt rund 4000 m über den Meeresspiegel ragt. Dieser „Gipfel“ des Eisbuckels

liegt aber nicht genau am geographischen Südpol, sondern nordöstlich davon auf etwa 80 Grad südlicher Breite.

Die Eismassen befinden sich nur scheinbar in Ruhe, in Wirklichkeit sind sie in dauernder langsamer Bewegung. Sie schieben sich vom Scheitelpunkt aus nach allen Seiten zur Küste vor. Das Eis dringt dann bis über die Festlandküsten hinaus und stockt sich auf den Meeresboden des Schelfs auf. Als Schelf bezeichnet man denjenigen Gürtel des Meeresbodens, der sich unmittelbar an die Küste anschließt und in sanftem Abfall noch keine großen Tiefen – im allgemeinen bis zu 200 m – erreicht. Auf dem Schelfgürtel lagern sich die vom Inland her vorgetriebenen Eismassen ab und bilden die Schelfeisküste. Hier bricht das Eis in 20 bis 40 m hohen steilen Hängen jäh zum offenen Meer hin ab. Sowjetische Glaziologen erforschten den Aufbau, die Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung des antarktischen Eises.

Auf dem eigentlichen Eispanzer liegt noch eine Schneedecke, die an vielen Stellen über 100 m dick ist und in ihrem unteren Bereich in eine Schicht übergeht, die ein Mittelding zwischen Schnee und Eis darstellt. Diese Schicht ist etwa 850 Jahre alt. Die Geschwindigkeit,

mit der sich das Eis vom Zentrum des Kontinents zur Küste bewegt, ist im Innern des Eislandes viel geringer als an der Küste. In unmittelbarer Küstennähe wandert das Eis monatlich etwa 20 m zum Ozean weiter, aber bereits 10 km landeinwärts beträgt die Geschwindigkeit nur noch 7 m je Monat, und 200 km von der Küste entfernt arbeiten sich die Eismassen nur etwa 1,5 m im Monat voran. Rund 8000 Jahre dauert es, bis das Eis aus diesem Gebiet an der Küste anlangt.

Wird es auf der Erde wärmer?

Man bezeichnet den sechsten Erdteil mit Recht als eine Eiswüste. Nur höchstens 4 Prozent Antarktikas sind im Sommer eisfrei. Das sind einige Küstenstellen und die höchsten Berggipfel im Innern des Eiskontinents, denn dort gibt es Gebirgsketten, die 4500 bis 4700 m Höhe über dem Meeresspiegel erreichen. Im Marie-Byrd-Land wurde während des IGJ sogar ein Berggipfel von 6100 m Höhe entdeckt. Wie Riffe ragen diese Gipfel aus dem Eisozean.

Dennoch hat das antarktische Eis heute nicht mehr seine volle Ausdehnung. Ursprünglich

war der Eispanzer noch größer und dicker. Vermutlich ist das Antarktiseis schon seit Jahrtausenden im Rückgang. Dies läßt eine Frage zu, die die Meteorologie seit Jahrzehnten beschäftigt: Wird es auf der Erde allmählich wärmer?

Unsere Großeltern erzählen, früher seien die Winter viel kälter und schneereicher gewesen als heute. Aber auf solche Angaben kann sich die Wissenschaft nicht verlassen. Die schneereichen kalten Winter sind unseren Großeltern wahrscheinlich besser im Gedächtnis geblieben, weil sie Not und Unbehagen mit sich brachten. Die milden und schneearmen Winter haben unsere Großeltern dagegen leichter vergessen. Temperaturmessungen früherer Jahrzehnte besagen jedenfalls, daß es im Durchschnitt ebensoviel milde Winter gab wie heute.

Aber auch die meteorologischen Statistiken reichen nicht aus, um eine endgültige Lösung dieses Problems zu bringen. Der Zeitraum, aus dem genügend viele und zuverlässige Messungen der Temperatur vorliegen, ist eben zu kurz. Selbst wenn sich zwischen der Durchschnittstemperatur der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts und der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts eine kleine Diffe-

renz ergeben sollte, so beweist sie noch nicht, daß es auf der Erde ständig wärmer wird. Denn solche kleinen Schwankungen können noch die völlig normale Veränderlichkeit der Witterung zeigen.

Gletscher sagen aus

Es gibt jedoch einen sehr gewichtigen Anhaltspunkt für das Problem der Klimaveränderung, und das sind die Gletscher! Wenn die Größe der dauernd vom Eis bedeckten Flächen unseres Planeten merklich abnimmt, so deutet das tatsächlich auf eine allmähliche Erhöhung der Durchschnittstemperatur in den Polargebieten. In der Antarktis und auch im nördlichen Polargebiet ist ein deutlicher Rückgang der Gletscher festzustellen. Möglicherweise werden diese Beobachtungen dazu beitragen, endgültig das Rätsel zu lösen, warum es im Verlaufe der letzten erdgeschichtlichen Epoche auf der nördlichen Halbkugel mehrmals nacheinander Eiszeiten und Zwischeneiszeiten gab und ob wir vielleicht sogar wieder einer neuen Eiszeit entgegengehen.

Schon die Antarktis-Forscher Borchgrevink

(1864–1934), Scott (1868–1912) und Shackleton (1874–1922) stellten fest, daß das Ross-Schelfeis im Laufe von etwa 70 Jahren merklich abschmolz. Der Rand dieses Schelfeisgürtels wich in dieser Zeit etwa 60 km zurück. Vom Filchner-Schelfeis schmilzt in jedem Jahr ein Gürtel von durchschnittlich 3 km Breite ab. Das sogenannte Terminationsland erschien noch 1912 als ein schmaler, 110 km langer Eisvorsprung. 1931 war es gänzlich verschwunden. Auch die von Schelfeismassen gebildete Walfisch-Bucht wurde allmählich zu Wasser. 1955 war sie nicht mehr da.

Die nördlichen Gletscher der Erde werden ebenfalls kleiner. Im europäischen und asiatischen Teil der Arktis ist seit 1920 von einer insgesamt 1 000 000 km² großen Fläche die dauernde Eisdecke verschwunden. Die Häfen der hoch im Norden gelegenen Inselgruppe Spitzbergen waren 1915 nur an 50 Tagen im Jahr eisfrei, 1939 an 200 Tagen. Die Grenze, bis zu der das arktische Packeis vordringt, hat sich immer weiter nach Norden zurückgezogen.

Viel Eis geht dadurch verloren, daß sich gewaltige Eisblöcke von der Schelfeisküste ablösen und als Eisberge in den Ozean hinausschwimmen. In wärmeren Breiten schmelzen

sie dann allmählich. Auf diese Weise verliert die Antarktis jährlich schätzungsweise rund 600 km^3 Eis. Außerdem verfrachtet jeder Schneesturm bis zu 25 000 000 t Schnee über die antarktische Küste hinaus aufs Meer. Würde man diese Schneemenge auf Güterwagen verladen, so ergäbe das einen Zug, der einhalbmal um die Erde reicht.

Außerdem nagen in den Küstengebieten Winde, die außerordentlich trockene Luft mit sich führen, langsam immer mehr von der Eisfläche ab. Seit der Jahrhundertwende ist die Eisdecke der Antarktis in manchen Gebieten um 20 m eingesunken.

Selbstverständlich stehen diesen Eisverlusten auch Neuzugänge gegenüber. Aber man nimmt an, daß der Zuwachs an neuen Eismassen nicht den Abgängen die Waage hält und daß die Antarktis im Jahr etwa 1000 km^3 Eis mehr verliert, als sich im gleichen Zeitraum neu bildet. Solche und andere Vermutungen – in der Wissenschaft bezeichnet man sie als Hypothesen – galt es durch die glaziologischen Forschungen des IGJ entweder zu beweisen oder durch neue, bessere Hypothesen zu ersetzen.

Wolkenkratzer ständen unter Wasser

Die Gesamtmenge des antarktischen Eises beträgt nach neueren Schätzungen etwa 30 000 000 km³. Wenn dieses Eis vollständig abschmelzen und als Wasser in die Ozeane fließen würde, müßte der Meeresspiegel um 83 m steigen! Bereits ein Ansteigen des Meeresspiegels um nur 30 bis 50 m hätte aber zur Folge, daß die Küstenstädte Südamerikas, ferner große Hafenstädte, wie New York, London, Hamburg, Lissabon, Bombay, Shanghai, Hongkong, Tokio und viele andere, unter Wasser ständen.

Doch wir brauchen uns darüber nicht zu beunruhigen. Keinesfalls kann das antarktische Eis plötzlich abschmelzen, sondern nur allmählich. Dementsprechend würde auch der Meeresspiegel nur langsam steigen.

Dies ist aber gar nichts so Ungewöhnliches. Auch während der letzten 100 Jahre stieg er um durchschnittlich 30 cm, ohne daß es dadurch zu Katastrophen kam. Stellen wir uns vor, der jährliche Eisverlust der Antarktis von 1000 km³ hielte immer weiter an. Dann würde der Meeresspiegel je Jahrhundert um 30 cm steigen, und es würde noch etwa 30 000 Jahre dauern, bis die Eiskappe des Südpols ganz

verschwunden wäre. Freilich weiß heute noch niemand, ob es dazu tatsächlich kommen wird oder ob sich das antarktische Eis nur bis zu einer gewissen Grenze zurückzieht.

Die größte Wetterküche der Erde

Die Bewegungsgesetze des Eises sind nicht das einzige, worüber uns die Erforschung der Antarktis wichtige Aufschlüsse verschafft. Von überaus großer Bedeutung ist sie auch für die praktische Wetter- und Klimakunde, besonders im Hinblick auf die südliche Halbkugel der Erde.

Die Antarktis ist die größte und einflußreichste „Wetterküche“, die es auf der Erde gibt. Daß ihr Einfluß auf Wetter und Klima der Erde weiter reicht als der Einfluß der arktischen Wetterküche, wurde durch die zahlreichen meteorologischen Forschungen des IGJ bewiesen. Wenn man in der Antarktis viele ständige Wetterstationen einrichten würde, ließe sich die Zuverlässigkeit der Wettervorhersage für die Südhalbkugel wesentlich verbessern.

Die für die Menschen spürbarste Besonderheit der Antarktis ist die ungeheuerliche

Kälte. Im IGJ wurde der Kältepol, also die kälteste Stelle der Erde, neu entdeckt. Noch vor wenigen Jahren nahm man an, daß der Kältepol bei Oimjakon in Sibirien liegt, wo das Thermometer im Winter bis auf -78 Grad sinkt. In der sowjetischen Antarktis-Station Wostock sank aber die Lufttemperatur auf $-87,4$ Grad, und die Jahresdurchschnittstemperatur betrug -71 Grad!

Bei dieser Kälte braucht man nicht nur beheizte Anzüge, sondern muß auch ständig eine Atemschutzmaske tragen, die die eingeatmete Luft vorwärmt. Würde man nämlich derart kalte Luft einatmen, könnten die Lungenspitzen erfrieren. Zieht man nur wenige Sekunden die Handschuhe aus, so treten bereits Erfrierungen an den Fingern auf. Der Mensch kann sich im Freien also nur mit einem Schutzanzug bekleidet aufhalten und darf die warmen Unterkünfte nie länger als 10 Minuten verlassen. „Minus 40 Grad Celsius waren für uns eine ziemlich warme und angenehme Temperatur“, berichtete der sowjetische Polarforscher Tolstikow nach seiner Rückkehr in Moskau.

Aber nicht nur an den kältesten, sondern auch an den normal temperierten Stellen der Antarktis ist das Klima für einen Dauer-

aufenthalt zu kalt. Das bewiesen die ärztlichen Beobachtungen an den Männern, die im sowjetischen Hauptstützpunkt Mirny überwinterten. Viele der Wissenschaftler bekamen Gelenkentzündungen und litten an Schlaflosigkeit, teilweise Verlust des Gedächtnisses, Nervosität sowie an Ernährungsstörungen, Muskelentzündungen und zu niedrigem Blutdruck. Die Ernährungsstörungen sind wahrscheinlich durch den Genuß des aus Eis erschmolzenen Trinkwassers zurückzuführen. Dieses Wasser enthält nämlich nicht die Mineralstoffe, die man im gewöhnlichen Grundwasser findet.

Eine sehr seltsame Erscheinung wurde an vielen Mitgliedern der Expedition beobachtet: Die Empfindlichkeit gegen Schmerz ließ derart nach, daß man es überhaupt nicht bemerkte, wenn man sich Riß- und Schnittwunden zuzog. Die Haut war aber nicht nur während des Aufenthalts im Freien, also beim unmittelbaren Einwirken der Kälte unempfindlich, sondern auch während des Aufenthalts in den 17 bis 19 Grad warmen Unterkünften. Hier konnte der Arzt sogar kleinere Operationen ohne Narkose vornehmen. Der Patient verspürte trotzdem keinen Schmerz beim Schneiden.

Wo Benzin nicht mehr explodiert

Nicht nur der Mensch, sondern auch das tote Material reagierte bei den Temperaturen im Eiskeller der Erde ganz ungewöhnlich. Metallfässer konnte man, wenn sie längere Zeit in der Kälte gestanden hatten, mit einer gewöhnlichen Axt spalten, so, als seien sie aus Holz. Stahl war bei -80 Grad doppelt so elastisch wie bei 0 Grad. Man konnte Stahl daher weit stärker durchbiegen als gewöhnlich, ohne daß er brach. Umgekehrt nahm aber die Sprödigkeit des Stahls, seine Empfindlichkeit gegen Schlag, stark zu. Dies hängt damit zusammen, daß sich die Metalle infolge der Kälte ungewöhnlich stark zusammenziehen.

Eis ist bei den tiefen Temperaturen so hart, daß man es nicht mehr zersägen, sondern nur noch zersplittern kann. Fällt ein Wassertropfen auf ein -80 Grad kaltes Eistück, so behält er seine Kugelform, gefriert sofort, friert jedoch nicht auf dem Eis an, sondern bleibt lose darauf liegen. Die Tinte in den automatischen Kurvenschreibern, die fortlaufend die meteorologischen Daten aufzeichneten, gefror. Petroleum wurde zu einer Art feuchtem Schnee. Benzin verflüchtigte

sich nicht mehr. Der Traktoren-Treibstoff wurde ab -70 Grad zur teigigen Masse. Wenn man eine brennende Fackel in Benzin tauchte, so gab es keine Explosion, sondern die Fackel erlosch. Die Physik steht also am Südpol wirklich auf dem Kopf.

Wichtige Aufschlüsse brachten die Antarktisexpeditionen auch den Wissenschaftlern, welche die elektrischen und magnetischen Vorgänge in den hohen Schichten der Erdatmosphäre erforschen. In den Polargebieten – am Nordpol wie am Südpol – sind die als Polarlichter bezeichneten Leuchterscheinungen des Himmels besonders häufig. Zum erstenmal wurden diese Polarlichter während des IGJ gleichzeitig in der Arktis und in der Antarktis beobachtet. Dabei stellte sich heraus, daß Polarlichter stets über beiden Polargebieten der Erde zu genau gleichen Zeiten aufleuchten.

Andere Gruppen von Wissenschaftlern untersuchten die Ausbreitung der Radiowellen. Wenn nachts der Hauptstützpunkt Mirny Funksprüche nach Moskau sandte, so nahmen die Radiowellen den kürzesten Weg über den Indischen Ozean und den Vorderen Orient nach Moskau. Auch die Moskauer Funksprüche erreichten Mirny auf diesem Wege.

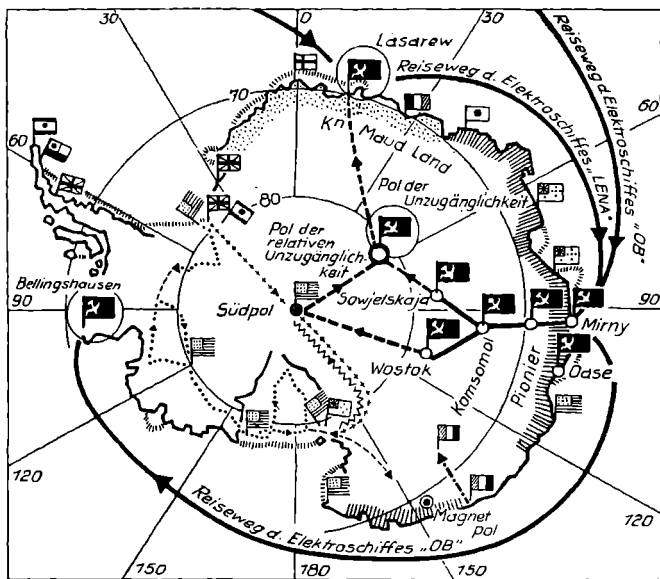
Wenn jedoch Tag war, so machten die Radiowellen einen Umweg. Sie liefen von Mirny erst über den Südpol und Nordpol hinweg und kamen vom Norden her in Moskau an. Wiederum nahmen auch die Moskauer Funkprüche nach Mirny den gleichen Weg. Die Radiowellen bevorzugen also bei ihrem Weg um die Erde stets diejenige Halbkugel, auf der es gerade Nacht ist! Den Weg, den die Radiowellen genommen haben, kann man aus der Zeit errechnen, die zwischen Absenden und Eintreffen eines Funksignals vergeht. Sie beträgt zwar nur Sekundenbruchteile, ist aber trotzdem sehr genau zu messen.

Wenn die Erde an den beiden Polen abgeplattet ist, so muß die Entfernung vom Pol zum Erdmittelpunkt etwas kürzer sein als die Entfernung vom Äquator zum Erdmittelpunkt. Nun hängt die Größe der Anziehungskraft (Schwerkraft) der Erde auch von der Entfernung vom Erdmittelpunkt ab. Je mehr man sich vom Erdmittelpunkt entfernt, desto schwächer wird die Schwerkraft und umgekehrt. Wenn wir aus dem Erdgeschoß eines Hauses in den ersten Stock steigen, so ist hier oben die Schwerkraft schon etwas geringer, weil wir uns dabei vom Erdmittelpunkt entfernten. Die Schwerkraftunterschiede zwi-

schen den Stockwerken eines Hauses sind aber so klein, daß man sie nur mit besonders empfindlichen Instrumenten messen kann. Der Südpol aber liegt dem Erdmittelpunkt nicht nur um ein Stockwerk näher als der Äquator, sondern um rund 20 km. So konnte man durch genaue Schwerkraftmessungen am Südpol die wissenschaftlichen Berechnungen über die Abplattung der Erde an den Polen nachprüfen.

Die fünf Südpole

Um die vielen wissenschaftlichen Aufgaben, von denen hier nur einige geschildert werden konnten, erfolgreich zu lösen, teilten die elf Länder das Gebiet der Antarktis unter sich auf. Jedes Land erhielt bestimmte Gebiete zugewiesen, in denen es seine Stationen errichtete. Die Länder arbeiteten dabei so zusammen, daß sich ihre Forschungen ergänzten. Man unterscheidet in der Antarktis fünf „Pole“, nämlich den geographischen Südpol, den magnetischen Pol, den geomagnetischen Pol, den Unzugänglichkeitspol und den Pol der Winde. Der geographische Pol ist der eigentliche Südpol, der dem Nordpol genau gegen-

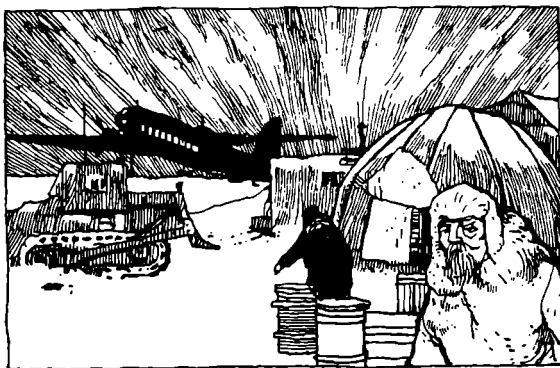


Karte der Antarktis mit eingezeichneten Forschungsstationen und Marschrouten

überliegt. Durch den geographischen Nord- und Südpol verläuft jene gedachte Erdachse, um die sich die Erde dreht. Der geographische Südpol ist nach dem Netz der Längen- und Breitengrade der Punkt, der auf genau 90 Grad südlicher Breite liegt. Der magnetische Pol – es ist übrigens der magnetische Nordpol, obwohl er im Südpolargebiet liegt – befindet sich nicht am geographischen Pol, sondern beinahe 2000 km davon entfernt. Vom magnetischen Pol unterscheidet man außerdem noch den geomagnetischen Pol. Auf den Unterschied kommen wir noch zu sprechen. Der Unzugänglichkeitspol ist diejenige Stelle der Antarktis, die von allen Küsten am weitesten entfernt ist. Hier kann man also am schwierigsten hingelangen. Der Pol der Winde ist das Gebiet, das im Jahresdurchschnitt die meisten und stärksten Stürme hat.

Von einer internationalen Kommission wurden der Sowjetunion der Unzugänglichkeitspol und der geomagnetische Pol als Forschungsobjekte zugewiesen. Die französischen Wissenschaftler bekamen den Pol der Winde und den nicht weit davon entfernten magnetischen Pol als Operationsgebiet. Den USA wurde der geographische Südpol zuge-

teilt, wo sie eine ständige, aus der Luft gelandete und versorgte Station unterhielten. Aber noch an vielen anderen Stellen der Antarktis arbeiteten Expeditionen dieser und anderer Länder.



3. KAPITEL

Auf Eisschollen über den Nordpol

Bereits zwei Stunden kreist die IL-12 über dem Nördlichen Eismeer. Unter dem Flugzeug liegt eine zauberhafte Welt aus Eisschollen. In der Kabine der IL-12 beobachten drei Männer mit angespannter Aufmerksamkeit das Gewirr der auf dem Meere schwimmenden schneebedeckten Schollen. Sie suchen etwas ganz Bestimmtes, nämlich eine passende Eisscholle. Sie soll recht groß sein, so daß sie, selbst wenn sie plötzlich in zwei Hälften zerbricht, immer noch groß genug

bleibt, um sich lange zu halten. Sie soll von Eispressungen und Zusammenstößen mit anderen Schollen noch nicht beschädigt, sondern recht stabil sein. Und schließlich soll die Scholle eine möglichst glatte Oberfläche haben. Denn auf dieser Scholle wollen die Männer mit ihrem Flugzeug landen und später dort eine wissenschaftliche Forschungsstation errichten, die monatelang ins Unge-
wisse treibt.

Das Flugzeug neigt sich und geht auf 50 m Höhe herunter. Eine riesige Eisscholle ist gesichtet worden. Die IL-12 überfliegt das Eisfeld einmal in der Länge und dann in der Breite. Währenddessen wird die Flugzeit gestoppt. Multipliziert man die Zahl der Sekunden, die die Stoppuhr anzeigt, mit der Geschwindigkeit des Flugzeuges, so kann man leicht die Größe der Scholle ausrechnen. Sie ist 2 km breit und 2,5 km lang. Von einer Kante aus verläuft ein kleiner Spalt ins Innere der Scholle. Die Eisfläche ragt bis etwa 50 cm über den Wasserspiegel. Die „alten Polarhasen“ im Flugzeug meinen, dünner als 4 m könne das Eisfeld auf keinen Fall sein. Eine Rauchpatrone wird abgeworfen, um die Windrichtung über der Scholle festzustellen. Dann setzt die Maschine zur Landung an.

Eine Stunde später steht bereits das erste Zelt auf der Scholle. Es ist freilich kein gewöhnliches Zelt, sondern ein kleines Wunderwerk – konstruiert nach jahrtausendealten Erfahrungen, welche die nördlichsten Völker der Sowjetunion bei ihrem Kampf gegen Schnee und Eis sammelten, aber verbessert und verfeinert durch die modernsten technischen Errungenschaften.

Die Männer, die hier mit dem Flugzeug landeten, bilden die Vorhut eines großen Kollektivs von Wissenschaftlern, das nach und nach mit Flugzeugen auf der Scholle eintreffen wird. Tagelang hört man alle paar Stunden das Dröhnen der Flugzeugmotoren über dem Eis. Immer wieder landen Maschinen und bringen viele schwere Kisten mit Ausrüstungsgegenständen, zerlegbaren Wohnhäusern, die auf einem Stahlgerüst montiert sind und leicht von einem Ort zum andern gezogen werden können wie Schlitten, ferner einen Raupenschlepper, Fässer mit Treibstoff, Kisten voll Proviant, Propangas-Flaschen zum Kochen und zum Beheizen der Häuser und was noch alles dazugehört, wenn sich eine Expedition für ein Jahr oder auch länger auf einer schwimmenden Eisscholle häuslich niederlassen will.

Vor allem aber bringen die Flugzeuge viele wissenschaftliche Meßgeräte. Denn was die Männer zu ihrer abenteuerlichen Fahrt über das Nordpolarmeer, zu ihrer Drift auf der schwimmenden Scholle veranlaßt, das ist die wissenschaftliche Aufgabe, die ihnen im Internationalen Geophysikalischen Jahr gestellt wurde.

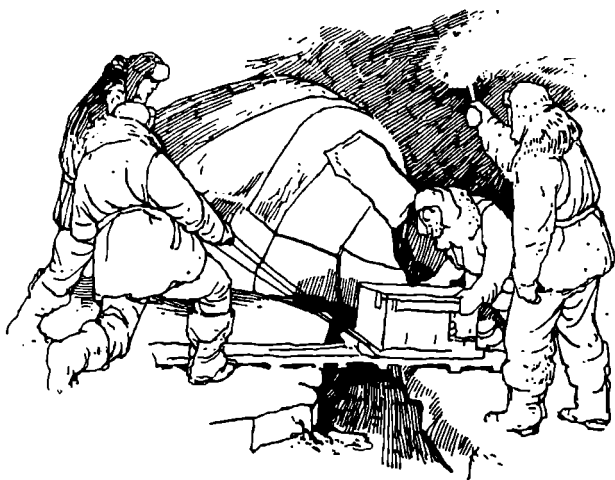
Alarm! Eisbruch!

Während in der Antarktis eine wissenschaftliche Generaloffensive abrollt, sind die Wissenschaftler hier im Norden nicht untätig. Allerdings waren die Arktisforschungen im IGJ nur die planmäßige Fortsetzung einer Arbeit, die schon seit vielen Jahren betrieben wurde.

Die Methode, sich im Polareis einzufrieren und dann über das Eismeer treiben lassen, hatte schon der berühmte norwegische Polarforscher Fridtjof Nansen (1861–1930) „erfunden“. Aber da er damals noch nicht über die vielen Hilfsmittel der heutigen Technik verfügte und ihm vor allem ein Flugzeug fehlte, gelang dieses Vorhaben nicht recht. Erst die reichen Erfahrungen der sowjetischen

Polarflieger ermöglichten es, diese Methode der Arktisforschung voll zu verwirklichen. Flugzeuge können eine ständige Verbindung zwischen der treibenden Eisscholle und dem Festland aufrechterhalten, für den Nachschub sorgen und im Notfall oft Rettung bringen. Zum erstenmal setzte am 21. Mai 1937 ein viermotoriges sowjetisches Flugzeug eine Gruppe von Wissenschaftlern auf einer schwimmenden Eisscholle ab. Sie errichteten die driftende Forschungsstation „Nordpol 1“, die von der Nähe des geographischen Nordpols aus bis in die südliche Grönland-See driftete. Bis zum Beginn des IGJ ließen sich sowjetische Forschungsstationen bereits fünfmal über das Polarmeer treiben. Während des IGJ drifteten die beiden Stationen „Nordpol 6“ und „Nordpol 7“.

Durch die moderne Technik wurden solche Unternehmungen aber keinesfalls gefahrlos. Es war in einer Novembernacht auf der Station „Nordpol 3“, als die Männer in ihren Häusern plötzlich von einem Donner geweckt wurden. Es hörte sich an, als wäre eine Rakete gestartet. Blitzschnell kleideten sich die Männer an und liefen hinaus in das Dunkel. Mit Handlampen tasteten sie sich voran. Von der Messe her ertönte eine schrille Glocke. Das



bedeutete: Eisalarm! Die Scholle ist gerissen!

Der Riß ging quer durch die Station. Jenseits stand das Haus der Meteorologen. Durch Nebelschleier hindurch konnte man gerade noch die undeutlichen Umrisse des Hauses und sein erleuchtetes Fenster sehen. Doch schon verbreiterte sich der Spalt zwischen den beiden Teilen der Scholle. Man sah, wie das erleuchtete Fenster schwankte. Dann erlosch die elektrische Beleuchtung in den Häusern des Lagers. Beim Abtreiben der anderen Hälfte der geborstenen Scholle waren die elektrischen Leitungen gerissen.

Der Leiter der Station befahl, die Motoren des Hubschraubers sofort anzuwärmen, das Schlauchboot aufzupumpen und sämtliche wissenschaftlichen Unterlagen dem Wachhabenden zu übergeben.

Die davontreibende Hälfte der Scholle hatte verschiedene Meßgeräte, die an den elektrischen Leitungen hingen, mit sich geschleift und dabei ins Meer gerissen. Die Forscher bemühten sich, die Instrumente an den Leitungen wieder aus dem Wasser zu ziehen.

Am fieberhaftesten arbeiteten die Männer vom Hubschrauber, denn der Riß der Scholle zog sich nur wenige Meter vor dem Flugzeug hin. Wenn es nicht gelang, die Maschine schnell startfertig zu machen, konnte der Hubschrauber beim nächsten Bruch des Eises mit in den Fluten versinken. Damit wäre das wertvollste Ausrüstungsstück verloren gewesen; der Hubschrauber, der die meisten Chancen für die Rettung bot, falls die Schollen noch weiter auseinander treiben sollten. Und daran konnte fast kein Zweifel mehr bestehen.

Abenteuer in der Polarnacht

Schlecht war: Die Apparate zum Vorwärmen der Motoren des Hubschraubers befanden sich ebenfalls auf dem davontreibenden Bruchstück der Eisscholle. Im Licht der Taschenlampen schoben die Männer ein langes Brett zu einer kleinen Scholle hinüber, die noch zwischen den beiden großen Bruchstücken schwamm. Zusammen mit diesem Brett müßte man die kleine Scholle als Brücke zur großen benutzen! Vielleicht konnte man dann die Geräte herüberbringen? Wenn es nur nicht so dunkel wäre!

Aber man brauchte nicht auf den Tag zu warten. Jetzt war November, und es blieb noch monatelang ununterbrochen dunkel. Eine Polarnacht dauert nämlich fünf Monate.

Die Männer leisteten Übermenschliches. Über das schwankende Brett erreichten sie die kleine Scholle. Dann schoben sie das Brett vor zur Nachbarscholle, auf der die Vorwärmgeräte standen.

Noch schwieriger aber war der Rückweg. Man mußte mit den schweren Geräten über das schwankende Brett balancieren. Zweimal mußte es den Männern gelingen, wenn sie den Hubschrauber retten wollten. Doch der

Abstand zwischen den beiden Schollen vergrößerte sich immer mehr. Würden es die Mechaniker noch rechtzeitig schaffen?

Nun standen sie mit den letzten Geräten auf der kleinen Scholle und schoben noch einmal das Brett als Brücke zu der Scholle herüber, auf der der Hubschrauber stand.

Es gelang.

Doch als sie auf der Scholle eintrafen, lag das Brett nur noch mit seinem äußersten Ende auf der Brückenscholle auf. Eine Minute später wäre es wahrscheinlich schon zu spät gewesen.

Inzwischen hatten andere Mitglieder der Station einen transportablen Stromgenerator in Gang gesetzt. Der Strom speiste einen großen Scheinwerfer, der nun wieder das Lager erleuchtete.

Man erkannte, was geschehen war.

Zwei Wohnhäuser, mehrere Arbeitszelte und der Platz vor den meteorologischen Zelten standen auf der abgebrochenen Scholle, die schon durch eine 20 bis 30 m breite Wassergraben von der Hauptscholle getrennt war. Im Wasser versunken waren nur einige Theodoliten, Gasflaschen und Kohlsäcke, die in der unmittelbaren Nähe des Spalts standen. Mehrere Wissenschaftler der Station befanden

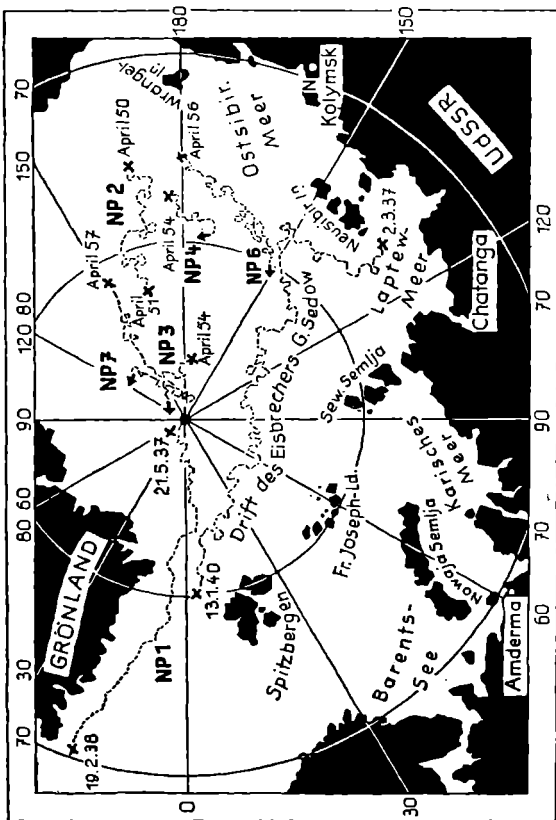
den sich in den Häusern und Zelten der davontreibenden Scholle.

Doch die Männer resignierten nicht und gaben den Naturgewalten nicht nach. Als der Hubschrauber flott war, beschloß der Leiter der driftenden Station, aus der Not eine Tugend zu machen und die abgebrochene Scholle zu einer eigenen Nebenstation auszubauen. Mit dem Flugzeug wurden die nötigen Ausrüstungsgegenstände, auch eine Funkanlage, hinübergebracht. „Driftende Stationen vermehren sich durch Teilung“, scherzte einer der Wissenschaftler. Und nach diesem Schrecken begann wieder der Alltag mit seiner regelmäßigen wissenschaftlichen Arbeit.

Obenherum ist's kürzer

Welche wissenschaftlichen Probleme erforschten die Gelehrten auf den driftenden Schollen? Waren es die gleichen wie am Südpol?

Nicht ganz. Zweifellos gibt es viele ähnliche Forschungsaufgaben in beiden Polargebieten der Erde. Aber die Arktisforscher haben auch ihre besonderen Aufgaben. Sie arbei-



Karte der Arktis mit den Driften der sowjetischen Nordpolstation

ten daran, den Nördlichen Seeweg noch besser zu erschließen, indem sie die Regelmäßigkeit der Eisbewegungen studieren und wertvolle meteorologische Angaben für die Wettersvorhersage liefern.

Was versteht man aber unter dem Nördlichen Seeweg? Wenn ein Schiff von einem nordeuropäischen Hafen über den Atlantik, das Mittelmeer, den Suez-Kanal und den Indischen Ozean nach dem Fernen Osten fährt, so ist seine Reiseroute etwa doppelt so lang, als wenn es über das Nördliche Eismeer an der arktischen Küste Sibiriens entlang zum gleichen Ziel fahren würde. Auf dem Nördlichen Seeweg braucht man also nur die Hälfte Brennstoff. Außerdem geht's schneller!

Ferner ist der Nördliche Seeweg überaus wichtig für die wirtschaftliche Erschließung Sibiriens. Dieses Land ist sehr reich an Bodenschätzen und Nutzholz. Auf den großen Flüssen Petschora, Ob, Jenissei, Lena, Indigirka, Kolyma und anderen kann man die Frachten bis zu den Häfen an der arktischen Küste transportieren und von hier aus mit Hochseeschiffen in alle Welt befördern. Wird der Nördliche Seeweg für die Schifffahrt erschlossen, so ist damit also zugleich

das ganze reiche Sibirien an den Weltschiffsverkehr angeschlossen! Ein sicherer Schiffsverkehr auf dem Nördlichen Seeweg ist aber nur möglich, wenn hier ein äußerst zuverlässiger Wettervorhersage- und Eiswarndienst funktioniert. Die driftenden Stationen schaffen die Grundlagen für die Wetter- und Eiskunde der Arktis.

An diesen Fragen ist noch ein anderer moderner Verkehrszweig interessiert, nämlich die Luftfahrt. Wenn wir uns einmal den Globus zur Hand nehmen, so sehen wir, daß der Luftweg von Europa nach Amerika über die Arktis viel kürzer ist als über den Atlantik. Dasselbe gilt vom Luftweg Moskau-Ostasien.

Vor wenigen Jahrzehnten noch galt das Überfliegen der Arktis als Wagnis, und Passagierflüge über den Pol erschienen als Phantastik. Heute benutzen bereits viele Verkehrsflugzeuge diesen Luftweg. So führt zum Beispiel eine Flugroute der schwedischen Luftverkehrsgesellschaft Scandinavian Airlines System (SAS) von Hamburg über Grönland und Kanada nach Los Angeles an der Westküste Amerikas.

Weitere Arktisforschungen galten den Meeresströmungen an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen des Nördlichen Eis-

meers. Die Strömungen an der Oberfläche besorgen ja den Transport der Eisschollen, und dadurch war es also möglich, Regeln für die Bewegungen der schwimmenden Eisfelder im Verlaufe eines Jahres zu erkennen.

Als der Nordpol in den Tropen lag

Auf jeder driftenden Station befinden sich auch Hydrologen. Sie schlagen Löcher in die Eisdecke und lassen in regelmäßigen Zeitabständen ein dünnes Stahlseil mit einem Tiefenlot hinab. Das Seil rollt dabei von einer elektrischen Winde ab. An ihr ist die Tiefe des Meeresbodens genau abzulesen.

Aus vielen solchen Tiefenmessungen an den verschiedensten Punkten der Arktis ergibt sich mit der Zeit ein immer genaueres Bild vom Relief des Meeresgrundes. Nansen glaubte, das Nördliche Eismeer sei ein schüsselförmiges Becken, und an dieser Vorstellung hielt die Wissenschaft auch lange Zeit fest, bis die hydrologischen Messungen der driftenden Nordpolstationen etwas ganz anderes ergaben.

Das arktische Meeresbecken ist von einem langgestreckten unterseeischen Gebirge

durchzogen. Man gab ihm den Namen Lomonossow-Rücken. Er erstreckt sich 2500 km weit von den Neusibirischen Inseln über den Nordpol bis zum Ellesmere-Land in Kanada. Obwohl sich der Lomonossow-Rücken 2500 bis 3000 m über den umliegenden Meeresgrund erhebt, ragt er doch nirgends über den Meeresspiegel hinaus. Unter dem Eis der Arktis liegt also nicht wie unter dem antarktischen Eis Festland, sondern nur Meer. Und dieses Meer wiederum ist nicht, wie man früher annahm, nur ein Ausläufer des Atlantischen Ozeans. Es hat sich vielmehr ebenso wie das Mittelländische Meer durch Landsenkungen und -erhebungen gebildet. Wahrscheinlich ist das Tiefseebecken der Arktis vor 70 000 000 Jahren gegen Ende des Mesozoikum (Erdmittelalter) abgesunken. Zur gleichen Zeit bildete sich vermutlich der Lomonossow-Rücken, der das arktische Becken in zwei Hälften teilt.

Die Hydrologen messen aber nicht nur die Meerestiefe, sondern holen mit besonderen Vorrichtungen auch Proben des Meeresbodens herauf. Aus den Ablagerungen auf dem Meeresboden sind nämlich viele interessante Rückschlüsse darauf zu ziehen, wie es vor vielen Jahrhundertmillionen in der

Arktis aussah. Die Ergebnisse sind überraschend: Im Erdaltertum (Paläozoikum), ungefähr 520 bis 180 000 000 Jahre zurück, gab es in der heutigen Arktis Korallenriffe. Dies deutet mit Sicherheit darauf hin, daß hier ein heißes Klima herrschte. Wie war das möglich in einem Gebiet, das heute von ewigem Eis bedeckt ist?

Das arktische Gebiet lag früher nicht am nördlichen Pol der Erde. Es kann sich im heutigen Pazifischen Ozean befunden haben. Durch Verschiebungen der festen Erdkruste über dem zähflüssigen Erdkern näherte sich die Arktis dann gegen Ende des Erdaltertums wahrscheinlich dem Punkt, an dem sich heute die Beringstraße, die schmale Meeresstraße zwischen Asien und Nordamerika, befindet. Im Verlaufe des Erdmittelalters rückte dann das arktische Gebiet seiner heutigen Lage immer näher.

Ob ein Gebiet der Erde eine Eiswüste oder eine tropische Zone ist, hängt im wesentlichen nur davon ab, wieviel Sonnenstrahlen dorthin gelangen. Da die Gegenden um den Äquator herum ungefähr senkrecht zur Einfallrichtung der Sonnenstrahlen liegen, bekommen sie – je Flächeneinheit gerechnet – die meisten Sonnenstrahlen ab. Deshalb

herrscht hier ein heißes tropisches Klima. In den Polargebieten steht die Erdoberfläche dagegen fast parallel zur Einfallsrichtung der Sonnenstrahlen. Daher entfallen auf eine gleich große Fläche hier nur sehr viel weniger Sonnenstrahlen, und so ist das Klima kalt. Auf unserem Planeten hängt also von der Sonne viel ab. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß im IGJ auch die genaue Beobachtung der Sonne und ihres Einflusses auf die Erde auf dem Programm stand.



4. KAPITEL

Sorgen um Frau Sonnes Sommer- sprossen

Stellen wir uns einmal vor, die Sonne wäre eines Tages nicht mehr da, und wir müßten die Sonnenwärme, die täglich auf unseren Planeten einstrahlt, künstlich erzeugen. Wieviel Kohle müßte man dann je Tag verbrennen, um zum Beispiel das Gebiet von Groß-Berlin mit ebensoviel Wärme zu bestrahlen, wie sie die Sonne sozusagen umsonst spendet? Mehr als die gesamte Tagesförderung des Ruhrkohlen-Reviers müßte man verhei-

zen, und das nur für ein so kleines Fleckchen Erde wie Berlin!

Nun kann freilich die Sonne weder plötzlich verschwinden noch plötzlich erkalten. Wir wollten uns nur einmal veranschaulichen, welche gewaltigen Wärmemengen die Sonne täglich auf die Erde strahlt.

In den gemäßigten Breiten sind es an einem Sommertag, in einem physikalischen Wärme- maß ausgedrückt, 5000 Kalorien je Quadrat- meter! Das ist eine Wärmemenge, die aus- reicht, um 5000 Liter Wasser um 1 Grad zu erwärmen.

Eine gewaltige Wärmemenge strahlt also in- folge der täglichen Drehung der Erde um ihre Achse mal auf diese, mal auf jene Seite der Erde.

Durch den jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne und die Schrägstellung der Erdachse wechselt außerdem die Stärke der Sonnen- einstrahlung auch mit den Jahreszeiten.

Aus diesen und noch aus anderen Gründen werden die Luftmassen der Erde unterschied- lich stark aufgeheizt. Es entstehen dadurch auch Unterschiede des Luftdrucks: Es bilden sich sogenannte Hochdruck- und Tiefdruck- gebiete. Diese Druckgegensätze wollen sich ausgleichen, es kommt zu Luftströmungen,

die kalte oder warme Luft über Tausende von Kilometern transportieren.

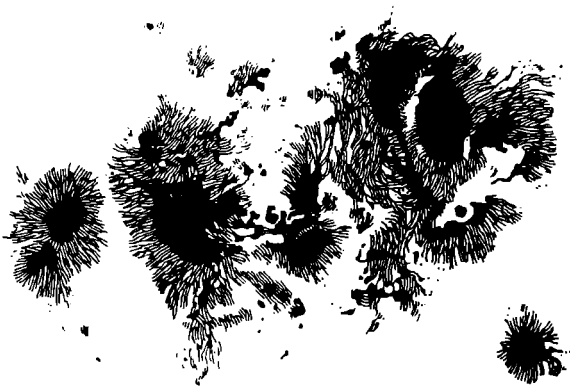
Das erwärmte Ozeanwasser tropischer Breiten wird mit Meeresströmungen, wie zum Beispiel dem Golfstrom, über große Entfernungen verfrachtet.

So greifen viele Vorgänge ineinander und ergeben das, was wir als „Wetter“ bezeichnen. Das Wetter wird also letzten Endes durch die Sonnenstrahlung hervorgebracht.

Sonnenflecken

Meist hat die Sonne kleinere oder größere schwarze Flecken, viele oder wenige, die einzeln oder in Gruppen angeordnet sind. Man nennt sie Sonnenflecken, und sie stellen die auffallendste und daher am leichtesten zu beobachtende Erscheinung auf der Sonne dar. Bereits im alten China entdeckte man sie. Damals besaß man noch keine Fernrohre und Feldstecher. Aber ab und zu hat die Sonne so große Flecken, daß man sie durch eine berußte Scheibe sogar mit bloßem Auge sehen kann.

Die Sonnenflecken waren ein Grund dafür, weshalb man das IGJ ausgerechnet in den



Sonnenflecken

Jahren 1957 und 1958 veranstaltete. Die Sonne hat nämlich nicht in allen Jahren gleich viele Flecken. Es gibt Jahre, in denen die Sonne besonders viele Flecken aufweist. Man bezeichnet diese Zeit als Sonnenfleckenmaximum. In anderen Jahren bleibt die Sonne dagegen fast oder ganz fleckenlos. Dann spricht man vom Sonnenfleckenminimum.

Der Dessauer Apotheker Heinrich Schwabe, der im vorigen Jahrhundert lebte und als Liebhaber-Astronom etwa 40 Jahre lang fast täglich die Sonne beobachtete, bemerkte als erster, daß sich die Maxima und Minima mit einer bestimmten Regelmäßigkeit abwechseln.

Zwischen einem Maximum und dem nächsten vergehen im Durchschnitt 11 Jahre. Dazwischen liegt das Fleckenminimum. Freilich ist das nur eine Durchschnittszahl. Es kommt auch eine schnellere oder langsamere Aufeinanderfolge vor. Die Dauer des Zyklus kann zwischen 7 und 17 Jahren schwanken. Auf Grund des 11-Jahr-Zyklus konnte man erwarten, daß 1957 und 1958 wieder besonders viele Flecken vorhanden sein würden, so daß die Möglichkeit interessanter Beobachtungen bestand. Diese Erwartung hat sich dann auch erfüllt. Im Sommer 1958 zeigte die Sonne sogar so viele Flecken, wie es sie schon jahrzehntelang nicht mehr gegeben hatte. Außerdem dauerte die Sonnenfleckenhäufigkeit besonders lange an. Denn schon seit dem Sommer 1957 hatte die Sonne viele solcher „Sommersprossen“.

Was uns von der Erde aus betrachtet – die Sonne ist 150 000 000 km von der Erde entfernt – als kleines Fleckchen erscheint, das ist in Wirklichkeit ein riesiges Gebiet auf der Sonnenoberfläche. Ist ein Sonnenfleck so groß, daß man ihn mit bloßem Auge erkennt, dann hat er einen Durchmesser von wenigstens 50 000 km. Das ist rund viermal mehr als der Erddurchmesser.

Im allgemeinen liegen die Durchmesser der Sonnenflecken aber in der Größenordnung von 10000 km. Aber auch dann sind sie fast so groß wie der Durchmesser der Erde. Schwarz erscheinen uns die Sonnenflecken nur, weil das Sonnenblendglas den Helligkeitsgegensatz zwischen dem Fleck und seiner Umgebung stark übertreibt. In Wirklichkeit strahlen auch die Flecken noch ein helles Licht aus.

Im Gebiet eines Fleckens ist die Oberflächentemperatur der Sonne um 1500 bis 2000 Grad niedriger als in seiner Umgebung. Sie beträgt „nur“ 3500 bis 4000 Grad. Mit sehr stark vergrößernden Fernrohren erkennt man im Fleck Einzelheiten: In der Mitte befindet sich ein dunkler Kern, von dem aus nach den Rändern zu Streifen verlaufen.

Die Flecken haben sehr unterschiedliche Lebensdauer. Kleinere Flecken verschwinden manchmal schon nach wenigen Stunden. Große bleiben oft monatelang erhalten. Mitunter löst sich auch ein großer Fleck in eine Gruppe kleiner auf.

Wenn man die Flecken täglich beobachtet, kann man ihr Weiterwandern infolge der Drehung der Sonne um ihre Achse deutlich bemerken. Sie wandern im Verlaufe von

13 Tagen vom Ostrand zum Westrand der Sonne und werden dann unsichtbar. Unter Umständen tauchen sie aber nach weiteren 13 bis 14 Tagen am Ostrand wieder auf, denn in 27 Tagen dreht sich die Sonne einmal um sich selbst.

Wettervorhersage für zwei Monate

Warum interessiert sich die Wissenschaft so stark für die Sonnenflecken? Muß nicht die etwas geringere Wärmestrahlung, die von den Flecken ausgeht, die Gesamtmenge der auf der Erde eintreffenden Wärme verringern? Selbstverständlich! Aber da selbst bei sehr vielen Sonnenflecken noch nicht einmal 1 Prozent der Sonnenscheibe von Flecken bedeckt ist, wirkt sich der geringe Wärmeverlust auf das Wetter der Erde kaum aus. Es ist etwa so, als ob man statt 100 nur noch 99 Brikketts in den Ofen legt.

In unseren geographischen Breiten macht sich ein Unterschied überhaupt nicht bemerkbar. In den Tropen dagegen ist die Jahresdurchschnittstemperatur in fleckenreichen Jahren um etwa 0,5 Grad niedriger.

Die Sonnenflecken verändern also den

Wärmehaushalt der Erde kaum. Aber dennoch sprechen viele Anzeichen dafür, daß die Flecken auf eine andere, noch nicht geklärte Weise unsere Witterung beeinflussen. Es schien zum Beispiel einige Jahrzehnte so, als würde die Wiederkehr besonders milder und besonders kalter Winter mit dem 11-Jahr-Zyklus zusammenhängen. Aber als man versuchte, vorauszusagen, ob der bevorstehende Winter kalt oder milde würde, schlug die Natur den voreiligen Forschern ein Schnippchen und verhielt sich regelwidrig. Statt eines erwarteten milden Winters brach eine besonders grimmige Kälte ein. Auch heute liest man immer wieder vom Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und Witterung. Dieser Zusammenhang ist aber noch nicht bewiesen. Es fällt ja der Wissenschaft oft gar nicht leicht, festzustellen, ob zwei Vorgänge, die zeitlich aufeinanderfolgen, wie zum Beispiel ein Sonnenfleckenmaximum und eine bestimmte Witterung, auch ursächlich zusammenhängen. Ein zeitliches Nacheinander beweist allein noch keinen Ursachenzusammenhang. Das zeitliche Zusammentreffen kann ja auch Zufall sein. Erst wenn man erforscht hat, aus welchen physikalischen Gründen sich ein

Sonnenfleckenmaximum oder- minimum auf unsere Witterung auswirkt, gilt der Zusammenhang in strengem Sinne als bewiesen. Ein praktisch ausreichender Beweis wäre aber auch dann schon gegeben, wenn es sich ausnahmslos immer wieder herausstellte, daß auf bestimmte Phasen des Sonnenflecken-Zyklus bestimmte Witterungen folgen. Aber das ist nicht der Fall, und so ist die Frage des Zusammenhangs zwischen Witterung und Sonnenflecken einstweilen noch ein ungelöstes Problem, das man aber nur lösen kann, wenn geduldig weitergeforscht wird. Diese Forschungen können von unermeßlichem Nutzen sein. Denken wir nur einmal daran, wie günstig es für die Landwirtschaft wäre, die Witterung für die nächsten Monate vorher zu kennen!

Die Sonnenflecken wurden zwar nicht nur während des IGJ beobachtet, sondern seit vielen Jahren. Aber das Besondere des IGJ bestand darin, daß man von sehr vielen Stellen der Erde, ja mit Hilfe der künstlichen Erdtrabanten sogar vom Weltraum aus, gleichzeitig beobachtete.

Die Sonnenflecken sind nur einer von vielen Vorgängen, die sich auf der Sonne ereignen. Es gibt nämlich außer Sonnenflecken auch

Sonnenfackeln. Sind die Flecken dunklere Stellen der Sonnenoberfläche, so sind die Sonnenfackeln Gebiete, die heller als ihre Umgebung leuchten. Sie haben die Form feiner Lichtadern und treten häufig als Vorboten einer sich bildenden Fleckengruppe auf. Daher findet man sie auch oft in der Umgebung von Sonnenflecken. Die Häufigkeit der Fackeln folgt dem gleichen 11-Jahreszyklus wie die der Flecken. Sind die Fackeln zum Teil noch größer als die Flecken, so haben sie aber meist eine geringere Lebensdauer.

Die ganze Oberfläche der Sonnenscheibe ist nicht gleichmäßig hell, sondern besteht aus etwas helleren und dunkleren „Körnchen“. Man bezeichnet dieses körnige Aussehen der Sonnenoberfläche als Granulation (von lat. granum = Korn). Da in der Oberflächenschicht der Sonne dauernd große Gasmassen auf- und niedersteigen und die aus dem Sonneninnern aufsteigenden Gasmassen eine höhere Temperatur haben, leuchten sie heller als die absteigenden. Dadurch entsteht das Körnchen-Mosaik. Es wechselt sehr rasch.



Sonnenrand mit Protuberanzen

Wenn Frau Sonne spuckt

Noch viel mehr ereignet sich auf der Sonne! In den Sonnenwarten – so nennt man die astronomischen Observatorien, die speziell der Sonnenforschung dienen – stellt man mit Hilfe von komplizierten Geräten, die man Protuberanzen-Fernrohre nennt, interessante Beobachtungen an.

Das Protuberanzen-Fernrohr enthält eine Scheibe, die sozusagen statt des Mondes vor die Sonne geschoben wird, so daß sie diese ebenso verdeckt wie der Mond die Sonne bei einer totalen Sonnenfinsternis. Wenn man dann noch einige Kunstgriffe zusätzlich anwendet, sieht man, daß aus den Oberflächenschichten der Sonne manchmal gewaltige Gasmassen ausgeschleudert werden.

Diese Gasmassen nennt man Protuberanzen. Sie entstehen durch Explosionen der Sonnenmaterie, die in physikalischer Hinsicht der Explosion einer Wasserstoff-Bombe ähneln, aber noch viel größere Ausmaße haben. Es kommt vor, daß Gaswolken bis in Höhen von über 1 000 000 km – das ist die rund zweieinhalbfache Entfernung Erde-Mond – aus der Sonne herausgeschleudert werden. Dabei wirbeln die Gasmassen mit Geschwindigkeiten von mehreren hundert Kilometern je Sekunde empor. Finden solche Gasausbrüche in Gebieten der Sonnenoberfläche statt, die von der Erde aus betrachtet nicht am Rande der Sonne liegen, so bezeichnet man sie als Filamente. Dann bedarf es noch eines anderen komplizierten Spezialfernrohrs, um sie sehen zu können.

Mit solchen Geräten sind außer Protuberanzen und Filamenten noch andere, Eruptionen genannte Erscheinungen zu beobachten. Bei diesen Eruptionen (= Ausbrüchen) werden besonders starke unsichtbare ultraviolette und Röntgenstrahlen ausgesandt, ferner auch Radiowellen und einzelne kleine atomare Teilchen, die man Korpuskeln nennt. Auch die Eruptionen erfolgen besonders häufig während des Sonnenfleckensmaximums. In dieser

Zeit ereignet sich durchschnittlich alle zwei Stunden eine Eruption auf der Sonne! Sie dauert nur einige Minuten, in Ausnahmefällen höchstens eine Stunde. Die wissenschaftlichen Beobachtungen der Sonne erfordern daher große Aufmerksamkeit, damit solche kleinen Eruptionen nicht unbemerkt bleiben. Das IGJ brachte den Vorteil, daß viele Observatorien der Erde die Sonne planmäßig beobachteten. Eruptionen, die das eine Observatorium nicht sehen konnte, weil es auf der Nachtseite der Erde stand oder weil der Himmel bewölkt war, konnten von anderen Observatorien aus beobachtet werden. Die Zusammenfassung aller dieser Beobachtungen ergab daher ein lückenloses Bild des zeitlichen Verlaufs der Eruptionstätigkeit der Sonne.

Für alle Vorgänge auf der Sonne, die Entstehung von Flecken und Fackeln, Protuberanzen und Filamenten und der übrigen Eruptionen, hat man den zusammenfassenden Ausdruck „Sonnenaktivität“ oder „Sonnen-tätigkeit“ geprägt. Gerade in der Deutschen Demokratischen Republik wurden die Sonnenaktivität und ihre Rückwirkungen auf die Erdatmosphäre besonders verfolgt. Unter anderem widmete sich das Astrophysikalische

Observatorium Potsdam der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin dieser Aufgabe.

Zu diesem Observatorium gehört der Einstein-Turm, so benannt nach dem großen Physiker Albert Einstein (1879–1955), der mit seiner Relativitätstheorie ein wichtiges Fundament der modernen Physik schuf.

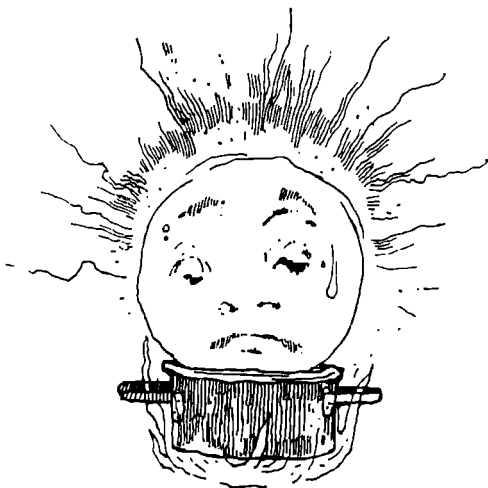
Der Einstein-Turm ist eine Sonnenwarte. Hier wird das Licht der Sonne in komplizierten Geräten, die man Spektrographen nennt, „zerlegt“. Es zeigen sich dann viele Linien, die Spektrallinien. Sie verraten die chemische Zusammensetzung der Sonne und noch manches andere.

Das Astrophysikalische Observatorium Potsdam erforscht besonders gründlich eine Erscheinung, von der man hofft, Erkenntnisse über die Ursachen der Sonnenflecken zu gewinnen, nämlich die Magnetfelder in den Flecken. Denn selbst der Magnetismus auf der Sonne ist aus den Linien des zerlegten Sonnenlichts, des sogenannten Sonnenspektrums, zu enträtseln. Aus gleichartigen Experimenten, die man auf der Erde im Labor ausführte, weiß man, daß sich Spektrallinien in bestimmter Weise aufspalten, wenn sich die Lichtquelle in einem magnetischen Kraft-

feld befindet. So hat man erkannt, daß in den Sonnenflecken Magnetfelder entstehen, die bis zu 10 000mal stärker sind als das Magnetfeld der Erde.

Die Stärke des Magnetismus ist in größeren Sonnenflecken im allgemeinen ebenfalls größer. Besteht eine Fleckengruppe aus zweizelflecken, so ist der Magnetismus des einen Flecks südmagnetisch, wirkt also wie ein magnetischer Südpol, der andere ist nordmagnetisch. Auf der Nordhälfte der Sonne ist der Fleck, der im Sinne der Sonnendrehung von der Erde aus betrachtet voranläuft, nordmagnetisch. Der nachfolgende ist südmagnetisch. Auf der Südhälfte der Sonne ist es umgekehrt. Diese Polverteilung bleibt zwei Sonnenflecken-Perioden lang erhalten, also etwa 22 Jahre. Dann kehrt sich die Polverteilung für die nächsten 22 Jahre um und so fort in dauerndem Wechsel. Das sind doch recht merkwürdige Zusammenhänge! Es ist daher denkbar, daß man durch diese Untersuchungen einmal dem Geheimnis der Entstehung von Sonnenflecken auf die Spur kommen wird.

Es geschieht also allerhand auf der Sonne. Und warum sollte es an der Oberfläche eines glühenden Gasballs, der 1 300 000mal grö-

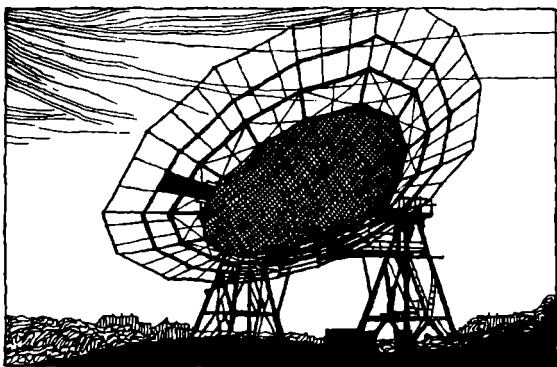


ßer ist als die Erde und in dessen Innern sich Energievorgänge abspielen, die unvorstellbare Ausmaße haben – warum sollte es also in der Oberflächenschicht dieses Sonnenballs ruhig zugehen? Das ist schlechterdings unmöglich. Brodelt es doch schon an der Oberfläche einer kochenden Masse einfachen Wassers, die in einem Topf auf der Flamme steht.

Die gewaltigen Energievorgänge im Innern der Sonne wirken sich bis an die Oberflächenschicht hin aus und führen zu den verschie-

denen Erscheinungen der Sonnenaktivität. Ihre Ursachen im einzelnen genau zu erklären, das ist eine Aufgabe, an der die Wissenschaftler noch arbeiten, und die Beobachtungen während des IGJ werden auch zur Lösung dieser Aufgabe beitragen.

Welche Auswirkungen hat aber die Sonnenaktivität auf unsere Erde? Eine dieser Auswirkungen können wir sogar zu Hause unter bestimmten Bedingungen feststellen.



5. KAPITEL

Die Funkverbindung reißt ab

Die meisten Rundfunkempfänger haben einen Kurzwellenteil (Kurzwellen sind Radiowellen zwischen 100 und 10 m Wellenlänge). Aber nur wenige Menschen hören Kurzwellen-Sender, weil sie nicht so einfach zu empfangen sind wie die Ortssender auf der Mittel-, Lang- und Ultrakurzwellen.

Für viele Einrichtungen, so zum Beispiel für die Post, die Nachrichten-Agenturen, die Botschaften der Länder, die Schiffe auf See oder die Wetterdienste ist der Kurzwellenfunk

aber äußerst wichtig. Mit Kurzwellen kann man einen Sender über Tausende von Kilometern Entfernung hören, und zwar selbst dann, wenn er nur eine verhältnismäßig schwache Sendeleistung hat. Der weltweite Nachrichtenverkehr spielt sich deshalb hauptsächlich auf Kurzwellen ab.

Gesetzt den Fall, wir wären regelmäßige Benutzer der Kurzwelle, so könnten wir gelegentlich etwas Merkwürdiges beobachten: Plötzlich ist im ganzen Kurzwellenbereich nichts mehr zu hören! Welchen Sender wir auch einstellen, es bleibt still. Ist der Empfänger defekt? Nein! Aber es hat eine Eruption auf der Sonne stattgefunden!

Wenn wir einen „Totalschwund“ des Kurzwellenempfangs feststellen, so können wir, ohne ein Fernrohr auf die Sonne zu richten, doch mit Sicherheit behaupten, daß auf der Sonne eine große Eruption stattfindet oder stattgefunden hat. Die beiden Gelehrten Mögel und Dellinger haben den Zusammenhang zwischen Sonneneruption und Totalschwund zum erstenmal erkannt, man nennt diesen Schwund deshalb auch Mögel-Dellinger-Effekt.

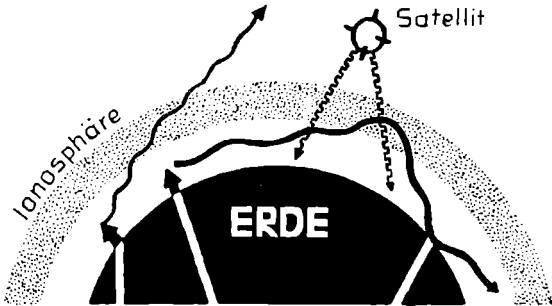
Radiowellen breiten sich ebenso wie Lichtwellen nur gradlinig aus. Entfernen wir uns

weit von einem Leuchtturm, so ist sein Scheinwerfer nicht mehr zu sehen. Durch die Krümmung der Erdoberfläche liegt er dann schon unter dem Horizont. Die Lichtwellen krümmen sich also nicht. Wie ist es aber bei den Radiowellen? Warum kann man einen Sender, der unter dem Horizont liegt, noch empfangen?

Wellenspiegel im Weltraum

Auch die Radiowellen krümmen sich in Wirklichkeit nicht! Jedoch im Unterschied zu den sichtbaren Lichtquellen werden sie immer wieder, wenn sie geradlinig in den Weltraum entweichen wollen, zur Erdoberfläche „zurückgespiegelt“. Die „Spiegel“, die das bewirken, „hängen“ in der Erdatmosphäre, ungefähr in 100 bis 500 km Höhe. So laufen die Kurzwellen im Zickzack-Kurs zwischen Erdoberfläche und „Wellenspiegel“ hin und her und gelangen dabei schließlich um die Erde.

Die Wellenspiegel der Atmosphäre bestehen freilich nicht aus versilbertem Glas, sondern aus Wolken elektrisch geladenen und elektrisch leitenden Gases.



Schema der ionosphärischen Reflexion von Radiokurzwellen

Dicht über dem Erdboden ist die Atmosphäre elektrisch neutral. Aber die Atmosphäre hat viele „Stockwerke“. Je höher wir kommen, desto dünner wird die Luft. Schon in etwa 6000 m Höhe ist sie so dünn, daß wir nicht mehr genug Luft zum Atmen haben und deshalb ein künstliches Atemgerät benutzen müssen. In den noch höheren Stockwerken der Atmosphäre ist die Luft noch viel dünner, aber sie hat außerdem andere merkwürdige Eigenschaften. Ab ungefähr 100 km Höhe beginnt ein Stockwerk der Atmosphäre, das man Ionosphäre nennt, weil hier ein Teil – bis zu 0,1 Prozent – der Gasatome ionisiert sind. Was bedeutet das?

Jedes Atom besteht aus einem Kern und einer Hülle. In der Hülle befinden sich normalerweise ebenso viele Elektronen wie sich im Atomkern Protonen befinden. Elektronen und Protonen sind kleinste Bestandteile des Atoms, Elektronen sind elektrisch negativ geladen, die Protonen positiv. Nun kommt es aber vor, daß aus der Elektronenhülle des Atoms ein oder sogar mehrere Elektronen herausgeschlagen werden. Dann hat das Atom weniger Elektronen als Protonen, also auch weniger negative elektrische Ladungen als positive. Man sagt: Es ist elektrisch geladen und bezeichnet es als Ion (sprich: i-on).

Da die herausgeschlagenen Elektronen nun nicht mehr an ein Atom gebunden sind, nennt man sie freie Elektronen. Die Gesamtheit der freien Elektronen bezeichnet man auch als Elektronengas. Diese Wolken von Elektronengas bilden die Wellenspiegel, welche die Radiowellen zur Erde reflektieren.

Wer schlägt aber die Elektronen aus den Atomhüllen der Luftgase? Es sind besonders die ultravioletten, für das Auge nicht sichtbaren Strahlen der Sonne, die die Atome in den hohen Schichten der Atmosphäre ioni-

sieren. Durch die Ionisation „verbrauchen“ sich die Ultraviolettstrahlen und gelangen nicht mehr bis zur Erdoberfläche, wo sie dem Menschen sowie den Tieren und Pflanzen in großer Stärke gefährlich wären. Das Ionosphären-Stockwerk der Atmosphäre fängt also die Ultraviolettstrahlen ab.

Je mehr Ultraviolettstrahlen die Sonne aussendet, um so tiefer dringt diese Strahlung in die Ionosphäre ein, bevor sie sich verbraucht hat. Nun besteht die Ionosphäre nochmals aus mehreren Schichten, die man nach dem Alphabet mit D, E und F bezeichnet. Die einzelnen Schichten haben in bezug auf die Spiegelung der Radiowellen unterschiedliche Eigenschaften. Die unterste, die D-Schicht, wirft die Radiowellen nicht zur Erde zurück, sondern schwächt, „dämpft“ sie nur. Was geschieht nun, wenn auf der Sonne eine Eruption stattfindet, bei der besonders viele Ultraviolettstrahlen ausgesandt werden?

Die Ultraviolettstrahlen verbrauchen sich nicht in den oberen E- und F-Schichten der Ionosphäre, sondern gelangen noch in die D-Schicht, die sie sehr stark ionisieren. Dann tritt auch eine entsprechend starke Dämpfung der Radiowellen ein, und der Fernempfang von Kurzwellen wird schließlich unmöglich.

Wir sehen also, daß man die Sonnenaktivität auch ohne Fernrohr beobachten und überwachen kann. Ein Totalschwund der Kurzwellen verrät eine Sonnen-Eruption mit ebensolcher Zuverlässigkeit wie der Blick ins Fernrohr. Nun wäre das aber eine ziemlich unvollkommene und ungenaue Methode der Sonnenbeobachtung, wenn man nur auf das Eintreten von Totalschwund wartete. Die Wissenschaftler haben deshalb noch andere und genauere Methoden der Sonnenbeobachtung ohne Fernrohr ausgearbeitet.

Wo man die Sonne rauschen hört

Im Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Berlin-Adlershof gibt es keine Fernrohre. Nur aus Liebhaberei haben sich die Wissenschaftler dort ein kleines Fernrohr aufgestellt, das sie für ihre wissenschaftlichen Sonnenbeobachtungen nicht brauchen. Selbst wenn der Himmel bewölkt ist, und man im Fernrohr sowieso nichts von der Sonne sieht, entgeht den Gelehrten im Hertz-Institut keine Sonneneruption! Hier kann man nämlich die Sonne mit besonderen Geräten

auch „hören“. Aus einem Lautsprecher ertönt ein Rauschen, das, wenn eine Sonneneruption stattfindet, lauter wird und zuweilen von einem Prasseln und Knacken unterbrochen wird. Das ist die „Radiomusik“, welche die Sonne bei Eruptionen aussendet.

Die Sonne strahlt ständig Radiowellen aus, auch dann, wenn keine Eruptionen stattfinden. Diese dauernde Strahlung bleibt ungefähr gleich stark, und man nennt sie die „ruhige Komponente“. Sie erzeugt das ruhige Rauschen im Lautsprecher. Wenn aber auf der Sonne Flecken, Fackeln oder Eruptionen entstehen, kommt zur ruhigen noch die „gestörte Komponente“ hinzu. Im Dezimeterwellen-Bereich steigt dann die Stärke der Radiowellen-Strahlung von der Sonne für kurze Zeit auf das Zehn- bis Fünfzigfache des Normalen an, im Meterwellen-Bereich sogar auf das Millionenfache! In diesem Bereich entstehen viele kurzzeitige Radiowellen-„Ausbrüche“, so ähnlich wie bei einem Gewitter in kurzen Zeitabständen Blitze aufeinanderfolgen.

Ein solches „Sonnengewitter“ im Meterwellen-Bereich kann mehrere Stunden andauern. Man vermutete, daß die Radiowellen-Ausbrüche der Sonne durch gewitterähnliche,

aber noch viel gewaltigere elektrische Entladungen in der Sonnenatmosphäre hervorgerufen werden. Diese Vermutung galt es durch die Forschungen des IGJ zu bestätigen.

Auf dem Gelände des Hertz-Instituts in Berlin-Adlershof sieht man mehrere flach gewölbte schalenförmige Gebilde aus Metall. Diese Parabolspiegel-Antennen sind die Empfangsantennen für die Radiowellen der Sonne. An sie sind komplizierte Empfänger angeschlossen. Der größte Luxus-Super, den es zu kaufen gibt, ist ein Kinderspielzeug im Vergleich zu diesen Empfängern. Der Sonnen-Empfänger enthält bis zu etwa 100 Elektronenröhren, unser Luxus-Super zu Hause höchstens 20. Aber abgesehen von der Röhrenzahl sind komplizierte Geräteanordnungen nötig, um das leise Rauschen der Sonne überhaupt von dem Verstärkerrauschen zu unterscheiden, das jede Elektronenröhre selbst erzeugt. Wenn wir in unserem Empfänger zu Hause ein Rauschen und Prasseln zwischen den Stationen hören, so rührt das also nicht von der Sonne her.

Die Sonne ist rund 150 000 000 km von der Erde entfernt. Auf diesem weiten Weg werden ihre Radiowellen so geschwächt, daß sie

auf der Erde nur noch als ganz schwache Signale ankommen und daher mit gewöhnlichen Radioapparaten nicht zu empfangen sind. Das Rauschen und Prasseln in unserem Rundfunkempfänger stammt teils von technisch, teils von natürlich verursachten Vorgängen in der Nachbarschaft und in der Erdatmosphäre.

Die Parabolspiegel-Antenne und den angeschlossenen Spezialempfänger bezeichnet man zusammen als Radioteleskop, was in der wörtlichen Übersetzung Radio-Fernrohr bedeutet. Unsere Deutsche Demokratische Republik verfügt über das zweitgrößte Radioteleskop der Welt. Der Durchmesser seiner Parabol-Antenne beträgt 36 m. Dieses Gerät steht im Hertz-Institut in Berlin Adlershof.

Von der Größe des Antennen-Durchmessers ist die Genauigkeit der Richtwirkung der Antenne abhängig. Die Richtwirkung ist deshalb erforderlich, weil nicht nur die Sonne, sondern auch viele andere Himmelsobjekte Radiowellen aussenden. Die Gelehrten wollen aber nicht die gesamte Radiowellen-Strahlung empfangen, die von einem größeren Bereich des Himmels ausgeht, sondern nach Möglichkeit nur die eines einzigen

Sterns. Das erreicht man unter anderem durch recht große Antennen-Durchmesser. Doch sind so große Antennen sehr schwer mit der erforderlichen Exaktheit zu bauen, und es bereitet größte Schwierigkeiten, sie der scheinbaren Bewegung der Himmelsobjekte nachzuführen. Es war daher eine hervorragende technische und wissenschaftliche Leistung unserer Republik, dieses Riesen-Radioteleskop zu bauen. Es fand die höchste Anerkennung der Wissenschaftler aller Länder.

Die Radiobeobachtung der Sonne erfolgt ständig, bei schlechtem wie bei gutem Wetter. Es ist nicht einmal notwendig, daß dauernd jemand am Empfänger sitzt und die Sonne abhört. Die Stärke der Radiostrahlung der Sonne wird vielmehr als fortlaufende Kurve auf einem Papierstreifen aufgezeichnet. Das ist für die wissenschaftliche Auswertung viel praktischer. Im Hertz-Institut und im Astrophysikalischen Observatorium Potsdam arbeiteten während des IGJ gleichzeitig mehrere Radioteleskope. Jedes empfing eine andere Wellenlänge. So wurde ein Überblick darüber gewonnen, wie sich die Sonnenausbrüche auf die einzelnen Radiowellenlängen verteilen. Das wird der Wissen-

schaft neue Einblicke in die Physik der Sonne verschaffen.

Das Hertz-Institut und seine Nebenstellen in Strelitz und Juliusruh auf Rügen beobachten die Sonne noch auf eine andere indirekte Weise. Dies ist eine Verfeinerung des schon geschilderten Verfahrens, auf den Total-schwund zu achten. Kurzwellen-Empfänger hören ständig bestimmte Sender aus anderen Ländern, auch aus Übersee, ab. Die wechselnde „Lautstärke“ des Empfangs wird ebenfalls als fortlaufende Kurve aufgezeichnet. Zunächst besagt diese Kurve nur etwas über die wechselnden Ausbreitungsbedingungen für Radiowellen zwischen bestimmten Punkten der Erde. Da diese Ausbreitungsbedingungen aber durch die Sonne beeinflusst werden, kann man daraus auch mittelbar Rückschlüsse auf die Sonnentätigkeit ziehen.

Die Wissenschaftler erfanden aber noch viel kompliziertere Geräte, mit denen man feststellen kann, wie viele aus Atomen herausgeschlagene freie Elektronen sich je Kubikzentimeter in bestimmten Höhen befinden. Man braucht dazu gar nicht in diese Höhen aufzusteigen oder eine Rakete auszusenden. Die Elektronenzahl wird allein mit Hilfe von

Radiowellen ermittelt – eine wissenschaftliche Detektivarbeit!

Zur Erklärung dieses Vorgangs muß man wissen, daß sich die „Wellenspiegel“ der Ionosphäre nicht immer in gleichbleibenden Höhen befinden. Weiterhin reflektieren die Schichten der Ionosphäre nicht alle Radiowellenlängen gleich gut. Stets werden nur Radiowellen bis zu einer bestimmten Grenze der Wellenlänge reflektiert. Man bezeichnet sie als Grenzwellenlänge oder – da jeder Wellenlänge eine bestimmte Frequenz (Schwingungszahl je Sekunde) entspricht – als Grenzfrequenz. Radiowellen, die eine kürzere Wellenlänge haben als die Grenzwellenlänge, werden also nicht mehr reflektiert.

Die Grenzwellenlänge bleibt aber nicht immer gleich, sondern ändert sich ebenfalls mit den wechselnden physikalischen Zuständen der Ionosphäre.

Es ist für die Wissenschaft besonders interessant, fortlaufend die Grenzwellenlänge zu ermitteln, denn daraus kann man die Zahl der freien Elektronen in der reflektierenden Schicht errechnen. Je mehr freie Elektronen je Kubikzentimeter in der Ionosphärenschicht enthalten sind, desto kürzere Wellenlängen

werden noch reflektiert, desto kleiner ist die Grenzwellenlänge.

Die Ermittlung der Anzahl freier Elektronen läßt noch eine andere Messung zu. Man kann nämlich so feststellen, in welcher Höhe sich die reflektierende Schicht der Ionosphäre gerade befindet. Nun erst gewinnt man ein Bild der zeitlichen und räumlichen Veränderungen in der Ionosphäre.

Die Höhe der reflektierenden Schichten ist verhältnismäßig einfach zu messen. Eine Radiokurzwellen wird als gebündelter Richtstrahl steil nach oben gesandt. (Kurzwellen lassen sich nämlich so wie das Licht eines Scheinwerfers zu einem gerichteten Strahl bündeln.) Die ausgesandte Kurzwellen läuft steil nach oben bis zur reflektierenden Schicht der Ionosphäre und wird von dieser wieder zur Erde zurückgeworfen, ebenfalls wie ein Lichtstrahl vom Spiegel. Wenn man nun mißt, wieviel Zeit zwischen dem Absenden der Kurzwellen vom Sender bis zu ihrem Wiedereintreffen aus der Ionosphäre vergeht, kann man daraus die Höhe der reflektierenden Schicht errechnen. Es ist ja bekannt, mit welcher Geschwindigkeit Radiowellen „laufen“, nämlich mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Licht, also mit 300 000 km/s.

Vergeht zwischen Absenden und Wiedereintreffen der Kurzwelle beispielsweise $1/1000$ s, so hat sie in dieser Laufzeit den 1000. Teil von 300 000 km, nämlich 300 km, zurückgelegt. Diese Strecke muß man halbieren, da die Kurzwelle vom Erdboden zur Ionosphäre hinauf- und dann noch einmal denselben Weg herunterläuft. Die Höhe der reflektierenden Schicht betrug in unserem Beispiel also 150 km.

Man nennt dieses Verfahren Impuls-Echolotung, denn die ausgesandte Radiowelle kann man auch als einen elektrischen Impuls bezeichnen, der wie ein Echo aus der Ionosphäre zurückkehrt und dadurch die Höhe der Schicht „lotet“. Zur Messung dieser kurzen Laufzeiten, wie beispielsweise $1/1000$ s, benutzt man einen Oszillographen (Schwingungsschreiber) als „Uhr“.

Der Oszillograph besitzt einen Leuchtschirm, ähnlich wie ein Fernsehempfänger. Doch erscheinen auf diesem Leuchtschirm keine Bilder, sondern nur leuchtende Linien, Zacken oder eigentümlich geformte Figuren, je nachdem, was für elektrische Vorgänge der Oszillograph gerade „aufschreibt“. Im Falle der Zeitmessung kann man den Oszillographen zum Beispiel eine gerade Leuchtspur von

links nach rechts schreiben lassen. Man kann es so einrichten, daß diese Leuchtspur mit einer bestimmten, sehr hohen Geschwindigkeit von links nach rechts über den Bildschirm läuft. Die Leuchtspur legt also innerhalb einer bestimmten Zeit eine bestimmte Strecke auf dem Bildschirm zurück. Damit aber haben wir eine Uhr vor uns, denn auch die gewöhnliche Zeiger-Uhr funktioniert ja nach dem Prinzip, daß der Zeiger in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Strecke auf dem Zifferblatt zurücklegt.

Die Leuchtspur, die beim Oszillographen an die Stelle des Zeigers tritt, hat diesem aber etwas voraus. Erstens kann sie viel schneller laufen als ein gewöhnlicher Uhrzeiger und daher auch ganz kurze Zeiten messen, und zweitens kann man die Leuchtspur aus ihrem Geradeaus-Lauf ablenken. Für einen kurzen Moment weicht sie dann von ihrem geraden Weg ab und schlägt beispielsweise einmal nach oben aus, kehrt dann wieder auf die Grundlinie zurück und läuft geradeaus weiter. Es entsteht also eine Zacke.

Nun wird der Oszillograph so nah an einen Empfänger angeschlossen, daß der Impuls, der vom Richtstrahlsender ausgestrahlt wird, im Augenblick des Abgehens eine Zacke aus-

löst. Ferner soll der Impuls auch dann, wenn er aus der Ionosphäre zurückgekehrt ist und wieder im Empfänger eintrifft, eine zweite Zacke auslösen.

Diese beiden Zacken haben auf dem Bildschirm des Oszillographen einen bestimmten Abstand voneinander. Je länger die Laufzeit des Impulses ist, desto größer wird der Abstand der beiden Zacken sein und umgekehrt. Aus dem Abstand der beiden Zacken ist also die Länge der Laufzeit abzulesen!

Durch besondere technische Kniffe kann man erreichen, daß die Leuchtspur samt den Zacken auf dem Bildschirm nicht nur einen Augenblick, sondern lange Zeit zu sehen bleibt, so daß man diese Vorgänge, obwohl sie blitzschnell erfolgen, doch mit dem Auge beobachten und sogar fotografisch festhalten kann.

Wie wird das Funkwetter?

Die jahrelange genaue Beobachtung der Ausbreitungsbedingungen von Radiowellen hat auch unmittelbar praktische Bedeutung. Denn ebenso, wie die Witterung in den Klimazonen der Erde mit den Jahreszeiten

regelmäßig wechselt, so wechseln mit den Jahreszeiten auch die Ausbreitungsbedingungen der Radiowellen. Dieser Wechsel erfolgt mit noch größerer Regelmäßigkeit als beim Wetter. Daher kann man das „Funkwetter“ für mehrere Wochen voraussagen!

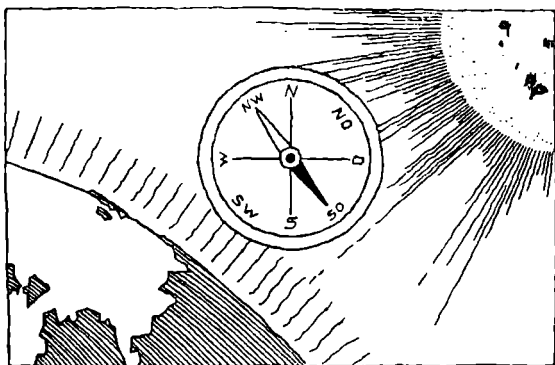
Das Hertz-Institut gibt seit vielen Jahren allen interessierten Dienststellen, die Kurzwellensender und -empfänger benutzen, solche Vorhersagen. Daraus ist zu entnehmen, zu welcher Tageszeit man auf welchen Wellenlängen die besten Funkverbindungen zwischen bestimmten Gebieten der Erde erzielt.

Störungen des Kurzwellen-Fernempfangs, die durch plötzliche große Sonnenausbrüche hervorgerufen werden, lassen sich freilich nicht auf Tag und Stunde genau vorhersagen. Aber kurzfristig ist auch hier in manchen Fällen eine Voraussage möglich. Nehmen wir einmal an, es habe ein heftiger Sonnenausbruch stattgefunden. Bei einer solchen Eruption werden häufig zugleich Gasmassen, Korpuskeln, ultraviolette Strahlen und Röntgenstrahlen ausgesandt. Die letzteren beiden Strahlenarten haben Lichtgeschwindigkeit, erreichen die Erde also schon nach 8,5 Minuten und machen sich sofort in den Instrumen-

ten bemerkbar. Die Korpuskeln „reisen“ aber nicht mit Lichtgeschwindigkeit, sondern mit 750 bis 2000 km/s. Daher brauchen sie für den Weg von der Sonne bis zur Erde zwischen 20 und 60 Stunden. Wenn diese verspäteten Teilchen von der Sonne eintreffen, rufen sie – ganz ähnlich wie die ultravioletten und Röntgenstrahlen – ebenfalls Störungen des Kurzwellen-Fernempfangs hervor, die meist sogar längere Zeit andauern. Derartige Empfangsstörungen kann man aus der Beobachtung einer Sonneneruption voraussagen.

Wenn die Korpuskeln von der Sonne in die Erdatmosphäre einfallen, so regen sie die Gasteilchen in den hohen Schichten der Erdatmosphäre zum Leuchten an, und es entstehen jene herrlichen Polarlichter, die wir hier in unseren geographischen Breiten leider nur selten beobachten können. Aber wie der Name sagt, sind sie in den Polargebieten häufig. Das liegt daran, daß die von der Sonne kommenden Korpuskeln elektrisch geladen sind. Geladene Teilchen aber werden in einem Magnetfeld stets abgelenkt. Die magnetischen Pole der Erde, die in den Polargebieten liegen, ziehen daher besonders viele Korpuskeln in die Nähe dieser Gebiete.

Die Polarlichter sind deshalb mit einiger Wahrscheinlichkeit ebenfalls aus dem Beobachten einer Sonneneruption vorherzusagen. Wenn das Hertz-Institut oder das Astrophysikalische Observatorium Potsdam während des IGJ eine große Sonneneruption beobachteten, so gaben sie sofort eine Meldung an die beiden Nachrichtenzentralen in Moskau und Washington. Von hier aus wurden alle Forschungsstationen in den Polargebieten unterrichtet, daß innerhalb eines bestimmten Zeitraums wahrscheinlich Polarlichter zu erwarten sind. Die Stationen konnten sich dann gut darauf vorbereiten, diese interessanten Naturereignisse genau zu verfolgen und alle ihre Begleiterscheinungen zu messen.



6. KAPITEL

Die Magnetnadel tanzt zur Sonnenmusik

Die Erde ist ein Kugelmagnet. Dadurch ist es möglich, mit Hilfe einer Magnetnadel, die sich im Kompaß befindet, die Himmelsrichtungen festzustellen. Der Nordpol der Magnetnadel wird vom magnetischen Südpol der Erde angezogen und zeigt daher genau in diese Richtung. Wir wollen uns aber gleich merken, daß sich der magnetische Südpol der Erde am geographischen Nordpol befindet und der magnetische Nordpol am geo-

graphischen Südpol. Doch befinden sich die magnetischen Pole der Erde nicht genau an den geographischen Polen, sondern nur in deren Nähe. Die Kompaßnadel zeigt daher nicht ganz genau nach Norden, sondern etwas weiter westlich daneben. Diese Abweichung bezeichnet man als Deklination. Sie muß beim Bestimmen der Himmelsrichtung mit dem Magnetkompaß berücksichtigt werden.

Die magnetischen Pole der Erde bleiben aber nicht für alle Zeiten an der gleichen Stelle, sondern sie wandern!

Die hauptsächliche Ursache des Erdmagnetismus (= Geomagnetismus) ist die Zusammensetzung des Erdinnern. Ab etwa 2900 km Tiefe unter der Erdoberfläche befindet sich der Erdkern in einem zähflüssigen Zustand, und die Teilchen der Materie des Erdkerns sind elektrisch geladen. Sie wandern in einer zähflüssigen Strömung langsam weiter. Nun ist aber – physikalisch betrachtet – das, was wir Strom nennen, nichts weiter als ein gerichtetes Wandern elektrischer Ladungen. Folglich stellt die Bewegung der Materie im Erdkern einen elektrischen Strom dar. Elektrischer Strom aber erzeugt stets Magnetismus! Damit verursacht das langsame Wan-

den der Materiemassen im Erdkern einen Magnetismus, nämlich den Erdmagnetismus.

Die Hauptströmung der Materiemassen im Erdkern ändert sich allmählich im Verlaufe von Jahrzehntausenden, und daher wandern auch die Magnetpole. Außer dem langsamen Hauptstrom bilden sich an der Oberfläche des zähflüssigen Erdkerns aber noch unregelmäßige kleinere Wirbelströme. Sie bewirken ebenfalls ein Wandern der Magnetpole. Dieses erfolgt aber viel schneller, und dabei verlagern sich die Magnetpole bereits innerhalb von Jahrhunderten und Jahrzehnten. Wenn die Magnetpole ihre Lage ändern, so ändert sich aber auch die Richtung, nach der die Magnetnadel des Kompasses abgelenkt wird. Wir sehen also: Die Deklination kann schon aus den geschilderten Gründen für einen Ort nicht zu allen Zeiten gleichbleiben.

•

Eiertanz der Magnetpole

Man hat festgestellt, daß der magnetische Südpol der Erde einen „Eiertanz“ ausführt, der nach jeweils fünf Jahrhunderten immer wieder an die Ausgangsstelle zurückführt.

Die Kirchenbaumeister des alten London richteten die Kirchen streng nach dem Magnetkompaß aus. Daher können wir an der Richtung der Kirchengebäude noch heute erkennen, in welche Richtung die Kompaßnadel damals zeigte und wo der magnetische Südpol lag, als die Kirchen gebaut wurden. (Es gibt aber noch andere Methoden, um die Lage der Magnetpole in früheren Zeiten festzustellen.)

Der magnetische Nordpol der Erde ist allerdings von diesem Eiertanz nicht ausgenommen, sondern wandert ebenfalls in einem bestimmten Rhythmus umher. Es gibt also viel Arbeit für die Erforscher des Geomagnetismus, die alle diese Vorgänge genau verfolgen. Noch ein weiterer Umstand kompliziert die Erforschung des Erdmagnetismus. An manchen Stellen liegen Gesteine in der Erdkruste, die Eisenoxyde oder Oxyde anderer magnetischer Metalle enthalten. In der Nähe solcher Lagerstätten wird die Magnetnadel außer durch das Magnetfeld des Erdkerns auch durch die Metalle abgelenkt. Man bezeichnet diese örtlichen Unregelmäßigkeiten als Magnetanomalien.

Wenn sich Schiffe oder Expeditionen nach dem Magnetkompaß orientieren wollen, so

brauchen sie also zuverlässige Angaben über die Deklination an jedem einzelnen Ort der Erde. Darum müssen sie nicht nur geographische Land- und Seekarten mitführen, sondern auch magnetische Karten der Erde, auf denen für jeden Ort die Besonderheiten der magnetischen Abweichungen verzeichnet sind. Eine große Aufgabe der geomagnetischen Forschung im IGJ bestand deshalb darin, neue und recht genaue magnetische Karten der Erde zusammenzustellen. Zu diesem Zweck mußten an möglichst vielen Stellen der Erdoberfläche genaue magnetische Messungen durchgeführt werden.

Ein unmagnetisches Schiff

Eine besondere Rolle spielte dabei das sowjetische Forschungsschiff „Sarja“.

Für magnetische Messungen auf dem Meere kann man nicht gut ein gewöhnliches Schiff verwenden, denn heute werden Schiffe nicht mehr aus Holz, sondern aus Eisen und Stahl gebaut. Der stählerne Schiffsleib lenkt aber – genau wie eine Eisenerzlagerstätte in der Erdkruste eine Magnetanomalie erzeugt – die Magnetnadel ab. Folglich schleppt ein

Schiff aus Eisen sozusagen dauernd eine künstlich erzeugte Magnetanomalie mit sich umher.

Auf Schiffen, die keine magnetischen Forschungen treiben, sondern einen Magnetkompaß nur zur Orientierung benutzen, hilft man sich durch die Anwendung von Kompensationsmagneten. Sie werden so um den Kompaß aufgestellt, daß sie die ablenkende Wirkung der Eisen- und Stahlmassen des Schiffs etwa ausgleichen (= kompensieren). Diese Kompensation kann aber nicht so genau sein, wie es für Forschungszwecke nötig wäre.

Der sowjetische Schoner „Sarja“ ist das zur Zeit einzige unmagnetische Schiff der Welt. Er ist fast gänzlich aus unmagnetischen Materialien, wie Holz, Bronze und Messing, gebaut. Ein Segelschiff im Dienste der wissenschaftlichen Forschung! Doch hat die „Sarja“ zur Reserve auch einen Hilfsmotor. Die magnetischen Messungen dieses Schiffes brachten während des IGJ wichtige neue Erkenntnisse für die Zusammenstellung neuer erdmagnetischer Karten.

Die magnetische Vermessung der Erde hat also größte Bedeutung für die Navigation. Darüber hinaus sind die magnetischen Mes-

sungen aber auch für die Suche von Erz-lagerstätten von größter Bedeutung. Da sich manche dieser Lagerstätten durch Magnet-anomalien bemerkbar machen, kann man sie auf diese Weise finden. In unserer Repu-blik wird mit erdmagnetischen Meßgeräten eine systematische Lagerstättensuche betrie-ben, und in der Sowjetunion entdeckte ein Flugzeug-Pilot erst in den letzten Jahren wie-der mit Hilfe eines einfachen Kompasses ein großes Eisenerzlager. Es fiel ihm auf, daß sein Kompaß beim Überfliegen eines be-stimmten Geländes immer wieder unruhig wurde. Er teilte seine Beobachtungen einem wissenschaftlichen Institut mit, das daraufhin magnetische Präzisionsmessungen in dem betreffenden Gebiet durchführte und so die Lagerstätten ausfindig machte.

Wir wollen uns merken, daß die Wissen-schaftler einen Unterschied machen zwischen den magnetischen und den geomagnetischen Polen der Erde. An den magnetischen Polen zeigt die Magnetnadel direkt in den Boden und wird in waagerechter Richtung nicht mehr abgelenkt.

Da das Magnetfeld auf der ganzen übrigen Erde aber viele Unregelmäßigkeiten auf-weist, zeigen die Magnetnadeln nicht von

allen Stellen der Erde aus genau auf die magnetischen Pole, sondern mehr oder weniger daneben. Errechnet man nun aus diesen Richtungsweisungen der Magnetnadel von den verschiedenen Stellen der Erde aus eine durchschnittliche Lage der Pole, so hat man die geomagnetischen Pole bestimmt.

Im Unterschied zu den magnetischen Polen bilden die geomagnetischen also nur „gedachte“ Punkte, ebenso wie die geographischen Längen- und Breitengrade gedachte Linien sind.

In der Wissenschaft vom Erdmagnetismus gibt es aber noch schwierigere Dinge, und der Erdmagnetismus hat noch eine andere Ursache. Sie macht den Erdmagnetismus noch verwickelter und veränderlicher.

Wir wissen ja bereits, daß in großen Höhen der Atmosphäre Ionen, also elektrisch geladene Teilchen, vorhanden sind. Auch diese Teilchen befinden sich nicht in Ruhe, sondern wandern, ergeben also einen elektrischen Strom und damit auch Magnetismus! Diese ionosphärische Ursache des Erdmagnetismus ist noch bedeutend veränderlicher als die aus dem Erdkern stammende, denn die Zahl der Ionen in der Atmosphäre unterliegt viel stärkeren Schwankungen. Daher verursacht die

Ionosphäre dauernd feine Veränderungen des Erdmagnetismus.

Zum Glück macht aber der durch die Ionosphäre hervorgerufene Magnetismus nur etwa 5 Prozent der Kraft aus, welche die Magnetnadel ausrichtet. Daher zeigt die Magnetnadel eines gewöhnlichen Kompasses diese feinen Schwankungen in der Regel gar nicht an. Nur bei ganz besonders starken ionosphärischen Störungen, zum Beispiel während eines Polarlichts, kann man unter Umständen sogar eine gewöhnliche Kompaßnadel „tanzen“ sehen.

In eigens dafür konstruierten wissenschaftlichen Magnet-Meßgeräten wird die Magnetnadel aber schon durch ganz feine Veränderungen der Ionosphäre in Unruhe versetzt. Denn es ändert sich ja die Kraft, mit der die Magnetnadel angezogen wird, und auch die Richtung, in welche sie angezogen wird. Wenn man ein solches Präzisions-Meßgerät tagelang genau beobachtet, so zeigen sich regelmäßig täglich Schwankungen. Sie werden durch den Wechsel von Tag und Nacht verursacht. Nachts können ja keine Ultraviolettstrahlen von der Sonne die Gasteilchen der hohen Atmosphäre ionisieren. Auch im Verlauf der Jahreszeiten kann man einen

regelmäßigen Wechsel der ionosphärisch bedingten Erscheinungen des Erdmagnetfeldes beobachten.

Außer diesen regelmäßigen Schwankungen treten aber auch unregelmäßige magnetische „Störungen“ auf. Und hieran ist wiederum die Sonnenaktivität schuld. Denn bei Sonneneruptionen kommen ja besonders viele Ultraviolettstrahlen in der Ionosphäre an, diese wird also stärker ionisiert, und folglich erzeugt sie plötzlich auch einen stärkeren Magnetismus.

Wir werden uns nun nicht mehr darüber wundern, daß die Wissenschaftler Sonneneruptionen auch mittels magnetischer Meßgeräte, also ohne Fernrohr, feststellen können.

Flucht vor der S-Bahn

In der Wissenschaft vom Erdmagnetismus hat unsere Deutsche Demokratische Republik besondere Erfolge zu verzeichnen. Viele geomagnetische Institute Europas richten sich bei der Berechnung ihrer Meßdaten nach dem Institut unserer Republik, weil dieses besonders genaue Messungen durchführt. Die hauptsächlichliche geomagnetische Forschungs-

stelle unserer Republik ist das Adolf-Schmidt-Observatorium in Niemegek.

Ursprünglich befanden sich die magnetischen Meßgeräte in Potsdam. Aber die Geräte arbeiteten so genau, daß sich selbst der kurzzeitige Magnetismus, der beim Anfahren eines elektrischen Schnellbahnzuges der Berliner S-Bahn entsteht, in diesen Geräten bemerkbar machte. Die Kurve, welche die fortwährenden feinen Änderungen des Erdmagnetismus automatisch aufzeichnete, wurde schließlich zu einer Aufzeichnung des S-Bahn-Betriebes, aus der die Veränderungen des Erdmagnetismus nur noch schwer zu entziffern waren.

Daraufhin mußten die Meßgeräte in die „magnetisch ruhigere Gegend“ von Niemegek verlegt werden.

Die Meßhäuser im Adolf-Schmidt-Observatorium sind, wie das unmagnetische Schiff „Sarja“, vollkommen aus unmagnetischen Materialien aufgebaut, um jede Fehlerquelle bei den Messungen zu vermeiden.

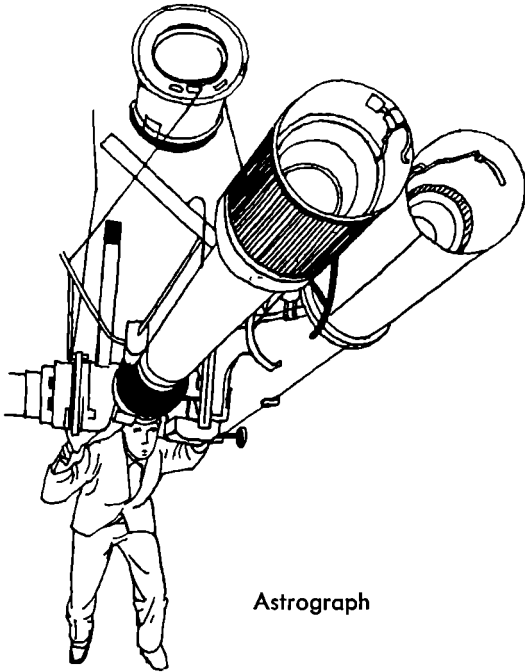
Das Institut entwickelt auch Meßgeräte zur Suche von Erzlagerstätten. Mit solchen Geräten kann man sogar unter der Erde liegende Bomben-„Blindgänger“, die möglicherweise noch explodieren könnten, auffinden. Viele

dieser „magnetischen Feldwaagen“ werden ins Ausland exportiert.

Ferner schufen Wissenschaftler und Ingenieure unserer Republik ein Gerät, das es bisher auf der ganzen Erde nur einmal gibt. Man nennt es den absoluten magnetischen Theodoliten oder auch magnetisches Urmeter. Die USA haben sich neun Jahre vergeblich bemüht, ein solches Gerät zu bauen. Es gelang ihnen nicht, die dabei entstehenden meßtechnischen Schwierigkeiten zu überwinden. Mit dem Bau dieses Geräts und den vielen magnetischen Präzisionsmessungen leisteten die Gelehrten und die Techniker unserer Republik einen hervorragenden und von der internationalen Wissenschaft hoch eingeschätzten Beitrag zum Gelingen des IGJ.

Die Notbeleuchtung unseres Planeten

Man sagt, nachts sei der Himmel dunkel. Aber genaugenommen stimmt das gar nicht. Auch die Stellen des Himmels, an denen sich keine Sterne befinden, sind nicht völlig dunkel, sondern leuchten etwas. Den Astronomen, die ferne Sternsysteme des Weltalls fotografie-



Astrograph

ren möchten, bereitet dieser Umstand großes Kopfzerbrechen. Denn je weiter ein Sternsystem entfernt ist, desto schwächer ist das Licht, das noch die Erde erreicht. Von einer gewissen Entfernung an ist das Licht dieser Sternsysteme so schwach, daß es gar nicht mehr heller als die allgemeine Helligkeit des Nachthimmels ist. Dann sind jene Sternsysteme überhaupt nicht mehr zu erkennen.

Dieses Problem war kein Gegenstand des IGJ, aber das Leuchten des Nachthimmels gehörte ebenfalls zum Beobachtungsprogramm. In der Deutschen Demokratischen Republik beschäftigte sich die Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften besonders damit. Aber auch von vielen anderen Stellen unserer Republik aus wurde diese Erscheinung beobachtet. Die Sternwarte Sonneberg gab dazu die Anleitungen und sammelte die Ergebnisse. Das Nachthimmelleuchten wird einesteils dadurch hervorgerufen, daß das Licht der Sterne in der Atmosphäre zerstreut wird, andernteils aber dadurch, daß die Atome der Luftgase etwas von der Energie, die sie tagsüber aus der Sonnenstrahlung aufgenommen haben, nachts in Form von Licht wieder abgeben. Man darf das Nachthimmelleuchten aber nicht mit dem Leuchten des Himmels über einer Großstadt verwechseln. Dieses Leuchten entsteht, wenn der Dunst oder eine Wolkendecke das Licht der zahlreichen Straßenlampen oder Leuchtreklamen reflektiert. Das natürliche Nachthimmelleuchten ist am besten außerhalb von Städten in klarer Luft zu beobachten. Manchmal ist es schwächer, manchmal stärker,

und in seltenen Fällen wird es so hell, daß man nachts auf freiem Felde das Zifferblatt einer Uhr ablesen kann. Auch die Form des Nachthimmelleuchtens wechselt. Einmal ist eine große Fläche des Himmels aufgehell, ein andermal zeigen sich nur helle Streifen oder auch unregelmäßig geformte helle Flächen. Bei sehr hellem Nachthimmelleuchten kommen auch Störungen des Kurzwellen-Fernempfangs vor, aber keine magnetischen Störungen.

Im August ist das Nachthimmelleuchten besonders stark, außerdem auch vom November bis Februar. Wahrscheinlich fliegt die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne während mancher Monate durch besonders staubreiche „Gegenden“ unseres Planetensystems. Dabei fällt dann mehr kosmischer Staub in die Erdatmosphäre ein als sonst. Die Staubteilchen selbst leuchten zwar nicht, aber sie übertragen die Energiestöße zwischen den Atomen und Molekülen der Luftgase. Wahrscheinlich kommt als zweite Ursache des Nachthimmelleuchtens noch hinzu, daß sich die Atmosphäre in manchen Jahreszeiten in einem Zustand befindet, der die Ausbildung solcher Leuchterscheinungen begünstigt.

Das Nachthimmelleuchten geht von Höhen zwischen 90 und 180 km über dem Erdboden aus, am stärksten ist es meist in etwa 120 km Höhe. Die Zerlegung des Nachthimmellichts in sein Spektrum ergab, daß das Leuchten von Stickstoff-Molekülen, Sauerstoffatomen und von Natrium verursacht wird.

Stickstoff und Sauerstoff findet man überall als Hauptbestandteile der Lufthülle unseres Planeten. Aber wie das Natrium in so große Höhen gelangt, ist bisher noch ungeklärt. Vielleicht ist es mit Meteorteilchen aus dem Weltraum in die hohe Atmosphäre gekommen, vielleicht schleudert es auch die Sonne bei Eruptionen bis auf die Erde.

Während das Polarlicht im wesentlichen nur in den Polargebieten auftritt, ist das Nachthimmelleuchten über allen geographischen Breiten der Erde zu beobachten. So geben einzelne Naturerscheinungen der Wissenschaft immer wieder neue Rätsel auf und regen die Wissenschaftler zu weiteren Forschungen an.

Zum Programm des IGJ gehörte auch die Beobachtung der leuchtenden Nachtwolken. Sie sind nicht in dem Sinne Wolken, wie die uns vom Wetter her bekannten. Denn sie bestehen nicht aus schwebenden Wassertröpf-

chen oder Eiskristallen, sondern aus festen Staubteilchen. Sie schweben in Höhen um 80 km.

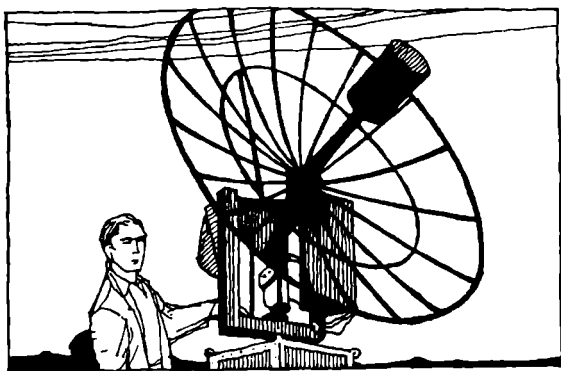
Früher nahm man an, daß sie bei heftigen Vulkanausbrüchen in große Höhen geschleudert wurden. Heute hält man es aber für wahrscheinlicher, daß es sich hierbei um kosmischen Staub handelt, der aus dem Weltall gekommen ist und sich der Erdatmosphäre einverleibt hat. Diese Staubwolken senden kein eigenes Licht aus, sondern reflektieren nur das Licht der Sonne. Deshalb kann man sie weder am Tage noch während der Nacht beobachten, sondern nur während bestimmter Phasen der Dämmerung, vor allem in der hochsommerlichen Mitternachtsdämmerung.

Am Tage ist das von ihnen reflektierte Licht so schwach, daß es von der Tageshelligkeit des Himmels überstrahlt wird. Wenn der Himmel in der Dämmerung schon stark abgedunkelt, andererseits die Sonne aber nur so wenig unter den Horizont gesunken ist, daß ihr Licht den in großer Höhe schwebenden Staub noch etwas anstrahlt, dann heben sie sich silberglänzend vom Himmel ab und bieten einen sehr schönen Anblick.

Man muß aber schon viel Glück haben, um

sie einmal zu beobachten. Denn abgesehen davon, daß sie sowieso nur unter bestimmten Bedingungen sichtbar werden, sind sie auch sehr selten. Wenn es aber gelänge, ihren Weg einmal über längere Zeit zu verfolgen, so könnte man daraus Rückschlüsse auf die „Windstärke“ in großen Höhen der Atmosphäre ziehen.

In unserer Republik war die Sternwarte Sonneberg um die Beobachtung dieser Leuchterscheinungen besonders bemüht.



7. KAPITEL

Luftballons für die Wissenschaft

Jahraus, jahrein messen ungezählte meteorologische Stationen der Erde die Temperatur, den Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit, die Windstärke, -richtung und die Niederschlagsmenge, sie beobachten die Wolkenbildung und andere Wettervorgänge. Diese Messungen und Beobachtungen bilden die Grundlagen der Wettervorhersage. Wenn die „Wetterfrösche“ aber sowieso schon täglich Messungen durchführen, konnten sie dann im IGJ noch besondere Aufgaben haben?

Ein Meteorologe würde über diese Frage nur lächeln und uns etwa folgendes erklären:

„Wir Meteorologen sollen aus der Luftbelegung in der Erdatmosphäre das Wetter vorhersagen, aber wir kennen diese Luftzirkulation ja nur durch Stichproben. Meist wird nur dicht über dem Erdboden gemessen. Die Luftschicht der Atmosphäre, in der sich das Wetter abspielt – wir nennen diese Schicht Troposphäre – reicht aber nicht bloß 3 m hoch, sondern bis über 10 km.

Auch das nächsthöhere Stockwerk der Atmosphäre, die Stratosphäre, beeinflußt noch das Wetter.

Um einen genauen Überblick über die Luftzirkulation zu gewinnen, müßten wir von allen Höhenlagen der Troposphäre und der unteren Stratosphäre die meteorologischen Daten kennen. Aber nur in wenigen Stationen können wir es uns leisten, täglich Radiosonden bis in 30 km Höhe hinaufzuschicken und mit ihnen die meteorologischen Daten zu messen.

Außerdem gibt es zwar bei uns und in anderen dichtbesiedelten Ländern viele meteorologische Stationen, aber in den weniger besiedelten Ländern und auf den Ozeanen gibt es zuwenig davon.

Was sich über diesen Gebieten in der Troposphäre abspielt, beeinflußt unser Wetter ebenfalls, und daher müßte man das Wettergeschehen über Ozeanen und entlegenen Ländern auch genau beobachten.

Um unsere Wettersvorhersagen noch zuverlässiger zu gestalten und das Wetter nicht nur für den nächsten, sondern auch noch für den übernächsten Tag vorhersagen zu können, müßte es auf der ganzen Erde ein dichtes Netz von Wetterstationen geben. Überall müßten Messungen der meteorologischen Daten bis zu 30 km Höhe erfolgen.“

Vielleicht werden wir jetzt die Leistung der Meteorologen richtiger und erkennen an, daß trotz alledem 85 Prozent der Wettersvorhersagen eintreffen. Was aber die Wünsche der Meteorologen betrifft, so sind sie heute noch nicht zu erfüllen. Der Betrieb meteorologischer Stationen kostet Geld, und zwar um so mehr, je entlegener und unbewohnter das Gebiet ist, in dem die Station unterhalten wird.

Aber im IGJ erfüllten sich die Wünsche der Meteorologen doch wenigstens einmal vorübergehend und teilweise. Das Netz der Wetterstationen wurde auch dort, wo es normalerweise nur wenige Stationen gibt,

stark verdichtet. Denken wir nur wieder an die Antarktis!

Überall auf der Erde ließ sich allerdings das Stationsnetz selbst im IGJ nicht so verdichten. Doch die Wettervorgänge wurden nach internationaler Vereinbarung entlang bestimmter geographischer Längen- und Breitengrade in allen Ländern und auf den Ozeanen besonders genau unter die Lupe genommen. In diesen Schwerpunktzonen beobachtete man übrigens nicht nur die Wettervorgänge, sondern auch viele der anderen im IGJ untersuchten Naturvorgänge besonders sorgfältig. Eine solche Schwerpunktzonen der Forschung, nämlich die um den 10. östlichen Längengrad, führte auch durch unsere Deutsche Demokratische Republik.

Die Messungen mit Hilfe von Radiosonden spielen in der modernen Meteorologie eine besonders wichtige Rolle. Man nennt diesen Zweig der Wetterkunde Aerologie. In der Deutschen Demokratischen Republik arbeiteten insbesondere drei aerologische Stationen am Forschungsprogramm des IGJ, und zwar die in Lindenberg, Dresden und Greifswald.

Fliegende Wetterwarten

Eine Radiosonde enthält Meßgeräte für die Temperatur, den Druck und die relative Feuchtigkeit der Luft. Die Meßergebnisse dieser Instrumente werden in elektrische Signale umgewandelt und von einem kleinen Radiosender über einen Antennendraht ausgestrahlt. Ein Ballon trägt die ganze Gerätekombination empor. Solche Ballone erreichen 20 und in günstigen Fällen sogar 30 km Höhe. Von der Bodenstation aus hört man die elektrischen Signale des Radiosenders ab und weiß so, welche Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitsverhältnisse in den Höhen herrschen, die die Radiosonde nacheinander durchflogen hat.

Man kann aber noch andere meteorologische Daten durch den Aufstieg einer Radiosonde ermitteln. Wenn wir einen Kinder-Luftballon aufsteigen lassen, so können wir beobachten, daß er nicht nur immer höher steigt, sondern auch seitlich abtreibt. Er treibt um so schneller seitlich ab, je stärker der Wind ist.

Mit einer Radiosonde verhält es sich genauso. Aus der Richtung, nach der sie abtreibt, und aus ihrer Geschwindigkeit kann man Rückschlüsse auf Windrichtung und -stärke in den

verschiedenen Höhenlagen ziehen. Allerdings muß man den Weg des Ballons dauernd genau verfolgen. Bei klarer Luft und wolkenlosem Himmel ist das mit einem Fernglas möglich. Man benutzt dafür besondere Ferngläser, die den beobachteten Gegenstand nicht nur vergrößert zeigen, sondern auch so auf einem Stativ montiert sind, daß man an Skalen genau ablesen kann, in welchem Winkel zum Beobachtungspunkt sich der anvisierte Ballon befindet. Ein solches Visier- und Winkelmeßgerät heißt Theodolit.

Diese Methode hat freilich den Nachteil, daß sie nur bei klarem Wetter anwendbar ist. Was macht man aber, wenn der Himmel bewölkt ist?

In unserer Republik wurde für die aerologischen Messungen im IGJ ein ganz neuartiges Gerät gebaut, ein sogenannter Radiotheodolit. Sein Herzstück ist eine Peil-Antenne, die durch komplizierte elektronische Geräte automatisch stets so ausgerichtet wird, daß sie immer auf die Radiosonde zeigt. Die Richtung, in welche der Radiotheodolit zeigt, ändert sich also automatisch, je nachdem, wo sich die Radiosonde – vom Theodoliten aus gesehen – gerade befindet.

Der Radiotheodolit ist eine Art „Funkauge“.

Es „sieht“ die Radiosonde auch durch dickste Wolkenschichten. Denn nicht Lichtstrahlen erreichen dieses „Auge“, sondern Radiowellen, die alle Wolken durchdringen! Man braucht also nur noch die Bewegungen des Radiotheodoliten fortlaufend aufzuzeichnen und erhält dann ein genaues Bild der Abdrift und Abdriftgeschwindigkeit der Radiosonde.

Der Wärmehaushalt der Erde

Im IGJ wurden in unserer Republik und einigen anderen Ländern aber noch andere, nicht alltägliche Forschungen durchgeführt, die der Wetter- und Klimakunde ganz neue Erkenntnisse bringen sollten. Eine dieser Forschungsaufgaben war die Bestimmung des Wärmehaushalts der Erde.

Der Wärmehaushalt setzt sich wie der Geschäftshaushalt eines Handels- oder Produktionsbetriebes aus Einnahmen und Ausgaben zusammen. Die Erde „vereinnahmt“ Licht- und Wärmestrahlen von der Sonne und aus der Erdatmosphäre. Aber die Erde „verausgibt“ auch Wärme. Denn sie absorbiert, „verschluckt“, die eintreffenden Licht- und

Wärmestrahlen nicht vollständig, sondern reflektiert einen Teil davon wieder in den Raum hinaus. Außerdem leitet die Erde Wärme von ihrer Oberfläche in die Tiefe ab.

Nur dadurch ist es ja zu erklären, daß der Boden bei Einsetzen des Winters in größeren Tiefen zunächst noch eine ganze Weile wärmer bleibt. Hier ist die während des Sommers in die Tiefe geleitete Wärme gespeichert. Erst allmählich dringt die Kälte auch in die Tiefe ein. Weitere Wärmemengen verliert der Boden durch Verdunstung und durch die unregelmäßigen Luftbewegungen in den bodennahen Schichten. In welchem Maße, das ist sehr schwierig zu berechnen, da hier vieles zusammenwirkt.

Nur wenige Wetterstationen wagten sich bisher an die Lösung dieser komplizierten Aufgabe.

Man muß für diese Messungen zum Beispiel Geräte bauen, die den fast unmerklichen Gewichtsverlust, der in einer bestimmten Menge Erdboden durch die Verdunstung von Wasser eintritt, genauestens ermitteln. Beim Verdunsten verliert der Boden ja Wasser, so daß er etwas leichter werden muß.

Noch schwieriger ist es, die Wärmeverluste

des Bodens zu messen, die durch die bodennahen Luftbewegungen entstehen. Die Wärmeverluste durch Wärmeableitung von der Erdoberfläche in die Tiefe werden ermittelt, indem man die Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen mißt. Aus dem Vergleich dieser Temperaturen ist der Grad der Wärmeleitfähigkeit zu errechnen und daraus schließlich die Stärke des in die Tiefe abgeleiteten Wärmestroms.

Eine weitere nicht alltägliche Aufgabe unserer Meteorologen war die Messung der Strahlungsabsorption in verschiedenen Höhen der Atmosphäre (Absorption kommt von absorbieren = verschlucken, verbrauchen). Wir wissen bereits, daß die ultravioletten Strahlen der Sonne in der Ionosphäre absorbiert werden. Ein bestimmter Stoff absorbiert aber nicht Strahlen aller beliebigen Wellenlängen, sondern hauptsächlich Strahlen ganz bestimmter Wellenlängen.

Ozon, eine Sauerstoffverbindung, die in höheren Schichten der Atmosphäre enthalten ist, absorbiert besonders die kurzwelligen Ultraviolettstrahlen, Wasserdampf dagegen die langwelligen infraroten Strahlen.

Bei der Absorption erwärmt sich der absorbierende Stoff etwas. Auch die dabei ein-

tretende Erwärmung der Luftgase wirkt sich auf die Wettervorgänge aus.

Ferner untersuchten unsere Meteorologen im IGJ, wie landschaftliche Hindernisse, wie zum Beispiel Gebirge, die Luftzirkulation der Atmosphäre beeinflussen. Weiterhin beobachteten sie besondere optische Erscheinungen in der Atmosphäre, wie zum Beispiel Lichthöfe um die Sonne.

Solche Untersuchungen wurden teils vom Gebiet unserer Republik aus betrieben, teils führen unsere Wissenschaftler mit dem sowjetischen Forschungsschiff „Michail Lomonosow“ auf den Ozean hinaus, um solche Wetter-Fernbeobachtungen von Bord aus anzustellen.

Mit der „Lomonosow“ auf Forschungsfahrt

Auch die Ozeanographie (Meereskunde) hatte im IGJ große Aufgaben. 34 Länder entsandten über 40 Forschungsschiffe in den Atlantischen Ozean und mehr als 20 weitere Schiffe in den Stillen und den Indischen Ozean. Die Sowjetunion, die die meisten und größten Forschungsschiffe besitzt, beteiligte

sich mit 11 Schiffen an den ozeanographischen Arbeiten des IGJ. Unsere Deutsche Demokratische Republik leistete ebenfalls einen Beitrag auf dem Gebiete der Ozeanographie, indem sie Gruppen von Wissenschaftlern zur Verfügung stellte, die an Bord der „Lomonossow“ meereskundliche Untersuchungen durchführten und dadurch die Arbeit ihrer sowjetischen Kollegen ergänzten. Außerdem fuhr auch eine Gruppe von Meteorologen mit.

Eine besondere Aufgabe der Ozeanographie im IGJ war die Untersuchung der Wasserzirkulation in den Ozeanen. Dabei wurden nicht nur die Wasserbewegungen an der Meeresoberfläche gemessen.

Das Wasser der Ozeane bildet keine einheitliche Masse, vielmehr herrschen in verschiedenen Meerestiefen unterschiedliche Strömungen. Man vermutet zum Beispiel, daß es in sehr großen Tiefen langsam „dahinkriechende“ Ströme gibt, die Wasser von den Polen zum Äquator transportieren. Diese Ströme fließen so langsam, daß es 200 Jahre dauert, bis das Wasser aus den Polargebieten am Äquator angelangt ist.

Gleich zu Beginn ihrer ersten Forschungsfahrt stellte die „Lomonossow“ in der Ostsee, im

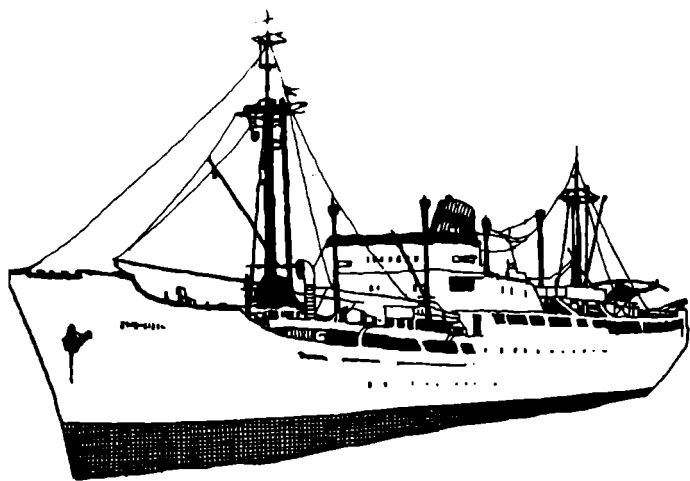
Kattegat und im Skagerrak sowie in der Nordsee etwas Merkwürdiges fest: In diesen Meeresgebieten lagen gewissermaßen mehrere Wasserschichten übereinander. Jede Schicht bildete ein verhältnismäßig abgeschlossenes Ganzes. Die Eigenschaften des Wassers der verschiedenen Schichten unterschieden sich so stark voneinander, als lägen verschiedene Wasserkörper schichtweise übereinander. So begann zum Beispiel in 20 bis 25 m Tiefe eine Wasserschicht, die sprunghaft um mehrere Grad kälter war als das darüberliegende Wasser. Auch der Salzgehalt und andere Eigenschaften waren unterschiedlich.

Die „Lomonossow“ wurde in der Deutschen Demokratischen Republik von der volkseigenen Neptun-Schiffswerft im Auftrage der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gebaut, während wir von der Sowjetunion andere wertvolle wissenschaftliche Einrichtungen erhielten, wie zum Beispiel den ersten Atomkern-Forschungsreaktor und das Zyklotron, ein Gerät zum Erzeugen von Atomteilchen höchster Energien. Der Forschungsreaktor und das Zyklotron befinden sich im Zentralinstitut für Kernphysik in Dresden-Rossendorf.

Außerlich gleicht die „Lomonossow“ den 3000-t-Frachtern, wie sie die Rostocker Neptun-Werft ständig baut. Das Schiff ist 102,4 m lang, 14,4 m breit, hat 6 m Tiefgang und eine Wasserverdrängung von 5960 t. Die Maschinenanlage ist für Ölfeuerung eingerichtet und verleiht dem Schiff bei einer Antriebsleistung von 2450 PS eine Stundengeschwindigkeit von 13 Seemeilen (1 Seemeile = 1853,2 m). Mit den Stromerzeugungsmaschinen, die sich an Bord befinden, könnte man eine kleinere Stadt reichlich mit Strom versorgen.

Das Herzstück des Schiffes aber bilden die physikalischen und chemischen Laboratorien. 16 Labors ermöglichen genaue chemische Analysen des Meerwassers, mikroskopische und andere Untersuchungen der Bodenproben und der eingefangenen Meereslebewesen, Messungen des Erdmagnetismus, des Wellengangs, der Wettervorgänge über dem Meer; ferner Radiosonden-Aufstiege, Gewitterpeilungen und viele andere wissenschaftliche Arbeiten.

Auf dem Achterdeck steht ein Hubschrauber für Erkundungsflüge in die nähere Umgebung bereit. Damit das Schiff auch über den größten Meerestiefen vor Anker gehen kann,



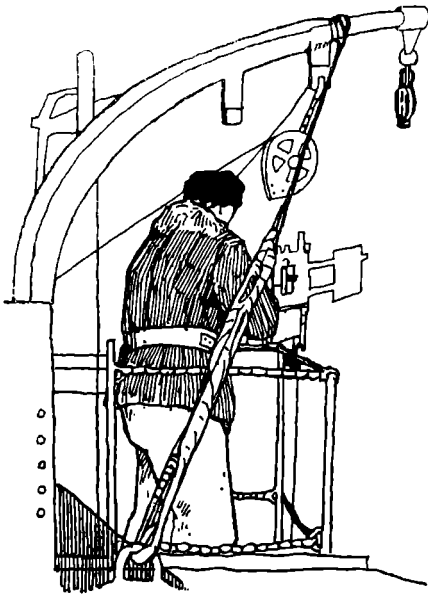
Forschungsschiff „Michail Lomonossow“

ist es mit einer 15000 m langen Ankertrosse ausgerüstet. Echlot-Anlagen zeichnen automatisch das Relief des Meeresbodens in Form von Kurven auf. So kann man neue Seekarten über Meerestiefen zusammenstellen, die für die Schifffahrt wichtig sind.

Eine andere Vorrichtung ermöglicht es, Bodenproben vom Meeresgrund heraufzuholen. An einem langen Seil wird von einer Spezial-Elektrowinde eine beschwerte Hohlröhre mit großer Geschwindigkeit in die Tiefe hinab-

gelassen. Die Röhre stößt mit großer Wucht auf den Meeresboden auf und bohrt sich dadurch je nach der Härte des Bodens mehr oder weniger tief ein. Dabei füllt sie sich innen mit einer Probe des Meeresbodens. Zieht man die Stoßröhre nun langsam wieder hoch, so bleibt die Bodenprobe im Innern der Röhre hängen. An Bord wird sie mittels Preßluft aus der Röhre ausgeblasen und wissenschaftlich untersucht.

Um die Wassertemperatur in verschiedenen Tiefen zu messen, läßt man ebenfalls ein langes, beschwertes Seil hinab, das von einer Winde abläuft. Vorher werden daran mittels einer Klemmvorrichtung in verschiedenen Abständen sogenannte Kippthermometer befestigt. Beim Herablassen hängen die Thermometer mit dem Quecksilbergefaß nach unten, so wie jedes normale Thermometer. Wenn sämtliche Thermometer versenkt sind, läßt man ein Gewicht am Seil entlang in die Tiefe gleiten. Wenn es auf das oberste Thermometer trifft, kippt es dieses um. Dadurch wird gleichzeitig ein Gewicht ausgelöst, das an dem obersten Thermometer hing und nun am Seil entlang bis zum zweiten Thermometer rutscht, dieses ebenfalls umkippt, dabei wieder ein Gewicht aus-



löst, das zum dritten Thermometer hinunterrutscht, dieses umkippt und so fort. Wozu das alles?

Wenn das Thermometer umkippt, reißt an einer besonders dünnen Stelle die haarfeine Quecksilbersäule ab. Wenn man nun die Thermometer wieder heraufzieht, kann man von der Länge des abgerissenen Quecksilberfadens berechnen, welche Temperatur das Thermometer anzeigte, als es umgekippt

wurde. Zöge man das Thermometer nämlich herauf wie üblich, so würde es ja wieder die Temperatur der obersten Wasserschichten annehmen.

Mit verschiedenen Arten von Netzen wird Plankton gefischt. So nennt man die frei im Wasser schwebenden Kleinlebewesen des Meeres. Plankton-Untersuchungen haben große praktische Bedeutung, denn das Plankton wird von den kleinen Meeresfischen gefressen, diese hinwiederum bilden die Nahrungsgrundlage der größeren Fische und jene schließlich werden von den Hochseefischern gefangen und haben großen Anteil an der menschlichen Ernährung.

Am Startplatz der Schlechtwetter-Tiefs

Die „Lomonossow“ operierte hauptsächlich im Nordatlantik. Bei ihrer ersten Forschungsfahrt untersuchte sie besonders ein großes Rechteck, das sich von Island in südöstlicher Richtung fast bis nach Nordirland und den Hebriden-Inseln erstreckt. Dieses Gebiet des Atlantik ist besonders interessant, einmal, weil es vom Golfstrom durchquert wird, der das Klima der nordeuropäischen Küsten stark

beeinflusst, zum andern, weil sich hier eine der hauptsächlichsten Schlechtwetterküchen für Europa befindet. In diesem Gebiet prallen die kalten Luftmassen aus dem nördlichen Polargebiet mit den wärmeren Luftmassen aus den südlichen Breiten zusammen. Dabei entstehen Tiefdruckgebiete, die meist in östlicher Richtung weiterwandern und das Wetter in West- und Mitteleuropa bestimmen. Aus diesem Gebiet des Atlantik beziehen wir das meiste schlechte Wetter.

Und damit kommen wir schließlich zu jenen interessanten Wetter-Fernbeobachtungen, die eine Gruppe von Meteorologen unserer Republik an Bord der „Lomonossow“ durchführte.

In Gewittergebieten, aber auch in der Kaltluft von Tiefdruckgebieten, die mit wärmeren Luftmassen zusammenstoßen, entstehen elektrische Entladungen. Dabei werden elektromagnetische Wellen ausgesandt, die man mit Radioapparaten empfangen kann. Wir haben sie schon bei Gewitter als Knacken im Radio-Lautsprecher gehört. Diese weit entfernten elektrischen Entladungen in der Atmosphäre nennt man kurz Sferics. Mit unserem Rundfunkempfänger hören wir zwischen den Stationen auch Sferics. Nur kann man

mit einem gewöhnlichen Empfänger nicht feststellen, aus welcher Richtung sie kommen.

Die Meteorologen haben jedoch ein Spezialgerät, Kathodenstrahl-Peiler genannt, entwickelt. Damit ist es möglich, die Sferics anzupeilen, also die Richtung festzustellen, in der sie sich, vom Beobachtungsort aus gesehen, befinden. Man kann Sferics über mehrere tausend Kilometer Entfernung anpeilen.

Ein solcher Kathodenstrahl-Peiler befand sich an Bord der „Lomonossow“, ein zweiter im Meteorologischen Hauptobservatorium in Potsdam. Zu vorher genau vereinbarten Zeiten wurde nun sowohl von Potsdam als auch von Bord der „Lomonossow“ aus gepeilt. Dadurch war es möglich, sogar den Ort festzustellen, von dem die Sferics ausgingen. Da man die von Potsdam aus gemessene Richtung auf einer Karte als einen Strich eintrug, der von Potsdam aus in die gemessene Richtung führte, und vom Standort der „Lomonossow“ ebenfalls einen solchen Strich in der von hier aus gemessenen Richtung auf der Karte eintrug, so mußten sich die beiden Striche dort kreuzen, wo der Ursprungsort der Sferics lag. Auf diese Weise konnte man

also Wettervorgänge über mehrere tausend Kilometer „fernsehen“.

Die Funkbeobachtung von Sferics wird dazu dienen, die Wettervorhersagen noch weiter zu verbessern.

Auch aerologische Messungen erfolgten von Bord der „Lomonossow“ aus. Täglich zweimal stieg eine Radiosonde auf, die von einem Radiotheodoliten beobachtet wurde.

Gebirge am Meeresgrund

Doch verlassen wir die „Lomonossow“, obwohl noch vieles über ihre Forschungsarbeiten zu berichten wäre, und wenden wir uns dem Stillen Ozean zu, dem Operationsgebiet eines anderen großen sowjetischen Forschungsschiffs, der „Witjas“. Sie entdeckte bei ihren Kreuzfahrten während des IGJ eine neue größte Meerestiefe, die 10960 m beträgt und sich nördlich der Marquesas-Inseln im Stillen Ozean befindet.

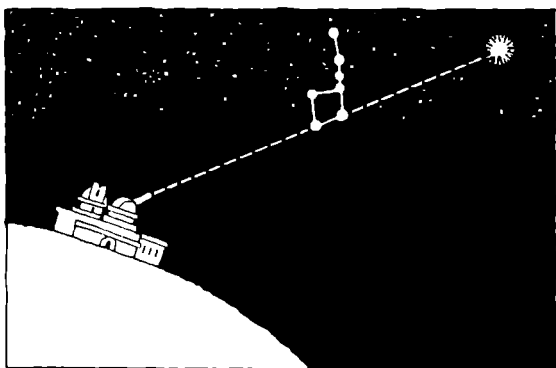
Bisher hielt man diesen Ozean, den man auch kurz Pazifik nennt, zumindest in seinem mittleren Teil für ein verhältnismäßig glattes Becken. Es war daher eine große Sensation für die Wissenschaft, als die „Witjas“ am

Grunde des mittleren Pazifik ein kompliziertes Gebirgsrelief entdeckte.

Zwischen Japan, den Philippinen, Neu-Guinea und dem 154. östlichen Längengrad befinden sich viele unterseeische Berge. Sie ragen 3000 bis 5000 m über den umliegenden Meeresboden empor. Ferner entdeckte man, daß der Boden des Pazifik nicht von großen Sinkstoff-Ablagerungen (Sedimenten) bedeckt ist. Das gibt der Wissenschaft große Rätsel auf. Denn wenn, wie bisher angenommen, der Pazifik schon in früher Zeit der Erdgeschichte entstand, so müßten auf dem Meeresboden dicke Sedimentschichten liegen.

Das IGJ hat also nicht nur alte Probleme der Wissenschaft gelöst, sondern ihr auch neue Rätsel aufgegeben.

Im Tonga-Graben, einem Gebiet von besonderer Meerestiefe, setzte die „Witjas“ zum erstenmal neuartige Tiefsee-Unterwasserkameras ein. Sie wurden in große Tiefen hinabgelassen und fotografierten im Scheine künstlichen Lichts die Welt der ewigen Finsternis. Dennoch ist die dunkle Welt, in die kein Lichtschimmer dringt, die sehr kalt ist und unter enormem Wasserdruck steht, nicht tot. Es zeigte sich, daß selbst in 10 000 m Tiefe noch eine vielfältige Tierwelt lebt.



8. KAPITEL

Die Erdachse „eiert“

Warum dauerte das Internationale Geophysikalische „Jahr“ eigentlich anderthalb Jahre?

Ein Grund dafür war: Die Erdachse, also die gedachte Linie, die von Pol zu Pol verläuft und um die sich die Erde täglich einmal dreht, hat keine dauernd gleichbleibende Lage, sondern „eiert“ etwas. Dieses „Wackeln“ der Polachse wiederholt sich periodisch innerhalb von jeweils etwa 14 Monaten. Um wenigstens eine solche Periode vollständig beobachten

zu können, mußte das IGJ anderthalb Jahre dauern.

Wenn wir nun aber erfahren, daß die Lage der Erdachse nur höchstens 10 m seitlich ausschwenkt, müssen wir uns da nicht wundern, daß es der Wissenschaft überhaupt möglich ist, so kleine Schwankungen der Erdachse festzustellen?

Bedenken wir doch einmal: Die Erde hat einen Umfang von etwa 40 000 000 m. Wenn sich die Drehachse dieses gigantischen Balls um nur 10 m verlagert – das ist etwa der viermillionste Teil des Erdumfangs – so entgeht das den Wissenschaftlern trotzdem nicht! Sie haben das „Eiern“ der Erdachse sogar nicht erst im 20. Jahrhundert, sondern schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts bemerkt.

Die Wissenschaftler, die so erstaunlicher Präzisionsmessungen fähig sind, nennen sich Geodäten, und ihr Fachgebiet ist die Geodäsie. Es ist die Wissenschaft von der Form und Größe der Erde und deren Vermessung. Selbstverständlich war auch die Geodäsie am Forschungsprogramm des IGJ beteiligt. Geodäten sind gewissermaßen Pedanten von Beruf, und sie müssen solche Genauigkeits-Fanatiker sein, denn sonst könnten sie nicht zu so erstaunlichen Ergebnissen kommen.

Schon der geniale deutsche Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) kam durch theoretische Erwägungen zu dem Schluß, daß die Erdachse nur dann eine dauernd gleichbleibende Lage einnehmen könne, wenn die Erde ein starrer Körper wäre und ganz genaue Kugelform hätte. Der Stoff, aus dem die Erde besteht, ist aber nicht ganz starr, sondern etwas elastisch. Außerdem hat die Erde keine genaue Kugelform. Abgesehen von ihrer Abplattung an den Polen sind auch die Halbkugeln der Erde niemals ganz gleich beschaffen. Denken wir uns die Erde zum Beispiel von Norden nach Süden so in zwei Hälften zerschnitten, daß die Schnittlinie durch den 30. westlichen Längengrad geht, so hätten wir zwei recht ungleiche Kugelhälften vor uns. Auf der einen Halbkugel befinden sich die riesigen Landmassen der Kontinente Europa, Asien und Afrika, auf der anderen die große Wasserwüste des Stillen Ozeans und Amerika, das im Verhältnis zu den Landmassen auf der anderen Halbkugel ein recht kleines Festland ist. Man kann den Schnitt durch die Erdkugel auch beliebig anders legen. Niemals würden wir zwei vollkommen gleich schwere Halbkugeln erhalten. Die Astronomen versuchten, die Vermutung

Eulers durch Messungen zu bestätigen. Aber die vorhandenen Instrumente waren dieser Aufgabe lange Zeit nicht gewachsen. Sie waren nicht genau genug.

Die Verlängerung der Erdachse zeigt in nördlicher Richtung auf den Polarstern, genauer gesagt auf einen ihm nahe gelegenen Punkt, den man Himmelspol nennt. Der Polarstern ändert seinen Ort nicht, jedenfalls nicht in kürzeren Zeiträumen. Würde auch die Erdachse ihre Lage nicht ändern, so müßte der Polarstern von der Erde aus betrachtet immer in der genau gleichen Höhe über dem Horizont stehen. Schwankt die Polachse aber, so muß sich auch die Höhe des Polarsterns über dem Horizont verändern. Aus diesen Höhenschwankungen des Polarsterns, die man kurz als Polhöhenschwankungen bezeichnet, ist das „Eiern“ der Erdachse abzulesen!

Wandern die Kontinente?

1888 gelang es dem deutschen Astronomen Küstner, in der alten Berliner Sternwarte bei Messungen, die an sich einen ganz anderen Zweck verfolgten, diese Polhöhenschwan-

kungen tatsächlich festzustellen. Die Polarsternhöhe wich damals um 0,1 bis 0,2 Bogensekunden ab. Das ist der 36000. beziehungsweise 18000. Teil eines Winkelgrades!

Sollte es sich bei dieser geringfügigen Differenz aber nicht bloß um einen Meßfehler handeln? Um diese Frage zu klären, sandte man eine Expedition nach Honolulu auf den Hawaii-Inseln im Stillen Ozean. Dieser Ort liegt Berlin fast genau auf der anderen Hälfte der Erdkugel gegenüber. Wenn die Polachse tatsächlich schwankte, so mußte die Höhe des Polarsterns von Honolulu aus gesehen ebenfalls um 0,1 bis 0,2 Bogensekunden abweichen, nur in umgekehrter Richtung. Stand er für Berlin zu hoch, so mußte er für Honolulu zu niedrig über dem Horizont stehen oder umgekehrt.

Die Messungen in Honolulu bestätigten, daß die Polachse tatsächlich schwankt. Es wurde eine internationale Organisation zur Überwachung der Polhöenschwankungen geschaffen. Sie heißt Breitendienst, weil die Höhe des Polarsterns über dem Horizont in Winkelgraden gemessen ja stets zugleich die geographische Breite des Beobachtungsortes angibt. Mißt man die Höhe des Polarsterns über dem Horizont, so weiß man auch,

auf welchem geographischen Breitengrad man sich befindet. Berlin liegt auf 52,5 Grad nördlicher Breite, und dementsprechend steht hier der Polarstern 52,5 Grad über dem Horizont.

Aber könnte es nicht vielleicht auch noch andere Ursachen für die Schwankungen der Polarstern-Höhe geben als nur das „Eiern“ der Erdachse? Stellen wir uns einmal vor, ein ganzer Kontinent würde entweder in südlicher oder in nördlicher Richtung langsam davonschwimmen. Auch dann müßte sich die Höhe des Polarsterns über dem Horizont allmählich ändern. Oder stellen wir uns vor, ein Erdteil würde sich langsam ausdehnen. Umgekehrt wäre denkbar, daß die Erdteile etwas zusammenschrumpfen. Auch in diesen beiden Fällen müßte sich die Polarstern-Höhe ändern, und zwar für zwei verschiedene Beobachtungspunkte des Kontinents in unterschiedlicher Weise.

Wir wissen nicht genau, ob die Kontinente wirklich wandern, sich ausdehnen oder zusammenschrumpfen. Denn wenn solche Vorgänge stattfinden, geschieht es so langsam, daß wir es nicht ohne weiteres merken. Die Polhöhenchwankungen können aber, wie man sieht, der Wissenschaft selbst über ganz

geringfügige Änderungen in der Größenordnung von Metern Aufschluß geben. Allerdings reichten die Messungen, die vor dem IGJ stattfanden, für die Lösung dieses Problems nicht. Sie erfolgten meist nur von Stationen aus, die alle etwa auf der gleichen geographischen Breite von 39 Grad Nord lagen. Im IGJ wurden die Polhöenschwankungen erstmalig von vielen Punkten aus in ganz verschiedenen geographischen Breiten äußerst genau gemessen. Doch dürfen wir nicht erwarten, daß die Ergebnisse dieser Messungen in kurzer Zeit vorliegen. Weil so viele Ursachen bei den Polhöenschwankungen zusammenwirken, nämlich das „Eiern“ der Erdachse und noch ein eventuelles Wandern, ein Sich-Ausdehnen oder Zusammenschrumpfen der Kontinente, muß ein recht unregelmäßiges Bild der Polhöenschwankungen entstehen. Es kostet viel Arbeit, bis die einzelnen Ursachen bekannt sind.

Warum der Nordpol wackelt

Tatsächlich bilden die Polhöenschwankungen keine regelmäßige Kurve, wie es zu erwarten wäre, wenn diese Schwankungen nur eine Ursache dauernd gleichbleibender Art hätten. Zeichnet man den Weg, den der Polarstern bei seinem scheinbaren Umherwandern am Himmel beschreibt, als fortlaufende Linie auf, so entsteht dabei eine komplizierte Kurve. (Selbstverständlich ist das Wandern des Polarsterns nur scheinbar. In Wirklichkeit wandert ja die Erdachse, während der Polarstern stillsteht.)

Bisher haben die Wissenschaftler festgestellt, daß diese Kurve durch Zusammenwirken zweier Dinge entsteht. Die eine Ursache bildet der Wechsel der Jahreszeiten. Das erkennt man daran, daß sich bestimmte Eigenschaften der Kurve in jeweils 12 Monaten einmal periodisch wiederholen. Wenn sich im Winter viel kalte Luft über Nordasien ansammelt, so bedeutet das eine Gewichtsverlagerung, denn die kalte Luft ist schwerer als warme. Auch große Wassermassen werden in jahreszeitlichem Wechsel durch Meeresströmungen und andere Vorgänge von einem Gebiet der Erde in ein anderes trans-

portiert. All das führt dazu, daß die Erdachse ein wenig schwankt. Außerdem stellten die Wissenschaftler aber noch andere Eigentümlichkeiten der Kurve fest, die sich in jeweils 14 Monaten periodisch wiederholen. Aus diesem Grunde wurde das IGJ auf anderthalb Jahre ausgedehnt.

Im IGJ fanden auch neue Präzisionsmessungen der geographischen Längengrade statt. Längengradmessungen sind eigentlich nichts weiter als genaue Zeitmessungen. Denn die Zeit wird ja nach der Umdrehung der Erde um ihre Achse berechnet. Eine volle Umdrehung der Erde ergibt einen 24-Stunden-Tag.

Wenn wir von unserem Fenster aus in zwei Nächten nacheinander beobachten, wann ein bestimmter Stern genau über einem Schornstein steht, so sind in der Zeit zwischen dem ersten und dem zweiten Erscheinen des Sterns über dem Schornstein genau 24 Stunden vergangen. (Allerdings benutzen die Astronomen und Geodäten eine etwas andere Zeiteinteilung als wir im täglichen Leben.)

Freilich wäre eine solche Beobachtung, wie wir sie an Hand des Schornsteins durchführten, für wissenschaftliche Zwecke zu un-

genau. In den geodätischen Instituten wird der Zeitpunkt, an dem sich ein bestimmter Stern an einem bestimmten Punkt des Himmels befindet, mit einem Spezial-Fernrohr ermittelt. Man nennt es Durchgangsinstrument, weil der Stern dabei durch das Fadenkreuz im Blickfeld des fest aufgestellten Fernrohrs wandert.

Um die Längengrade zu bestimmen, müssen die geodätischen Institute der Erde also die Zeitpunkte von Sterndurchgängen miteinander vergleichen. Zu diesem Zwecke übermitteln sie sich gegenseitig Zeitzeichen. Diese Übermittlung erfolgt durch Radiowellen, so wie wir ja auch unsere Uhr nach dem Zeitzeichen stellen, das ein Rundfunksender zu Beginn oder nach Schluß der Tagesnachrichten sendet. Niemand käme jedoch auf die Idee, wenn er das Zeitzeichen im Rundfunk hört, auszurechnen, wie lange es wohl vom Sender bis zu unserem Empfänger unterwegs ist. Denn da sich Radiowellen mit Lichtgeschwindigkeit, also mit 300 000 km/s, ausbreiten, beträgt die „Laufzeit“ der Radiowelle vom Sender zum Empfänger nur ganz winzige Sekundenbruchteile. Bei 300 km Entfernung wäre es zum Beispiel erst $1/1000$ s.

Die Geodäten dürfen aber selbst so winzige Zeitdifferenzen nicht außer acht lassen, sondern müssen sie bei ihren Berechnungen mit einbeziehen. Sie rechnen auf millionstel Sekunden genau. Denn je genauer ihre Zeitbestimmungen sind, desto genauer wird auch die Bestimmung der Längengrade.

Für die Geodäten wäre es sogar noch viel zu ungenau, wenn sie die Laufzeit des Zeitzeichens vom Sender zum Empfänger einfach dadurch ausrechneten, daß sie die Entfernung durch die Lichtgeschwindigkeit dividieren. Denn wie wir nun schon wissen, läuft die Radiowelle ja nicht direkt vom Sender zum Empfänger, sondern im Zickzack zwischen Erdboden und Ionosphäre. Diese Umwege der Radiowellen beziehen die Geodäten ganz genau in ihre Berechnungen ein. Sie erkundigen sich bei den Ionosphärenforschern, welche Ausbreitungsbedingungen für Radiowellen herrschten und in welchen Höhen sich die reflektierenden Schichten der Ionosphäre befanden, als das Zeitsignal gesendet wurde. Danach rechnen sie seine Laufzeit mit größter Genauigkeit aus.

Die Geodäten konstruieren sich für ihre Zwecke auch besondere Uhren. Man nennt sie Quarzuhren, weil sie durch Schwingun-

gen eines Quarzkristalls im Gleichtakt gehalten werden. Dieser Kristall muß, wenn er immer mit gleicher Schnelligkeit schwingen soll, eine stets gleichbleibende Temperatur haben. Deshalb befindet er sich in einem abgeschlossenen Behälter. Eine Vorrichtung, die man Thermostat nennt, stellt automatisch die Heizung ein, sobald die Temperatur auch nur ein wenig absinkt. Wenn die Temperatur steigt, so schaltet der Automat eine Kühlvorrichtung ein. Dadurch kann die Temperatur des Kristalls im Höchsthalle um Hundertstel eines Celsiusgrades schwanken.

Wann bleibt die Erde stehen?

Wir haben bisher vorausgesetzt, daß eine volle Umdrehung der Erde immer gleich lange dauert. Mit ihren Quarzuhren bewiesen die Geodäten jedoch, daß das gar nicht stimmt. Die Erde dreht sich manchmal etwas schneller und manchmal etwas langsamer. Allerdings betragen die Schwankungen der Umdrehungszeit nur winzige Bruchteile einer Sekunde.

Wie bei den Polhöhenchwankungen, so gibt es auch für die Schwankungen der Um-

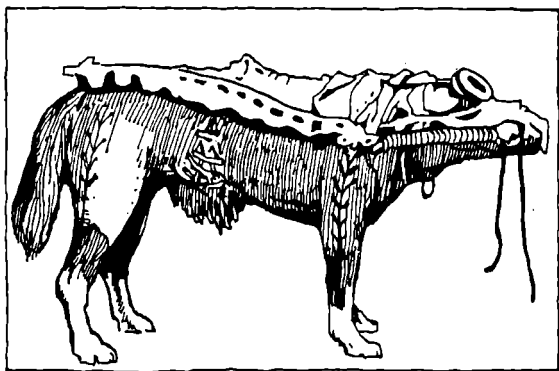
drehungszeit der Erde mehrere Ursachen, die zusammenwirken. Eine erste Ursache bilden die Gezeiten der Meere, also Ebbe und Flut. Wenn die Wassermassen über den Boden seichter Meeresküsten fluten, so reiben sie sich am Meeresgrund. Diese Reibung bremst die sich drehende Erdkugel etwas ab. In jeweils 100 Jahren verlängert sich die Umdrehungszeit der Erde dadurch aber nur um nicht einmal $1/500$ s! Rechnen wir einmal aus, wie lange es dauern würde, bis sich auf diese Weise die Umdrehungszeit der Erde um eine ganze Sekunde verlängert hat. Das dauert $500 \times 100 = 50\,000$ Jahre.

Diese Verlangsamung der Erdumdrehung erfolgt regelmäßig. Es gibt aber auch unregelmäßige Schwankungen der Umdrehungszeit. Man nennt sie Fluktuationen. Um sie zu messen, muß man mit einer Spezialkamera den Mond und zugleich einige in seiner Nähe befindliche Sterne fotografieren. Solche Aufnahmen wurden bei jeder sich bietenden Gelegenheit während des IGJ von 20 verschiedenen Stationen der Erde aus gemacht. Die Ursache der Fluktuationen sind wahrscheinlich Vorgänge im Erdinnern.

Eine dritte Ursache bilden wieder die Jahreszeiten. In jedem Frühjahr steigt eine gewal-

tige Gewichtsmenge in Form des Laubs der Bäume vom Erdboden in die Höhe. Denn die Stoffe, aus denen sich die Blätter zusammensetzen oder gebildet werden, befanden sich ja ursprünglich in der Erde. Im Herbst fallen diese Gewichtsmengen wieder zur Erde. All das und noch andere von den Jahreszeiten abhängende Vorgänge ändern den Umdrehungsschwung der Erde ein wenig. Diese Schwankungen der Umdrehungszeit betragen aber nur höchstens $2/1000$ s. In einer Jahreszeit ist die Umdrehungszeit also um $2/1000$ s länger oder kürzer als in einer anderen Jahreszeit.

In unserer Republik beteiligte sich das Geodätische Institut Potsdam der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin an den geodätischen Forschungen des IGJ. Es führte außerdem noch Präzisionsmessungen der Erdschwerkraft durch.



9. KAPITEL

Stippvisite im Weltraum

„Beljanka, Pjostraja, arbeiten!“ Die beiden Hunde, welche auf diese Namen hören, kennen den Ruf schon. Jeden Morgen um 5 Uhr beginnt für sie die „Arbeit“. Sie werden nämlich auf einen Flug in den Weltraum vorbereitet und müssen viele Monate dafür trainieren.

Es begann damit, daß die braven Vierbeiner lernen mußten, in eigens für sie genähte Anzüge zu schlüpfen. In diesen Anzügen befinden sich mehrere ärztliche Instrumente, die

dadurch gleichzeitig an den Körper der Tiere angelegt werden. Sie zeichnen genau auf, wie oft und wie tief die Tiere atmen, wie schnell und wie stark ihr Puls geht und wie sich der Blutdruck verändert. Zur genauen Überwachung der Herztätigkeit wird außerdem ein sogenanntes Elektrokardiogramm aufgezeichnet. Das ist eine Kurve der feinen elektrischen Aktionsströme, die bei der Tätigkeit des Herzens entstehen. Denn jeder Muskel – auch das Herz – erzeugt, wenn er sich zusammenzieht und wieder erschlafft, ganz schwache elektrische Ströme.

Die Ärzte haben die Eigentümlichkeiten dieser Aktionsströme jahrzehntelang studiert und können daher heute aus der „Geheimschrift“ des Elektrokardiogramms alle Unregelmäßigkeiten, Störungen, Krankheiten und besonderen Belastungen des Herzens ablesen. Auch bei Menschen werden, um die Gesundheit des Herzens zu untersuchen, Elektrokardiogramme angefertigt.

Ein schweres Training

Nachdem sich die Hunde daran gewöhnt hatten, den Spezialanzug mit den ärztlichen Instrumenten zu tragen, konnte der Unterricht weitergehen.

Die Tiere wurden mit ihren Anzügen in eine Kabine gebracht, auf deren Boden sich nebeneinander zwei Mulden befanden. Nun mußten die Vierbeiner lernen, sich in diese Mulden zu legen und darin auszuharren, selbst wenn plötzlich sehr starke Geräusche hörbar wurden.

Das fällt den Hunden sehr schwer. Sobald sie ein Geräusch hören, stehen sie auf, schnuppern unruhig umher und fangen unter Umständen an zu bellen.

Es dauerte lange, bis Beljanka und Pjostraja ruhig auf ihren Mulden liegenblieben, wenn das Getöse einsetzte. Daß sich über ihnen ein gläsernes Auge befand, das unverwandt auf sie herabblickte, daran gewöhnten sie sich schnell. Damit waren die beiden Hunde aber immer noch nicht genügend auf ihre Stippvisite im Weltraum vorbereitet.

Die Kabine, in der sie einmal fliegen würden, befand sich im Kopfteil einer langen schlanken Rakete. Wenn sie auf dem Erdboden

stand, ragte die Raketenspitze so hoch wie das sechste Stockwerk eines Hauses.

Vor dem Start mußten die Tiere mit einem Aufzug in die Höhe gefahren und in ihre Kabinen gebracht werden.

Am schwierigsten aber war es wohl, die Hunde an den heftigen Andruck zu gewöhnen, der sie beim Aufstieg der Rakete in ihre Mulden preßte. So wie wir nach hinten gegen die Sitze gedrückt werden, wenn ein Auto schnell anfährt, so ergeht es auch den Passagieren einer Rakete – nur daß der Andruck nicht nach hinten, sondern nach unten erfolgt, weil die Rakete ja nicht vorwärts, sondern aufwärts fliegt. Der Andruck ist in einer Rakete aber viel größer als in einem anfahren- den Auto, weil sie viel schneller beschleunigt wird.

Um das Ertragen des Andrucks mit den Hunden zu trainieren, brauchte man keine Raketenflüge probeweise zu veranstalten. Der Andruck läßt sich ja auch auf andere Weise erzeugen.

Wenn man die Hunde in ein sehr schnell rotierendes Karussell setzt, so werden sie in Richtung vom Zentrum, vom Drehpunkt des Karussells hinweg, gegen ihre Unterlage gedrückt. Auch das trainierte man mit den

Tieren lange und geduldig, bis sie sich vollkommen daran gewöhnt hatten.

Nach langer Zeit mühseliger Arbeit für Mensch und Tier war der leitende Tierarzt endlich der Ansicht, daß seine beiden Schützlinge jetzt genügend auf den Flug in den Weltraum vorbereitet seien. Der Termin für den Start der Rakete konnte festgesetzt werden.

Lichtzeichen melden Herztätigkeit

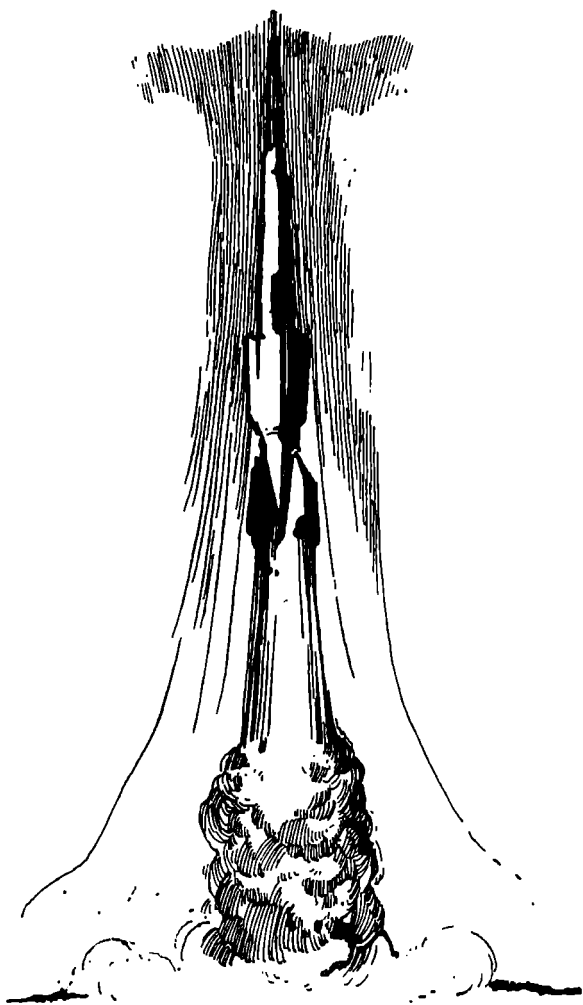
Man schreibt den 27. August 1958. Es ist ein klarer Sommermorgen. Die große Rakete steht startbereit. Der Tierarzt bringt Beljanka und Pjostraja zur Startrampe. Die Auffahrt zum Kopfteil der Kabine ist ihnen nichts Ungeohntes mehr. Und doch sind die Tiere heute unruhig. Sie verstehen sich mit ihren Pflegern ausgezeichnet, deshalb ist es ihnen nicht entgangen, daß auch die Menschen heute aufgeregter sind als sonst. Sie merken, daß heute etwas Besonderes geschieht. Aber sie legen sich brav in die Mulde der Kabine und lassen es geschehen, daß die Kabine verschlossen wird.

In der Funkzentrale der Raketenstation sitzen

inzwischen die Wissenschaftler vor ihren Apparaten. Die ärztlichen Instrumente, die sich in den Anzügen der Hunde befinden, sind mit einem kleinen Radiosender an Bord der Rakete verbunden. Während des Flugs der Rakete wird dieser Sender ununterbrochen die Meßergebnisse der Instrumente in Form von elektrischen Signalen zur Funkstation auf der Erde übertragen.

Jetzt wird der Sender eingeschaltet, und sofort huschen über die Leuchtschirme der Apparate eigentümlich geformte Lichtsignale, Kurven, Zacken und Schleifen. Aus ihnen können die Wissenschaftler entziffern, was die ärztlichen Instrumente messen. Die Lichtsignale verraten die Häufigkeit und Tiefe der Atemzüge, den Pulsschlag, den Blutdruck und die Herztätigkeit. Damit all diese Daten nicht verlorengehen, werden sie nicht nur in Form von Lichtzeichen auf dem Bildschirm eines Oszillographen sichtbar gemacht, sondern außerdem auch als elektrische Signale auf einem Magnettonband festgehalten.

Nach wenigen Minuten gibt der leitende Ingenieur den Start frei. Das gewaltige Raketentriebwerk am Heck der Rakete beginnt zu rumoren. Immer lauter wird das Getöse, und schließlich erhebt sich der Raketenkoloss



leicht zitternd von seiner Rampe, einen gigantischen Feuerstrahl unter sich lassend. Erst steigt die Rakete nur langsam, aber dann wird sie schneller und schneller, sie rast in die Höhe, und schon ist sie den Blicken entschwunden. Mit ungefähr 2 km/s Geschwindigkeit, das sind über 7000 km/h, jagt sie steil in die Höhe.

Die Lichtzeichen auf den Bildschirmen der Oszillographen sind unregelmäßiger geworden. Der Start strengt den Organismus der Tiere zweifellos an. Wie sich Beljanka und Pjostraja jetzt verhalten, das kann man zwar in der Funkzentrale vom Boden aus nicht fernbeobachten, aber das gläserne Auge, das unverwandt von der Decke der Raketenkabine auf die Tiere herabblickt, hält auch das für alle Zeiten fest. Denn dieses Auge ist das Objektiv einer Filmkamera, die automatisch abläuft und das Verhalten der Hunde filmt.

Beljanka hat sich heute doch etwas von ihrer Mulde erhoben, als das Getöse der Raketentorenen einsetzte. Vorsichtig blickt sie um sich und hebt die Schnauze nach oben. Pjostraja liegt ruhig. Jetzt gibt es einen sanften Ruck. Die Rakete beginnt zu steigen. Wenig später ist die Fahrt nach oben rasend schnell

geworden. Beljanka kann sich nicht mehr aufrecht halten. Der Andruck ist so stark, daß das Tier jetzt auf den Boden der Mulde gedrückt wird. Beide Hunde liegen lang ausgestreckt, ihre Schnauzen ruhen auf den Vorderpfoten. Aber die Steiggeschwindigkeit wird noch schneller. Der Andruck behindert die Beweglichkeit des Brustkorbs der Tiere. Das Atmen fällt ihnen jetzt schwer. Aber schon läßt die Aufstiegsbeschleunigung wieder nach. Beljanka und Pjostraja können leichter atmen. Jetzt hört auch das Getöse des Raketenmotors auf, denn sein Treibstoff ist verbrannt.

Geräuschlos steigt die Rakete weiter in die Höhe, denn sie hat noch einen ungeheuren Schwung. Doch läßt ihre Steiggeschwindigkeit nach. Die beiden Hunde richten sich auf. Beljanka schaut neugierig durch das Bullaugenfenster der Kabine. Obwohl es Tag ist, sieht sie einen pechschwarzen Himmel. Denn hier oben ist der Himmel auch am Tage dunkel. Hellblau erscheint der Himmel vom Erdboden aus nur, weil die blauen Anteile des Sonnenlichts von den vielen Gasteilchen der Lufthülle reflektiert werden. Aber hier oben gibt es nur noch sehr wenig Gasteilchen, die Sonnenlicht reflektieren können.

Beljanka blickt durch das Kabinfenster, als hätte sie irgend etwas Interessantes am dunklen Himmel entdeckt. Aber plötzlich fährt sie zusammen, denn ein Ruck geht durch die Kabine. Der Kopfteil der Rakete mitsamt der Kabine wurde durch eine Vorrichtung automatisch vom übrigen Raketenkörper weggeschleudert. Die Rakete war für einen kurzen Moment ganz zum Stillstand gekommen, in dem Moment nämlich, als sie ihre größte Höhe über dem Erdboden erreicht hatte. Es waren 450 km. Jetzt fallen der Kopfteil mit der Kabine und gesondert davon der übrige Raketenkörper mit immer schneller werdender Geschwindigkeit wieder zur Erde herab.

Es muß den beiden Hunden jetzt merkwürdig zumute sein. Denn während des freien Falls haben die Tiere und alle Gegenstände kein Gewicht mehr! Pjostraja schwebt auf einmal buchstäblich in der Luft, hat keinen Halt mehr auf dem Boden der Kabine. Beide Hunde sind ob des sonderbaren Zustands etwas unruhig und wissen sich nicht recht zu helfen.

Hubschrauber nach Planquadrat 18!

Die Kabine hat sich inzwischen der Erde stark genähert und ist in etwas dichtere Luftschichten eingetaucht. Jetzt entfalten sich die Fallschirme, die den rasenden Sturz der Kabine allmählich abbremsen. Damit hört auch die Gewichtlosigkeit auf. In der Raketenstation am Erdboden hat sich die Tätigkeit des Fallschirmsystems durch ein Funksignal bemerkbar gemacht. Mit Ferngläsern und mit Radar verfolgen die Ingenieure genau die Absturzbahn der Kabine. Ein Hubschrauber steht schon mit laufenden Motoren da und hebt sich von der Erde. Die Zentrale dirigiert ihn dorthin, wo der Kopfteil der Rakete mit den beiden vierbeinigen Weltraumfahrern landen muß.

Wenige Augenblicke, nachdem der Kopfteil der Rakete mit der Kabine auf dem Erdboden aufgesetzt hat, trifft schon der Hubschrauber am Landeplatz ein. Als der Tierarzt die Kabine des Raketenkopfteils öffnet, springen die beiden Hunde freudig ins Freie. Pjostraja läuft vor Wiedersehensfreude um den Tierarzt im Kreis herum und wedelt dabei mit dem Schwanz. Beljanka rollt sich im Gras, soweit der Anzug das erlaubt, und streckt

schweräufend ihre Zunge heraus. Freßlustig verschlingen die Hunde zwei Würste, die ihnen der Tierarzt als Belohnung mitgebracht hat. Dann werden die beiden Vierbeiner mit in den Hubschrauber genommen und zurück zur Raketenversuchsstation geflogen. Hier erfolgt sofort eine gründliche ärztliche Untersuchung der Tiere. Sie ergibt keinerlei besonderen oder gar krankhaften Befund. Nur müde sind die beiden Hunde.



Als die ärztliche Untersuchung beendet ist, strecken sich Beljanka und Pjostraja auf dem Boden aus und schlafen fest ein.

Noch viele Jahre lang wird man den Gesundheitszustand der beiden Versuchstiere Tag für Tag genau verfolgen, um möglicherweise nachträgliche Schäden festzustellen. Aber bisher erfreuen sich die Tiere bester Gesundheit. Sie haben der Wissenschaft bei der Vorbereitung des Weltraumfluges von Menschen einen großen Dienst erwiesen. Die genaue Auswertung dieses und der zahlreichen anderen Versuche, bei denen Tiere in den Weltraum flogen, wird zeigen, ob und welche gesundheitlichen Gefahren beim Weltraumflug entstehen und wie man sie durch Gegenmaßnahmen beseitigen kann.

Ein Versuch, wie er hier geschildert wurde, hat einen Nachteil. Da die Rakete nicht zum künstlichen Mond wurde, der die Erde längere Zeit umkreist, sondern schon nach kurzer Zeit wieder zur Erde fiel, waren auch die Tiere nur kurze Zeit den Weltraumbedingungen ausgesetzt. Aber der Versuch hat den Vorteil, daß die Tiere wohlbehalten zur Erde zurückkehrten und noch jahrelang ärztlich untersucht werden können.

Setzt man ein Tier in einen künstlichen Erd-

trabanten, so hat das den Vorteil, daß das Tier längere Zeit den Weltraumbedingungen ausgesetzt ist, aber gegenwärtig noch den Nachteil, daß man es nicht wieder wohlbehalten zur Erde zurückbringen kann.

Man kann also auch seinen Gesundheitszustand nicht mehr über Jahre hin verfolgen. Für die wissenschaftliche Erforschung der gesundheitlichen Bedingungen des Weltraumflugs, kurz Weltraum-Medizin genannt, sind daher beide Arten von Versuchen notwendig.

Aber nicht nur der Weltraum-Medizin, sondern auch der physikalischen Erforschung des Weltraums oder genauer gesagt der Übergangszone zwischen Erdatmosphäre und Weltraum dienen solche Raketenanstiege. Sie ergänzen die Messungen, die mit Hilfe der künstlichen Erdtrabanten durchgeführt werden. Wir wollen die Raketen, die nicht zu künstlichen Monden der Erde werden, sondern gleich nach dem Erreichen der Gipfelhöhe wieder herunterfallen, Höhenraketen nennen. Sie sind technisch einfacher aufgebaut als künstliche Monde und wurden während des IGJ in größerer Zahl von vielen Stellen der Erde aus aufgelassen.

Nicht immer befanden sich Tiere an Bord,

denn meist tragen Höhenraketen nur physikalische Meßgeräte in große Höhen.

Am 21. Februar 1958 erreichte eine sowjetische einstufige Höhenrakete mit 473 km die bisherige Rekordhöhe dieses Raketentyps. In die Rakete waren sieben physikalische Meßanordnungen eingebaut. Sie ermittelten die Zahl der freien Elektronen in der Ionosphäre, die Zahl der positiv und negativ geladenen Ionen, die Temperatur der freien Elektronen, den Luftdruck, die ultraviolette Strahlung in großen Höhen und die Anzahl der Zusammenstöße mit Mikrometeoriten (darunter versteht man winzige Teilchen, die aus dem Weltraum in die Erdatmosphäre einfliegen.)

Sowjetische Techniker konstruierten sogar Raketenkopfteile, die man nach ihrer Fallschirm-landung immer wieder für neue Aufstiege verwenden kann.

Kleine Radiosender an Bord der Rakete melden die Meßergebnisse der Instrumente noch während des Flugs der Rakete zur Erde. Manchmal zeichnen auch Registrierapparate, die sich an Bord der Rakete befinden, die Meßergebnisse automatisch auf. Diese Apparate werden nach dem Herabfallen des Kopf- teils der Rakete geborgen.

Häufig sind in die Rakete auch Kameras eingebaut. Sie fertigen aus verschiedenen Höhen automatisch fotografische und Filmaufnahmen von der Erdoberfläche an.



10. KAPITEL

Da hielt die Welt den Atem an

Erinnern wir uns noch an den 5. Oktober 1957? Vielleicht haben wir das Datum schon wieder vergessen. Aber das Ereignis, das am Morgen dieses Tages bekannt wurde, hat noch niemand vergessen, und niemand wird es je vergessen können!

Die ganze Menschheit stand plötzlich wie unter einem Bann. Worte wie „künstlicher Mond“ und „Sputnik“ – ein russisches Wort, das soviel wie Begleiter, Weggenosse bedeutet – waren in jeder Munde. Die Kinder

sprachen ebenso davon wie die Erwachsenen. Alle Menschen verfolgten mit größter Spannung die Nachrichten über den ersten künstlichen Mond der Erde, den sowjetische Wissenschaftler und Techniker geschaffen hatten.

In der Nacht vom 4. zum 5. Oktober war er vom Territorium der Sowjetunion aus aufgestiegen und zog nun seine vorherberechneten Bahnen um die Erde – ein Himmelskörper aus Menschenhand!

Ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Menschheit hatte begonnen. Bis dahin blieben die Menschen selbst bei ihren kühnsten Unternehmungen an die Erde gefesselt. Auch die Flugzeuge bewegen sich in einer unserem Planeten zugehörigen Lufthülle. Es schien, als sei der Mensch für immer durch eherne Naturgesetze an diesen kleinen Stern Erde gebunden. Nun aber hatte die neue, die kosmische Epoche in der Menschheitsgeschichte begonnen. Der Mensch entsandte die erste Rakete in den Weltraum, die zwar noch unbemannt war, aber eine Vorhut des Menschen darstellte. Sie sollte erst einmal die physikalische Beschaffenheit des Weltraums klären, bevor der Mensch selbst die ersten Schritte in den Weltraum unternimmt.

Der Start des ersten sowjetischen Sputniks und auch die nachfolgenden Starts der großen sowjetischen künstlichen Himmelskörper waren für die Wissenschaftler und alle Menschen die eindrucksvollsten Ereignisse des ganzen Internationalen Geophysikalischen Jahres überhaupt.

Jahrelang hatten die USA den Start ihrer künstlichen Monde angekündigt. Aber sie brachten lange Zeit nur Fehlstarts zustande und später – lange nach den sowjetischen Sputniks 1 und 2 – endlich einen ganz kleinen Erdsatelliten in den Raum, der nur den 36. Teil von Sputnik 2 wog. Die Weltöffentlichkeit nannte ihn und die nachfolgenden USA-Erdsatelliten „Spättniks“ oder „Pampelmusen“.

Die Sowjetunion hatte im Jahre 1955 durch die Akademie der Wissenschaften der UdSSR nur ganz schlicht ankündigen lassen, es würden sowjetische künstliche Erdtrabanten mit automatischen Laboratorien an Bord aufsteigen. Aber die sowjetischen künstlichen Erdsatelliten standen planmäßig eines Tages am Himmel als ein Beweis für die Überlegenheit der sozialistischen Wissenschaft und Technik.

Die der Sowjetunion feindlichen Politiker und Militärs in den kapitalistischen Ländern über-

schlugen sich vor Wut. Aber die Wissenschaftler aller Länder, auch der kapitalistischen, beglückwünschten ihre sowjetischen Kollegen zu dieser einzigartigen, beispiellosen Leistung. Aus allen Glückwünschen sprachen aufrichtige Begeisterung und ehrliche Bewunderung.

Der Wissenschaft wurden durch diese künstlichen Himmelskörper ganz neue Forschungsmöglichkeiten eröffnet.

Wie man einen Sputnik beobachtet

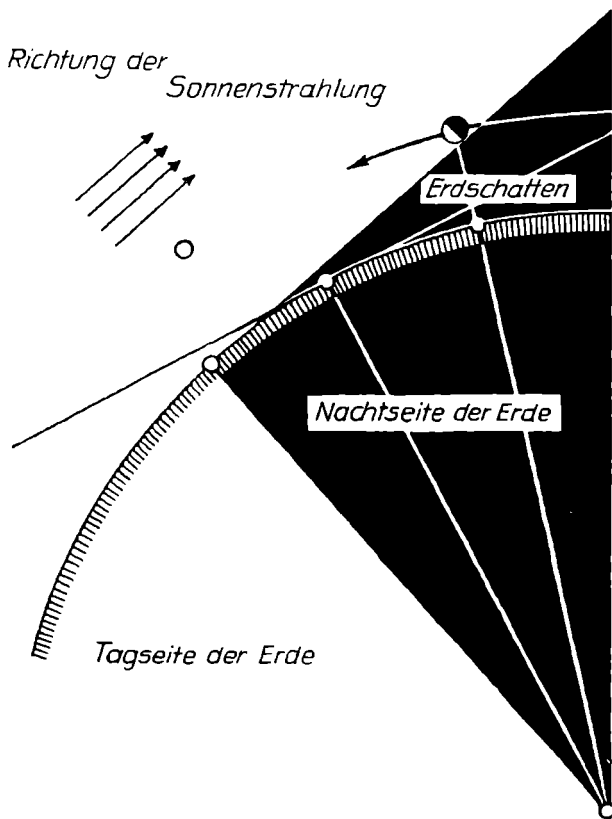
Schon die bloße Beobachtung der Bahn eines Sputniks am Himmel ermöglicht viele wissenschaftliche Erkenntnisse. Die Beobachtung erfolgt entweder optisch oder funktechnisch. Bei der optischen Beobachtung wird der künstliche Mond im Fernglas gesehen oder mit Kameras fotografiert. Bei der funktechnischen Beobachtung wird er nicht gesehen, bestimmte Geräte zeigen nur sein Vorhandensein an. Die Funkbeobachtung hat aber einen großen Vorteil: Sie ist unabhängig von der Tageszeit und dem Wetter, sofern der Satellit überhaupt nur in der Nähe des Beobachtungsortes vorbeifliegt.

Leider ist aber funktechnisch die Bahn des Satelliten nicht sehr genau zu ermitteln. Eine solche Funkbeobachtung eines Sputniks erfolgt in der einfachsten Form dadurch, daß man einen Kurzwellen-Empfänger auf die Wellenlänge des Senders an Bord des Sputniks einstellt und abwartet, bis die Funk-signale des Sputnik-Senders empfangen werden. Ist ein Empfang gegeben, so muß sich der Sputnik in der Nähe des Empfangsortes befinden.

Auf diese Weise kann man, wenn auch – wie gesagt – nicht sehr genau, das Kreisen des künstlichen Mondes um die Erde solange verfolgen, wie der Sender an Bord arbeitet.

Die optische Beobachtung mit dem Fernrohr dagegen hat den Nachteil, daß sie nur während bestimmter Phasen der Morgen- und Abenddämmerung und bei klarem Wetter möglich ist. Tagsüber kann man die künstlichen Monde nicht sehen, weil der helle Himmel das von den Satelliten reflektierte Sonnenlicht überstrahlt. Nachts kann man die Erdtrabanten nicht sehen, weil sie kein eigenes Licht aussenden. Sie werden nachts auch nicht von der Sonne angestrahlt, weil sie im Schatten der Erde fliegen.

Der natürliche Mond dagegen gerät nur sel-



Schema der Sichtbarkeitsbedingungen eines Sputniks

ten in den Schatten der Erde, nämlich bei Mondfinsternissen. Aber das liegt daran, daß der natürliche Mond viel weiter (384 000 km) von der Erde entfernt ist als die künstlichen Monde, die die Erde in Höhen von höchstens 2000 km umlaufen.

Daher befinden sie sich während des Überquerens der Nachthälfte der Erde in deren Schatten.

Warum sind künstliche Monde aber während der Dämmerung zu sehen? Wenn die Sonne für einen bestimmten Punkt am Erdboden, von dem aus beobachtet wird – nennen wir ihn den Punkt A – schon unter dem Horizont versunken und folglich nicht mehr zu sehen ist, dann wird ein Körper, der sich in vielen hundert Kilometern Höhe senkrecht über dem Punkt A befindet, trotzdem noch von der Sonne angestrahlt. Man könnte von diesem Punkt aus – nennen wir ihn den Punkt H – die Sonne noch sehen, wenn man sie vom Punkt A aus schon nicht mehr erblicken kann. Vom Punkt H aus gesehen steht die Sonne ja noch nicht unter dem Horizont. Erst wenn sie noch tiefer sinkt, ist sie auch vom Punkt H aus nicht mehr zu sehen. Ein Körper, der sich dann im Punkt H befindet, wird folglich auch nicht mehr vom Sonnenlicht angestrahlt, sondern

liegt dann bereits im Halbschatten der Erde.

So ist zu verstehen, warum ein künstlicher Mond nur kurze Zeit während der Dämmerung zu sehen ist. Man sieht ihn, solange ihn die Sonne, die von der Erdoberfläche aus betrachtet schon unter dem Horizont steht, mit ihrem Licht gerade noch seitlich streift. Weil die Sonne dann schon tief steht, ist der Himmel bereits so abgedunkelt, daß sich die kleine Lichtmenge, die der künstliche Mond reflektiert, vom abgedunkelten Himmel abhebt. Es bedarf also des Zusammentreffens mehrerer günstiger Voraussetzungen, um einen künstlichen Mond sehen zu können.

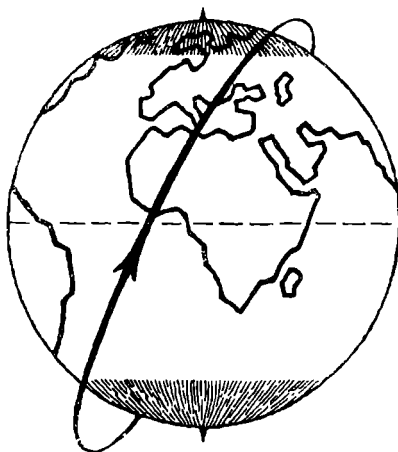
Trotzdem sind tausende genauer optischer Beobachtungen der sowjetischen künstlichen Monde gelungen, aber nur verhältnismäßig wenige Beobachtungen der amerikanischen Erdtrabanten. Woran liegt das? Einmal waren die amerikanischen Erdsatelliten so klein, daß sie nur äußerst wenig Sonnenlicht reflektierten. Man mußte schon Spezialfernrohre haben, um sie zu sehen. Noch entscheidender war aber ein anderer Umstand. Die Bahn der USA-Satelliten hatte eine zu geringe Neigung gegen die Äquatorebene. Was ist darunter zu verstehen?

Denken wir uns eine Scheibe so durch die Erdkugel gelegt, daß sie die Erde genau in der Höhe des Äquators in eine nördliche und südliche Halbkugel teilt! Diese Scheibe wäre dann die Äquator„ebene“. Die Bahnebene des künstlichen Mondes können wir uns ebenso veranschaulichen.

Hier müßte die Scheibe so gelegt sein, daß sich auf ihr alle Punkte der Satellitenbahn befinden.

Stellen wir uns vor, die Bahnebene des Trabanten sei gleich der Äquatorebene der Erde. Wo würde man dann den Satelliten beobachten können? Immer nur von der Äquatorzone selbst aus! Denn die nördlicheren und südlicheren Gebiete überfliegt der Satellit niemals. Die Beobachtungsmöglichkeiten wären in diesem Falle äußerst ungünstig, denn in der Äquatorzone befinden sich fast nur Ozeane und wenig besiedelte Landgebiete.

Wäre aber die Bahnebene des künstlichen Mondes um 90 Grad gegen die Äquatorebene geneigt, so daß der Satellit bei jedem Umlauf immer wieder über den Nordpol und Südpol fliegt, dann müßte der künstliche Trabant nacheinander die gesamte Erdoberfläche überfliegen, weil sich die Erde ja unter



Schema der Bahnebene des Sputniks und der Äquatorebene

seiner Bahn ständig dreht. Die Beobachtungsmöglichkeiten wären also äußerst günstig. Praktisch ist es aber gar nicht nötig, dem künstlichen Mond eine Bahnneigung von 90 Grad gegen die Äquatorebene zu geben. Es genügt bereits eine Neigung von 65 Grad. Dann überfliegt der Trabant nacheinander alle Orte der Erdoberfläche, die zwischen dem 65. Grad nördlicher und dem 65. Grad südlicher Breite liegen. Zwischen dem 65. nörd-

lichen und südlichen Breitengrad liegen aber alle dichtbesiedelten Länder. Bei dieser Bahnneigung, wie sie die sowjetischen künstlichen Erdtrabanten hatten, bestehen also praktisch alle nutzbaren Beobachtungsmöglichkeiten. Nur die Polargebiete werden nicht überflogen, aber von hier aus könnte man die Satelliten sowieso kaum beobachten, weil fast immer eine Wolkendecke vorhanden ist.

Die amerikanischen Erdsatelliten hatten eine ungünstigere Bahnneigung, der „Explorer I“ zum Beispiel eine von 34 Grad gegen die Äquatorebene. Deshalb konnte man ihn auch nur von Orten aus beobachten, die zwischen dem 34. Grad nördlicher und dem 34. Grad südlicher Breite liegen. Das sind wiederum in der Hauptsache Ozeane und wenig besiedelte tropische Länder.

Warum wählten die USA eine so ungünstige Bahnneigung? Je weniger die Bahn gegen den Äquator geneigt ist, desto stärker wirkt sich die Umdrehung der Erde als Starthilfe aus, denn die Erde dreht sich ja von Westen nach Osten. Daraus folgt: Jeder Gegenstand an der Erdoberfläche bewegt sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit in genau östlicher Richtung. Am Äquator beträgt diese

Geschwindigkeit immerhin 460 m/s. Startet nun die Rakete in gleicher Richtung und genau in der Äquatorebene, so kommt ihr beim Abflug dieser Umdrehungsschwung für den Start voll zugute. Sie braucht für einen Teil der Geschwindigkeit, die sie erreichen muß, überhaupt keine Motorenkraft.

Freilich kann man den Umdrehungsschwung nur voll ausnutzen, wenn die Bahnebene gleich der Äquatorebene ist. Je stärker die Bahnebene aber von der Äquatorebene abweicht, desto geringer wirkt sich der Umdrehungsschwung der Erde als Starthilfe aus. Die USA konnten bei den Starts ihrer Satelliten auf diese natürliche Starthilfe nicht verzichten.

Die optische Beobachtung der künstlichen Erdsatelliten erfolgt mit gruppenweise angeordneten Spezial-Feldstechern. Diese werden dabei so aufgestellt, daß sich ihre Blickfelder aneinanderreihen. Mehrere Beobachter überblicken also zusammen eine große Himmelsfläche. Sie wird als eine „optische Barriere“ so über den Himmel verteilt, daß der Sputnik die Barriere an irgendeinem Punkte durchqueren muß. An welchem Punkte das geschieht, weiß man vorher nicht genau. Auf diese Weise sehen also nicht alle Be-

obachter den Sputnik, aber einer oder einige müssen ihn mit Bestimmtheit sehen. Sie notieren genau die Uhrzeit, zu der er in der Nähe dieses oder jenes Sterns erschien. Diese Meldungen werden an eine Zentrale in der Sowjetunion weitergegeben, die die Beobachtungen auswertet.

Noch etwa zehnmal genauer und für die wissenschaftliche Forschung am aufschlußreichsten sind fotografische Aufnahmen der Sputnik-Bahn. Sie zeichnet sich auf dem Foto als Leuchtspur ab. Weil dabei auf dem Himmelshintergrund zugleich die helleren Sterne mit abgebildet sind, ist eine äußerst genaue Standortbestimmung des künstlichen Erdtrabanten möglich. Man braucht nur noch den Ort, an dem die Aufnahme erfolgte, sowie die Zeit anzugeben. Daraus ist dann der Verlauf der Sputnik-Bahn mit größter Genauigkeit zu ermitteln.

Sternwarten und Schul-Sternwarten unserer Deutschen Demokratischen Republik leisteten durch Fernglas-Beobachtungen und fotografische Aufnahmen von Sputnik-Bahnen wertvolle Beiträge zum IGJ.

Wenn ein Sputnik kollert

Während der Satellit über einen Beobachtungsort hinwegfliegt, kann sich seine scheinbare Helligkeit stark ändern. Je nach dem Winkel, unter dem er über dem Beobachtungspunkt steht, sieht man einen kleineren oder größeren Teil seiner von der Sonne angestrahlten Oberfläche. Daher scheint der Satellit heller oder dunkler zu werden. Es kann auch sein, daß er abwechselnd hell und dunkel wird.

Daraus ist zu schlußfolgern, daß er kollert und dabei der Sonne mal eine Seite zuwendet, die viel Licht reflektiert, und mal eine Seite, die wenig Licht reflektiert. Das Kollern ändert aber nichts an der Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung des Trabanten, ebensowenig wie ein Ball, der sich während des Fluges durch die Luft zugleich um seine Achse dreht, dadurch aus seiner Wurfbahn abgelenkt wird.

Die optischen und die Funkbeobachtungen ergeben immer nur Ausschnitte aus der Bahn des Satelliten. Doch kann man daraus den Verlauf der ganzen Bahn ermitteln. Welche Erkenntnisse sind aber zu gewinnen, wenn man die Bahnen der künstlichen Monde und

ihrer Trägerraketen möglichst genau verfolgt?

Erkenntnisse sind hauptsächlich aus den Abweichungen und den allmählichen Veränderungen der Bahn zu gewinnen. Denn all diese Abweichungen und Veränderungen, die man zusammenfassend als „Bahnstörungen“ bezeichnet, müssen ja Ursachen haben.

Aus Art und Größe der Störungen kann man daher ohne weiteres auf die Ursachen schließen.

Eine erste Störung der Bahn wird dadurch hervorgerufen, daß selbst in den großen Höhen, die der künstliche Mond durchfliegt, der Raum nicht absolut leer ist. Die Erdatmosphäre reicht mehrere tausend Kilometer in den Weltraum hinauf. Zwar enthält sie mit zunehmender Höhe immer weniger Gasteilchen, aber einige Teilchen sind auch in den großen Höhen noch vorhanden und bremsen, wenn auch sehr schwach, den künstlichen Mond. Dadurch verliert er allmählich an Höhe. Seine Bahn wird eine Ellipsenspirale, die sich immer mehr verengt, bis sie der Erdoberfläche so nahe kommt, daß der Satellit in luftdichte Schichten der Atmosphäre eintaucht. Dabei tritt infolge seiner hohen Geschwindigkeit eine so heftige Reibung an den

Teilchen der Luft ein, daß der Satellit durch Reibungswärme verglüht.

Das allmähliche Engerwerden der Bahnspirale macht sich auch dadurch bemerkbar, daß die Zeit, die der Satellit für einen Umlauf benötigt, immer kürzer wird. Umgekehrt kann man nun aus der Umlaufszeitverkürzung errechnen, wieviel Gasteilchen sich in der Höhe befinden, in der der Satellit fliegt. Die Größe der Bremskraft hängt ja von der der Gasteilchen ab, die dem Trabanten im Wege sind. Je mehr Teilchen also vorhanden sind, desto größer ist die Bremskraft – und umgekehrt.

Allerdings muß man, um solche Berechnungen anstellen zu können, auch Form, Größe und Gewicht des Satelliten selbst kennen. Auch davon hängt es ab, wie stark er gebremst wird. Ein großer Körper mit einer großen Oberfläche stößt ja gegen mehr Gasteilchen an als ein kleiner. Von der Masse des Satelliten ist seine Durchschlagskraft, mit der er das Gas durchfliegt, abhängig.

Einen schweren Körper können die Gasteilchen nicht so leicht bremsen wie einen leichten. Kommt eine Murmel auf uns zugerollt, so ist es nicht schwer, sie abzubremsen. Rollt aber mit der gleichen Geschwindigkeit eine

schwere Kugel auf uns zu, so können wir sie mit dem gleichen Kraftaufwand nur sehr viel weniger abbremsen.

Diese aus der Umlaufzeitverkürzung abgeleiteten Berechnungen wurden von Sputnik 3 bestätigt. Sputnik 3 hatte auch ein Meßgerät an Bord, das die Masse der Gasteilchen auf direkte Weise maß. Hier brauchte man also die Menge der Gasteilchen nicht erst indirekt aus der Umlaufzeitverkürzung zu errechnen. Aber die direkten Messungen führten zu den gleichen Ergebnissen wie die indirekten Berechnungen.

Nicht zu allen Zeiten ist die Dichte der Gas-mengen in derselben Höhe gleich groß, sondern sie ändert sich. Das erkannte man aus einer ganz merkwürdigen Tatsache: Die Umlaufszeit der künstlichen Monde verkürzte sich einmal mehr, ein andermal weniger. Beim Sputnik 3 war die Umlaufszeitverkürzung während des ersten Monats nach dem Start um 40 Prozent geringer, als es zu erwarten gewesen wäre. Dann folgten wieder Wochen, in denen sich die Umlaufszeit ganz in der erwarteten Weise verkürzte. Die Bremskraft der Gasteilchen und dementsprechend auch die Gasdichte war also einmal größer und einmal kleiner. Seltsamer-

weise traten solche Schwankungen der Gasdichte besonders dann ein, wenn die Sonne viele Fackeln hatte. Warum das so ist, weiß man aber noch nicht.

Durch die optische Beobachtung der Erdsatelliten-Bahnen waren sogar neue und genauere Erkenntnisse über die Form und Größe der Erde zu gewinnen. Es ergab sich, daß die Polarachse nicht um $1/297$ – wie bisher angenommen – sondern nur um $1/298$ kürzer als der Äquatordurchmesser ist.

Mit 150 km langem Schweif

Ein interessantes Schauspiel bietet der Absturz eines größeren Erdsatelliten oder seiner Trägerrakete. Sputnik 2 stürzte am 14. April 1958 ab. Als er in die dichteren Schichten der Atmosphäre eintauchte, befand er sich gerade in der Nähe von New York. Infolge der Reibung an den Luftteilchen fing er derart an zu glühen, daß er auch am Nachthimmel als schnell dahinziehender Stern zu sehen war. Je tiefer er sank, desto heftiger wurde die Reibung und desto größer seine Helligkeit. Er flog dann weiter nach Süden und wurde von verschiedenen kleinen Antillen-Inseln

sowie von zahlreichen Schiffen aus beobachtet. In den letzten Minuten vor seinem Zerplatzen zog er einen leuchtenden Schweif hinter sich her, der immer größer wurde und zuletzt über 150 km lang war. Auf der geographischen Breite von Trinidad und der Länge von Georgetown zerplatzte Sputnik 2 über dem Ozean. Ein größeres Bruchstück flog noch etwa 250 km weiter, erlosch dann aber auch und fiel ins Meer.

Die Forschungsmöglichkeiten, die der Wissenschaft durch die künstlichen Erdtrabanten gegeben sind, beschränken sich aber nicht nur auf die Beobachtung des Bahnverlaufs und der daraus abzuleitenden Schlüsse. Die künstlichen Monde hatten ja auch Geräte an Bord, mit denen verschiedene physikalische Eigenschaften der hohen Atmosphäre und des Weltraums direkt zu messen waren.

Besonders viele Meßgeräte enthielt der sowjetische Riesen-Sputnik 3, der am 15. Mai 1958 startete und dessen Lebensdauer theoretisch auf etwa 724 Tage, das sind rund zwei Jahre, vorherberechnet wurde. Sputnik 3 hat wissenschaftliche Apparaturen an Bord, mit denen folgende physikalische Erscheinungen gemessen wurden: das die Erde umgebende Magnetfeld, die Korpuskularstrahlung der

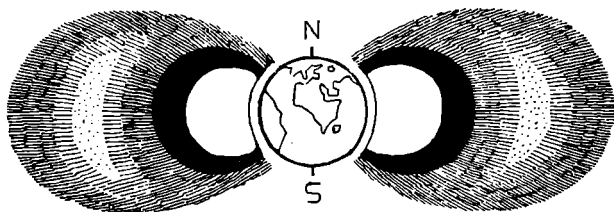
Sonne, die energiereichen Wellenstrahlen (Photonen) der kosmischen Strahlung, die Gasdichte in der hohen Atmosphäre beziehungsweise im Weltraum, die Zahl der elektrisch positiv geladenen Teilchen (Ionen) und die chemische Zusammensetzung des ionisierten Gases in den höheren Schichten der Atmosphäre, die Zahl der schweren Atomkerne in der kosmischen Strahlung, die Stärke der unmittelbar aus dem Weltraum kommenden kosmischen Strahlung und die Zahl der auftreffenden Mikrometeoriten.

Die Meßergebnisse liegen zum großen Teil noch nicht vor. Sie müssen erst aus den Funkzeichen entschlüsselt werden, die der Sender von Bord des Sputniks zur Erde sandte. Das ist eine Arbeit, die Jahre dauert. Zum Teil sind die festgestellten Daten auch nur für den Fachwissenschaftler interessant. Aber zwei Ergebnisse, die für jeden verständlich sind, wurden bereits bekannt. Sie betreffen die Stärke der kosmischen Strahlen und die Zahl der Meteoritentreffer. Diese beiden physikalischen Erscheinungen sind ja von größter praktischer Bedeutung für den Weltraumflug von Menschen. Vor den Aufstiegen der künstlichen Monde konnte niemand mit Gewißheit sagen, ob dem Menschen überhaupt je-

mals Weltraumflüge möglich wären, ohne daß er dabei schwerste gesundheitliche Schäden erleidet. Es war unbekannt, wie stark die kosmische Strahlung im Weltraum ist. Der Mensch verträgt aber von solchen Strahlen nur eine bestimmte Menge.

Sperrzone im Weltraum

Die Fachleute der Weltraumfahrt waren daher zunächst bestürzt, als die Meßgeräte der künstlichen Monde in großen Höhen eine überraschend starke Strahlung feststellten. Es stellte sich heraus, daß die Erde von einem „Kranz“ intensiver Strahlung umgeben ist. Würden diese Strahlen leuchten und könnte man die Erde vom Mond aus beobachten, so



Strahlungsgürtel um die Erde

sähe man östlich und westlich der Erdkugel zwei Strahlenhüllen, die sich weit in den Weltraum erstrecken. Nur über den Polen fehlt der Strahlenkranz.

Wie diese Strahlenhülle entsteht, ist noch nicht völlig geklärt.

Aus dem Weltraum treffen dauernd kosmische Strahlen sehr hoher Energie in den obersten Schichten der Erdatmosphäre ein. Wenn diese kosmischen Strahlen auf die Atomkerne der Atmosphäre prallen, so schlagen sie dabei aus den Kernen kleine Teilchen heraus, die man Neutronen nennt. Die Neutronen fliegen nach allen Richtungen aus den getroffenen Kernen heraus, also auch in Richtung von der Erdoberfläche hinweg, hinaus in den Weltraum.

Die Neutronen zerfallen nach kurzer Zeit in zwei andere Teilchen, nämlich in je ein Proton und Elektron. Beides sind elektrisch geladene Teilchen. Nun werden aber elektrisch geladene Teilchen von einem Magnetfeld stets abgelenkt und in bestimmte Bahnen gezwungen. Folglich wandern die geladenen Teilchen in dem Magnetfeld, das die Erde umgibt, zwischen den Polen mit großer Geschwindigkeit hin und her. Diese schnell fliegenden Teilchen bilden jenen Strahlenkranz,

den die Meßgeräte der künstlichen Erdtrabanten und der ersten kosmischen Rakete festgestellt haben.

Die Teilchen können die Zone um die Erde herum nicht verlassen, weil sie vom Magnetfeld der Erde festgehalten werden. Wenn diese Hypothese richtig ist, dann müssen also alle Himmelskörper, die ein Magnetfeld und wenigstens Spuren einer Atmosphäre haben, ebenfalls von einer Zone sehr starker Strahlung umgeben sein. Bei unserem Planeten nennt man diese Erscheinung „korpuskulare Strahlung der Erde“.

Es war von vornherein anzunehmen, daß sich dieser Strahlenkranz nicht allzu weit erstreckt. Gewißheit darüber brachte aber erst der Aufstieg der ersten kosmischen Rakete. Sie wurde ebenfalls von sowjetischen Wissenschaftlern und Technikern geschaffen und startete am 2. Januar 1959. Im weiteren Verlaufe ihrer Bahn wurde sie zum ersten künstlichen Planeten der Sonne.

Da sich diese Rakete viel weiter von der Erde entfernte als die künstlichen Erdtrabanten, war es zum erstenmal möglich, Messungen der Strahlenintensität auch in sehr großen Entfernungen von der Erde vorzunehmen. Die Ergebnisse wurden durch Funk automa-

tisch zur Erde übertragen. Sie besagen, daß sich der Strahlenkranz der Erde nur etwa 50 000 km, also rund zehn Erdradien, weit in den Weltraum erstreckt. Das ist für die Weltraumfahrt nicht gefährlich. Denn da Raketen, die zum Monde oder zu anderen Planeten fliegen, sowieso mit einer sehr hohen Geschwindigkeit von der Erde starteten, durchfliegen sie den Gürtel der korpuskularen Strahlung unseres Planeten in sehr kurzer Zeit. Die Weltraumfahrer sind daher nur kurzzeitig der erhöhten Strahlung ausgesetzt und werden sie ohne gesundheitliche Schäden überwinden.

Allerdings wird man sich beim zukünftigen Weltraumflug von Menschen auch nach dem „Wetter“ auf der Sonne richten müssen. Bei sehr heftigen Sonnenausbrüchen sendet die Sonne eine starke kosmische Strahlung aus! Auch deshalb muß man die Sonnentätigkeit sorgfältig erforschen.

Ähnlich verhält es sich mit der zweiten hauptsächlichen Gefahrenquelle für den Weltraumflug, nämlich mit den Meteoriten. Das sind kleine Körperchen, die mit hoher Geschwindigkeit (30 bis 60 km/s) durch das Weltall rasen. Zum Glück sind die weitaus meisten Meteoriten nur so groß wie Staub-

körnchen. Sie werden Mikrometeoriten genannt. Meteoriten, die mehr als 1/100 mm Durchmesser haben, sind schon recht selten, und steingroße Meteoriten kommen so selten vor, daß sie den Weltraumfahrern nicht einmal soviel Gefahr bringen wie etwa fallende Dachziegel den Straßenpassanten.

Messungen der sowjetischen Erdsatelliten ergaben, daß im Durchschnitt auf jeweils 840 cm² Oberfläche nur alle 100 s ein Mikrometeorit trifft. Aber zu manchen Zeiten sind es 10 bis 100 je Quadratmeter und Sekunde. Sputnik 3 meldete sogar einmal eine noch größere Zahl von Meteoritentreffern. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Erde bei ihrem alljährlichen Umlauf um die Sonne zu bestimmten Zeiten durch Räume fliegt, die stark von Meteoriten angefüllt sind. Im ganzen sind aber die Meßergebnisse für die Weltraumfahrt nicht beunruhigend.

Der Himmel steht offen

Ein für die Weltraumfahrt besonders bedeutungsvolles Experiment wurde mit Hilfe des Sputnik 2 durchgeführt, der am 3. November 1957 startete. Mit diesem Satelliten flog

die Hündin Laika in den Weltraum. Ebenso wie bei den schon geschilderten Raketaufstiegen der Hunde Beljanka und Pjostraja waren auch am Körper der Hündin Laika ärztliche Instrumente angebracht, die ständig Puls, Blutdruck, Herztätigkeit und andere Lebensfunktionen des Organismus ermittelten und die Ergebnisse durch Funk zur Erde meldeten.

Dieses Experiment verfolgten die Wissenschaftler mit besonders großer Spannung. Denn hier befand sich ein Lebewesen zum erstenmal längere Zeit im Zustand der Schwerelosigkeit. In diesem Zustand haben alle Gegenstände, auch der menschliche und tierische Körper, kein Gewicht. Könnte man sich auf eine Federwaage stellen, so würde sie Null anzeigen.

Die Gewichtlosigkeit entsteht dadurch, daß die Zentrifugalkraft, welche die Körper in Richtung von der Erde weg in den Raum treibt, genauso groß geworden ist wie die Schwerkraft, welche die Körper in Richtung zum Erdmittelpunkt hin anzieht. Wir können stets nur die Differenz dieser beiden Kräfte empfinden, und wenn diese Differenz gleich Null ist, so wiegen wir nichts mehr und haben auch kein Empfinden der Schwere. Alle Kör-

perbewegungen erfordern fast keinen Kraftaufwand mehr, da man den Widerstand der Schwerkraft nicht mehr zu überwinden hat. Ein solcher eigentümlicher Zustand ist auf der Erde für längere Zeit nicht herbeizuführen. Deshalb war es bis zum Weltraumflug von Laika ungeklärt, ob die Organe des Körpers im schwerelosen Zustand richtig arbeiten.

Das Experiment mit Laika hatte ein durchaus erfreuliches Ergebnis! Auch während des schwerelosen Zustandes blieben Atemtätigkeit, Blutkreislauf und gesundheitlicher Allgemeinzustand der Hündin befriedigend. Die Herztätigkeit, die durch ein Elektrokardiogramm registriert wurde, zeigte sich nicht beeinträchtigt.

Das Tier wurde aber nach etwa einer Woche, als die Nahrungsvorräte verbraucht waren, automatisch schmerzlos getötet. Die Hündin Laika hat der Wissenschaft und der ganzen Menschheit einen großen Dienst erwiesen. Es werden noch weitere Tierversuche notwendig sein, doch hat das Experiment mit Laika die Annahme bestärkt, daß ein Weltraumflug von Menschen möglich ist.

Am 12. September 1959 überbot die Sowjetwissenschaft erneut ihre beispiellosen Leistungen. Zum erstenmal gelang es, eine

Rakete, mit einem von ihr getragenen Behälter mit wissenschaftlichen Meßgeräten und kleinen Radiosendern an Bord, bis zum Mond zu befördern. Am 13. September 1959 um 22 Uhr, 2 Minuten und 24 Sekunden MEZ (Mittleuropäischer Zeit) traf der Behälter auf dem Mond ein. Man konnte dieses Ereignis von der Erde aus durch Funk bis zur letzten Sekunde verfolgen, weil die Radiosender beim Aufschlagen auf den Mondboden zerstört wurden und dadurch im Augenblick der Landung ihre Arbeit einstellten. Aber schon vorher wurde die Annäherung an die Mondoberfläche mit einem im Behälter eingebauten Spezial-Radargerät kontrolliert und die noch verbliebene Höhe über dem Mondboden laufend gemessen. Auch diese Meßdaten übertrug ein Radiosender zur Erde, so daß die Landung des Behälters genau festgehalten wurde.

Außerdem führte der Behälter noch einige Meßgeräte von der gleichen Art mit wie beim ersten künstlichen Planeten. Auch ihre Meßergebnisse übertrugen die Sender während des Fluges zum Mond laufend zur Erde. Das erbrachte wertvolle Bestätigungen und Ergänzungen der von der ersten kosmischen Rakete vorgenommenen Messungen.

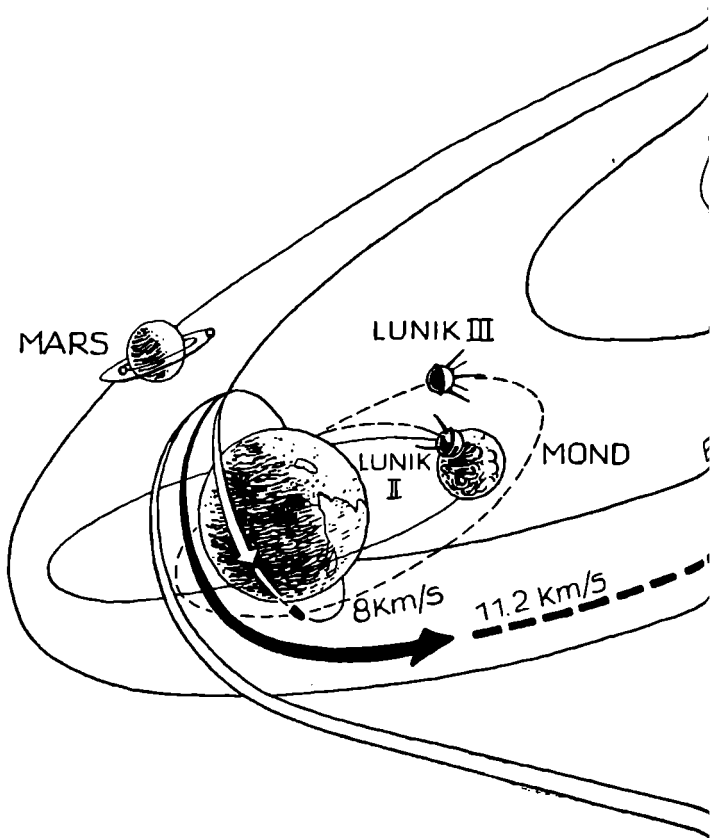
Der sowjetische „Lunik“ (abgeleitet von dem lateinischen Wort luna = Mond) landete im Gebiet zwischen dem Mare Tranquillitatis, Mare Serenitatis und Mare Vaporum (Meer der Ruhe, der Klarheit und der Dämpfe). Die Mare des Mondes sieht man schon mit bloßem Auge als dunkle Flächen auf der hellen Mondscheibe. Sie sind aber im Gegensatz zu ihrem Namen (lat. mare = Meer) nicht mit Wasser gefüllt, da es auf dem Mond kein Wasser gibt.

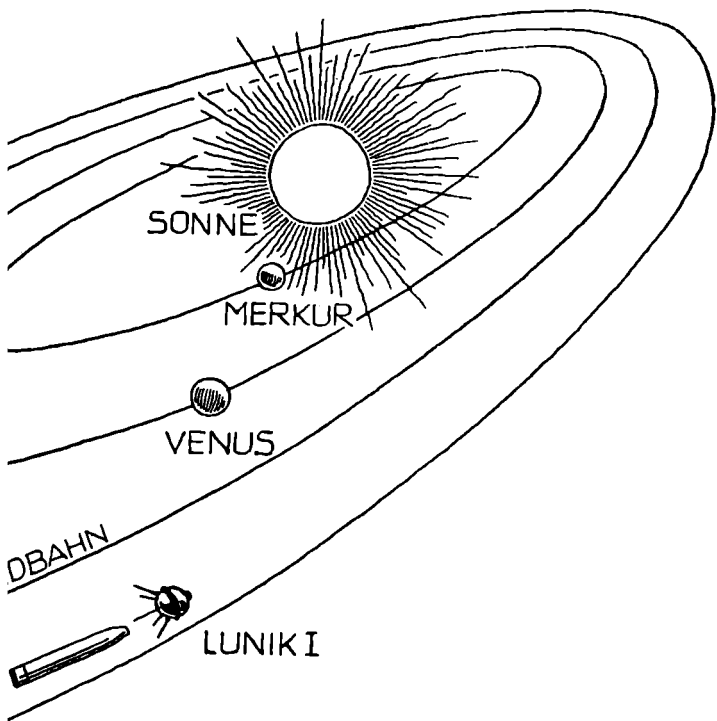
Am 7. Oktober 1959 ereignete sich eine weitere wissenschaftliche Sensation. Mit der dritten sowjetischen Mondrakete – Lunik 3 – gelang es, die von der Erde aus nicht sichtbare Rückseite des Mondes zu fotografieren.

Friedlicher Wettstreit

Die Aufstiege der sowjetischen Erdtrabanten und der künstlichen Planeten der Sonne waren aber nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für die Politik und den Weltfriedenskampf außerordentlich bedeutungsvolle Ereignisse. In den kapitalistischen Ländern versucht man, durch Lügenpropaganda in Presse und Rundfunk den Menschen weis-

Die Flugbahnen der Sputniks und Luniks





16,6 Km/s



7

zumachen, die Sowjetunion und alle sozialistischen Länder seien in der Wissenschaft und Technik im Rückstand. Aber das Vorhandensein der sowjetischen künstlichen Monde und kosmischen Raketen, die am Himmel ihre Bahnen zogen, war den Menschen aller Länder durch keine noch so geschickte Lügenpropaganda zu verbergen.

Ebensowenig zu verbergen waren die ständigen Mißerfolge der USA. So großsprecherisch der Propagandarummel um die künstlichen Erdsatelliten der USA betrieben wurde, so kläglich war die Wirklichkeit. Ein Fehlstart folgte auf den andern. Die Raketen explodierten schon auf der Startrampe oder in geringer Höhe. Als es den USA gelang – vier Monate nach dem Start des ersten sowjetischen Sputniks – ihren ersten Satelliten in den Weltraum zu bringen, war es ein winziges Körperchen, das nur 14 kg wog. Auch die nächsten amerikanischen Erdsatelliten wogen nicht viel und waren klein, hatten wenig Meßgeräte an Bord und konnten nur unter großen Schwierigkeiten beobachtet werden. Die sowjetischen Sputniks 1, 2 und 3 hatten ein Gewicht von 83,6 beziehungsweise 508,3 beziehungsweise 1327 kg, waren reichlich mit Meßinstrumenten ausgestattet

und konnten fast von der gesamten Erdoberfläche aus beobachtet werden.

Beim Wettlauf in den Weltraum trat erneut und unlegbar zutage, daß die Wissenschaft und Technik der Sowjetunion die der anderen Länder eingeholt und überholt hat und heute führend in der Welt ist! Wenn man nun bedenkt, daß das zaristische Rußland bis zur Großen Sozialistischen Oktoberrevolution im Jahre 1917 gegenüber den anderen Großmächten in der Technik tatsächlich weit im Rückstand war, daß aber nur 40 Jahre Sowjetmacht genügte, um aus diesem technisch rückständigen Lande eine Weltmacht zu entwickeln, die auch in Wissenschaft und Technik an der Spitze der Welt steht, so ist das ein eindrucksvoller Beweis für die Richtigkeit und Überlegenheit der sozialistischen Gesellschaftsordnung.

In der Sowjetunion wurden nicht nur die ersten großen künstlichen Himmelskörper gebaut und erfolgreich gestartet, sondern auch das erste Atomkraftwerk der Welt in Betrieb genommen.

Alle diese Leistungen sind weitere Beweise dafür, daß dem Sozialismus die Zukunft gehört, weil diese Gesellschaftsordnung besser und zu höheren Leistungen fähig ist als das

überholte, zum Absterben verurteilte kapitalistische Gesellschaftssystem.

Man kann die Bedeutung der sowjetischen Sputniks nicht treffender ausdrücken als mit den Worten N. S. Chruschtschows: „Die künstlichen sowjetischen Erdsatelliten senden nicht nur Funksignale und reflektieren nicht nur Sonnenstrahlen zur Erde. Sie teilen zugleich allen Menschen mit, welche Höhen die sozialistische Gesellschaft nach der Befreiung vom Joch des Kapitalismus erreicht hat.“

Aber nicht nur die Sputniks, sondern auch die anderen wissenschaftlichen Leistungen der sozialistischen Länder, darunter auch der Deutschen Demokratischen Republik, zeigten der Weltöffentlichkeit, zu welchen hohen Leistungen diese Länder fähig sind. Die wissenschaftlichen Arbeiten der Institute unserer Republik während des Internationalen Geophysikalischen Jahres fanden bei den Gelehrten und in der breiten Öffentlichkeit aller Länder, auch der kapitalistischen, hohe Anerkennung und Beachtung.

Von überaus großer Bedeutung war es ferner, daß das III. Internationale Geophysikalische Jahr auf dem Gebiete der Wissenschaft ein leuchtendes Beispiel dafür gab, daß

eine friedliche Zusammenarbeit aller Länder möglich und erforderlich ist, um hochgesteckte Ziele zu erreichen. Dadurch diene diese große Aktion nicht nur der Wissenschaft, sondern darüber hinaus dem Kampf für Frieden und Völkerverständigung, dem Bestreben nach friedlichem Zusammenleben und friedlichem Wettstreit zwischen dem sozialistischen und kapitalistischen Teil der Erde.

Inhaltsverzeichnis

1. KAPITEL

Sturm auf den Eiskeller der Erde	5
Der Landeplatz schwimmt davon	9
Wo das Benzin einfriert	13
Eine beispiellose Aktion	14
Künstliche Eisbeben	19

2. KAPITEL

Kann man die Antarktis auftauen?	26
Wird es auf der Erde wärmer?	28
Gletscher sagen aus	30
Wolkenkratzer ständen unter Wasser	33
Die größte Wetterküche der Erde	34
Wo Benzin nicht mehr explodiert	37
Die fünf Südpole	40

3. KAPITEL

Auf Eisschollen über den Nordpol	44
Alarm! Eisbruch!	47
Abenteuer in der Polarnacht	51
Obenherum ist's kürzer	53
Als der Nordpol in den Tropen lag	57

4. KAPITEL

Sorgen um Frau Sonnes Sommersprossen	61
Sonnenflecken	63
Wettervorhersage für zwei Monate	67
Wenn Frau Sonne spuckt	71

5. KAPITEL

Die Funkverbindung reißt ab	78
Wellenspiegel im Weltraum	80
Wo man die Sonne rauschen hört	84
Wie wird das Funkwetter?	94

6. KAPITEL

Die Magnetonadel tanzt zur Sonnenmusik	98
Eiertanz der Magnetpole	100
Ein unmagnetisches Schiff	102
Flucht vor der S-Bahn	107
Die Notbeleuchtung unserer Planeten	109

7. KAPITEL

Luftballons für die Wissenschaft	116
Fliegende Wetterwarten	120
Der Wärmehaushalt der Erde	122
Mit der „Lomonossow“ auf Forschungsfahrt	125
Am Startplatz der Schlechtwetter- Tiefs	132
Gebirge am Meeresgrund	135

8. KAPITEL

Die Erdachse „eiert“	137
Wandern die Kontinente?	140
Warum der Nordpol wackelt	144
Wann bleibt die Erde stehen?	148

9. KAPITEL

Stippvisite im Weltraum	151
Ein schweres Training	153
Lichtzeichen melden Herztätigkeit	155
Hubschrauber nach Planquadrat 18!	161

10. KAPITEL

Da hielt die Welt den Atem an	167
Wie man einen Sputnik beobachtet	170
Wenn ein Sputnik kollert	180
Mit 150 km langem Schweif	184
Sperrzone im Weltraum	187
Der Himmel steht offen	191
Friedlicher Wettstreit	195



Das III. Geophysikalische Jahr 1957/58 war eine beispiellose Aktion der internationalen Wissenschaft. Über 10 000 Wissenschaftler aus 64 Ländern nahmen an diesem friedlichen Wettstreit teil. Es setzte ein Sturmangriff auf den Eiskeller der Erde ein. Arktika und Antarktika mußten viele ihrer Rätsel preisgeben. Doch nicht nur den Polargebieten und Ozeanen wurden Geheimnisse entrissen, auch die Sonne und der Weltraum wurden weiter erforscht.



JEDER BAND **2** MARK