



KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

HET
INTERNATIONAAL
GEOPHYSISCH JAAR
1957-1958

Prijs f 1,85

VERSPREIDE OPSTELLEN

4

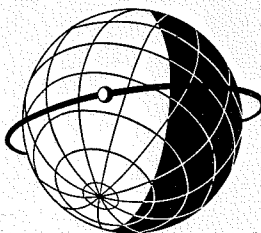
PUBLIKATIENUMMER: KNMI 137-4

STAATSDRUKKERIJ- EN UITGEVERIJBEDRIJF / 'S-GRAVENHAGE 1957

KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

Het Internationaal Geofysisch jaar

1957-1958



VERSPREIDE OPSTELLEN 4



Voorwoord

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut doet hiermee het licht zien een reeks voordrachten, door negen deskundigen gehouden over de betekenis van het Internationaal Geofysisch Jaar en over het aandeel, dat Nederlandse geleerden en hun assistenten hebben in de uitvoering van enkele bepaalde plannen in dit kader.

Deze reeks voordrachten werd voor de Algemene Vereniging Radio Omroep gehouden op initiatief der Directie van deze Omroep en een woord van dank zij hierbij gericht tot genoemde Directie voor het met welwillendheid afstaan van de teksten der negen voordrachten voor hernieuwe publikatie ter anderer plaatse.

Wel mag misschien het K.N.M.I. zich gerechtigd achten tot het opnemen van een verslag over een zo wijdvertakte en zo grootse onderneming onder zijn Verspreide Opstellen, omdat een belangrijk deel der Nederlandse onderzoekingen tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar binnen zijn muren werd voorbereid.

Het zal vele lezers van deze bundel voordrachten welkom zijn iets nader over de organisatie van het I.G.J. te worden ingelicht, daar in de voordrachten zelf uiteraard het zwaartepunt bij de doelstellingen van het I.G.J. ligt.

Er bestaat een aantal internationale wetenschappelijke unies, waarvan in verband met het I.G.J. genoemd moeten worden de Geodetische en Geofysische Unie, de Astronomische Unie, de Geografische Unie, de Radiowetenschappelijke Unie en de Meteorologische Wereldorganisatie.

Het deze unies overkoepelende orgaan is de Internationale Raad der Wetenschappelijke Unies.

Van deze verschillende hoeken uit is een Comité opgericht, in het Frans genoemd: Comité Spécial pour l'Année Géophysique Internationale, kortweg het C.S.A.G.I., dat tot taak had de opzet en de uitwerking van een groot aantal plannen, maar vooral de organisatie der internationale samenwerking. Deze taak hield ook in het voorkómen van een teveel en een te grote veelzijdigheid aan ondernemingen en daartegenover een attent blijven op nog onvoorziene mogelijkheden en de opname daarvan in het totaal van projecten. Men denke over de omvang dezer organisatie niet te licht en late vooral ook een ogenblik zijn gedachten gaan over de middelen, die

moeten worden aangewend, om alle waarnemingen uit zeker 60 landen van misschien wel 2000 posten gedurende anderhalf jaar, tijdig te verzamelen en openbaar te maken in de vorm met het grootste nuttig effect voor allen, die er kennis van willen nemen en het in bepaalde studies zouden willen verwerken.

Elk deelnemend land heeft uit de aard der zaak zijn eigen nationale Comité voor het I.G.J. gesticht. Het Nederlands Nationaal Comité, opgericht onder auspiciën van de Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, staat onder voorzitterschap van Prof. Dr. Ir. F. A. Vening Meinesz; hij is de auteur van de eerste en inleidende voordracht.

De overige medewerkers zijn alle leden van het Nederlands Comité. De lezer zal opmerken, hoe hij in de loop der voordrachten als het ware van het binnenste der aarde uit steeds verder mee naar buiten wordt genomen. Om de levendigheid van het gesprokene niet te schaden, werden de voordrachten zonder nacorrectie van enige betekenis afgedrukt, hoewel natuurlijk de inhoud reeds ten dele door de gebeurtenissen werd achterhaald.

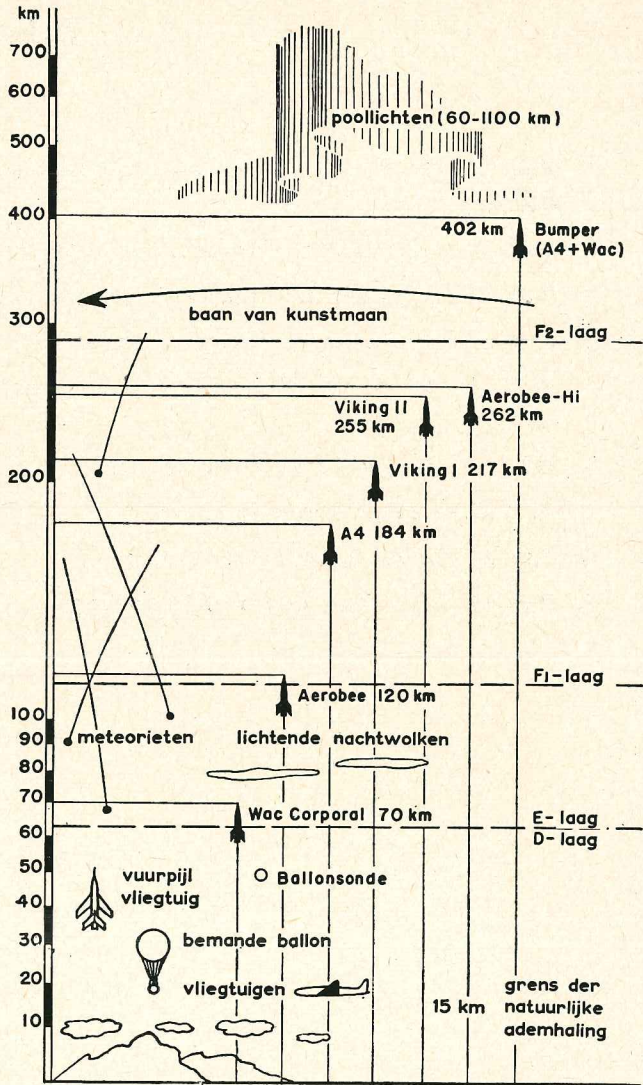
De Hoofddirecteur van het K.N.M.I.,

IR. C. J. WARNERS

Inhoud

blz

- 7 1. *Prof. dr. ir. F. A. Vening Meinesz*: Algemene inleiding
- 17 2. *Prof. dr. W. Bleeker*: Het budget van de dampkring
- 25 3. *Prof. dr. P. Groen*: Het onderzoek der wereldzee
- 33 4. *Prof. dr. J. Veldkamp*: De hoogste luchtlagen
- 43 5. *Prof. dr. M. G. J. Minnaert*: De waarneming van de zon
- 49 6. *Dr. H. F. Jongen*: De kosmische straling
- 57 7. *Ir. A. H. de Voogt*: Het radioverkeer
- 65 8. *Prof. R. Roelofs*: Aarde, maan en sterren
- 71 9. *Prof. dr. J. H. Oort*: Kunstmatige satellieten



Schematische doorsnede door de atmosfeer, waarop in beeld is gebracht tot welke hoogten de verschillende voertuigen, die voor het onderzoek van de dampkring werden gebruikt, tot dusver zijn doorgedrongen.

(Uit Unesco and its Programme, XV)

1. Algemene inleiding

door prof. dr. ir. F. A. Vening Meinesz

24 februari 1957

Het Internationaal Geofysisch Jaar zal plaatsvinden van 1 juli 1957 tot 31 december 1958. Het is een grootse internationale onderneming op wetenschappelijk gebied, die naast zijn wetenschappelijke resultaten ook grote betekenis heeft als getuigenis, hoe op het gebied der wetenschap over de gehele wereld (geen land uitgezonderd) internationale samenwerking mogelijk is voor een hooggestemd doel. Ik wil u in deze inleidende bespreking een kort overzicht geven van de geschiedenis die tot deze grote internationale inspanning geleid heeft en u vervolgens zeggen welk programma men zal trachten uit te voeren. In de volgende voordrachten zullen dan achtereenvolgens de door Nederland te verrichten onderzoeken toegelicht worden.

In de tachtiger jaren van de vorige eeuw begon de Meteorologie meer en meer behoefte te krijgen aan waarnemingen in de poolstreken, waaromtrent op dat gebied nog zo weinig bekend was. Dit heeft geleid tot het eerste internationale Pooljaar 1882-1883. Naast de meteorologische waarnemingen zouden ook aardmagnetische waarnemingen verricht worden en tevens zouden over het poollicht gegevens verkregen worden, beide onderwerpen, die met waarnemingen in de poolgebieden uiteraard zeer gediend zouden worden. In vergelijking met de nu in voorbereiding zijnde onderneming was dit nog slechts een bescheiden begin; in het Noordpoolgebied werden acht stations bezet en in het Zuidpoolgebied drie stations. Voor de Nederlandse bijdrage berustte de leiding bij onze grote meteoroloog en geophysicus Buys Ballot.

De waarnemingen zouden moeten geschieden in Port Dickson aan de monding van de Jenissei. Door regering en particulieren werd de som van fl. 1 172 000 bijeengebracht, een in die tijd groot bedrag. Een Poolschip, de Varna, werd aangekocht en ingericht en onder leiding van dr Snellen gingen tien man daarmee onderweg. Helaas raakte het schip ten Oosten van Nova Zembla in de Kara-zee in het ijs vast; het was niet mogelijk het los te krijgen. Men heeft getracht het waarnemingsprogramma toch nog te verwezenlijken, maar de aardmagnetische waarnemingen mislukten door de bewegelijkheid van het ijs.



Bij de oorsprong der Internationale Geofysische Jaren. Nederlandse deelnemers aan het Pooljaar 1882—1883 bij Port Dickson aan de noordkust van Siberië.

Het meteorologische programma werd echter wel met succes uitgevoerd. Het heeft een belangrijke bijdrage geleverd. In de Poolzomer van 1883 moest in open sloepen de terugreis aanvaard worden. Het duurde vier weken voor men het vaste land bereikt had. Een erelooft moge gebracht worden aan deze mannen der wetenschap. Over hun ontberingen mag niet te licht gedacht worden.

Een halve eeuw later werd opnieuw besloten een Pooljaar te doen plaatsvinden; het heeft van juli 1932 tot augustus 1933 geduurd. Het programma werd veel ruimer opgevat dan de eerste maal en veel resultaten werden bereikt. Aan Nederland werd verzocht een post te vestigen in Angmagssalik, een Eskimo-gehucht op de oostkust van Groenland. Drie studenten onder leiding van de physicus dr van Zuylen hebben aldaar aardmagnetische en meteorologische waarnemingen verricht, die een belangrijke bijdrage tot de waarnemingsresultaten hebben betekend. Maar de Nederlandse commissie voor de deelname aan het Pooljaar, onder voorzitterschap van prof. van Everdingen, had de wens nog een verdere bijdrage te leveren, waar-

voor dr Cannegieter de leiding had. De medewerking werd gevraagd van de militaire luchtvaartafdeling te Soesterberg, die zich hiervoor met kracht heeft willen inzetten. Bij Reykjavik op IJsland werd een klein vliegveld aangelegd van waaruit gedurende het gehele Pooljaar dagelijks hoogtevluchten plaatsvonden, waarbij meteorologische toestellen meegevoerd werden. Op 31 augustus werd de reeks van 330 waarnemingen, verricht op niet minder dan 261 van de 365 dagen, afgesloten. Op 313 vluchten werd een hoogte van 5000 m overschreden, zodat belangrijke gegevens over de hogere luchtlagen verkregen werden. Bovendien werden met loodsballons nog een 300-tal waarnemingen betreffende de wind in de bovenlucht verricht. Op het station te Angmagssalik werden eveneens een zeer groot aantal loodsballonwaarnemingen voor metingen van de wind op grote hoogte gedaan en tevens peilingen van de ionosfeer. Dit geschiedde door het uitzenden van radiogolven en het ontvangen en registreren van de echo, die door de weerkaatsing der golven tegen de Heavyside-laag op ongeveer 100 km hoogte en de Appleton-laag op ongeveer 250 km hoogte verkregen worden. Dit zijn geleidende lagen, die een belangrijke rol spelen bij de overdracht van de radiosignalen om de aarde. Ook werden daar vele poollicht-metingen verricht, welk verschijnsel in het bijzonder optreedt op dagen van storingen in het aardmagnetisme, dat ook regelmatig opgenomen werd. De bedoeling was om door foto's van het poollicht, van verschillende punten uit gericht, de hoogte en plaats van dit verschijnsel vast te stellen. Dit is slechts gedeeltelijk tot zijn recht gekomen; de Nederlandse expeditie in Angmagssalik heeft een groot aantal foto's weten te nemen; op andere stations is daar minder van terecht gekomen. Thans is een derde waarnemingsjaar in voorbereiding. Het zal plaatsvinden van 1 juli 1957 tot 31 december 1958.

Het waarnemingsprogramma is weer veel groter geworden en in dit verband is het gewenst thans de waarnemingen over het gehele aardoppervlak uit te breiden, waarbij in het bijzonder de equatoriale zône en een paar meridiaan-zônes met stations bezet zullen worden. Het jaar heet nu dan ook niet meer een internationaal Pooljaar, maar een internationaal Geofysisch Jaar. Het jaar is gunstig gekozen, want men mag in 1958 een maximale activiteit op de zon verwachten, d.w.z. een groot aantal zonnevlekken en vele zonsuitbarstingen. De basis van deze verwachtingen ligt in het feit, dat deze zonsactiviteit een 11-jarige periode heeft.

Op de grote betekenis van de zon voor onze aarde behoeft niet ge-
wezen te worden; wel wil ik vermelden, dat de zon ons naast het

zichtbare licht ook radiostralen toezendt, die b.v. door de grote radiotelescoop, die kort geleden in Dwingeloo in Drente geopend is, opgevangen worden; bovendien Röntgenstralen, d.w.z. stralen van uiterst kleine golflengten; verder worden grote vlagen gassen bij zonsuitbarstingen uitgestoten, die een sterke invloed op de bovenste lagen van onze atmosfeer uitoefenen en het aardmagnetisme beïnvloeden, waardoor grote storingen optreden; zij zijn tevens de oorzaak van poollicht.

Bij het opstellen van het programma voor de waarnemingen in het Geophysisch Jaar heeft men ten eerste die waarnemingen op het oog, waarvoor het belangrijk is dat ze gelijktijdig over de gehele aarde verricht worden, waarbij ook de verantwoordelijkheid gedurende dit jaar overal vastgesteld kan worden. Dit betreft in het bijzonder de meteorologische en aardmagnetische waarnemingen.

Dan zal ook een programma gewijd worden aan langzaam veranderende verschijnselen, waarbij herhaling der waarnemingen om de 25 jaar gewenst is om deze veranderingen te kunnen vaststellen. Een belangrijk onderdeel dezer waarnemingen betreft b.v. de glaciologie, d.w.z. de metingen van gletsjers en andere ijsvoorkomens, waarvan de veranderingen op langzame klimaatsveranderingen wijzen. Dat deze voorkomen weten wij uit tal van feiten. Zo weten wij b.v. dat in de Romeinse tijd Walcheren hoger boven zee lag dan thans, d.w.z. dat er toen veel zeewater in de vorm van ijs gebonden moet zijn geweest. Tegen het jaar 1000 moeten echter de gletsjers, tenminste op het Noordelijk halfrond, sterk teruggetrokken zijn geweest, want toen hebben de Noren zich tot op hoge breedte op Groenland kunnen vestigen. In de latere Middeleeuwen zijn deze vestigingen echter meer en meer in moeilijkheden gekomen en tegen 1500 moeten de gletsjers een zeer grote uitbreiding gehad hebben. Thans trekken de gletsjers weer overal op het Noordelijk halfrond terug en komen op Groenland de resten der oude Noorse nederzettingen weer voor de dag.

Zo weten wij dus, dat er warmere en koudere perioden zijn opgetreden; het is van de grootste betekenis voor het begrip hiervan om te weten hoe het met deze perioden op het Zuidelijk halfrond staat. In Antarctica zullen hierover belangrijke waarnemingen gedaan kunnen worden. Tenslotte zullen ook waarnemingen geschieden die niet in het bijzonder op het Geophysisch Jaar betrekking hebben, doch waarbij men gebruik maakt van het feit, dat thans op tal van punten die moeilijk bereikbaar zijn, wetenschappelijke onderzoekers aanwezig zullen zijn.

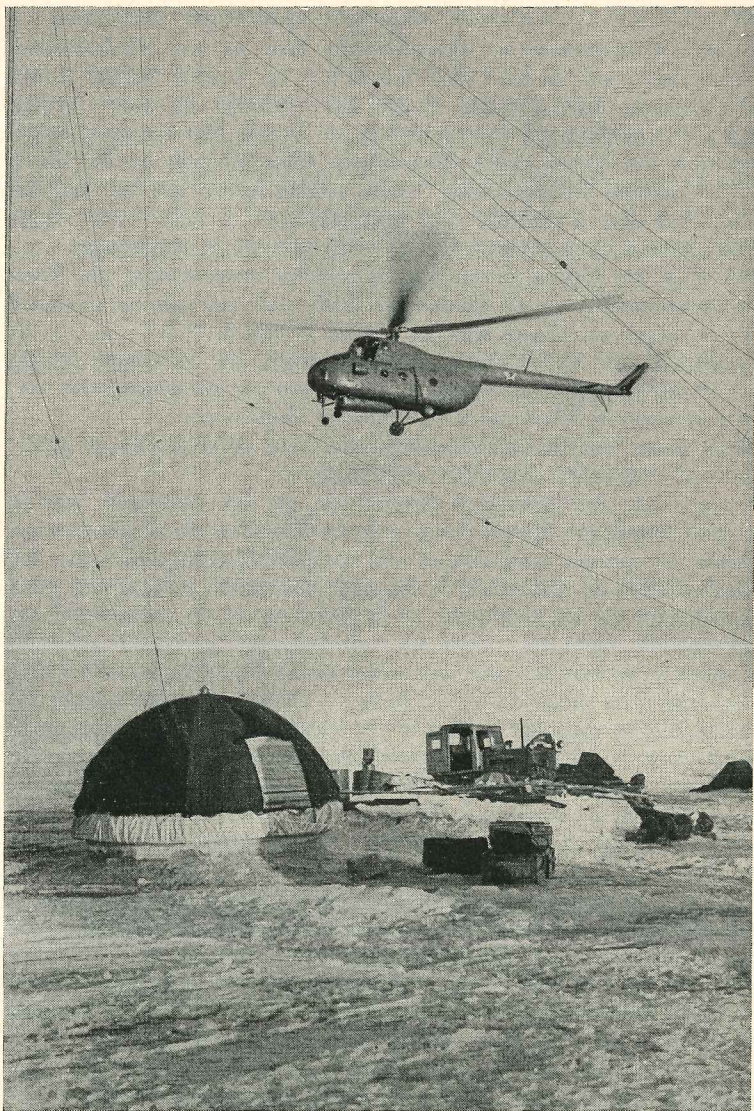
Men zal b.v. in Antarctica zwaartekracht-metingen verrichten. Voor het Internationale Geophysische Jaar is een internationaal comité gevormd, nl. het C.S.A.G.I., d.w.z. het Comité Spécial Année Géophysique Internationale. Hierbij zijn betrokken de Union Géodésique et Géophysique Internationale, de World Meteorological Organisation, de Union Radio Scientifique Internationale en de Union Astronomique Internationale. Veertig landen nemen aan het Geofysisch Jaar deel, waaronder ook de Sovjet-Unie; in totaal zullen ongeveer 2000 stations bezet worden, waaronder 42 in Antarctica.

Dit mag een indruk geven van de grootse onderneming die thans in voorbereiding is. In Nederland heeft zich een comité gevormd van vertegenwoordigers van het K.N.M.I., van de P.T.T., en van de geofysici der Universiteiten. Het materiaal, dat verkregen wordt, zal in wereldcentra verzameld worden; voor het geomagnetisme b.v. in Kopenhagen, Washington, Moskou en Melbourne.

Ik ga thans over tot het behandelen der voor de verschillende gebieden van onderzoek opgestelde programma's.

Volgens het meteorologisch programma, dat het onderzoek van de hogere luchtlagen betreft d.w.z. van de troposfeer en de stratosfeer, zullen op speciale werelddagen vier radiosonde-opstijgingen per dag plaatsvinden; de radiosonde is een door een ballon meegevoerd klein instrument, dat de luchtdruk, de temperatuur en de vochtigheid der omringende lucht registreert, en deze gegevens per radio uitzendt. Tegelijkertijd kan men met een kijker vanuit de aarde de ballon blijven volgen en aldus de windrichting en sterkte op grote hoogte bepalen. In het bijzonder bestaat er belangstelling voor de zogenaamde jet-streams — u zou dat spuitstromen kunnen noemen — die in de hoge atmosfeer ontdekt zijn, maar waarvan men nog weinig weet. Zij spelen een grote rol bij de navigatie van vliegtuigen op grote hoogte en het is dus ook daarom al belangrijk hier meer van te weten te komen. Op instigatie van de hoofddirecteur van het K.N.M.I., ir Warners, is door Nederland het plan aanhangig gemaakt om ook metingen uit te voeren van de radio-activiteit van de lucht, de regen en de sneeuw. Dit is internationaal aanvaard; op een conferentie in De Bilt van 22 tot 26 januari 1957 zijn de bijzonderheden van het waarnemingsprogramma vastgesteld. Prof. Bleeker van het K.N.M.I. is hiervoor internationaal als leider aangewezen.

Het is natuurlijk van grote betekenis door deze metingen een basis te leggen, om door later onderzoek vast te kunnen stellen of de radio-activiteit onzer atmosfeer bijv. ten gevolge van de invoering van de atoomkracht als energiebron, merkbaar verandert.



Heden ten dage is poolonderzoek in een nieuwe fase getreden. Een Russisch kamp, neergezet op de Noordpool zelf. (Foto A.N.P.)

Ook zullen metingen geschieden van het koolzuurgehalte onzer dampkring, om later te kunnen bepalen of de mensheid door de algemene industrialisatie de dampkring daarmee ernstig bezwangert. Ook zullen waarnemingen uitgevoerd worden, die onze wetenschap van de warmte-huishouding der atmosfeer bevorderen.

Ten tweede zullen waarnemingen op het gebied van het aardmagnetisme uitgevoerd worden, waarvan in het bijzonder bij zonsuitbarstingen storingen te verwachten zijn. De daarbij door de zon uitgezonden deeltjes komen in onze dampkring terecht, waarvan waarschijnlijk elektrische stromen in de polaire atmosfeer het gevolg zijn, terwijl ook de zogenaamde electro-jet bij de equator hierdoor op belangrijke wijze beïnvloed wordt. Ook van deze verschijnselen weet men nog maar weinig.

Ten derde zullen poollicht-metingen worden uitgevoerd, waarbij getracht zal worden radiogolf-weerkaatsingen tegen poollichtwolken te verkrijgen en daarvan de localisatie met radar vast te stellen. Ten vierde zal de ionosfeer onderzocht worden d.w.z. de zeer hoge lagen onzer dampkring tussen 80 en 500 km hoogte; men stuurt daartoe radiosignalen uit, die weerkaatsen op de in de ionosfeer aanwezige geleidende lagen. Men hoopt ook het overdrijven van losse ionen-wolken te kunnen vaststellen en hieruit conclusies te kunnen trekken over windsnelheden en windrichtingen in die zeer hoge lagen. Ten vijfde zal men met radiotelescopen de zonsactiviteit waarnemen en in het bijzonder de radiostralingen bij uitbarstingen op de zon trachten op te vangen. Er is hiervoor een internationale waarschuwingdienst ingesteld, die van deze uitbarstingen bericht geeft, en voorspellingen maakt van te verwachten aardmagnetische en ionosferische storingen. Dag en nacht zullen daarvoor de stations Meudon in Frankrijk, Fort Belvoir in de Verenigde Staten en een station in Japan bezet zijn. Ook zullen werelddagen ingesteld worden, waarop voor dit onderzoek extra waarnemingen zullen gedaan worden.

Ten zesde zullen waarnemingen geschieden op het gebied der kosmische straling, waarvan men ook de gegevens op grote hoogte hoopt te kunnen verkrijgen door telapparaten met grote ballons of met vuurpijlen omhoog te zenden. Men wil zodoende het verband trachten na te gaan met de zonsuitbarstingen en de geomagnetische en ionosferische storingen.

Ten zevende zullen op tal van punten bepalingen uitgevoerd worden van de geografische lengte, die niet zozeer bedoeld zijn om relatieve verplaatsingen van punten op aarde na te gaan — deze zijn namelijk

in een tijdsruimte van 25 of 50 jaar waarschijnlijk niet groot genoeg om ze aldus te kunnen vaststellen — maar wel om de looptijd der tijdsignalen te onderzoeken en eventuele veranderingen dáárvan vast te stellen. Deze tijdsignalen spelen namelijk een grote rol in de bepalingen van de geografische lengte. Men krijgt op deze wijze tevens belangrijke gegevens omtrent de onregelmatigheden in de aardrotatie, waarvan men nog onvoldoende op de hoogte is.

Ten achtste is er een programma ontwikkeld voor glaciologische waarnemingen, waarbij bakens op gletsjers in arctische en antarctische gebieden worden geplaatst. De veranderingen in plaats dezer bakens zal door driehoeksmetingen worden onderzocht.

Ten negende heeft men ook een heel programma opgesteld van oceanografische waarnemingen om de watercirculatie in de oceanen, de warmte-uitwisseling tussen zee en lucht, eb en vloed verschijnselen en deininggolven waar te nemen. Het is niet uitgesloten, dat in deze verschijnselen in de loop der tijden veranderingen optreden. Ook zal van deze gelegenheid gebruik gemaakt worden om de samenstelling van de aardkorst onder de oceanen te bepalen, zowel in de bovenste laag, door daarin vanuit een schip stootbuizen naar beneden te laten zakken en gevuld met materiaal weer op te halen, alsook om door ontploffingen in de zee in de zeebodem trillingen te doen ontstaan welke vanuit een ander schip worden waargenomen.

Uit de looptijd dezer trillingen kan men dan de samenstelling van de aardkorst tot meerdere tientallen km diepte vaststellen.

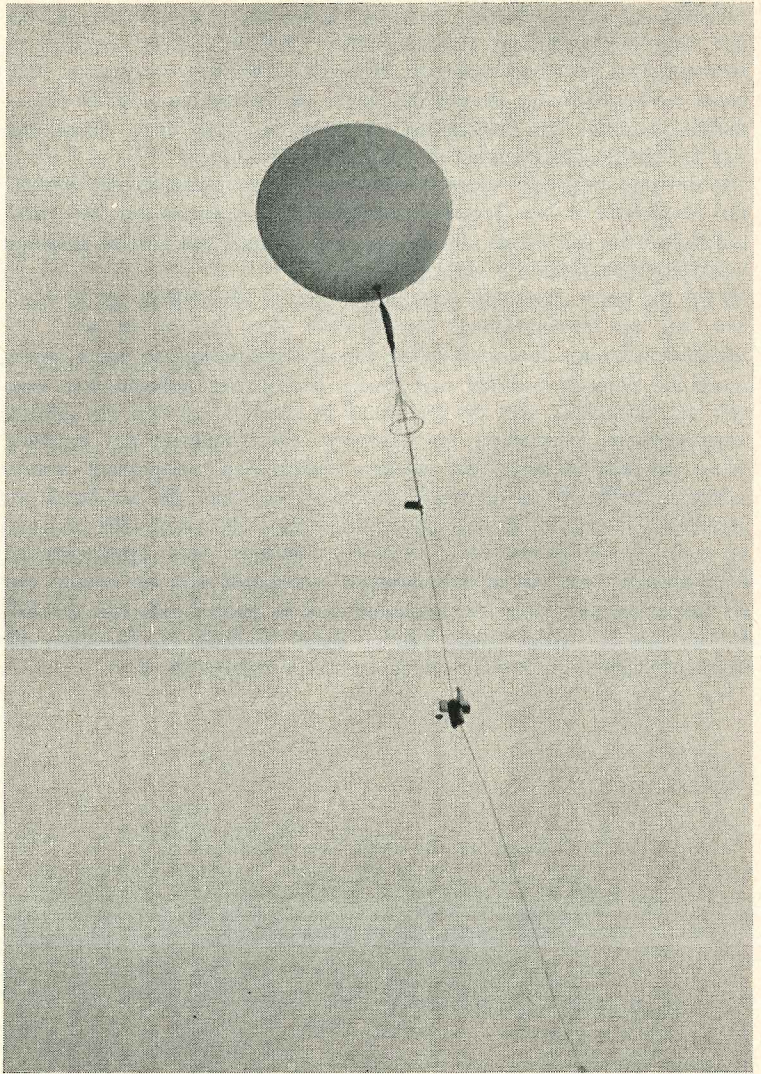
Als laatste gebied van onderzoek wil ik noemen het afvuren van vuurpijlen en het oplaten van kunstmanen voor het onderzoek der allerhoogste luchtlagen. Men zal hiermee luchtdruk en temperatuur meten alsook de chemische samenstelling van de dampkring en bovendien zal men daarmee zonlichtmetingen uitvoeren.

Deze ondernemingen zijn uitermate kostbaar. Een middelgrote „aerobee” waarvan er 36 door de V.S. zullen gelanceerd worden, kost fl. 100 000 per stuk en de veel kleinere „rockoons”, waarvan er door de V.S. 150 de hoogte zullen worden ingezonden, kosten fl. 7 000 per stuk. Ze zullen een hoogte kunnen bereiken van 100 tot 200 km. De V.S. zullen 6 à 10 kunstmanen lanceren, die met een drietraps vuurpijl tot 500 km omhoog worden gestuwd. De doorsnede dezer kunstmanen is ongeveer 70 cm, het gewicht 10 kg en de snelheid 30 000 km per uur. Met radio-apparaten voorzien zullen ze signalen uitzenden, die tot op 1000 km afstand hoorbaar zullen zijn. Het voordeel der kunstmanen is, dat men rekent dat ze minstens enkele dagen zullen rondlopen, terwijl de vuurpijl slechts enkele

minuten zal leven. Botsen de kunstmanen met meteorieten dan zal dat door radiosignalen hoorbaar zijn. Ook kosmische straling en zonnestraling zal men met een kunstmaan kunnen opvangen. Men moet verwachten dat na enkele dagen een kunstmaan in de lagere dampkringzônes zal wegzakken en door de grote hitte, tengevolge van de daarin ondervonden wrijving, zal verdampen.

Uit de nog volgende voordrachten van deze radioserie zal blijken, dat Nederland in het Geophysische Jaar goed voor de dag zal trachten te komen. Er wordt alle moeite aan besteed om zoveel mogelijk belangrijke resultaten te verkrijgen.

Ik wil (dit korte overzicht beëindigen met er de nadruk op te vestigen, dat het Internationaal Geofysisch Jaar niet alleen grote betekenis heeft voor de ontwikkeling van de wetenschappen onzer aarde, maar dat er toch wellicht nog groter belang aan gehecht kan worden als getuigenis, dat de mensheid in staat is tot een zo grootse internationale inspanning en daarvoor alle krachten zal inzetten. Waar de ontwikkeling van zuivere wetenschap, toegepaste wetenschap en techniek de mensheid zo snel voert naar de noodzaak tot algemene internationale samenwerking, mag elk voorbeeld daarvan op zo'n breed gebied ons hoopvol stemmen. Het Internationaal Geofysisch Jaar moge een lichtend voorbeeld zijn en tonen, dat als het er op aan komt de mensheid ook in staat is om zijn geschillen terzijde te stellen en de handen ineen te slaan op de wijze, die in het tijdsgewricht waarin wij leven zo onontbeerlijk is.



De radiosonde wordt door een ballon naar tientallen kilometers hoogte gesleept en vertelt in radiosignalen welke waarden van luchtdruk, temperatuur en vochtigheid ze op haar weg ontmoet.

2. Het budget van de dampkring

door prof. dr. W. Bleeker

28 maart 1957

Het eerste Internationale Pooljaar, dat van 1882 tot '83 plaats vond, en het tweede van 1932 tot '33, werden voor een belangrijk deel door meteorologen georganiseerd. Het is dus te begrijpen, dat de weerkundigen er geen bezwaren tegen hadden om met onderzoekers, werkzaam op andere geofysische terreinen, een derde internationaal programma op touw te zetten voor de jaren 1957-'58.

Maar zou het dan weer een *pooljaar* moeten zijn? Daar was, althans wat de Noordpoolgebieden betreft, nu niet zo heel veel reden meer voor. In vergelijking tot 1882 en 1932 is er in Arctica niet zoveel nieuws meer te beleven. Canada onderhoudt thans, met steun van Amerika, tal van waarnemingsstations in zijn barre Noorden; langs de Groenlandse kusten heeft Denemarken, financieel gesteund door de landen, die luchtlijnen over de Noordelijke Atlantische Oceaan onderhouden, tal van meteorologische posten ingericht. Ook Noorwegen en Rusland laten zich niet onbetuigd; regelmatig bereiken ons thans rapporten uit Spitsbergen en uit andere waarnemingsstations langs de kusten der Noordelijke IJszee.

Hoezeer de techniek van het Poolonderzoek is gevorderd mag wel blijken uit het feit, dat Amerikanen en Russen nu en dan per vliegtuig groepen waarnemers en onderzoekers op de ijsschotsen van de IJszee afzetten. Voorzien van tal van instrumenten drijven die daar dan maanden rond. Van een deel hunner waarnemingen doen ze ons dagelijks de resultaten toekomen.

Natuurlijk is van de poolgebieden het Zuidpoolgebied nog wél interessanter. Het is alleen zo jammer, dat het vaste land van Antarctica omringd is door een Oceaan, waar we maar weinig eilanden aantreffen. De meteoroloog zou graag de Antarctische gegevens met gegevens van de Indische Oceaan, de Zuidelijke Stille Oceaan en de Zuid-Atlantische Oceaan combineren en dat is vrijwel onmogelijk. Laten wij — zo zeiden de meteorologen dus tot elkaar — in 1957-'58 vooral de tropen in het meteorologisch onderzoek betrekken. Daar is het waarnemingsnet nog zeer wijdmazig en het zal alleszins de moeite waard zijn het daar uit te breiden. Wanneer we nieuwe waarnemingsstations gaan inrichten, dan zullen we dat doen in het

reusachtige tropische gebied, dat tussen 35° Noorderbreedte en 35° Zuiderbreedte is gelegen.

En laten we dan verder overal op aarde systematisch gegevens verzamelen van de hoge troposfeer en de stratosfeer, dagelijks tot 20 km hoogte en als het kan, zo nu en dan tot boven de 30 km. Op die manier sluiten we dan enigszins aan bij het domein van die onderzoekers, die zich met de ionosfeer, met het poollicht en met de lichtende nachthemel bezig houden.

Het doel van de meteorologen is thans niet vooral maar waarnemingen te verzamelen, om dan later maar eens te zien wat men er mede kan doen. Neen — en hierin onderscheidt zich het komende Internationaal Geofysisch Jaar van de vorige pooljaren — we hebben nu strakke richtlijnen. Er is bewust een programma ontwikkeld, dat de processen, die op grote schaal in onze atmosfeer optreden, in het centrum van de belangstelling plaatst. Men wil de algemene circulatie van de lucht over de aarde onderzoeken, men wil nagaan hoe de warmeluchtmaschine der atmosfeer gedreven wordt; men wil weten waar de warmte vandaan komt, en waar de lucht wordt afgekoeld.

En het is vooral daarom, dat men een onderzoek naar het warmtebudget van het aardoppervlak en de atmosfeer grote aandacht gaat schenken. U zult nu ook ineens onze belangstelling voor de tropen begrijpen. Daar wordt immers de zonnewarmte in surplus ontvangen; aan de polen komt men elk jaar tekort. Toch wordt het in de tropen niet als maar warmer en aan de polen niet voortdurend kouder. Dat komt omdat een ingewikkeld systeem van winden warmte naar het Noorden en kou naar het Zuiden transporteert. De luchtbeweging, de algemene circulatie maakt dus de balans weer sluitend. Zij zorgt er voor, dat jaar in jaar uit de gemiddelde temperatuur overal op aarde zo ongeveer gelijk blijft.

Merkwaardig is het, dat de verschillen in temperatuur, die een gevolg zijn van de verschillen in toegevoerde zonnewarmte, steeds de kiem tot vernietiging in zich dragen. Die verschillen zijn het immers, die de luchtbewegingen in gang zetten — de luchtbewegingen, die dan automatisch zorgen voor het zoveel mogelijk neutraliseren van de verschillen. Wat gaan we meten? Wel, graag willen we van zoveel mogelijk plaatsen op aarde de inkomsten aan zonnestraling weten en bovendien bepalen, hoeveel warmte door uitstraling naar de wereldruimte weer verloren gaat. Daar bestaan tegenwoordig instrumenten voor, stralingsbalans-meters. Maar omdat die nogal ingewikkeld zijn, kunnen we ze slechts op een beperkt aantal plaat-

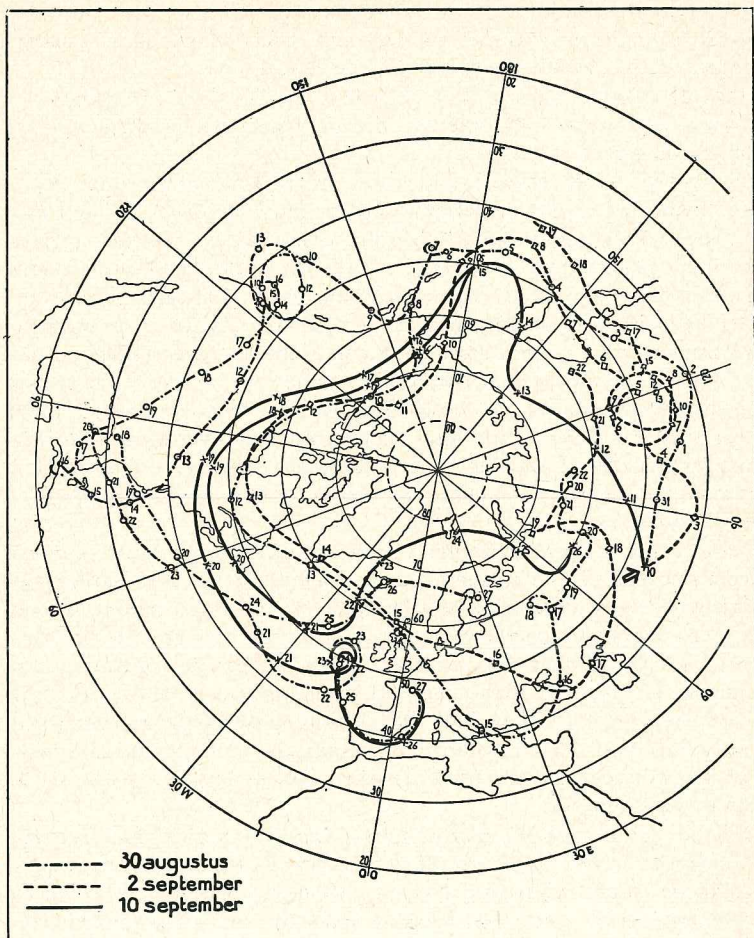
sen installeren. Voor de rest van de wereld doen we het met eenvoudige metingen van het aantal uren zonneshijns of met schattingen van de bedekkingsgraad van de hemel.

Hoeveel van die warmte gaat de grond in? Dat is te berekenen uit aanwijzingen van thermometers, die op verschillende diepten worden aangebracht.

En hoeveel wordt er verbruikt voor verdamping? Om dat te bepalen, stellen we overal verdampingsmeters op, eenvoudige bakken met een open wateroppervlak. De warmte, die nodig is om water te verdampen, komt elders de atmosfeer weer ten goede als de waterdamp gaat condenseren en daarom wordt ook overal de neerslag gemeten. Het kasboek van Moeder natuur ziet er dus, als we over warmte-inkomsten en warmte-uitgaven praten, tamelijk gecompliceerd uit en het telt tal van posten. Natuurlijk bepalen we ook de temperatuur op diverse hoogten en de windstromingen, die warme en koude lucht transporteren. Trouwens, die luchtstromingen vertegenwoordigen met hun grote of minder grote snelheden een zekere hoeveelheid energie van beweging, die we ook wel in onze warmte-balans willen verdisconteren.

De wijze, waarop die energie van beweging verloren gaat, interesseert ons ook. De bewegende lucht ondervindt van het aardoppervlak wrijving, waardoor zij wordt afgeremd. Men kan natuurlijk ook zeggen, dat de draaiende vaste aarde onder de invloed van de Westenwinden, die haar mee willen trekken, sneller zou moeten gaan draaien, terwijl de Oostenwinden de draaiing van de aarde om haar as moeten tegenhouden. Zeer waarschijnlijk speelt de aanwezigheid van zulke Noord-Zuid verloopende bergketens als het Noord-Amerikaanse Rotsgebergte en de Zuid-Amerikaanse Andes, of zoals de Oeral, nog een rol.

Ook dit wil men in het Internationaal Geofysisch Jaar onderzoeken. Wij hebben in het begin van dit praatje gezegd, dat het waarnemingsnet in de tropen wijdmazig was en uitbreiding behoefde. Nu zijn er enkele gebieden, waar men speciale aandacht aan wil schenken. Het meteorologisch onderzoek heeft ons namelijk geleerd, dat het heel nuttig kan zijn, zo nu en dan eens verticale doorsneden door de atmosfeer te maken en die te bestuderen. Zo stelt men zich thans voor bijzondere aandacht te schenken aan het onderzoek van een aantal doorsneden, die langs meridianen zijn gelegd, waar men reeds bijzonder veel waarnemingsstations aantrof, bijv. die van 10 gr. Oost, die ongeveer van Spitsbergen door West Europa, Algiers en Nigeria langs de Westkant van Zuid-Afrika loopt, en die van 75 gr West



Een der puzzle's, zoals de meteorologen op te lossen krijgen, wanneer ze nagaan langs welke banen radioactieve verontreinigingen van de dampkring kunnen zijn gelopen van bron tot waarnemingspunt. Het voorbeeld betreft een drietal waterstofbom-explosies uit 1956, van Russische oorsprong.

langs de Oostkust van Canada en Noord-Amerika en de Westkust van Zuid-Amerika, of die van 140 gr Oost over Japan, Nederlands Nieuw Guinea en Oost-Australië. Al die meridianen komen aan de Noordpool en de Zuidpool te samen. De Amerikanen hebben nu toegezegd, precies aan de Zuidpool een station te vestigen. En tal van landen zullen voorts alle moeite doen om nieuwe stations ook op andere plaatsen langs de uitverkoren meridianen in te richten. Doch laten we nu eens van de algemene circulatie en de warmte-huishouding afstappen en gaan kijken naar wat men verder nog van plan is. Het blijkt, dat stoffen, die slechts in zeer geringe hoeveelheid in de atmosfeer voorkomen, de meteorologen in hoge mate interesseren. Welke zijn die stoffen? Een oude bekende is het koolzuurgas, belangrijk omdat het — en ik durf er bijna weer niet op terug te komen — een niet onbelangrijke invloed uitoefent op de warmte-huishouding van de atmosfeer. Het slorpt namelijk warmtestralen op en houdt daarmee het verlies aan warmte van de aarde tegen. Stijging van het koolzuurgehalte van de lucht zou een stijging van de temperatuur en dus een verandering van ons klimaat tengevolge hebben. Beïnvloedt de nonchalante wijze, waarop we onze voorraden aan steenkolen en aardolie aanspreken, nu al reeds het koolzuurgehalte van de atmosfeer en dus ons klimaat, of fungeren de Oceanen nog voldoende als buffers door al het extra toegevoerde koolzuur in zich op te nemen? Zie hier een vraag, die men door het verzamelen van nieuwe waarnemingen hoopt te kunnen beantwoorden. Het is minder algemeen bekend, dat in de luchtlagen, zo omstreeks 20 km hoog, nogal wat ozon wordt aangetroffen. Die ozon ontstaat onder invloed van ultra-violette zonnestraling. Er zijn omtrent dit ozon nog tal van raadsels op te lossen. Waarom wordt in april en maart een maximum aan ozon in de atmosfeer aangetroffen en waarom valt het minimum in oktober-november? Waarom is in hoge-druk-gebieden het gehalte van ozon laag en in depressies hoog? Welke factoren beheersen de verdeling van de ozon in een depressie? Kan onze kennis van het ozon ons iets leren van de horizontale en verticale bewegingen van de lucht boven 20 km hoogte?

In Cambridge (Engeland) is men thans druk bezig met de constructie van een serie ozonmeters, die verspreid in West-Europa zullen worden opgesteld. Het ozon-onderzoek is daarom zo belangrijk, omdat de ozon-laag als het ware een trait d'union vormt tussen de gewone stratosfeer en de allerhoogste luchtlagen, waarover u nog later in deze serie voordrachten meer zult horen.

Indien we een maand lang lucht door een zeer verdunde oplossing

van salpeterzuur laten borrelen, dan blijven in die oplossing allerlei stoffen achter, die zich voordien in bijna microscopische hoeveelheden in de lucht bevonden, zoals bijvoorbeeld keuzenzout (u proeft het ook op uw lippen als u de zee nadert), ammonium-zouten, sulfaten enz. Men kan ook nagaan of de regen deze stoffen bevat en dit blijkt inderdaad het geval te zijn.

Het is verbazend te ervaren, dat die stoffen, waarvan sommige als meststoffen kunnen worden beschouwd, in grote hoeveelheden door de atmosfeer worden getransporteerd van de ene streek naar de andere, zo zelfs, dat men van een kunstmatige bemesting zou kunnen spreken. Er zijn bij chemische onderzoeken van de atmosfeer interessante bijzonderheden gevonden, die nog onverklaarbaar zijn.

Zo is o.a. gebleken, dat de verhouding van het Natrium tot het Chloor, dat zich in de lucht bevindt, van het circulatie-patroon afhangt. Het is bijv. bij Noordenwinden anders dan bij Zuidenwinden. Dit is nu volkomen raadselachtig, aangezien beide stoffen als zeezout in de atmosfeer komen en in de zee zelf altijd in een constante verhouding worden aangetroffen.

Tenslotte nog een paar woorden over de stoffen, die in de alleruiterste verdunningen in de atmosfeer worden aangetroffen, maar die daarom niet minder belangrijk zijn, n.l. de radio-actieve stoffen. Zij komen in de atmosfeer als gevolg van een bombardement van de geheimzinnige kosmische straling; zij vinden verder hun oorsprong in de radio-actieve gesteenten, die aan het aardoppervlak worden aangetroffen en tenslotte brengt de mens ze zelf in de atmosfeer door ontploffingen van atoombommen, waterstofbommen en via atoomfabrieken. Tengevolge van onze menselijke activiteiten is het gehalte van de atmosfeer aan radio-actieve stoffen voortdurend stijgende. Het is dus goed, dat we in het Internationaal Geofysisch Jaar eens grondig de huidige status opnemen, om dan over een aantal jaren nog eens om te zien, hoe snel we een voor de gezondheid gevaarlijk niveau zouden gaan bereiken.

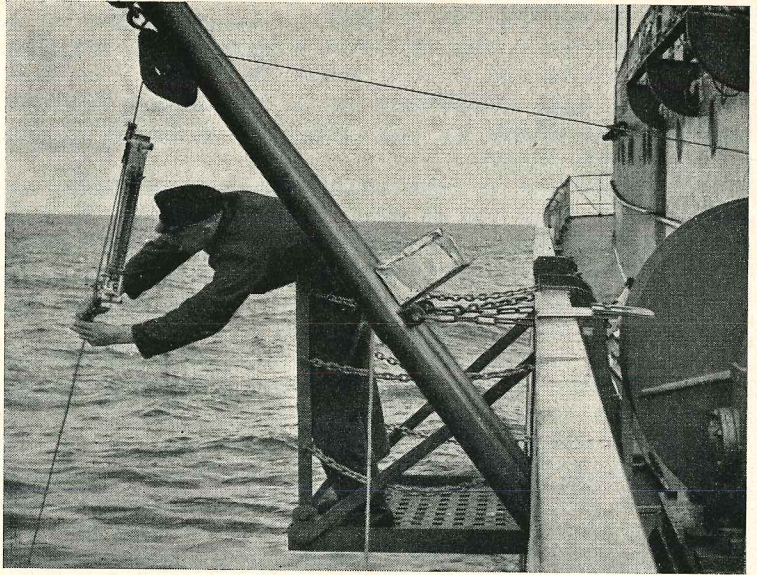
Maar er zijn nog andere mogelijkheden. Evenals thans medicus en bioloog radio-actieve stoffen gebruiken om onderzoeken te doen over het verloop van bepaalde processen in mens, dier en plant, zo heeft thans ook de meteoroloog de mogelijkheid, een bepaalde luchthoeveelheid te merken en op haar weg te volgen. Regelmatige metingen van de radio-activiteit van lucht, verricht op zoveel mogelijk plaatsen op aarde, zullen ons na het optreden van ontploffingen van atoom- of waterstofbommen de mogelijkheid geven luchthoe-

veelheden op hun weg over de aarde te volgen. Metingen van de radio-activiteit van de lucht op diverse hoogten, verricht met vliegtuigen, verschaffen ons een mogelijkheid, na te gaan of de radio-activiteit van zulke ontploffingen niet in de stratosfeer wordt opgeborgen en te bepalen, hoe lang radio-actieve deeltjes in die hoge regionen blijven zweven.

Onderzoekingen van de radio-activiteit van de regen zullen ons een denkbeeld geven van de wijze, waarop de neerslag de lucht schoon wast. Bovendien kan men onder bepaalde omstandigheden de kringloop van het water onderzoeken door na te gaan, hoeveel tritium, dat is een bepaald soort zwaar waterstof, in het water van de oceanen, de regen, bronnen en rivieren wordt aangetroffen.

Tritium is o.a. in de atmosfeer gekomen na de ontploffing van waterstofbommen; het wordt echter ook door kosmische straling gevormd. Helaas hebben we de atmosfeer voor de ontploffingen van die bommen niet regelmatig op tritium onderzocht. Men wil de vroegere toestand toch graag kennen. Misschien leveren de ijslagen, die jaar op jaar in gletsjers worden afgezet, ons nog een mogelijkheid het water, dat zich voor het atoom-tijdperk in de atmosfeer bevond, te onderzoeken. De meteorologen hebben aan de glaciologen gevraagd, of het mogelijk zou zijn gedurende het Internationaal Geofysisch Jaar op hun expedities ijsmonsters te verzamelen.

Ik heb getracht u een denkbeeld te geven van een aantal problemen, die de belangstelling hebben van de weerkundigen. Ze zijn alle eigenlijk even belangwekkend en zeker is het, dat we aan het einde van het Internationaal Geofysisch Jaar over een hoeveelheid waarnemingsmateriaal zullen beschikken, hetwelk ons weer een stapje verder zal brengen bij het oplossen van de vele raadsels van onze Natuur.



Een waterschepper met diepteethmometers, op het punt van te worden neergelaten van het weerschip Cumulus op de Atlantische Oceaan.

3. *Het onderzoek van de wereldzee*

door prof. dr. P. Groen

2 mei 1957

Uit de twee voorafgaande voordrachten in deze serie over het Internationaal Geofysisch Jaar zult u wel begrepen hebben, wat men onder Geo-fysica verstaat: de fysica, de natuurkunde dus, van onze Aarde. De lettergreep „ge” in dit Griekse woord betekent namelijk zoveel als: aarde. Men moet daarbij echter niet alleen aan de vaste aarde denken, doch aan de planeet „Aarde” als geheel, inclusief de zee en de dampkring. Men onderscheidt dan ook, vanuit natuurkundig gezichtspunt, drie „sferen” van de Aarde: 1. de damp-sfeer of atmo-sfeer — de dampkring dus —, 2. de water-sfeer of hydro-sfeer — de wereldzee — en 3. de vaste sfeer of lithosfeer — de vaste aarde dus, d.w.z. het land en de zeebodem en wat daaronder zit. Welnu, de activiteiten van het Internationaal Geofysisch Jaar zullen op alle drie dezer sferen betrekking hebben; ditmaal vraag ik uw aandacht dan voor het onderzoek van de *zee*, voor de oceanografie, tijdens het Geofysisch Jaar.

Het ligt voor de hand, dat de zee een grote rol speelt in de natuurkunde van de aarde als geheel. Zij beslaat immers meer dan 70 procent van het gehele oppervlak van onze planeet. De vastelanden worden er aan alle kanten door omringd en men kan dan ook met recht spreken van *de wereldzee*. De grootste diepte van de wereldzee — ergens in de Stille Oceaan — is bijna 11000 meter, dus belangrijk dieper dan de Mount Everest hoog is; de gemiddelde diepte van de zee is 3800 meter en de inhoud van de wereldzee is 11 maal de inhoud van het land dat boven het zeeniveau uitsteekt. Aan deze kleine opsomming van getallen zou ik tenslotte nog één vermeldenswaardigheid willen toevoegen, namelijk deze, dat er behalve de voorraad water die in de zee ligt, nog een reservevoorraad in de vorm van ijs ligt opgeslagen op Groenland en op het Zuidpoolland. Deze reserve aan water in de vorm van landijs is zo groot, dat indien al dat ijs eens smolt, de zeespiegel over de gehele aarde rond 50 meter zou stijgen. Ik vertel dit niet om u bang te maken, want daar is geen reden voor, doch omdat deze zaak verband houdt met andere onderzoekingen tijdens het geofysische jaar, onderzoekingen op het gebied van de gletsjerkunde en onderzoekingen betreffende een ge-

ringe klimaatverandering op de aarde. Deze dingen werden reeds door prof. Vening Meinesz even genoemd in zijn inleidende voordracht en ik zal er thans niet verder op ingaan.

Wat betreft nu het oceanografische onderzoek tijdens het geofysische jaar wil ik vooropstellen, dat Nederland aan dit onderdeel van de activiteiten slechts in bescheiden mate meedoet. De oorzaak daarvan ligt hierin, dat Nederland niet beschikt over een onderzoeksschip voor oceanografisch werk op de oceaan. Wèl hebben wij de twee weerschepen „Cirrus” en „Cumulus”, die bij toerbeurt op bepaalde vaste posten op de Atlantische Oceaan liggen en die ook ingericht zijn voor zee-onderzoek. Zij zullen dan ook een actief aandeel nemen in bepaalde oceanografische onderzoeken, die de West- en Noord-Europese landen gezamenlijk zullen uitvoeren. Ik zal het aandeel van Nederland derhalve niet apart bespreken, doch zal er straks in verband met dat werk op de Atlantische Oceaan op terugkomen.

Vergelijken we het zee-onderzoek met de andere geofysische wetenschappen, dan wordt het al spoedig duidelijk, dat het zee-onderzoek wel heel aparte eisen stelt. Het onderzoek van de lucht en van de vaste aarde geschiedt namelijk in hoofdzaak op *vaste* waarnemingsstations, en de meeste daarvan liggen op het land en vallen dus binnen bepaalde nationale grenzen. Uitzonderingen daarop zijn de „weerstations” op de noordelijke Atlantische en de noordelijke Stille Oceaan, die door weerschepen bezet worden, en de waarnemingsposten op het Zuidpoolland, die wel op land liggen, maar dit land is vooralsnog vrij voor iedereen, het is geen nationaal territorium. Vandaar dan ook dat verschillende staten daar expedities naar toe sturen. Afgezien daarvan zijn dus de onderzoeken van de dampkring en van de vaste aarde gebonden aan vaste waarnemingsposten binnen nationale grenzen.

Anders is het met de zee. „Mare liberum”, zo luidt een oude rechtspreuk: de zee is vrij, vrij voor iedereen — althans in vreedstijd en wanneer we afzien van die smalle strook van de zee langs de kusten, die men de territoriale wateren noemt. De zee is vrij en het zee-onderzoek is dan ook bij uitstek internationaal. In zoverre is er dus tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar bij de onderzoeken op zee niets bijzonders aan de hand — alleen de intensiteit van die onderzoeken is dan wat extra groot.

Welke zijn nu die onderzoeken? We moeten hier even vooropstellen, dat niet alle onderzoek van de zee op zee plaatsvindt. Er is ook een mogelijkheid van onderzoek door middel van waarnemingen

aan de kust. We denken daarbij vooral aan waarnemingen van de hoogte van de zee door middel van peilschalen, en waarnemingen van golfbewegingen door middel van golfmeters. Ook zulke metingen zullen tijdens het Geofysisch Jaar in grotere aantallen dan normaal verricht worden, vooral op afgelegen plaatsen, waar normaal, tot nu toe, zulke waarnemingen niet gedaan werden, zoals bijvoorbeeld op een groot aantal eilanden in de Stille Oceaan en ook in de zuidelijke delen van de Indische en de Atlantische. Het gaat daarbij 1°. om de getijbewegingen (eb en vloed) op zulke plaatsen en om de jaarlijkse variatie van de hoogte van de zeespiegel — de variatie tussen zomer en winter dus —, 2°. om de waarnemingen van bepaalde zéér lange golven, die bijvoorbeeld af en toe worden opgewekt door aardshokken ergens in de zeebodem en die zich over de volle lengte der oceaan kunnen voortplanten. We zullen bij deze soort waarnemingen, die vooral in de Stille Oceaan uitgevoerd zullen worden, niet langer stilstaan en liever letten op de waarnemingen in volle zee.

Het gaat hier vooral om twee dingen. In de eerste plaats om metingen van de temperaturen en de chemische samenstelling van het water in het inwendige der oceanen; in de tweede plaats om de stromingen van het zeewater, aan het oppervlak en in het inwendige der oceanen.

Hoe de temperaturen op verschillende plaatsen op verschillende diepten in de oceanen zijn, weten we wel ongeveer: de waarnemingen van oceanografische expedities en kleinere onderzoekingstochten op zee hebben laten zien, dat de temperatuur in 't algemeen afneemt met toenemende diepte in de zee en dat op enige duizenden meters diepte overal in de oceanen de temperatuur van het water hoogstens een paar graden boven nul is — ook in de tropische gewesten, waar het water aan het zeeoppervlak lauw is; óók daar is het op grote diepten in de oceaan ijskoud. Men meet deze temperaturen met heel nauwkeurige thermometers, die verschillen van 0,01°C kunnen aantonen. Dat is nodig ook, want de verschillen in temperatuur en de veranderingen van de temperaturen zijn daar in de diepte maar heel klein en die wenst men nu juist beter te leren kennen, omdat ze ons iets kunnen verraden van de langzame circulatie van het water in de diepzee en van mogelijke veranderingen, die dat water in de afgelopen 50 jaar heeft ondergaan — dingen waarvan we nog véél te weinig afweten. Wel weten we bijvoorbeeld, dat het ijskoude water op de bodem der oceanen van de rand van het Zuidpoolland afkomstig is, vanwaar het door zijn zwaarte (zeewater is

het zwaarst bij zijn vriespunt, moet u weten) langs de helling van de zeebodem neerglijdt en zich noordwaarts over de gehele bodem der oceanen uitspreidt. Het water dat zich boven het bodemwater bevindt, en dat ook nog heel koud is, komt meer uit noordelijke streken — althans in de Atlantische Oceaan. Al het water in de diepten der wereldzee is zo in een langzame circulatie en het zijn de temperatuur én de chemische eigenschappen van het water op een bepaalde plek, die de herkomst van dat water kunnen verraden. Die chemische eigenschappen, bijv. het zout-gehalte en het zuurstof-gehalte, meet men aan monsters water, die men, met behulp van bepaalde toestellen, van willekeurige diepten uit de zee kan ophalen. Waar we nu echter nog maar weinig van weten, dat is: de snelheid waarmee die langzame doorstroming van het water in de diepzee zich voltrekt, en: of de temperaturen en de chemische eigenschappen van het water in de diepten van de oceaan nog belangrijk veranderd zijn in de afgelopen 50 jaar.

Om dat laatste te weten te komen is het bijvoorbeeld de bedoeling, dat in de Midden-Atlantische en Zuid-Atlantische Oceaan alle waarnemingsplaatsen waar 30 jaar geleden de grote Duitse „Meteor”-expeditie waarnemingen deed, opnieuw bezocht zullen worden, om daar opnieuw waarnemingen te doen, die dan vergeleken kunnen worden met de waarnemingen van 30 jaar geleden. Eventuele veranderingen in het diepzeewater zouden dan bijvoorbeeld verband kunnen houden met de reeds eerder genoemde klimaatverandering, die vooral in de noordelijke poolstreken is waargenomen.

Het andere probleem dat ik noemde, de snelheid van circulatie van het diepzeewater, zal in alle oceanen een zaak van onderzoek gaan vormen, want het is een uiterst belangrijk probleem. Maar ook uiterst moeilijk, want — hoe meten we die heel kleine snelheden (centimeters per seconde) — op die grote diepten? Directe meting daarvan is nauwelijks mogelijk, maar wel kan men iets van die snelheden te weten komen langs indirecte weg, door onderlinge vergelijking van vele metingen van temperatuur en chemische eigenschappen van het water op verschillende plekken in de oceaan. Vandaar dat tijdens het Geofysisch Jaar vele schepen uitgebreide onderzoeken zullen doen tijdens expedities over alle oceanen. Met name de Amerikanen en de Russen komen voor de dag met plannen voor enorme campagnes, de Amerikanen zowel in de Atlantische Oceaan als in het oostelijk deel van de Stille Oceaan (aan de westelijke kant van de Stille Oceaan vullen de Japanners dit programma aan), de Russen hebben onderzoekingsreizen over alle oceanen geprojec-

teerd. De West-Europese landen hebben een gezamenlijk „plan de campagne” opgesteld onder auspiciën van de zg. „Permanente Internationale Raad voor het Onderzoek der Zee”, die een vast bureau in Kopenhagen heeft. Deze landen, waar dus ook Nederland bijbehoort, spraken af speciaal het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan en met name het grote gebied dat onder invloed van de Golfstroom staat, gezamenlijk te gaan onderzoeken, o.a. door minstens tweemaal met een groot aantal schepen tegelijkertijd dit gebied af te varen. Elk schip stopt dan van tijd tot tijd om op een bepaalde plaats zijn oceanografische waarnemingen te doen — ik noemde u al enige van de verschillende soorten van waarnemingen, die door het neerlaten van instrumenten op verschillende diepten in de zee worden uitgevoerd. Daar komen nog bij: meting van de diepte van de bodem (door echoloding), eventueel ook meting van de stroomsnelheid aan het zee-oppervlak en mogelijk nog enige speciale waarnemingen, waarvan ik straks een paar zal noemen.

Een „oceanografisch station” noemt men zulk een waarnemingsplaats. Het gehele zeegebied wordt dus tijdens zulks een gezamenlijke campagne overdekt met een groot aantal oceanografische stations, die samen een goed beeld zullen kunnen geven van wat zich in dat gebied in de zee afspeelt. Nederland doet hieraan mee met zijn twee weerschepen. Deze zijn namelijk niet alleen uitgerust voor het doen van meteorologische waarnemingen, maar ook voor zeeonderzoek. De mogelijkheden van onze weerschepen zijn natuurlijk wel beperkt, doordat ze telkens gedurende $3\frac{1}{2}$ week op één bepaalde plaats moeten blijven liggen, maar daar staat tegenover, dat men daar dan ook herhaalde waarnemingen kan verrichten — hetgeen ook een voordeel is —, terwijl bovendien ook tijdens de uitreis en de thuisreis in beperkte mate oceanografische waarnemingen langs de route kunnen worden uitgevoerd.

Soortgelijke campagnes als in de Noord-Atlantische Oceaan worden ook in de Noordelijke Stille Oceaan — in het gebied van Kuro Shio, de „Golfstroom” van de Stille Oceaan — en in de tropische wateren van de Stille Oceaan uitgevoerd. In dat laatste gebied gaat het vooral om het onderzoek van de grote, van oost naar west lopende equatoriale stromen en van de, in tegengestelde richting, dus west-oost lopende, „equatoriale tegenstroom”.

Al deze onderzoeken zijn niet zozeer wat nieuws dan wel een met vereende krachten, en extra intensief, uitvoeren van onderzoekingen, die ook vóór het Geofysisch Jaar reeds plaats vonden. En tóch is er wat nieuws bij — een nieuw doel en nieuwe middelen.

Een nieuw doel. Dat hangt samen met het probleem van — de atoomenergie. U zult vragen: heeft dan de zee ook al met de atoomenergie te maken? Ja, *niet* wat de *winning* van atoomenergie betreft, maar wel wat betreft het kwijtraken van bepaalde schadelijke bijprodukten en afvalprodukten. De winning van kernenergie uit zware atomen levert nl. bijprodukten en afvalprodukten, die hevig radio-actief zijn, d.w.z. stralen uitzenden die zeer schadelijk zijn voor de levende wezens. De vraag is dus: hoe raken we deze radio-actieve produkten kwijt? Verbranden richt niets uit, begraven in de grond is niet veilig genoeg, ook is de oceaan niet wijd genoeg om al deze afvalprodukten daarin veilig kwijt te raken. Het enige lichtpunt is dat deze stoffen als radio-actieve stralers een eindige levensduur hebben en dat geeft de mogelijkheid om, zij het ook met de grootst mogelijke voorzichtigheid, kleine hoeveelheden daarvan ergens in de zee te lozen. Bovendien zullen er ook wel, zonder onze wil, bepaalde onderdelen van de radio-actieve produkten via de atmosfeer in de zee terecht komen. Het zal dus zaak zijn nauwkeurig op de hoogte te komen van de circulatie van het water in de oceanen. Als wij deze circulatiestromingen namelijk goed zullen kennen, dan zal het ons mogelijk zijn berekeningen uit te voeren over de wijze waarop die stoffen over de oceanen, zowel in de breedte als in de diepte, zullen worden verspreid. Wij zullen dan ook de veranderingen kunnen uitrekenen die deze stoffen ondergaan en op deze wijze zullen wij ons een oordeel kunnen vormen van de veiligheid waarmee deze stoffen in de zee geloosd kunnen worden. De hoeveelheden, die wij aan de zee zullen toevertrouwen, zullen van deze berekeningen afhangen en het zal dus inderdaad zaak zijn meer te weten te komen van deze circulatiestromingen van de wereldzee, zowel aan het oppervlak alsook in haar grootste diepten.

Welnu, om dáár meer van te weten te komen — en dat wordt dus een levensbelang voor de mensheid — zal het zee-onderzoek tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar een belangrijke bijdrage kunnen leveren. Dit is dus een nieuw doel voor het zee-onderzoek. Maar er zijn ook nieuwe middelen. En die hangen nu juist óók samen met radio-activiteit. De radio-actieve stoffen, die van nature in heel, héél kleine hoeveelheden in het zeewater terecht komen (sommige uit de rivieren, andere uit de zeebodem, weer andere uit de lucht), ze kunnen gemeten worden en kunnen zo iets verklappen van de voorgeschiedenis van dat bepaalde water waarin ze gevonden worden. Door zulke metingen aan monsters water van vele plaatsen en van verschillende diepten uit te voeren, zullen we dus meer te weten komen

van dat grote en ingewikkelde circulatie-systeem van het water der oceanen. Op deze wijze zullen ook de modernste natuurkundige onderzoeksmiddelen kunnen bijdragen tot een vermeerdering van onze kennis van de wereldzee, een kennis, die niet alleen dient ter bevrediging van onze wetenschappelijke nieuwsgierigheid, maar ook ter beveiliging van het leven op aarde in het „atoomtijdperk.” Voor de toepassing van deze radio-activiteitsmetingen valt het Geofysisch Jaar eigenlijk te vroeg. Want de methoden van deze metingen zijn nog in ontwikkeling en nog lang niet gemeengoed van al die landen, die meedoen. Maar met deze nieuwere onderzoekingen zal na het Geofysisch Jaar stellig in toenemende mate worden voortgegaan en daarbij zal ook Nederland van de partij zijn.



Foto van een poollicht, waargenomen te Bygdö in Noorwegen in de nacht van 15 op 16 oktober 1926.

4. De hoogste luchtlagen

door prof. dr J. Veldkamp

9 mei 1957

Ik moet beginnen met een definitie van mijn onderwerp. Wat verstaat men onder de hoogste luchtlagen? Wij weten dat de dampkring zich uitbreidt tot ruim 1000 km buiten de aarde. Tot een zo grote hoogte worden namelijk de stralen van het noorderlicht of poollicht waargenomen, en omdat het poollicht niet anders is dan het oplichten van de aardse dampkring onder invloed van uitbarstingen op de zon, moet de atmosfeer tot minstens die hoogte aanwezig zijn. Van daar gaat de dampkring geleidelijk over in het uiterst ijle gas van de ruimte tussen de aarde en de andere planeten.

Eigenlijk is er dus geen bovenste begrenzing van de dampkring en kan men ook niet van een hoogste luchtlaag spreken. Toch doen wij dit ter onderscheiding van de lagere luchtlagen, die voor de meteorologie en voor de weersverwachtingen van zo grote betekenis zijn. Het spel van wolken, weer en winden heeft plaats in de onderste 20 km van de dampkring, in de troposfeer en in het lagere deel van de stratosfeer. Daarboven ligt de ozonosfeer, de ozonlaag die ook nog tot de lagere dampkring moet worden gerekend. Hij begint op 20 km hoogte en eindigt op ongeveer 50 km boven de aardoppervlakte. Wat daarboven voorkomt is voor de meteorologie van minder betekenis dan de lucht in de onderste drie lagen, de troposfeer, de stratosfeer en de ozonosfeer.

Wij spreken bij dezen af, dat wij de rest van de dampkring, boven de ozonosfeer gelegen, de hoogste luchtlagen noemen. Het is het gebied tussen 50 km en 1000 km buiten de aarde. Een enorme ruimte, maar gevuld met zeer weinig gas. Op 50 km hoogte is de luchtdruk slechts 1 millibar, dat is maar ongeveer een duizendste deel van de druk aan het aardoppervlak. Op 1000 km hoogte is de druk onbekend, maar in ieder geval veel kleiner dan 1 miljoenste van een millibar. Kenmerkend voor de hoogste luchtlagen is dus hun grote ijelheid. Voor direct onderzoek lenen zij zich moeilijk, want bebemande ballons komen niet hoger dan ongeveer 20 km. Trouwens, ook onbemande ballons zijn niet hoger dan 50 km gekomen, en dus op zijn best in de ozonosfeer blijven steken.

Voordat ik nu de plaats en de omvang van het onderzoek van de

hoogste luchtlagen in het programma voor het Internationaal Geofysisch Jaar ga behandelen, en dan in het bijzonder de Nederlandse bijdrage tot dat onderzoek, wil ik eerst uiteenzetten hoe men de hoogste luchtlagen kan onderzoeken en tot welke resultaten dit heeft geleid.

Ik zei al: direct onderzoek door middel van ballonnen, zoals dit zo veelvuldig wordt toegepast in de lagere luchtlagen, gaat hier niet. Wel kan men rechtstreekse waarnemingen doen met rockets, met de projectielen die wij in het Nederlands vuurpijlen kunnen noemen en die lijken op de voormalige duitse V 2's. De Amerikanen hebben al veel op dit gebied gepresteerd. Men komt daarbij met lichte vuurpijlen tot ongeveer 100 km hoogte, zware exemplaren brengen het tot 200 km, en tweetraps- of drietrapsvuurpijlen kunnen tot 400 km of nog hoger opstijgen.

Meestal werkt men met de enkelvoudige eentrapsprojectielen. Tijdens de korte vlucht kan men allerlei grootheden meten. Om te beginnen de luchtdruk, maar verder ook de temperatuur, de zonnestraling, de intensiteit van de kosmische straling en nog andere interessante grootheden. Men kan monsters nemen van de lucht op verschillende hoogten, door luchtledige flessen op een signaal van de grond even open te laten gaan, en dan weer hermetisch te laten sluiten. Die flessen zijn dan volgelopen met de zeer ijle lucht uit de hogere luchtlagen. Lukt het na het neerstorten van het projectiel de fles heel uit het wrak te halen, dan vindt men daarin een heel klein beetje gas, en kan dit in het laboratorium analyseren. Daaruit weet men wel het een en ander over de samenstelling van de dampkringlucht. Tot 100 km hoogte bestaat de lucht uit stikstof en zuurstof, in vrijwel dezelfde verhouding als dicht bij de aardoppervlakte, dus 80 delen stikstof tegen 20 delen zuurstof. Boven 100 km treedt er een verandering in; nog steeds vindt men stikstof en zuurstof, maar de laatste nu niet meer in de vorm van moleculen, maar in de vorm van enkelvoudige atomen. Zo blijft het tot de grootste hoogte waarop men de samenstelling heeft kunnen bepalen; moleculaire stikstof en atomaire zuurstof vormen de belangrijkste bestanddelen van de hoogste luchtlagen.

Nu wil ik overstappen op een indirecte methode van onderzoek, nl. het peilen van de hoogste luchtlagen door middel van radiosignalen. Reeds in het begin van de ontwikkeling van het radioverkeer heeft men ontdekt, dat de overdracht van radiogolven over lange afstanden plaats vond door weerkaatsing tegen een laag op 100 km hoogte, die toen de laag van Heaviside werd genoemd naar de ontdekker

daarvan. Tegenwoordig noemen wij deze laag de E-laag. De E-laag is een gebied tussen 100 en 110 km hoogte, waar de dampkringslucht veel vrije electronen bevat. Hoe die vrije electronen daar ontstaan, is nog niet volledig verklaard. Wel is het zeker, dat het zonlicht daaraan schuldig is. Het zonlicht werkt op een of andere manier in op de ijle dampkring en vormt overdag de E-laag die als klankbord werkt voor het radioverkeer. Maar die E-laag staat niet op zichzelf. Onder de E-laag bevindt zich op 70 tot 80 km hoogte de D-laag, ook een laag met electricisch geladen deeltjes. En boven de E-laag bevinden zich nog andere lagen: de F₁-laag op 200 km hoogte en de F₂-laag op 250 km hoogte. Vooral de F₂-laag, die men vroeger de laag van Appleton noemde, is van groot belang voor de radioverbindingen met behulp van korte golven. Behalve deze lagen zijn er nog enkele die minder belangrijk zijn.

U ziet dus, dat het volkomen gerechtvaardigd is, van luchtlagen te spreken. Inderdaad is de atmosfeer boven de 50 km uit lagen opgebouwd, lagen van geladen deeltjes, van ionen. Vandaar de naam ionosfeer, die men aan het hele complex van geïoniseerde lagen heeft gegeven. Ik heb straks gezegd, dat men de E-laag ontdekte door zijn terugkaatsend vermogen ten opzichte van radiogolven. Het onderzoek van de ionosfeer berust juist op deze eigenschap. Men peilt de ionosfeer met radiosignalen volgens het radar-principe. Men zendt dus signalen uit en meet de tijd, die verloopt tussen de uitzending van de radiogolven en de eventuele ontvangst van een echo afkomstig van een der ionosferische lagen. Uit de echotijd kan men de hoogte van de laag berekenen. Uit dergelijk onderzoek is gebleken, dat de ionosfeer buitengewoon veranderlijk is. De lagen veranderen van ogenblik tot ogenblik. Des nachts is de toestand geheel anders dan overdag. Des nachts overheerst de hoge F₂-laag. De andere lagen (D, E en F₁) zijn dan vrijwel verdwenen, maar met het opgaan van de zon verschijnen zij weer. De zon, rijk aan allerlei stralingen, beschijnt dan de buitenkant van de dampkring. Allerlei ingewikkelde processen hebben plaats. Het op die grote hoogte zeer intense ultraviolette licht van de zon berooft sommige atoomsoorten in het ijle atmosferische gas van electronen, die als geladen deeltjes zich vrij kunnen bewegen. Verschillende mogelijkheden van ionisatie zijn aanwezig, ieder van die processen heeft een eigen hoogte waarop de meeste vrije electronen worden gevormd. Zo ontstaan de ionosferische lagen, ieder in zijn eigen niveau en met zijn speciale eigenschappen. Soms is de ionosfeer volkomen in de war. Wanneer op de zon een uitbarsting plaatsvindt, en de aarde na enige tijd getroffen wordt

negas in de dampkring. Dergelijke onregelmatigheden komen trouwens ook wel voor als de zon rustig is. Zij schijnen voor een deel samen te hangen met de inval van kleine stukjes gruis uit de interplanetaire ruimte. Het merkwaardige is nu, dat men niet alleen de aanwezigheid van dergelijke onregelmatigheden kan constateren, maar ook de bewegingen daarvan. Men vindt, dat die wolken zich met grote snelheden door de ionosfeer kunnen verplaatsen, snelheden die liggen tussen 10 meter per seconde en een paar honderd meter per seconde. Meestal vindt men snelheden in de buurt van 100 meter per seconde; dat komt neer op 360 km/uur. Men krijgt dus de indruk van orkaanachtige winden die in de ionosfeer waaien. Nu zou men kunnen denken aan een of ander schijneffect, want dergelijke windsnelheden zijn toch wel formidabel, maar er zijn andere verschijnselen die in dezelfde richting wijzen.

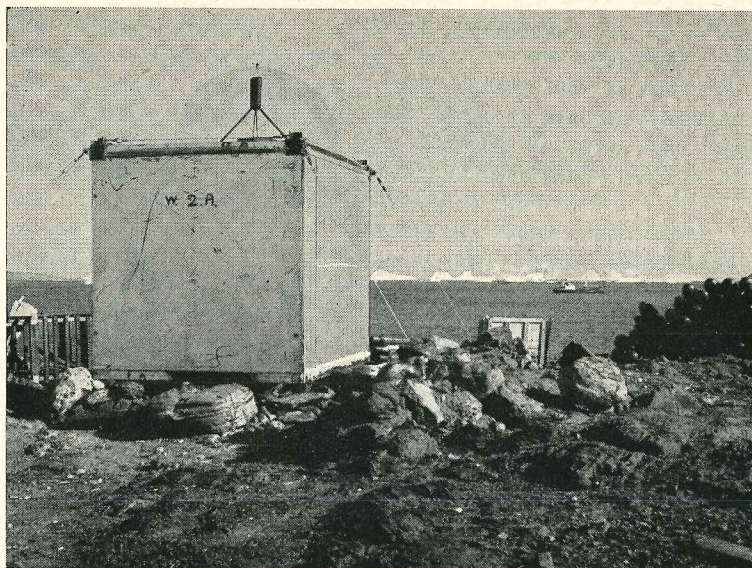
Wanneer men een ster ziet „vallen” zoals de volksmond dit uitdrukt, dan is dit geen ster, maar een klein korreltje planetair gruis, dat door de aardse zwaartekracht wordt opgevangen en door zijn grote snelheid gloeiend wordt door wrijving in de dampkring. Meestal is zo'n korreltje niet groter dan een speldeknop, maar is het flink wat groter, bijv. zo groot als een vuist, dan kunnen wij dat binnenvliegen in de dampkring zelfs overdag zien, en dan spreken wij van een vuurbol. Een vuurbol laat dikwijls een duidelijk zichtbaar rookspoor achter, dat door de orkaanachtige winden in de hoogste luchtlagen wordt meegevoerd. In zo'n geval kan men de snelheden direct meten en vindt bijv. 50 m/sec of 60 m/sec op 100 km hoogte. Horizontale winden komen het meest voor, hoewel ook wel verticale bewegingen worden waargenomen.

Men wist allang, dat het hard kan waaien in de hoogste luchtlagen. In de poolgebieden kent men het verschijnsel van de lichtende nachtwolken, ijle tere wolkjes, die op 70 tot 90 km hoogte drijven en zichtbaar kunnen worden als zij bij laagstaande zon worden beschenen. Vroeger dacht men, dat de lichtende nachtwolken zich alleen thuis voelden in de Poolstreken, maar in de laatste tijd zijn ze ook wel uit een opstijgende vuurpijl boven de woestijn van Nieuw Mexico gefilmd. Als ze zichtbaar zijn, kan men de snelheid langs fotografische weg meten en vindt dan alweer enkele tientallen meters per seconde en soms ver over de honderd meter per seconde. Men moet niet denken, dat de richting van de wind in de ionosfeer overal dezelfde is. Het rookspoor van een vuurbol vertoont meestal grillige kronkelingen, die er op wijzen dat op verschillende hoogten de windrichtingen sterk uiteenlopen. Dat is ook gebleken uit het

verwaaien van rookpluimen, die door een opstijgende vuurpeil werden uitgestoten. Men heeft bijv. op verschillende hoogten granaten afgeschoten uit een vuurpijl. Zoiets is mogelijk door middel van een radiosignaal dat van de aarde wordt uitgezonden. Bij andere proeven heeft men tijdens de opstijging een paar kg natrium door middel van gloeiend thermiet verdampt. Het resultaat was een prachtig natriumspoor, dat de baan van de rocket markeerde, en dat daarna door de ionosferische winden in s-bochten werd geblazen. Ook wat de windrichtingen betreft blijkt de ionosfeer gelaagd te zijn. Vaak is in het ene niveau de wind bijv. westelijk, terwijl enkele tientallen km hoger juist een oostelijke wind waait, of omgekeerd.

Ik heb u zo in 't kort verteld, hoe men de hoogste luchtlagen pleegt te onderzoeken, en wat men er al van weet. U zult misschien denken, dat dit al heel wat is, en in zekere zin is dat ook waar. Maar u moet wel bedenken, dat het onderzoek met behulp van vuurpijlen of radiosignalen maar op enkele plaatsen gebeurt, en dat wij daardoor toch maar heel weinig weten van de eigenschappen van de hoogste luchtlagen over de gehele aarde.

In het Internationaal Geofysisch Jaar wordt dit laatste nu juist beoogd. Men wil dus niet alleen in de woestijn van Nieuw Mexico, maar op veel meer plaatsen rockets afvuren en daarmee de dampkring tot honderden km hoogte sonderen. Radiopeilingen van de ionosfeer zullen niet alleen plaats hebben in de enkele ionosfeerstations, die hier en daar op de aardbol in werking zijn, maar op zo veel mogelijk plaatsen. Nu zou het een onmogelijke zaak zijn in al de honderden geofysische stations, die tijdens het Geofysisch Jaar overal ter wereld in werking zullen zijn, vuurpijlen te lanceren. Men zou er de technische mankracht niet voor hebben, gesteld al dat men over de financiële middelen voor deze kostbare methode van onderzoek beschikte. Daarom heeft men bepaalde stroken op het aardoppervlak geselecteerd. Dat is de meridiaan van 75° west, die over Amerika loopt, de meridiaan van 10° oost over Europa en Afrika en de meridiaan van 140° oost, die loopt over Japan, Nieuw Guinea en Australië; verder een strook langs de equator. In deze gordels wil men het onderzoek concentreren, om zodoende een goed inzicht te krijgen in de structuur van de dampkring van pool tot pool en langs de evenaar. De vuurpijlen zullen worden gelanceerd in het noorden van Canada, maar ook in het zuidpoolgebied en op vele andere plaatsen daartussen. De Engelsen zullen hun rockets op het proefterrein Woomera in Australië oplaten, de Fransen



Een Australische waarnemingspost voor „Zuiderlichten” bij Davis in Antarctica. Onder de perspex koepel is een camera aangebracht, die elke vijf minuten een foto van de gehele hemel maakt als poollichten zich vertonen. (Foto A.N.P.)

hebben plannen in de Sahara en de Japanners werken ook aan een eigen projectiel.

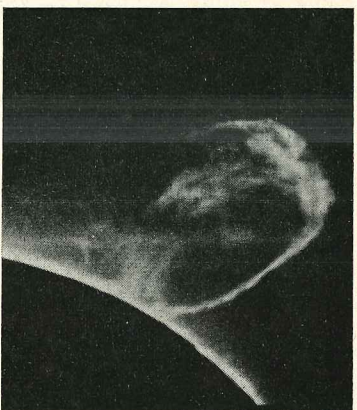
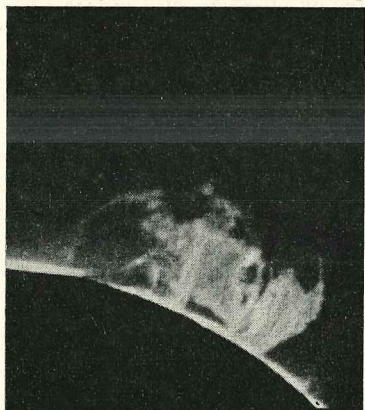
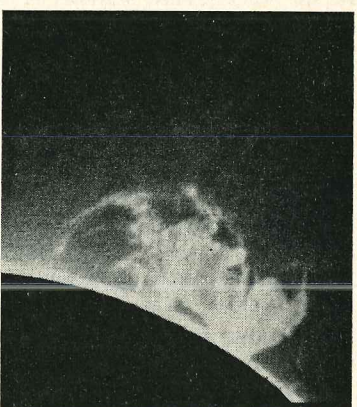
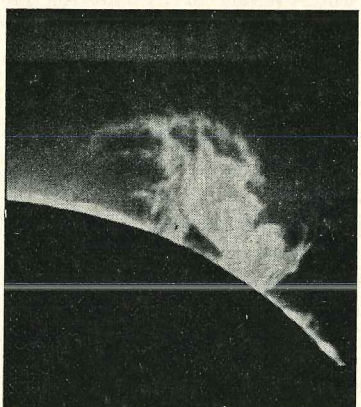
Maar er zijn ook minder spectaculaire methoden om de hoogste luchtlagen te onderzoeken. De poolexpedities zullen zich toeleggen op de studie van het stille poollicht, dat in de poolnacht tijdens aardmagnetische stormen de ijsvelden van Arctica en Antarctica zal verlichten.

Spectroscopisch onderzoek van de poollichtverschijnselen zal gegevens kunnen verschaffen over de gassen die op 100 km hoogte of nog hoger het poollicht uitstralen. Ook zal men een beter inzicht kunnen krijgen in de processen van de lichtuitzending. De aardmagnetische stations zullen ons iets onthullen over de elektrische stromen, die elke dag hoog in de dampkring rondlopen. Het zijn geweldige stroomkringen ter sterkte van duizenden ampères, opgewekt door een eb- en vloedbeweging van de dampkringlucht. Men heeft kort geleden ontdekt, dat een opvallend sterke stroom de magnetische equator van de aarde volgt. Maar in de poolgebieden lopen er tijdens

magnetische stormen onregelmatige stromen in de ionosfeer van miljoenen ampères — zij veroorzaken juist de aardmagnetische stormen — en zij zijn te danken aan het binnenstromen van vlagen zonnegas in de aardse dampkring. Door de metingen van de vele aardmagnetische stations te combineren, hoopt men een beter inzicht te krijgen in het verloop van deze atmosferische elektrische stromen.

Nu kom ik aan de Nederlandse bijdrage tot het onderzoek van de hoogste luchtlagen tijdens het Geofysisch Jaar. Deze zal van beperkte en indirecte aard zijn. Met het oplaten van vuurpijlen voor wetenschappelijk onderzoek zullen wij ons niet bezig houden. Wel zullen de indirecte methoden worden toegepast.

In de Nederlandse stations te De Bilt, evenals in Paramaribo en Hollandia, zal regelmatig ieder half uur de ionosfeer worden gepeild. De voor Paramaribo en Hollandia benodigde toestellen werden gebouwd door de Nederlandse P.T.T. en de waarnemingen zullen op het K.N.M.I. worden uitgewerkt. De registreringen zijn in Paramaribo al begonnen, in Hollandia hoopt men binnenkort zo ver te zijn. Ook zal het aardmagnetisme in Paramaribo en Hollandia worden bestudeerd. Zodoende hopen wij inlichtingen te krijgen over de elektrische stromen in de ionosfeer in het equatoriale gebied en over de veranderingen die daarin optreden. De instrumenten voor de aardmagnetische stations konden dank zij een subsidie van de Stichting voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek worden aangeschaft. In Suriname staan zij al opgesteld, in een ijzervrij gebouwtje enkele km buiten Paramaribo. Met dank kan ik hier ook de steun en de medewerking van de Stichting WOSUNA (wetenschappelijk onderzoek in Suriname en de Nederlandse Antillen) noemen. Het magnetisch station in Hollandia wordt op het ogenblik ingericht. Wij mogen verwachten, dat de registreringen van de magnetografen en van de ionosfeerpeiltoestellen vele en belangrijke gegevens over de hoogste luchtlagen boven Suriname en Nederlands Nieuw Guinea zullen verschaffen.



5. De waarneming van de zon

door prof. dr M. G. J. Minnaert

16 mei 1957

In de laatste weken heeft u verscheidene lezingen kunnen besluisteren over het Internationaal Geofysisch Jaar, dat straks in juli gaat beginnen, en waarin talloze natuuronderzoekers van alle landen hun krachten gaan verenigen voor het onderzoek van de Aarde waarop wij leven. Het zal u misschien enigszins verrassen, dat daarbij ook een bijzondere rol toegedacht is aan het onderzoek der Zon. Bij nader overleg blijkt dat echter volkomen begrijpelijk: de Zon, door haar straling, bepaalt niet alleen de warmtehuishouding van het aardoppervlak, van de zee en van de lucht, maar ook de elektrische eigenschappen van de hoge dampkring. Allerlei storingen, die elkaar onophoudelijk afwisselen in de buitenste lagen van de zon, veroorzaken voortdurende wijzigingen in onze atmosfeer en moeten dus zo volledig mogelijk waargenomen worden, wil men hun inwerking behoorlijk kunnen begrijpen. Door samenwerking van een aantal zonne-observatoria over de gehele wereld kan men er in slagen, dat hemellichaam vrijwel voortdurend onder bewaking te houden: als het voor een der stations nacht wordt of de hemel is bedekt, is er allicht een ander dat in gunstiger omstandigheden verkeert. De noodzaak van internationale samenwerking komt hier wel bijzonder duidelijk te voorschijn! Alles bij elkaar zullen 55 zonne-observatoria gedurende het Geofysisch Jaar aan het werk zijn. Terecht kunnen de zonnewaarnemers zeggen: „Voor ons gaat de zon niet onder!“. Aan de invloeden van de zon wordt zóveel belang toegekend, dat de keuze van dit waarnemingsjaar er zelfs door bepaald is geworden. We weten immers, dat de zonnevlekken en alle andere storingen die ermee samenhangen, toenemen en afnemen in een 11-jarig ritme, en dat het aanstaande maximum van die activiteit omstreeks het begin van 1957 zal vallen. Waarschijnlijk zullen dus de effecten op Aarde in dit jaar op hun fraaist bestudeerd kunnen worden, temeer omdat het maximum van 1957 een zeer hoog maximum belooft te worden. Het waarnemingsprogramma bestaat enerzijds uit een aantal routine-waarnemingen, volgens een bepaald schema uitgevoerd en bestemd om verenigd te worden met gelijksoortige waarnemingen van vele anderen in andere landen; anderzijds uit speciale onderzoek-

kingen, waar eigen initiatief een belangrijke rol in kan spelen. Het waarnemen van de zon gebeurt op twee manieren, enerzijds met gewoon licht, anderzijds met radiogolven. Laten we vooreerst de optische waarnemingen bespreken, die ons onmiddellijk een overzicht geven van de ogenblikkelijke toestand der zon.

Elke dag, op de voor Utrecht vast afgesproken tijd van 9 uur tot 10 uur 's ochtends, staan de waarnemers van onze Sterrenwacht gereed en is er een kijker op de zon gericht, voorzien van ons kostbaar monochromatisch filter, een zeer bijzonder instrument, waardoor men de allerbuitenste lagen van de zon kan waarnemen zonder gehinderd te zijn door de diepere en helderder lagen. Ik wilde, dat ik u kon laten meegenieten van het prachtige, steeds wisselende en steeds boeiende schouwspel, dat men door dit instrument kan waarnemen! Met één oogopslag ziet men de zon als een helderstralende rode schijf, met allerlei bijzonderheden die men door een gewone kijker nooit kan zien. Natuurlijk bemerkt men vooreerst enige donkere stippen, de bekende zonnevlekken, zowel in een gordel ten noorden als in een andere ten zuiden van de evenaar. In de omgeving van die vlekkgroepen zweven uitgebreide heldere waterstofwolken. Hier en daar tekenen zich aan de zonsrand protuberansen af, als wolken en fonteinën van wonderlijke vormen. Op een paar plaatsen bemerken we donkere filamenten als dunne slingers, die te beschouwen zijn als protuberansen, in absorptie waargenomen tegen de achtergrond der zonneschijf, en die soms in verrassend korte tijd opstijgen en verdwijnen; daar waar vlekken in snelle ontwikkeling zijn, ziet men af en toe een klein, helder lichtpuntje oplaaien, een zogenaamde zonnevlam, een verschijnsel dat vroeger onopgemerkt was gebleven, maar dat in de laatste jaren sterk de aandacht trekt. Al die verschijnselen worden vooreerst fotografisch vastgelegd.

Tevens stelt de Sterrenwacht zich telefonisch in verbinding met het Radiostation Nederhorst-den Berg, bij Hilversum, kortweg aangeduid met Nera, waar de waarnemers van de Radio-afdeling van P.T.T. insgelijks over een monochromatisch filter beschikken; men vergelijkt de bevindingen en spreekt een code af, waardoor men later op de dag gemakkelijk bepaalde objecten op de zon aan elkaar kan aanwijzen. De belangstelling gaat in de eerste plaats naar de zonnevlammen, die merkwaardig snel en volkomen onverwacht oplichten, dikwijls in één of twee minuten, en die meestal enkele minuten later alweer verdwenen zijn. De waarnemers hebben opdracht, het nauwkeurige tijdstip van zulk een oplaaiing op te tekenen, de helderheid en het oppervlak ervan te bepalen en zo mogelijk de verbreding

vast te leggen van de spectraallijnen van waterstof, door deze objecten uitgestraald. Alles is erop ingericht, zo snel mogelijk te opereren: bij het eerste alarmsein snellen vast aangewezen personen naar de verschillende onderdelen van de zonne-opstelling, om het licht in de grote spectograaf te werpen; de zonnevlam wordt op de spleet gebracht, en een minuut daarna is het spectrum opgenomen. Uit zulk een spectrum is er een heleboel af te leiden omtrent de atoomprocessen, die zich in zulk een zonnevlam afspelen.

In bepaalde interessante gevallen zal ook de radiostraling van de zon op het ogenblik van zulk een zonnevlam waargenomen worden. We weten immers, dat de zon niet alleen gewoon licht uitzendt, maar ook radiotrillingen van allerlei golflengten, die als een soort geruis hoorbaar kunnen worden gemaakt en die een zeer gevoelige aanwijzer zijn voor allerlei storingen. Door het waarnemen van die radiostraling kunnen we onze waarnemingen in gewoon licht voortreffelijk aanvullen. Naast de beroemde grote radiospiegel te Dwingeloo staan een paar kleinere spiegels opgesteld, waarvan er één voor het zonneonderzoek in gebruik is. Als er een zonnevlam oplicht, ziet men hoe de meter, die de radiostraling registreert, plotseling sterk uitslaat en een aantal keren op en neer schommelt, terwijl daarna dikwijls enige uren lang nog sterke onrust heerst. De waarnemingen te Dwingeloo en te Utrecht worden beide voorzien van een nauwkeurige tijdschaal, op de seconde na gelijk geregeld, zodat elke bijzonderheid van het optische verschijnsel en van de radiocurve met elkaar vergeleken kunnen worden.

Behalve deze vaste programma's willen we te Utrecht ook nog enkele speciale onderzoekingen uitvoeren. We willen b.v. zoeken, of er in deze tijden van grote zonsactiviteiten temperatuurverschillen aan te tonen zijn tussen de polen en de evenaar van de zon; gewoonlijk is dat niet het geval, maar preciese metingen in maximumjaren zouden wel eens anders kunnen uitvallen. Verder wordt ook aandacht besteed aan de kleine, zeer korte piekjes, die in zulke jaren in grote hoeveelheden optreden in de radiostraling en die we registreren met een snelschrijver, binnen een honderdste seconde aanwijzend en alle details optekenend van het verschijnsel, dat slechts een onderdeel van een seconde duurt. Het registreerpapier moet zo snel lopen, dat per dag ongeveer een kilometer papier door het toestel gaat. Wie had gedacht dat er zulke uiterst snelle verschijnselen op de zon zouden voorkomen!

Terwijl wij te Utrecht dus onze aandacht richten op het gedetailleerd onderzoek van bepaalde belangwekkende verschijnselen, wordt een

veel algemener en systematischer onderzoeker van de radiostraling der zon uitgevoerd door het radiostation Nera te Nederhorst-den Berg, onder leiding van Hoofdingenieur A. H. de Voogt. Het zal in volle gang zijn voor het Geophysisch Jaar. Dank zij de betrekkelijke afgelegenheid van Nederhorst-den Berg is de ontvangst der radiogolven daar veel beter dan in een stad, waar allerlei elektrische storingen de waarneming hinderen. En het mooie is, dat radiogolven dwars door wolken of nevel gaan, en dat ze dus ook bij volledig bewolkte lucht ontvangen kunnen worden. Net zoals het zichtbare zonlicht allerlei kleuren bevat, zo bestaat ook de onzichtbare radiostraling uit allerlei trillingen van verschillende golflengte. Een radioontvanger, zoals bekend, reageert alleen op één bepaalde golflengte; daarom zijn er op Nera vier ontvangers, die tegelijk aan het werk zijn in vier verschillende golflengten tussen 3 cm en 1,5 m, alle op zeer korte golven dus. Als er een zonnevlam optreedt, ontsnapt die bijna nooit aan de P.T.T.-waarnemers: of hij veroorzaakt pieken in sommige van de vier golflengten die ontvangen worden; of hij veroorzaakt een wijziging in de hoge dampkring van de aarde, en daardoor verandert er allerlei in het *aardse* radioverkeer; de kortegolf-stations worden ineens onhoorbaar, de langegolf-stations integendeel zijn versterkt. Ik vraag uw bijzondere aandacht hiervoor en verzoek u de begrippen goed uit elkaar te houden: een zonnevlam zendt zelf radiogolven uit, goed, dat is een middel om hem te onderzoeken; maar daarenboven verandert hij iets in onze dampkring, en daardoor zullen onze aardse radiogolven zich hier beter of slechter voortplanten.

Dat zijn nu juist effecten die voor de Radiodienst grote praktische betekenis hebben; aan dit voorbeeld ziet men bijzonder duidelijk, hoe de zon invloed heeft op onze aarde, hoe nodig het is deze invloeden te bestuderen, zowel voor de zuivere wetenschap als voor de techniek.

Het onderzoek der zonnestralingen te Utrecht en te Nera geschiedt in nauwe samenwerking. Er is direct telefonisch contact, en zelfs wordt getracht de registrering van één der radiospiegels te Nera tegelijk door te geven naar een meet-instrument naast de Utrechtse zonnekijker: zo zal de waarnemer te Utrecht op elk ogenblik zelf kunnen zien, welke straling de radiospiegel te Nera opvangt.

Ook voor de radiostraling der zon geldt, dat men die gaarne ononderbroken zou volgen gedurende het gehele etmaal, en dat men daarom een aantal stations als een krans rondom de aarde tracht te krijgen. De Radiodienst heeft aldus, met het oog op het Geophysisch

Jaar, ook nog twee stations buiten Nederland ingericht, enerzijds te Paramaribo, anderzijds te Hollandia op Nieuw-Guinea. Beide ontvangen de golven van 1,50 m en beide hebben een detector voor ionosfeerstoringen op de lange golf.

Nu moet ik nog iets vertellen van de bijdrage die de Stichting voor Radiostraling van Zon en Melkweg voor het Geofysisch Jaar zal leveren. Men moet weten, dat de meting van de juiste absolute waarde van radiostraling een zeer moeilijke opgave is; gewoonlijk vergeen men zich met het waarnemen der *veranderingen*. Welnu, bij de Stichting zijn methoden uitgewerkt om waarlijk betrouwbare bepalingen van de *absolute waarden* uit te voeren. Op precies bekende tijden en bij precies vastgestelde golflengten zullen nu gedurende het Geofysisch Jaar af en toe absolute metingen worden uitgevoerd, die aan andere onderzoekers de mogelijkheid zullen geven hun registreringen op betrouwbare wijze te ijken.

En tenslotte moet ik ook nog de aandacht vestigen op een geheel ander verschijnsel, dat de invloed van de zon verraadt, en dat de bijzondere naam draagt van „kosmische straling.” Het is een stroom van uiterst snelle atomen die uit de wereldruimte op de aarde invallen en waarvan men nog altijd niet zeker weet waar ze vandaan komen. Na sterke uitbarstingen op de zon bemerken we een tijdelijke toename van die kosmische straling, bewijzend dat ook de zon zwermen snelle deeltjes uitzendt althans op zulke ogenblikken. Het Fysisch Laboratorium te Amsterdam heeft zich reeds onder het direktoraat van prof. Clay hiermee bezig gehouden, en deze metingen zullen ook tijdens het Geofysisch Jaar ijverig worden voortgezet. Met bepaalde instrumenten bepaalt men het aantal geladen deeltjes, met andere juist het aantal neutrale deeltjes die ons op de bodem van de luchtzee bereiken.

Onnodig te zeggen, dat alle waarnemingsresultaten ter beschikking van de gezamenlijkheid der natuuronderzoekers gesteld worden. Door vernuftige stelsels van snelle berichtgeving worden allerlei voorlopige gegevens en waarschuwingen reeds onmiddellijk of op zeer korte termijn over de wereld verspreid. Maar hierover zal ir de Voogt bij de volgende uitzending vertellen.

Het moet duidelijk zijn, dat de Nederlandse waarnemingen slechts een klein deel vormen van alles, wat er op het gebied van zonne-onderzoek over de wereld zal gebeuren. Ieder maakt daarbij gebruik van de mogelijkheden die de plaatselijke omstandigheden bieden. Wie over hoge bergen beschikt, heeft een coronograaf ingericht om de corona dagelijks te onderzoeken. Wie veel uren zon heeft en veel

geld, zal films maken om het gehele verloop der zonne-verschijnselen vast te leggen. Wie het zeer ingewikkelde instrumentarium bezit, nodig om de magneetvelden op de zon te meten, kan in dit nog nieuwe gebied van onderzoek zeer nuttig werk doen. Wie boven de poolcirkel woont, kan de radiostraling der zon tijden lang bijna het gehele etmaal waarnemen. *Wij* in Nederland hebben het voordeel, dat we zo dicht op elkaar zitten en dat er daardoor zulk een nauwe samenwerking is tussen onderzoekers van verschillende vakgebieden, waarnemers en theoretici, die zo gemakkelijk voor elkaar bereikbaar zijn.

Het is een goed en sterkend gevoel, te weten dat overal over de aardbol onze vakgenoten en vrienden aan het werk zijn zoals wij, worstelend met dergelijke moeilijkheden, bezield met dezelfde drang tot weten.

Moge al dat werk ertoe bijdragen, de aarde waarop wij wonen beter te leren kennen en daardoor ook nieuwe mogelijkheden te vinden om de mensheid gelukkiger te maken!

6. De kosmische straling

door dr. H. F. Jongen

2 juni 1957

Wist U, dat naast de zonnestraling ook snelle, elektrisch geladen deeltjes uit het heelal ons bereiken, overigens zonder schade aan te richten? Welnu, sedert de onderzoeken van de Oostenrijker Hess en de Duitser Kolhörster in 1912 zijn wij er van overtuigd, dat zulk een doordringende straling van geringe intensiteit de bovenste lagen van de aardatmosfeer uit het heelal binnendringt. Deze straling, later genoemd kosmische straling, is te meten aan de vele elektrisch geladen en neutrale deeltjes en aan een zeer harde Röntgenstraling, die door haar bij de doorgang door de atmosfeer geproduceerd worden. Zelfs tot een diepte van 100 m onder de grond is de kosmische straling nog waarneembaar, uiteraard met zeer geringe intensiteit.

De eerste metingen van de intensiteit van de kosmische straling werden uitgevoerd met ionisatiekamers, medegenomen op ballonvluchten. Ionisatiekamers zijn afgesloten vaten, veelal gevuld met een edelgas. Deze meetmethode berust op het feit, dat de kosmische straling, evenals de omstreeks 1900 ontdekte radio-actieve straling, in staat is de oorspronkelijk neutrale atomen van de gasvulling van de ionisatiekamer te ioniseren. Ionisatie betekent splitsen van een atoom in een zwaar positief elektrisch geladen deeltje, een plus-ion, bestaande uit de kern van het oorspronkelijke deeltje en het merendeel van de hierbij behorende elektronen, en een min-ion. Dit min-ion is zeer licht in vergelijking met het plus-ion, het draagt een negatieve elektrische lading van gelijke grootte als het gelijktijdig gevormde plus-ion. De mate van ionisatie is een maat voor de intensiteit van de binnenvallende straling.

Is nu in de ionisatiekamer een elektrisch veld aangelegd, dan zullen de gevormde, geladen deeltjes als een zeer zwakke elektrische stroom gaan vloeien, een stroom, die niet meer bedraagt dan het biljoenste deel van de stroom door een normale gloeilamp. De instrumenten om deze stromen te meten, elektrometers, waren vooral in de begintijd zeer onvolkomen, zodat velen sceptisch stonden tegenover het gevonden effect. Tegenwoordig staan voor de meting veel betrouwbaarder en nauwkeuriger elektronische middelen ter beschikking.

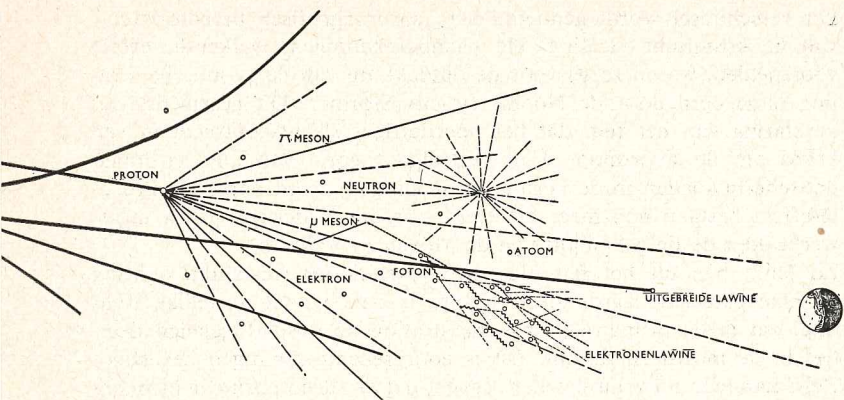
Er wordt nu dan ook niet meer getwijfeld aan het bestaan van de kosmische straling. Verder kan opgemerkt worden, dat voor het onderzoek van de kosmische straling de ionisatiekamer verdrongen is door andere apparaten, zoals telbuizen van verschillende typen, het nevelvat van Wilson en zeer speciale, fotografische platen. In deze laatste twee soorten apparatuur worden de sporen van geladen deeltjes zichtbaar, iets waarop hier moeilijk kan worden ingegaan.

Hess, Kolhörster e.a. merkten op, dat met toenemende hoogte in de atmosfeer de intensiteit van de kosmische straling sterk toenam. Zoals wij thans weten is deze intensiteit op 30 km hoogte ongeveer 150 maal zo groot als op zeeniveau. De bron van deze straling moet dus buiten de aarde liggen. Welke is of zijn deze bron of bronnen en wat is de aard en samenstelling van deze straling? Deze punten zijn sindsdien punten van een diepgaand onderzoek geworden.

Tot omstreeks 1930 meende men op grond van de grote doordringendheid te moeten aannemen, dat de binnenkomende straling van elektromagnetische aard was, d.w.z. dat men te doen had met een zeer doordringende Röntgenstraling. Metingen van Clay, eerst hoogleraar te Bandoeng en later te Amsterdam — metingen, die nadien bevestigd werden door vele anderen, zoals door de Amerikaan Millikan en de Fransman Auger —, hebben echter ondubbelzinnig aangetoond, dat de aan de top van de atmosfeer aankomende straling uit zeer snelle, elektrisch geladen deeltjes bestaat.

Door Clay en medewerkers werd voornamelijk op een aantal reizen per schip tussen Java en Europa gevonden, dat de stralingsintensiteit op zeeniveau, gemeten met een ionisatiekamer, aan de evenaar ruim 10 % geringer is dan op onze breedte.

De geladen deeltjes, waaruit de primaire straling bestaat, ondervinden bij hun beweging in het magneetveld van de aarde, ons bekend door de kompaswerking — welk veld zich tot op grote afstand van de aarde uitstrekt — een kracht, de z.g. „Lorentzkracht”. Hierdoor wordt de van alle zijden op de aarde toekomende, dus isotrope, primaire deeltjes-straling, zodanig van richting veranderd, dat de minder energierijke, dus de minder snelle, deeltjes de aarde niet meer op alle plaatsen kunnen bereiken. Aangezien de elektrisch geladen deeltjes van de primaire straling niet allen dezelfde energie hebben en de richtingsverandering het grootst is nabij de evenaar, zal daar het kleinste aantal deeltjes aankomen. Vandaar dat aan de evenaar een geringere intensiteit zal waargenomen worden dan op hogere breedten, zoals in onze omgeving.



Wisselwerking tussen primaire kosmische stralingsdeeltjes en hierdoor gevormde secundaire deeltjes met de atomen in de atmosfeer van de aarde.

De atmosfeer is in vergelijking met de rechts onder aangegeven aarde sterk vergroot getekend om een inzicht van de optredende gebeurtenissen te krijgen.

Links de uit het heelal binnendringende primaire deeltjes (in hoofdzaak protonen), waarbij de kromming van de baan in het aardmagneetveld ons een indruk van hun energie geeft.

Bij de botsing van de protonen met atomen ontstaan vele nieuwe deeltjes, o.a. neutronen, protonen, mesonen van verschillende soort, elektronen en fotonen, die op hun beurt weer met atomen in wisselwerking treden.

Zeer energierijke primaire deeltjes, herkenbaar aan hun vrijwel rechte baan, kunnen diep in de atmosfeer doordringen en op geringe hoogte dit wisselwerkingsproces in gang zetten. Dit laatste wordt dan waargenomen als een uitgebreide lawine.

Dit verschijnsel wordt genoemd het „aardmagnetisch breedte-effect” van de kosmische straling. De baanberekeningen, welke dit effect voorspelden, waren reeds voor de ontdekking van de kosmische straling uitgevoerd door de Noorse fysicus Størmer. Dit geschiedde ter verklaring van het feit, dat het noorderlicht slechts optreedt in een krans om de noordpool. Een volledige theorie van alle aardmagnetische invloeden in de kosmische straling — want naast het breedte-effect bestaan nog meer effecten — is in de dertiger jaren uitgewerkt door de Belg Lemaître en de Mexicaan Vallarta.

Zo blijkt b.v. uit het feit, dat de intensiteit uit westelijke richting op elke plaats op aarde steeds groter is dan die uit oostelijke richting, dat in de primaire kosmische straling de positief geladen deeltjes in de meerderheid zijn. Dit is door recente metingen bevestigd. Zelfs kan men nu vrijwel zeker zeggen, dat er alleen positieve primaire straling is.

De binnenkomende straling bestaat voor ongeveer 90 % uit protonen, de kernen van waterstofatomen en voor de rest uit de kernen van zwaardere elementen, waaronder voornamelijk die van helium.

Zoals reeds werd opgemerkt, bestaat de primaire straling niet uit deeltjes met dezelfde energie. Het „energiespectrum”, zoals dit genoemd wordt, is zodanig, dat het aantal deeltjes kleiner wordt naarmate hun energie groter is.

Thans kunnen we ons de vraag stellen: „Waar komen deze deeltjes vandaan en hoe verkrijgen zij hun grote snelheden?” Reeds Hess merkte bij zijn metingen op, dat de zon niet de bron van de kosmische straling zou kunnen zijn, daar hij geen verschil kon vaststellen tussen de intensiteit overdag en 's nachts. Latere onderzoekers meenden als bron van de kosmische straling de af en toe in ons melkwegstelsel optredende nieuwe sterren, novae, of de nog zeldzamer super-novae in of buiten ons melkwegstelsel optredend, te moeten aanwijzen. Bij de in deze gevallen optredende, geweldige explosies, gepaard gaande met grote helderheidsveranderingen van de betrokken sterren, zouden ook geladen deeltjes met grote energieën, zoals in de kosmische straling voorkomen, in het heelal geslingerd kunnen worden. Deze energieën zijn zeer hoog. We kunnen wel zeggen, dat de meeste kosmische stralingsdeeltjes de snelheid van het licht evenaren. Deze snelheid bedraagt 300 000 km/sec.

Uit recente onderzoekingen van professor Oort uit Leiden zou blijken, dat bij een 900 jaar geleden in ons melkwegstelsel opgetreden super-nova, die nu nog als de z.g. Krabnevel wordt waargenomen,

dergelijke snelheden van deeltjes gevonden worden. Dit zou de hier beschreven opvatting omtrent de oorsprong van de kosmische straling in sterke mate staven.

Ook de zon heeft men als bron van een deel, maar dan een zeer klein deel, van de kosmische straling nooit uit de gedachten gezet. Sinds de veertiger jaren bestaan er aanwijzingen, dat dit terecht gebeurde.

Immers het is gebleken, dat na grote erupties op het zonne-oppervlak, zonnevlammen genaamd, gedurende een korte tijd, te weten enkele uren, vermeerderingen van de intensiteit van de kosmische straling ten bedrage van enkele tientallen procenten kunnen optreden. Tijdens een dergelijke eruptie, in een actief zonnevlekkengebied, kunnen ook deeltjes met verhoudingsgewijs tot de normale kosmische straling geringe snelheden, de zon verlaten en een bijdrage leveren tot de reeds van elders uit de kosmos in ons zonnestelsel optredende kosmische straling. Bij een vijftal grote erupties op de zon, waarvan de laatste op 23 februari 1956 optrad, kon dit verschijnsel worden waargenomen. Deze laatste zonnevlam was zo groot, dat kort na de uitbarsting de kosmische stralingsintensiteit zelfs vele malen was verveelvoudigd.

Ook tijdens kleinere zonnevlammen is vermoedelijk sprake van een solaire bijdrage aan de kosmische straling. Dit hopen wij o.a. gedurende het internationale geofysische jaar definitief te kunnen vaststellen.

Het tijdstip van het Internationaal Geofysisch Jaar 1957/1958 is zo gekozen, omdat de zon dan een maximale activiteit in haar elfjaarlijkse periode zal vertonen. Het aantal kosmische stralingsstations zal in 1957/1958 99 bedragen, verspreid over de gehele aarde. Meerdere daarvan worden met verschillende registratieapparaturen uitgerust. Op deze wijze zal het onderzoek van de variaties in de kosmische straling, het z.g. „tijdvariatie-onderzoek” en het speuren naar de oorzaken hiervan — of deze nu van solaire aard of van nog andere herkomst zijn — op krachtige wijze ter hand worden genomen en gecoördineerd.

Men zou kunnen tegenwerpen, dat een dergelijke ruime opvatting van het onderzoekprogramma geen zuivere geofysica meer is, maar juist, omdat de zon in onze aarde fysica en in de kosmische straling een belangrijke rol speelt, is de kosmische straling ook opgenomen in de werkzaamheden voor het internationale geofysische jaar.

Op een conferentie, in september 1955 gehouden te Guanajuato in

Mexico, is het kosmische stralingsprogramma vastgesteld door de kosmische stralingsgroep van het Comité Spécial pour l'Année Géophysique Internationale, in samenwerking met de subcommissie voor intensiteitsveranderingen van de kosmische straling van de Union Internationale de Physique Pure et Appliquée.

Er werd besloten de apparatuur te standaardiseren, zowel voor de minder als voor de zeer doordringende straling.

De minder doordringende straling zal worden geregistreerd met een „neutronenmonitor”, ontworpen door Simpson van het Enrico Fermi Institute for Nuclear Studies te Chicago. Dit instrument verschaft ons continu gegevens omtrent de hoeveelheid neutronen, dat zijn ongeladen deeltjes ter grootte van het proton — de waterstofkern —, die door de primaire, kosmische straling ter plaatse van het toestel zijn geproduceerd, na wisselwerking met het doorlopen materiaal. Dit aantal neutronen blijkt evenredig te veranderen met de intensiteit van de minder energieke kosmische straling. Speciaal voor het onderzoek van de door de zon geproduceerde deeltjes is dit instrument van belang.

Om het optreden van variaties in de doordringende, primaire straling vast te stellen, zal als standaardinstrument een tellertelescoop gebruikt worden. Dit toestel zal alleen van die geladen deeltjes, welke door de primaire straling in de aardatmosfeer vrij gemaakt zijn, de aanwezigheid vermelden, wanneer zij in staat zijn een laag van 10 cm lood te doordringen. Het aantal van deze deeltjes, mesonen geheten, hängt zeer sterk samen met de intensiteit van de doordringender, primaire straling.

Naast deze standaardapparaten zullen ook nog een aantal waarnemingsstations uitgerust blijven met hun reeds lang bestaande ionisatiekamers, o.a. is dit in Amsterdam het geval.

In het algemeen programma is ruimte gelaten voor speciale onderzoeken op het gebied van de primaire straling, o.a. betreffende haar samenstelling, energiespectrum en anisotropie. In dit laatste geval wil men dan weten of er punten in het heelal zijn, waar de kosmische straling bij voorkeur vandaar komt. Tevens zal nagegaan worden of de gegevens, die men uit de kosmische stralingsmetingen kan afleiden, voor aardmagnetische grootheden overeenstemmen met de direct bepaalde waarden van deze grootheden.

De registratie-apparatuur voor de kosmische straling zal opgesteld zijn in 4 gebieden op aarde, reikend van pool tot pool, te weten:

1. Noord en Zuid-Amerika en het Zuidpoolgebied;
2. Europa, Afrika en het Zuidpoolgebied;

3. Rusland, India en het Zuidpoolgebied;

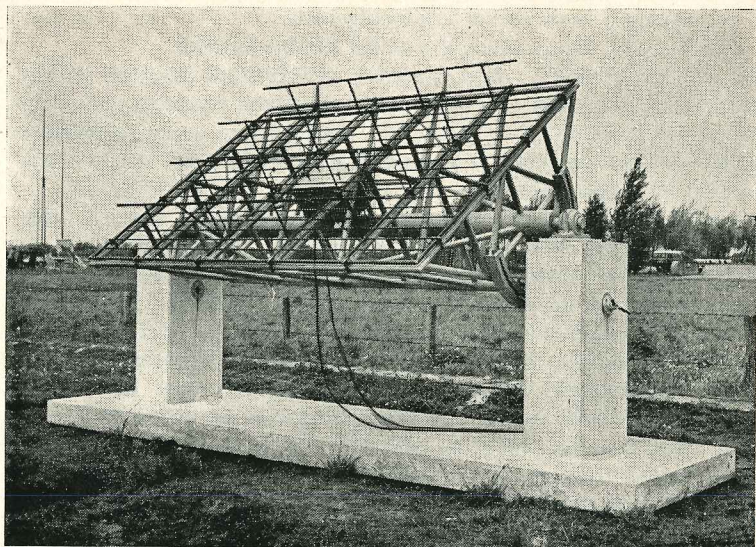
4. Rusland, Japan, Australië en het Zuidpoolgebied.

De stations gelegen in deze zônes op verschillende hoogten ten opzichte van zeeniveau, en daarnaast een aantal vluchten met vliegtuigen op middelbare hoogten en eventueel een aantal satellieten, zullen ons een geweldig materiaal opleveren voor het verdere kosmische stralingsonderzoek.

Voor Nederland zal een gedeelte van dit programma worden uitgevoerd door het Natuurkundig Laboratorium der Universiteit van Amsterdam in samenwerking met de afdeling Ionosfeer en Radio Astronomie van de Posterijen, Telegrafie en Telefonie. Met behulp van een in aanbouw zijnde neutronenmonitor van het standaardtype — een toestel, zoals ik reeds noemde —, zal voornamelijk aandacht geschonken worden aan veranderingen van de intensiteit der kosmische straling in samenhang met de activiteit van de zon. Voornamelijk, omdat de activiteit van de zon ook van invloed is op de ionosfeer en diens gevolge op de radioverbindingen, is de samenwerking met P.T.T. tot stand gekomen. De in de neutronenmonitor opgenomen 12 telbuizen, gevuld met boriumtrifluoride, waarin het borium bestaat uit het zeldzame isotoop borium 10, zijn in staat door middel van een kernactie de aanwezigheid en het aantal ongeladen neutronen vast te stellen. Het instrument zal geplaatst worden bij het radiostation N.E.R.A. te Nederhorst den Berg.

In Amsterdam zullen in het Natuurkundig Laboratorium de waarnemingen worden voortgezet met de reeds 20 jaar in gebruik zijnde apparatuur. Deze bestaat uit twee grote ionisatiekamers, ontworpen door professor Clay. Een van deze kamers is aan de bovenzijde afgeschermd met een pantser van ruim 1 meter ijzer, zodat hiermede een inzicht verkregen kan worden in het intensiteitsverloop van de doordringender straling. Daar de intensiteit bij deze vorm van registratie slechts per uur afgelezen kan worden, is het moeilijk hieruit gegevens te verkrijgen omtrent het verloop van kortstondige variaties. Om dit bezwaar te ondervangen wordt van een derde ionisatiekamer de ionisatiestroom, na versterking, onmiddellijk geregistreerd.

Met deze toestellen hopen wij een bijdrage te kunnen leveren bij het verzamelen van het waarnemingsmateriaal, dat ons, na bewerking in de volgende jaren, een beter inzicht moet verschaffen in de vraagstukken van de oorsprong der kosmische straling.



De antenne te Nederhorst Den Berg, waarmee interferometrisch de plaats bepaald wordt van de vlekken op de zon, die radio-ruis leveren.

7. Het Radio-verkeer in het Internationaal Geofysisch Jaar

door Ir. A. H. de Voogt

13 juni 1957

Het radio-verkeer wordt in hoge mate beïnvloed door de ionosfeer van de aarde, dat wil zeggen door die, zéér hoog gelegen, lagen van de dampkring die nog juist boven de stratosfeer liggen en die door een sterke ultra-violette - en zelfs ook door een Röntgenstraling van de zon, geïoniseerd zijn.

Onregelmatigheden in deze straling, die o.a. een gevolg kunnen zijn van uitbarstingen op de zon, de z.g. zonnevlammen, brengen de ionosfeer in de war en storen daardoor het radio-verkeer.

Tijdens het aanstaande Internationaal Geofysisch Jaar zullen al deze verschijnselen, op de zon zowel als in de aardse ionosfeer, met bijzondere zorg geobserveerd en bestudeerd worden.

In ons land zal dit o.a. het geval zijn op het ontvangstation van de P.T.T. te Nederhorst den Berg.

Het ioniseren — wat dit betekent zal ik later beschrijven — van de hoogste lagen van onze dampkring, kortom de aanwezigheid dus van de ionosfeer, heeft een merkwaardig praktisch gevolg. Het gevolg is namelijk, dat door mensenhand opgewekte radio-stralen, mits een geschikte golflengte wordt gekozen, *tussen* ionosfeer en aardoppervlak opgesloten blijven en heen en weer kaatsen en aldus gebruikt kunnen worden voor het overbrengen van berichten of van het gesproken woord, van de ene plaats op aarde naar de andere. Indien echter uitbarstingen op de zon plaats vinden en abnormale stralingen daarvan de aarde treffen, dan is het mogelijk dat de ionosfeer onregelmatig wordt, dat zich wolken gaan vormen, of ook dat zich sterk afschermende lagen gaan ontwikkelen, tengevolge waarvan een aantal golflengten, soms zelfs *veel* golflengten, niet meer bruikbaar zijn voor de radio.

Er ontstaan ionosferische *stormen* — zo luidt de vakterm — waarbij het radio-verkeer uren, soms dagenlang slecht verloopt, soms ook wel plotseling, gedurende een half uur of meer, geheel weg valt. Dit laatste verschijnsel noemt men een Dellinger-effect, naar de ontdekker ervan. Op het ontvangstation te Nederhorst den Berg worden deze effecten geregistreerd, hetgeen aldaar — zoals u zult be-

grijpen, vrij gemakkelijk kan geschieden daar het station immers juist dienst doet voor het ontvangen van sterkere of zwakkere radiotekens uit alle mogelijke richtingen. Men kan aldaar dus onmiddellijk constateren of er inzinkingen in de ontvangst optreden.

Maar met dit registreren en *aanvaarden* van de verschijnselen alleen komen we niet verder. We willen de oorzaken weten en we willen in staat zijn waarschuwingen en voorspellingen te geven welke van nut zijn voor het radio-verkeer en dus willen wij iets zien te bereiken, dat b.v. bij meteorologische voorspellingen, al vele jaren geleden, bereikt is.

Ik behoef u niet te zeggen dat een geschikte voorspelling op korte of langere termijn voor het radio-verkeer zeer belangrijk kan zijn.

Men heeft dan immers de mogelijkheid om een tijdige golflengte-wijziging of een tijdige omleiding van het verkeer over andere gedeelten van het aardoppervlak voor te bereiden. Dat de kosten van de registreer- en meetinstrumenten voor het onderzoek rijkelijk gedekt worden door het tijdig voorkomen van mogelijke schade aan het radio-verkeer, behoeft geen betoog.

We moeten dus in het algemeen meer te weten komen van de verschijnselen op de zon die de ionosfeer van de aarde tot stand brengen. De ultraviolette- en Röntgenstraling van de zon bereikt het aardoppervlak niet of bijna niet, omdat deze straling van uiterst hoge frequentie haar energie in de dampkring verliest, waar zuurstof- en stikstofmoleculen stuk geslagen worden en waar dus plaats heeft, wat men onder ionisatie verstaat.

De vrijgekomen elektronen maken de dampkring aldaar min of meer geleidend en tussen het geleidende aardoppervlak en de halfgeleidende ionosfeer kunnen dus de nodige stralen van het radio-verkeer heen en weer kaatsen. Het is dus de ultra-violette en Röntgenstraling van de zon die de ionosfeer om de aarde doet ontstaan en het radioverkeer op grote afstand op aarde mogelijk maakt.

Slechts 's zomers aan zee, of in het hooggebergte, merkt de mens, dat er nog wel een klein beetje over is van die onzichtbare ultraviolette straling, nl. door het min of meer verbranden van onze huid. Van de ultra-violette straling en Röntgenstraling van de zon leren we op of nabij de aardbodem eigenlijk niet veel. Hiervoor moeten we zéér hoog in de dampkring gaan, bij voorkeur zelfs tot 100 en meer km, dus daar waar de ionosfeer gelegen is. Deze waarnemingen dienen met behulp van raketten of kunstmanen te geschieden.

Waarnemingen op 100 en meer km hoogte met behulp van raketten en kunstmannen, op hoogten waar die krachtige ultraviolette- en

Röntgenstralingen van de zon nog betrekkelijk onverzwakt aankomen, zullen in het Internationaal Geofysisch Jaar onze kennis van dit spectrum-gedeelte van de zonnestraling verhogen.

Het is daarom dat het omhoog schieten van deze, veel instrumenten bevattende, raketten en kunstmanen een belangrijk programmapunt vormt van het Geofysisch Jaar. Ik kom hier straks nog even op terug. De uitbarstingen op de zon, waarbij sterke stralingsstoten ontstaan, hebben meest plaats nabij zonnevlekken en men ziet ze soms in de vorm van „zonnevlammen”, waarover u in deze voordrachtenreeks al meer gehoord hebt. De optische waarneming van de zon is daarom voor het radio-verkeer van veel waarde en tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar, als de zon op vele plaatsen op aarde intensief bekeken wordt, zullen beter dan voorheen conclusies getrokken kunnen worden.

Op Nederhorst den Berg worden in samenwerking met de Sterrenwacht te Utrecht geregeld optische zonne-waarnemingen verricht. Speciale telefoonlijnen verbinden beide stations. Hier voegen zich de laatste tijd ook radio-elektrische waarnemingen bij.

Bij de ontvangst maakt men gebruik van parabolische spiegels, speciaal geconstrueerd om de radio-elektrische straling op golflengten van 10 m tot enkele cm uit de wereldruimte op te vangen.

Evenals de Melkweg en de radio-sterren radio-stralen uitzenden, die als radio-ruis in onze ontvang-toestellen op de aarde geregistreerd kunnen worden, zo zendt ook de zon radio-stralen uit en deze dringen door de ionosfeer van de aarde heen, mits de golflengte niet groter is dan ongeveer 10 m. Zij kunnen dus op het aardoppervlak opgevangen worden.

Golflengten *groter* dan 10 m dringen moeilijk of niet door de ionosfeer heen en dit is immers de reden, zoals ik in het begin van mijn voordracht reeds zei, dat deze stralen opgesloten tussen aarde en ionosfeer voor het radio-verkeer gebruikt kunnen worden.

Het is nu gebleken, dat de bewuste uitbarstingen op de zon die de sterke Röntgenstralingsstoten leveren, nog al eens gepaard gaan met radio-elektrische uitbarstingen op deze zeer korte golven van 10 m en kleiner. Op Nederhorst-den-Berg wordt daarom dit radio-geruis en de uitbarstingen of plotselinge sterktevlagen daarin, geregistreerd op cm-, dm- en metergolven. Met bijzondere hulpmiddelen wordt de bron van deze straling op het *zonsoppervlak* zelfs *gelokaliseerd*, zodat men weet *welke* vlekkgroep, van de vele welke er in deze jaren van grote aantallen zonnevlekken aanwezig zijn, nu eigenlijk

de oorzaak zou kunnen zijn van de hinder die in het radio-verkeer optreedt.

Hiermede is men een belangrijke stap verder gekomen naar de oplossing van het vraagstuk van welk deel van het zonsoppervlak de storing-opwekkende straling afkomstig is.

Tot goed begrip bedenke men, dat bij de radio-elektrische waarneming van de zon het dus gaat om het waarnemen van een *begeleidings*verschijnsel van de onregelmatige Röntgenstraling van de zon. De radio-elektrische stralen van de zon, die een golflengte hebben welke vele malen groter is dan die van de lichtstralen van de zon en nog weer vele malen groter is dan die van de ultraviolette en Röntgenstraling van de zon, liggen in een ander gedeelte van het zonnenspectrum, waar geen ioniserende werking van uit gaat, en zij hebben niet de minste invloed op de ionosfeer van de aarde en hebben dus met het ioniseren van de dampkring zelf niets te maken. Wij gebruiken de radio-elektrische straling van de zon slechts om te zien of er bijzondere activiteit op de zon is of te verwachten is.

Terloops moge hier nog opgemerkt worden, dat de radio-elektrische waarneming van de zon natuurlijk het grote voordeel heeft, dat ze tijdens bewolking onverminderd door kan gaan en dus niet afhangt van de luttele uren in een jaar, dat we hier in ons land de zon zien.

Nog andere begeleidingsverschijnselen worden in Nederhorst-den-Berg geregistreerd. Zo worden metingen uitgevoerd van de aardstromen, die ongeveer parallel lopen met de aardmagnetische verschijnselen, en ook metingen van kosmische straling, deze laatste gezamenlijk met het Physisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam.

Wat het eerste betreft, de aardstroommetingen, ook wel tellurische stroommetingen genaamd, zij zijn een fijne maatstaf voor de veranderingen in het aardmagnetische veld, dat op zijn beurt door storingen en stromingen in de ionosfeer beïnvloed wordt. De aardstroommetingen, welke door de P.T.T., behalve in Nederland in de Noord-Oostpolder ook in Paramaribo en Hollandia worden uitgevoerd, zijn van praktisch nut gebleken voor het radio-verkeer, doordat zij aanduidingen geven over de momentele toestand van de ionosfeer. De aardstroommetingen te Paramaribo, die al bijna een jaar aan de gang zijn, hebben bewezen dat stations nabij de equator zeer gevoelig zijn voor deze soort verschijnselen. Wij hopen, dat deze metingen tezamen met die in Hollandia en in onze Noord-Oostpolder een gevoe-

lige thermometer zullen zijn voor bepaalde zonne-eruptions tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar.

Wat de tweede soort metingen betreft, de waarneming van de kosmische stralen, deze kan een aanduiding geven van een uitbarsting op de zon op tijden dat het bij ons nacht is en de zon de andere helft van de aarde beschijnt. Op de aard van deze stralen zal ik hier niet nader ingaan. Het feit, dat stoten in deze straling tijdens een uitbarsting op de zon niet uitsluitend de daghelft van de aarde maar ook de nachthelft kunnen bereiken, geeft een mogelijkheid tot op zekere hoogte ook 's nachts zonne-uitbarstingen waar te nemen.

Op speciale dagen van het Geofysisch Jaar worden extra veel metingen gedaan over de gehele aarde en zal men in Amerika en mogelijk ook elders de reeds genoemde raketten oplaten, die tot in de ionosfeer doordringen.

Om dit zoveel mogelijk tijdens interessante situaties op de zon te doen, is een waarschuwingssysteem over de gehele wereld op touw gezet. Voor het waarschuwingssysteem wordt gebruik gemaakt van de Ursigramdienst, een telegramdienst welke haar ontstaan te danken heeft aan de Franse Generaal en radio-pionier Ferrié. URSI, de eerste helft van het woord Ursigram, is afkomstig van de eerste letters van de woorden: Union Radio Scientifique Internationale. Deze ursigrammen worden samengesteld en gaan uit van drie wereldcentra: Washington, Tokyo en een drievoudige Europese combinatie: Parijs—Darmstadt—Nederhorst-den-Berg. Zij bevatten in codevorm de allerlaatste gegevens van diverse plaatsen op aarde van optische en radio-elektrische waarnemingen van de zon, van de ionosfeer-peilstations, van inzinkingen in het radio-verkeer, van magnetische en tellurische storingen en kosmische stralen. Uit de aard der zaak heeft Nederhorst-den-Berg voor het uitvoeren van de Ursigramdienst zijn P.T.T. radioverbindingen met Washington en Tokyo en telex-verbindingen met Parijs en Darmstadt, en, voor speciale waarnemingen, ook met de Sterrenwacht Arcetri in Florence en de P.T.T. te Stockholm.

Stockholm zal het centrum zijn voor Europese poollichtwaarnemingen in het Internationaal Geofysisch Jaar.

Nederhorst-den-Berg staat dus, als geofysisch station beschouwd, er niet slecht voor en hier voegt zich in de naaste toekomst nog een ander gunstig feit bij, dat zeer zeker van belang is.

In Paramaribo en Hollandia is de P.T.T. bezig waarnemingsinstallaties op te richten op verkleinde schaal gelijk aan die hier in Nederland en aangezien er een direct radio-verkeer van deze plaat-

sen met Nederland bestaat, zal in het Internationaal Geofysisch Jaar deze gunstige combinatie wel een belangrijk voordeel blijken te zijn. Immers, Paramaribo scheelt 55 westelijke lengtegraden en Hollandia 140 oostelijke lengtegraden met Nederland. Dat zijn totaal 195 graden en men kan dus zeggen, dat we in Nederhorst-den-Berg 24 uur rond de klok zullen weten, wat er op de zon gebeurt. Er wordt met alle kracht aan gewerkt de installaties voor Paramaribo en Hollandia gereed te krijgen. In deze plaatsen worden ook magnetische instrumenten opgesteld, door het K.N.M.I. verschaft.

Voor Paramaribo kon dit geschieden, zoals u reeds gehoord hebt in andere voordrachten in deze reeks, dank zij een gift van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek voor Suriname en de Nederlandse Antillen. Of de installaties te Nederhorst den Berg en op de zusterstations te Paramaribo en Hollandia na het Internationaal Geofysisch Jaar zullen blijven voortbestaan is onzeker. Zonder twijfel zullen vele meetinrichtingen voor het praktisch radio-bedrijf van dusdanig nut blijken te zijn, dat het verstandig zal zijn deze in stand te houden.

Tenslotte nog dit. De wetenschappelijke uitwerking van de overstelpende hoeveelheid observaties en metingen van het Geofysisch Jaar is een probleem op zich zelf. Er zullen elektronische rekenmachines aan te pas moeten komen. Met dezelfde moeilijkheid heeft elk modern wetenschappelijk technisch onderzoek te kampen. Zodra het uitwerken van een tijdvak van registraties langer duurt dan dit tijdvak zelf, wordt de zaak bedenkelijk; men komt steeds verder achterop en het enige middel is automatische systemen in te voeren waar de resultaten van één of van een combinatie van waarnemingsapparaten direct voor het gebruik geschikt uit te voorschijn komen. In deze richting zal men vooral ook in het Internationaal Geofysisch Jaar dienen te werken.

Op 1 juli begint het I.G.J. en 1 juni jl. is eigenlijk al een proefbegin gemaakt. U zoudt dus terecht kunnen vragen: hoe loopt het nu met de berichtgeving, het ursigrammen-verkeer en de waarschuwingen. Welnu, het antwoord zou kunnen luiden: dat gaat wel. Wat de buitenlandse stations betreft: de berichten uit Tokyo komen door verbetering in de interne verbindingen aldaar wel met minder vertraging dan vroeger binnen; bovendien schijnen de verbindingen in het Stille Zuidzeegebied o.a. van Anchorage in Alaska en van Sydney verbeterd te zijn; voorts verschijnt zo nu en dan Moskou met enige berichten in het ursigrammenverkeer.

Wat ons land betreft, in Nederhorst-den-Berg zijn sommige speciali-

teiten die op het station in constructie zijn, zoals de vergrote basisafstand voor de interferometrie en de kosmische stralen-ontvanger, nog niet gereed, maar daar hebben wij ook niet op gerekend.

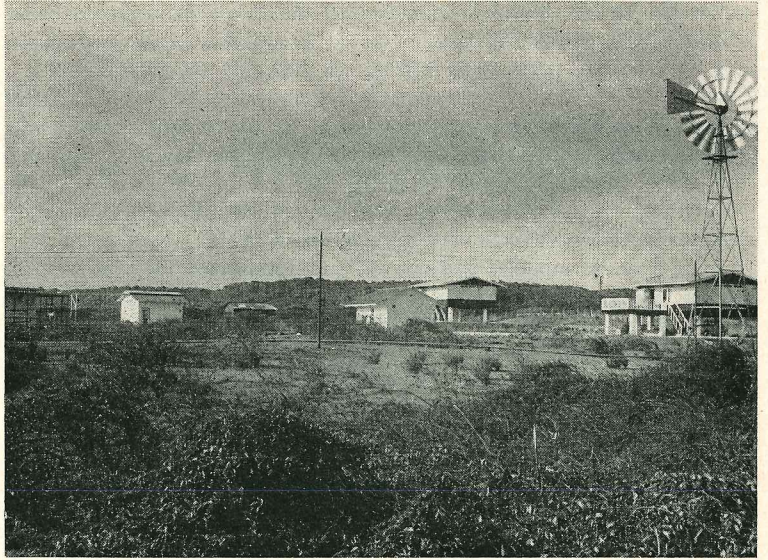
Ook in andere landen zal wel véél pas na 1 juli in volledig bedrijf komen. Paramaribo verschaft ons reeds, zo nu en dan, waardevolle gegevens vooral in de late middag en avond. Hollandia is nog niet voldoende op gang, de moeilijkheden voor het installeren aldaar zijn veel groter dan in Paramaribo. Dat hadden we wel verwacht, maar desondanks is de ontstane vertraging te betreuren.

Verder is er de moeilijkheid van de personeelsbezetting. De stations dienen minstens van zonsop- tot zonsondergang bezet te zijn, óók 's zaterdags, zondags en op feestdagen. De zon trekt zich namelijk van week-ends e.d. niets aan en heeft de hebbelijkheid dikwijls juist op deze tijden sterke uitbarstingen te vertonen. Bovendien duurt de wereld-week-end, door de tijdsverschuiving rond de aarde, niet $1\frac{1}{2}$ dag maar $2\frac{1}{2}$ dag.

Wat de waarschuwingen, dus de voorspellingen betreft, zo kunnen we wel vaststellen, dat deze in kwaliteit nog in het geheel niet te vergelijken zijn met de voorspellingen van bijv. de weerdienst; er komen veel zonnevlammen voor, die geen enkel merkbaar effect op het radio-verkeer hebben, en er zijn magnetische en ionosferische storingen en storingen van het radio-verkeer, die niet, òf op ogenschijnlijk onbelangrijke zonneverschijnselen zijn terug te brengen. Dit alles bewijst dat er, nuchter beschouwd, nog niet zo heel veel bekend is van de verschijnselen en *dus*, dat het I.G.J. wel zeer nodig is om onze kennis op wat degelijker basis te stellen.

Toch zijn er al reeds enkele kleinere praktische resultaten geboekt, maar hierover kan misschien beter in de loop van het I.G.J. nog eens wat meer gezegd worden.

Ik wil eindigen met de wens uit te spreken, dat de radio véél baat moge ondervinden van de wereldomvattende onderzoekingen tijdens het aanstaande Internationaal Geofysisch Jaar.



Het „Astro-station De Muizenberg” op Curaçao, waar uiterst nauwkeurige tijd- en plaatsbepalingen worden verricht.

8. Aarde, Maan en Sterren

door prof. R. Roelofs

20 juni 1957

Het Internationaal Geofysisch Jaar, dat een van de grootste wetenschappelijke ondernemingen in de geschiedenis van de mensheid belooft te worden, zal 1 juli aanstaande een aanvang nemen. Gedurende anderhalf jaar zal dan het onderzoek van onze aarde worden geïntensiveerd: honderden stations over de gehele aarde verdeeld zullen in internationaal verband waarnemingen van zeer gevarieerde aard verrichten; waarnemingen op het gebied van de meteorologie, het aardmagnetisme, poollicht, kosmische stralen, activiteit van de zon, ionosfeer, glaciologie, klimatologie, oceanografie, zwaartekracht. Afzonderlijk noem ik het onderzoek, waarover ik u iets meer wil vertellen: geodetisch-astronomische tijd- en plaatsbepaling. Hieraan doen ongeveer veertig stations mee en daarvan is er één een Nederlands station, dat op Curaçao wordt gevestigd.

Waarom op Curaçao en niet in Nederland? Wel, omdat in Europa al verscheidene stations van andere landen geprojecteerd waren, terwijl juist tussen de noordelijke en zuidelijke helft van het Amerikaanse continent een groot hiaat was. Curaçao zal dit hiaat opvullen en aldus een belangrijke positie innemen ten opzichte van de dichtstbijzijnde stations, Washington en San Diego in het noorden en Rio de Janeiro en Buenos Aires in het zuiden. Daarbij komt nog, dat van alle astronomische stations Curaçao het enige is, dat in equatoriaal gebied ligt. Het woord sleutelpositie is in dit verband dus bepaald niet overdreven.

Het feit, dat Curaçao een deel van ons rijk is, met alle ideële en praktische voordelen daarvan, speelde bij de keuze van het station natuurlijk ook een grote rol.

Wat gaan we nu doen op Curaçao?

Anderhalf jaar lang zullen door ster- en maanwaarnemingen — zo vaak dat mogelijk is — de plaatselijke tijd en de geografische lengte en breedte bepaald worden. Daarbij gaat het vooral om de veranderingen in die grootheden.

Zo zal men uit de variaties in de plaatselijke tijd de onregelmatigheden in de draaiing van de aarde kunnen afleiden. Inderdaad is be-

kend, dat de aarde niet strikt regelmatig draait en dus niet het volmaakte uurwerk is, dat men vroeger dacht, dat ze was.

Reeds in de achttiende eeuw begon men te twijfelen aan de constantheid van de draaiingssnelheid van de aarde, doordat men opmerkte, dat in de loop van de jaren de posities van de maan en de planeten Mercurius en Venus niet in overeenstemming bleven met de theorie van Newton over de aantrekkingskracht. De afwijkingen bleken verklaard te kunnen worden door o.a. aan te nemen, dat de aardrotatie een constante vertraging van 0,6 tijdseconde per jaar ondergaat. Dit lijkt niet veel, maar het betekent toch, dat, vergeleken bij een constante snelheid, de aarde sedert het begin van onze jaartelling een achterstand van niet minder dan drie uur en elf minuten heeft gekregen.

Verder vertoont de aardrotatie fluctuaties, die in het tijdvak tussen 1830 en nu tussen $-1,8$ en $+0,7$ tijdseconde per jaar lagen. Daardoor was de aarde aan het einde van de achttiende eeuw een halve minuut achter, terwijl we momenteel een voorsprong hebben van 36 seconden. In de tweede helft van de vorige eeuw kon worden aangetoond, dat de *vertraging* kan worden toegeschreven aan de wrijving die optreedt bij de voortdurende verplaatsing van watermassa's over het aardoppervlak in verband met de getijden. Een onderzoek door de beroemde Nederlandse astronoom De Sitter naar de aard van de *fluctuaties*, leidde hem tot de conclusie, dat ze hoogstwaarschijnlijk samenhangen met massa-verplaatsingen in het inwendige van de aarde, een gevolgtrekking, die steun vindt in een later opgemerkt duidelijk verband met aardmagnetische verschijnselen. Intussen zijn het niet deze veranderingen in de aardrotatie, die in een betrekkelijk kort tijdvak als het Internationaal Geofysisch Jaar zouden kunnen worden geconstateerd. Wat men wel zal onderzoeken zijn de variaties met *korte* perioden van een heel en een half jaar, variaties die de aarde een achterstand van ruim 0,07 tijdseconde geven in juni en een voorsprong van ruim 0,06 tijdseconde in november.

Men kan het nog ietwat anders uitdrukken: een punt op aarde in de buurt van de evenaar is in juni ongeveer 30 meter achter en in november 25 meter voor op zijn gemiddelde gang. De ontdekking van deze kort-periodieke variaties, in 1937 door de Franse astronoom Stoyko, wachtte op de uitvinding van de kwartskristalklok, een uurwerk, dat regelmatiger loopt dan de aarde draait; de afwijking van een goede kwartsklok is niet meer dan enkele duizendste delen van een seconde per etmaal. Variaties in de gang van een kwarts-

klok, bepaald door middel van sterwaarnemingen, kunnen dus grotendeels worden toegeschreven aan onregelmatigheden in de wenteling van de sterrenhemel — die feitelijk niets anders zijn dan een afspiegeling van onregelmatigheden in de draaiing der aarde.

De tegenwoordige situatie is dus juist het omgekeerde van de vroegere. Vóór de kwartsklok was uitgevonden vergeleken we onze uurwerken met de aarde, die verondersteld werd regelmatig te draaien, tegenwoordig controleren we de aarde met behulp van onze kwartsklokken.

Door analyse van de resultaten van alle stations hoopt men te komen tot een nauwkeuriger bepaling van deze snelle variaties in de aardrotatie, die men toeschrijft aan seizoenveranderingen in de verdeling van water- en luchtmassa's, het periodiek aangroeien en afsmelten van de ijskappen aan de polen, in de bedekking door sneeuw en vegetatie als gevolg van de wisseling van de jaargetijden, enz.

Uit dit alles begrijpt u, dat tijdmeting een niet eenvoudige zaak is. Er is dan ook een permanente Internationale Tijddienst, waarin een beperkt aantal sterrenwachten in verschillende delen van de aarde samenwerken om „te zeggen hoe laat het is”, of iets duidelijker uitgedrukt: om zo nauwkeurig mogelijk de momenten vast te stellen, waarop de z.g. precisie-tijdseinen worden uitgezonden. Ons station op Curaçao zal gedurende het Internationaal Geofysisch Jaar deel uitmaken van deze Internationale Tijddienst en zoveel mogelijk tijdseinen opvangen en vergelijken met de eigen tijd, bepaald uit sterwaarnemingen.

De variaties in de geografische breedte, tenslotte, zijn een afspiegeling van een schommeling van het aardlichaam met betrekking tot de draaiingsas. Deze zeer gecompliceerde schommeling, waardoor de Noordpool en de Zuidpool voortdurend een weinig van plaats veranderen, vertoont, behalve duidelijk periodieke gedeelten, ook onregelmatigheden.

De voornaamste periode is 433 dagen; zij is een gevolg van het feit, dat het aardlichaam niet volkomen star, doch enigszins plastisch is. Andere perioden van een jaar of onderdelen dan wel veelvouden daarvan hangen samen met de seizoenswisselingen. Omdat men het verschijnsel nog niet voldoende heeft verklaard om het te kunnen voorspellen, is in 1895, omstreeks de tijd dat de breedtevariatiën praktisch konden worden aangetoond, een Internationale Breedtedienst gesticht, waaraan een aantal sterrenwachten meewerken door zo vaak dat mogelijk is hun geografische breedte te bepalen. De variaties zijn weliswaar klein — de maximale verplaatsing van

de polen is slechts 20 meter — maar voor nauwkeurig geodetisch of astronomisch werk niet verwaarloosbaar. Door tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar het aantal der stations, die voortdurend breedtebepalingen verrichten, te vergroten, hoopt men beter inzicht in het verschijnsel te krijgen.

Op Curaçao gaan we aan al deze problemen meewerken; twee geodetische ingenieurs van de Technische Hogeschool in Delft, ir Rolff en ir. Scheepmaker, zijn ongeveer anderhalf jaar geleden met de voorbereidingen begonnen en bevinden zich nu reeds sedert enige weken op Curaçao. De heer Rolff is daar trouwens al eerder geweest, namelijk in december 1955, om de zaak voor te bereiden en in het bijzonder om te onderzoeken of er op het eiland geen hinderlijke bodemtrillingen zouden zijn. Van verschillende zijden waren we namelijk gewaarschuwd, dat de voortdurende branding op de kust wel eens trillingen zou kunnen veroorzaken, die onze zeer gevoelige instrumenten zouden storen. Gelukkig bleek, dat hiervoor niet behoefte te worden gevreesd.

Het station op Curaçao, naar de plaats van vestiging „Astro-station De Muizenberg” gedoopt, ligt tamelijk geïsoleerd en zal bestaan uit twee woonhuizen voor de waarnemers en hun gezinnen en een viertal gebouwen, waarin de instrumenten worden opgesteld. De woningen zijn pre-fabricated uit Suriname aangevoerd en twee instrumentengebouwen uit Holland, terwijl de andere twee op Curaçao worden gebouwd. Het hart van het station is wat we noemen de centrale post, d.i. het gebouw met alle instrumenten voor het meten of registreren van de tijd: drie kostbare kwartskristalklokken, twee toestellen voor het registreren van de waarnemingsmomenten, drie radio-ontvangers voor het opvangen van tijdseinen en een z.g. tijdsein-oscillograaf, die we in Delft hebben ontwikkeld en waarmee zowel tijdseinen als klokseconden zichtbaar gemaakt en aldus met elkaar vergeleken kunnen worden.

In een van de andere gebouwen is een kijker geplaatst, die ons door de Leidse Sterrenwacht ter beschikking is gesteld. Hiermee worden met grote nauwkeurigheid de momenten waargenomen, waarop een aantal sterren achtereenvolgens door de meridiaan gaan. Langs elektronische weg worden deze waarnemingen doorgegeven naar de centrale post, waar één van de chronografen ze automatisch registreert. Uit deze waarnemingen kan de plaatselijke tijd worden bepaald.

Een zeer modern instrument, dat als nummer drie van de eerste serie pas enkele maanden geleden de fabriek heeft verlaten, is een zelf-

registrerend astrolabium. Het is ontworpen door de directeur van het Observatoire de Paris en dient voor het waarnemen van de momenten, waarop een serie sterren achtereenvolgens een bepaalde hoogte bereiken.

Ook deze waarnemingen worden, omgezet in elektrische impulsen, automatisch naar de centrale post geseind en daar geregistreerd. Men kan hieruit zowel de plaatselijke tijd als de geografische breedte berekenen.

Een bijzonder interessant instrument is de maancamera, enkele jaren geleden ontworpen door de Amerikaanse astronoom Markowitz en opgesteld in het laatste van de vier instrumentengebouwen. Met deze maancamera, gemonteerd aan een kijker van ruim vier meter lengte, zullen foto's worden gemaakt van de maan tegen een achtergrond van omringende sterren.

De foto toont dus in welk punt van de hemel de maan op het moment van de opname werd gezien vanuit het waarnemingspunt. Op een twintigtal over de aarde verspreide stations, waaronder Curaçao, zullen in de loop van het Internationaal Geofysisch Jaar een groot aantal foto's van de maan worden gemaakt. Hieruit kan men vele dingen afleiden.

In de eerste plaats — en nauwkeuriger dan ooit tevoren — de grootte en de vorm van onze aarde. Verder de onderlinge ligging van de continenten. Ook de onregelmatigheden in de aardrotatie, waarover ik reeds sprak, en tenslotte verbeterde gegevens omtrent de vorm van de baan, die de maan om de aarde volgt.

Voor alle twintig stations worden de camera's in bruikleen verstrekt door het Naval Observatory in Washington. Voor Curaçao wordt daar op ons verzoek bovendien de benodigde kijker gebouwd, tegelijk met die voor San Diego en Hawaii.

Vele instanties steunen onze onderneming. De kern van deze steun is een grote subsidie van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, voor aanschaffing van enkele der bovengenoemde instrumenten, inrichting van het station, verblijfkosten van twee gezinnen gedurende bijna twee jaar op Curaçao, enz. Behalve de twee geodetische ingenieurs stelt de Technische Hogeschool te Delft een groot deel van het benodigde instrumentarium beschikbaar. Het Laboratorium voor Technische Fysica geeft voortreffelijke medewerking bij het construeren van nieuw ontworpen instrumenten of onderdelen en het Laboratorium voor Vliegtuigbouwkunde heeft in de windtunnel proeven gedaan om de beste vorm van de instrumentengebouwtjes te bepalen.

De Bataafse Petroleum Maatschappij, de B.P.M., verleent steun door via haar dochterinstelling op Curaçao, de C.P.I.M., gratis het terrein voor het station en arbeidskrachten voor de opbouw beschikbaar te stellen, elektrische stroom en water te leveren, enz.

De K.N.S.M. heeft alle instrumenten en andere benodigdheden, in totaal bijna 50 kisten, gratis naar Curaçao vervoerd. Het inpakken, een zeer belangrijke aangelegenheid, werd verzorgd door het proefstation voor verpakking van T.N.O., tezamen met Philips. Philips stelde ook enkele radio- en andere toestellen beschikbaar en Royal Typewriters schonk een schrijfmachine voor het maken van de onvermijdelijke rapporten. De K.L.M. en de P.T.T. op Curaçao hebben hun steun, in de vorm van „elektronische adviezen”, toegezegd. Veel medewerking wordt ook ondervonden van de autoriteiten op Curaçao en enige enthousiaste particulieren. Kortom u merkt, dat tal van Nederlandse instanties ons steunen om deze bijdrage van Nederland aan het Geofysisch Jaar te doen slagen.

De opbouw van het station is begin maart reeds begonnen en maakt goede vorderingen. We hopen tijdig gereed te zijn om nog enige proefmetingen te doen, voordat we definitief van wal steken op 1 juli 1957: de aanvang van die grote en grootse wetenschappelijke aanval op onze aarde: het Internationaal Geofysisch Jaar.

9. Kunstmatige satellieten

door prof. dr. J. H. Oort

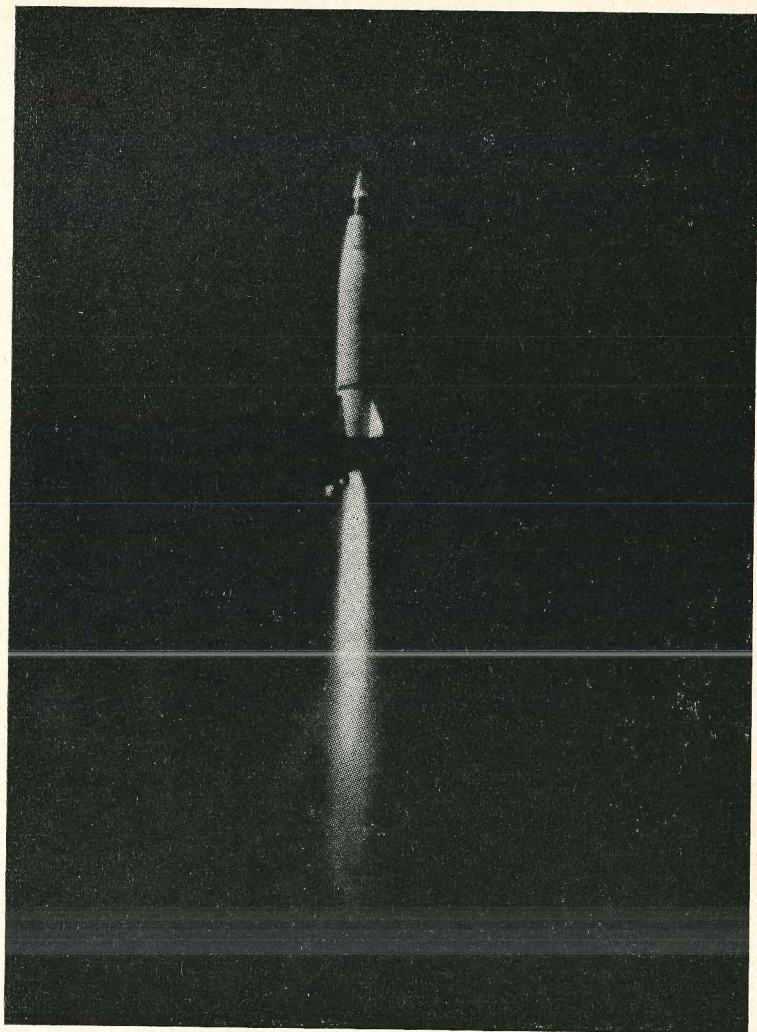
25 juni 1957

Gedurende het Internationaal Geofysisch Jaar zullen een aantal „kunstmatige” satellieten opgelaten worden. De mededelingen, die hierover in de pers verschenen zijn, zullen althans bij de ouderen onder ons herinneringen oproepen hebben aan het spannende relaas van Jules Verne over een reis naar de Maan.

Zou dit nu inderdaad tot de mogelijkheden gaan behoren? Zo ver is het zeker nog niet. De satellietjes, die in het jaar 1957/58 opgelaten zullen worden, zijn nog maar nietige kogeltjes, die slechts 10 kg zullen wegen. Zij zijn dus nog ver verwijderd van een ruimteschip waar mensen in kunnen leven. Bovendien zullen deze satellieten de aantrekkingskracht van de Aarde nog lang niet geheel overwinnen. Deze houdt hen nog vast in banen die vlak om de Aarde lopen. Toch zijn de kunstmatige satellieten met recht te beschouwen als een belangrijke trede van de ladder, die ons ten slotte naar de Maan en ver daarvoorbij naar andere werelden van dezelfde grootte als onze Aarde zal voeren. Er is dus alle reden om met eenzelfde spanning naar *deze* proefvluchten uit te kijken, als wij een halve eeuw geleden uitkeken naar de kortstondige opstijgingen van een Wijnmalen, en later naar de stoutmoedige pogingen om over de Andes te vliegen en de Atlantische Oceaan per vliegtuig over te steken.

Het plan voor de kunstmatige satellieten wordt in Amerika Project Vanguard genoemd. Het woord is een verbastering van het Franse woord „avant-garde” en betekent „voorhoede”. Het project Vanguard is inderdaad te beschouwen als een voorbode van nog veel fantastischer ondernemingen. Alleen al daarom benijd ik u jonge luisteraars, die een kans maken om te beleven dat er ontdekkingsreizigers naar Mars zullen gaan en bij hun terugkeer zullen kunnen vertellen of daar levende organismen voorkomen en zo ja, of dit leven zich in dezelfde richtingen ontwikkeld heeft als op de Aarde.

Op het ogenblik zijn we, zoals gezegd, nog ver van de verwezenlijking van dergelijke reizen in de ruimte verwijderd. Het is dan ook niet in de eerste plaats met het oog op die verre toekomst, dat de huidige proeven ondernomen worden, maar meer om het directe



Hemelbestormend streven de raketten omhoog. Honderden kilometers boven de aarde worden van deze uit, op hun beurt, de kunstmatige satellieten afgevuurd.

(Uit Bates: Space Research and Exploration) Official U.S. Navy photograph

wetenschappelijke en praktische belang van de onbemande satellieten. Wat zijn kunstmatige satellieten?

In het centrum van ons Zonnestelsel staat een enorme gloeiende gasmassa, de Zon. *Bijna* alle massa van het zonne-stelsel bevindt zich in dit centrale lichaam. Op verschillende afstanden cirkelen daaromheen de planeten, waarvan de best bekende de namen Venus, Aarde, Mars, Jupiter en Saturnus dragen. Dit zijn enorme bolvormige lichamen, die allen, evenals de Aarde, op zichzelf koud en donker zijn, maar door de zonnestraling verwarmd en verlicht worden. Zij zijn heel groot, maar hun gezamenlijke massa is slechts iets meer dan 1/1000ste van die van de Zon. Rondom de meeste dezer planeten cirkelen weer kleinere lichamen. Deze laatste noemt men satellieten. De Aarde heeft slechts één enkele satelliet, de Maan; Jupiter heeft er niet minder dan twaalf.

De Maan heeft een middellijn van 3500 km. De eerste kunstmatige satellieten zullen 50 cm groot zijn. Wat dat betreft is er dus al heel weinig gelijkens en dekt de vlag de lading niet. Maar in één opzicht lijken de twee objecten wél op elkaar, nl. dat ze beide vrij om de Aarde bewegen. Weliswaar gebeurt dit weer op heel verschillende schaal: De Maan beweegt vór buiten de Aarde, op een afstand van 400 000 km; in vergelijking hiermee blijft de kunstmatige satelliet vlakbij. Hij zal zich slechts tussen ongeveer 300 en 1300 km boven het aardoppervlak verheffen. Tengevolge van de grotere aantrekkingskracht zo dicht bij de Aarde zal hij ook veel sneller rondlopen en een omloop volbrengen in ongeveer 100 minuten, terwijl de Maan er ruim 27 dagen over doet. Maar er zijn ook échte satellieten die vrij dicht bij hun planeet staan: Mars heeft een satelliet die op slechts 6000 km boven zijn oppervlakte rondloopt, in een periode van 7 uur en 40 minuten, zodat de naam satelliet voor ons projectiel toch niet helemaal uit de lucht gegrepen is.

Kan onze kunstmatige satelliet zich in afmetingen of afstand niet meten met echte satellieten, in andere opzichten zal hij ver hun meerdere zijn. Door het menselijke brein ontworpen en door mensenhanden gemaakt, zal hij nl. voorzien worden van verfijnde apparaten waardoor hij antwoord zal kunnen geven op allerlei vragen, waarop men tot nu toe geen antwoord heeft kunnen krijgen en waarover de aldoor zwijgende *echte* satellieten geen inlichtingen verschaffen. De kunstmatige satellieten zullen tegelijk observatorium, laboratorium en radiozendstation zijn. Alles uiteraard in miniatuurvorm, maar ontzaglijk kunstig uitgevoerd.

Als waarneempost heeft onze satelliet voornamelijk drie grote

voordelen boven de observatoria op het aardoppervlak. Ten eerste dat hij boven de aard-atmosfeer gestegen is. Daardoor kan hij veel meer observeren dan wij arme waarnemers op de bodem van de luchtzee. De atmosfeer laat *lichtstraling* goed genoeg door, zodat wij het *licht* van zon en sterren bijna ongehinderd in onze Sterrenwachten kunnen waarnemen. Maar het licht vormt slechts een klein onderdeel van alle straling die uit de Zon en de sterren komt. Het overgrote deel van deze straling wordt in de atmosfeer geabsorbeerd, zodat zij voor deze straling volkomen ondoorzichtig is. De boven de atmosfeer rondcirkelende satelliet zal echter het gehele stralengamma, dat door de zon uitgezonden wordt, kunnen overzien, tot het verre ultraviolet en zelfs tot het gebied der Röntgenstralen. Deze stralingen van uiterst korte golflengten zijn natuurlijk van belang voor de sterrekundigen. Zij zijn echter óók van groot *technisch* belang, want het is *deze* straling die maakt dat de bovenste lagen der atmosfeer elektrisch geleidend worden en zodoende de radiosignalen van onze zendstations kunnen terugkaatsen. Het wereldradioverkeer is geheel afhankelijk van deze geleidende lagen. Het wordt dan ook ernstig gestoord wanneer veranderingen in deze lagen optreden als gevolg van uitbarstingen op de zon. Een betere kennis van het karakter dezer zonne-uitbarstingen kan wellicht helpen om middelen te vinden om storingen in het radioverkeer te beperken of althans om te voorspellen wanneer storingen te verwachten zijn. De waarnemingen door onze satelliet zullen belangrijk kunnen bijdragen tot ons inzicht in deze vragen.

Behalve straling houdt de atmosfeer ook nog andere dingen tegen. In de eerste plaats de bijna met lichtsnelheid bewegende atoomkernen die overal in het heelal rondzweven en voortdurend op de bovenste lagen der aardatmosfeer neerregenen. Deze deeltjes, die met de enigszins verwarrende naam „kosmische stralen” aangeduid worden, hebben enorme energieën. Zij zijn belangrijk door de kernprocessen en de verbrijzeling van atoomkernen die zij kunnen veroorzaken. Veel van onze kennis van de structuur der atoomkernen is te danken geweest aan het onderzoek dezer kosmische stralen. De mogelijkheid om deze deeltjes te bestuderen vóór zij door de aardatmosfeer beïnvloed en afgeremd zijn, is van heel groot wetenschappelijk zowel als praktisch belang.

Daarnaast zal de satelliet ook de kleine meteorodeeltjes kunnen bestuderen die in het zonnestelsel rondvliegen en die slechts zelden tot op het aardoppervlak doordringen. Wanneer deze kleine steentjes nl. met enorme snelheid in de atmosfeer duiken, worden zij witgloeiend

door de wrijving met de lucht. Wij zien ze 's nachts als vallende sterren langs de hemel schieten, maar weten nog maar bitter weinig van hen af.

Het tweede voordeel van de kleine aardsatelliet is, dat zij onderzoekingen zal kunnen doen over de aard en samenstelling van de allerhoogste lagen van onze dampkring. Die dampkring, of atmosfeer, bevindt zich bijna geheel binnen enkele tientallen kilometers van het aardoppervlak; zij heeft echter geen grens. Steeds ijler wordend strekt zij zich zelfs tot honderden kilometers hoogte uit. Op de hoogten van enkele honderden kilometers, waarop de satelliet rond zal bewegen, moet zij uiterst ijl zijn. De dichtheid van de lucht is daar ongeveer duizend biljoen maal kleiner dan bij het aardoppervlak. Maar er is nog steeds *iets*, en door dat iets zal onze satelliet geleidelijk in zijn beweging geremd worden en ten slotte naar beneden vallen. Hoe lang dat duren zal is niet precies te voorspellen. Het zal afhangen van de nauwkeurigheid waarmee men de satelliet in de gewenste baan zal kunnen brengen. Men hoopt dat de meeste kunstmatige satellieten tenminste enige dagen zullen leven vóór hun val, in het gunstigste geval misschien zelfs wel enkele weken.

Tenslotte biedt de kunstmatige satelliet het voordeel dat hij ontzaglijk grote gebieden van het aardoppervlak kan overzien. Naast belangrijke gegevens over de nauwkeurige vorm van de aarde en over het aardmagnetisme, zal hij de gemiddelde bewolking over verschillende delen van de aarde kunnen registreren. Op den duur zal in dit laatste wellicht de grootste praktische betekenis van de satellieten gelegen zijn. Zij kunnen uitermate waardevolle gegevens voor de meteorologie en voor de voorspelling van het weer verzamelen en deze toezenden aan de meteorologische instituten op aarde.

De waarnemingen die ik opgesomd heb zullen wellicht niet direct door de eerste satelliet verricht kunnen worden, maar zij staan alle op het program van de satellieten in het komende jaar.

Het is duidelijk, dat, als de gehele satelliet niet meer dan 10 kg mag wegen en hij alvast een behoorlijke radiozender moet dragen om de waarnemingen die hij verricht naar de Aarde te zenden, de overige instrumenten die hij meedraagt niet heel omvangrijk kunnen zijn. Maar er zullen gedurende het Geofysisch Jaar tenminste zes van deze satellieten gelanceerd worden en verschillende satellieten zullen verschillend instrumentarium kunnen meevoeren.

Het zal u misschien interesseren iets te vernemen over de wijze hoe de kunstmatige satelliet in zijn baan om de aarde gebracht zal worden. Het beginsel is hetzelfde als bij de voortstuwing van z.g. raket-

ten of vuurpijlen. Wij herinneren ons levendig genoeg de V2's en andere vuurpijl-projectielen uit het laatste jaar van de tweede wereldoorlog. Sedertdien zijn deze projectielen in de Verenigde Staten op grote schaal gebruikt voor het onderzoek van de hogere lagen der atmosfeer en voor een aantal van dezelfde onderzoekingen, die men thans met de kunstmatige satellieten wil gaan doen.

Zij worden voortgestuwd en versneld, doordat zij aan hun achterzijde met grote snelheid gassen wegsputten. Zij zetten zich om zo te zeggen aldoor af aan de gassen die zij zelf uitstoten en kunnen zich daardoor ook buiten de atmosfeer, als er dus niets meer om hen heen is om zich aan af te zetten, geheel op zichzelf verder versnellen. De uitgestoten gassen krijgen hun snelheid door een chemisch verbrandings- of ontploffings-proces. Hiervoor wordt onder andere gebruik gemaakt van alcohol en vloeibare zuurstof; in de kunstmatige satelliet zullen in de latere stadia van de opstijging echter ook andere ontploffingsmiddelen gebruikt worden. Om de satelliet nu op zo grote hoogte te krijgen, dat hij practisch boven de atmosfeer is en om hem bovendien de snelheid van ruim 8 km/sec. — of dertigduizend km per uur — te geven, benodigd om een baan om de aarde te beschrijven, moeten echter *enorme* hoeveelheden gas uitgestoten worden. De grote moeilijkheid is, dat hij bij het begin van zijn opstijging al deze brandstof mee naar boven moet torsen. Om u een idee te geven van deze hoeveelheid, vermeld ik de afmetingen van het projectiel bij zijn start: Het zal 22 meter lang zijn en een dikte van één meter tien hebben en is geheel gevuld met vloeibare en vaste brandstof voor de raket-voortstuwing. Deze fantastische startmassa van ongeveer tienduizend kg is nodig om ten slotte een kogeltje van slechts 10 kg in een baan om de aarde te brengen!

De lancering van de satellieten zal geschieden vanaf een vliegbasis in Florida, in het Zuiden der Verenigde Staten. Om te kunnen profiteren van de rotatiesnelheid van de aarde, worden zij in oostelijke richting gelanceerd, scheef naar boven. De richting zal echter niet precies naar het oosten zijn, doch ongeveer oost-zuid-oost, teneinde de satellieten over een groot deel van het aardoppervlak te laten vliegen. De versnelling zal niet voortdurend plaatsvinden, maar in drie etappes. Aan het eind van de eerste etappe wordt een groot stuk van het oorspronkelijke lange projectiel afgestoten. Dit valt naar de Aarde terug. In de derde etappe, als de rest van de vuurpijl op ongeveer 500 km hoogte gekomen is, wordt de eigenlijke satelliet, een bolvormig lichaam van 50 cm doorsnede, afgeschoten. Dit krijgt dan de snelheid van 30 000 km per uur, die nodig is om hem verder, zon-

der voortstuwing, geheel vrij in zijn baan om de aarde te laten rondvliegen. Gedurende het grootste deel van de opstijging zal de bewegingsrichting geregeld worden door middel van een automatische „piloot”, die veel gelijkenis met een giro kompas vertoont. Op 't laatst wordt de satelliet in draaiing gebracht om daardoor zijn asrichting te stabiliseren.

Het verste punt van de baan zal, naar men verwacht, tussen 800 en 2000 km boven het aardoppervlak liggen, terwijl het laagste punt in de buurt van 300 km hoogte zal komen.

Door de kleine afmetingen en de enorme hoogte zal de satelliet met het blote oog nauwelijks waarneembaar zijn. In een goede prismakijker zal hij echter gemakkelijk gezien kunnen worden. Maar alleen kort na zonsopgang en kort vóór zonsopkomst, wanneer de hemel nog donker is, maar de satelliet reeds door de zon beschenen wordt. Gemakkelijk zal dan ook echter de waarneming niet zijn. Want men moet zeer precies weten waar men kijken moet en deze richting en tijd valt van te voren niet goed genoeg te voorspellen. Om de satelliet geregeld te observeren zullen dan ook vele wachtposten, bemand met vele waarnemers, nodig zijn.

In de Verenigde Staten is een grote organisatie gevormd om de satellieten waar te nemen. Deze bestaat gedeeltelijk uit amateurs, die georganiseerd zijn onder de naam „Maanwacht” en die gedurende de vlucht van een satelliet ongeveer 100 waarnemingsstations zullen bezetten, ieder van 15 man en uitgerust met 15 kijkers. Ook in de rest van de wereld zullen, in het gebied waar de satelliet overheen beweegt, dergelijke maanwachten georganiseerd worden. Dit gebied strekt zich uit van ongeveer 40° Zuiderbreedte tot 40° Noorderbreedte en blijft dus ver ten Zuiden van Nederland. Deze amateurwachten zijn nodig om de satelliet na zijn start op te sporen. Bij dit opsporen zullen óók radiowaarnemingen een grote rol spelen. De satelliet zendt voortdurend radiosignalen uit, die, wanneer zij op verschillende plaatsen opgevangen worden, de mogelijkheid geven om zijn plaats vrij nauwkeurig te bepalen. Zodra de baan van de satelliet goed genoeg bekend is, zal de satelliet tevens met vrij grote astronomische telescopen gefotografeerd worden, om zijn positie met nog groter nauwkeurigheid te kunnen vastleggen.

Een moeilijkheid bij dit alles vormt ook de grote snelheid waarmee de satelliet langs de hemel beweegt. In ongeveer 100 minuten vliegt hij de hele aarde om. In 5 seconden is hij door het veld van een vaste binocle gelopen.

Tot slot nog een enkel woord over de ontwikkeling van de vuur-

pijltechniek. Het werk aan de kunstmatige satellieten is, zoals we gezien hebben, voortgekomen uit het onderzoek met de grote „rockets” waarmee het Amerikaanse leger al vele jaren lang waarnemingen in de hoge atmosferelagen gedaan heeft. Deze rockets, waaronder de grote z.g. „Vikings” en de kleine „Aerobees” een belangrijke plaats innamen, kwamen niet zó hoog als de kunstmatige satellieten en zij konden slechts enkele minuten op zeer grote hoogten verblijven. De waarnemingen die men op die hoogten kon verrichten, waren daarom uiterst fragmentair. De kunstmatige satelliet, die dagen of misschien zelfs weken lang, op nóg grotere hoogten zal verwijlen, is daarom een enorme stap voorwaarts. Het zal zeker niet bij deze stap blijven. Naarmate het onderzoek der voortstuwingsmethoden zich ontwikkelt, zal men grotere satellieten gaan bouwen, die met nauwkeuriger instrumenten uitgerust kunnen worden. Niet alleen de meteorologen zien met spanning uit naar de tijd, dat zij geregeld gebruik kunnen maken van de waarnemingen van zulke satellieten. Ook voor de astronomen zullen zij vérgaande mogelijkheden openen. Er is geen twijfel aan, dat de waarneming der ver-ultraviolette en Röntgenstraling van sterren ontzaglijk belangrijke nieuwe inzichten in hun structuur zal verschaffen. Het is niet ondenkbaar, dat men ten slotte de satellieten zó zeer zal kunnen vergroten dat zij bemand kunnen worden. Natuurlijk zouden dan eerst methoden ontwikkeld moeten worden voor een veilige terugkeer naar het aardoppervlak. Men zal ook de uiteindelijke *snelheid* der kleinere satellieten gaan vergroten, totdat men hen zo'n snelheid kan geven, dat ze zich geheel uit de aantrekking der Aarde kunnen losmaken en tot afstanden als die van de Maan zullen kunnen bewegen. Het is niet ondenkbaar, dat men ze dan ook weer terug zal kunnen laten komen naar de Aarde. Men moet echter over deze ontwikkelingen niet te licht denken. Het is moeilijk u een inzicht te geven in het vernuft en de inspanning, die gemoeid zijn met het ontwerpen en bouwen van de nietige kunstmatige manen die dit jaar naar de hemel opgelaten zullen worden. Ik kan u slechts een idee geven van de kosten. Op het ogenblik is voor dit project alleen reeds tegen de honderd miljoen gulden beschikbaar gesteld, welk bedrag later wellicht tot het dubbele opgevoerd zal worden.

Het ideaal blijft natuurlijk hetgeen ik in de aanhef noemde: met een *bemand* ruimtevaartuig naar de Maan en naar de andere planeten in ons zonnestelsel te reizen.

De redenen waarom zo'n onderneming met de bestaande voortstuwingsmiddelen niet uitvoerbaar is, zijn niet zozeer van principiële

als wel van praktische, financiële aard. Bij de huidige stand der wetenschap zijn de kosten van een dergelijk project zelfs voor een rijk land als de Verenigde Staten, prohibitief. We zullen wel moeten wachten op een thans nog niet te voorspellen ontwikkeling in de produktie van atoomkern-energie, voordat dergelijke plannen aangepakt kunnen worden.

Van de reeks VERSPREIDE OPSTELLEN zijn bij het Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf nog verkrijgbaar de volgende nummers:

1. WEERSVERWACHTINGEN OP LANGE TERMIJN
door Dr W. van der Bijl, 1954 f 1,75
2. HOZEN EN HOZENTHEORIEËN
door A. Delver, 1955 f 2,40
3. OPTISCHE VERSCHIJNSELEN AAN DE HEMEL
door Prof. Dr S. W. Visser, 1957 f 3,—

 709706