

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslag van Lezingen-Serie over Weersatellieten

Oslo, 16-19 juni 1964

door

drs. C.J. van der Ham

De Bilt, augustus 1964

Verslag van Lezingen-Serie over Weersatellieten

Oslo, 16-19 juni 1964

door

drs. C.J. van der Ham

De lezingen-serie over weersatellieten, die hier besproken wordt, werd georganiseerd door de AGARD (Advisory Group for Aeronautical Research and Development van de NATO). De lezingen werden gehouden door deskundigen uit de Verenigde Staten. Dezelfde serie werd een week later in het Imperial College te Londen gehouden en bijgewoond door prof. dr. W. Bleeker.

Dr. S.F. Singer - Algemeen overzicht van het weersatellietenproject van de V.S.

Dr. Singer legde er de nadruk op, dat de weersatellieten ontworpen waren voor de research. Reeds de eerste TIROS-satelliet toonde dat de weersatellieten ook praktisch nut hebben voor de weersvoorspelling. Een operationeel meteorologisch satellieten-systeem moet behalve technisch goed, ook economisch verantwoord zijn. Bij de algemene opzet hiervan moet derhalve worden nagegaan welke banen de beste zijn, welke meetinstrumenten (sensors) moeten worden gebruikt (de meetinstrumenten zijn niet in contact met de atmosfeer!) en hoe de gegevens moeten worden verwerkt.

Dr. Singer liet de verschillende soorten straling, die door een satelliet kunnen worden gemeten (ultraviolet, zichtbaar, infrarood en microwave) de revue passeren.

De informatie die hiermede kan worden verkregen, kan als volgt worden ingedeeld:

Meteorologisch: ozon, airglow, emissie door atmosferische gassen, wolkenpatronen (fronten, jet streams, depressies), temperatuur van het aardoppervlak, wolken temperatuur, wolkenhoogte, temperatuurverloop in de atmosfeer, verdeling van de waterdamp, neerslag, onweerselectriciteit.

Niet-meteorologisch: sneeuw, ijs, grondeigenschappen, toestand van de zee, insectenzwermen, bosbranden, vulkanen, oceaanstromingen.

Economisch: geologische gegevens, kustlijnen, inlichtingen over de vegetatie, droogte, overstromingen, enz.

De waarnemingsinstrumenten bestaan hoofdzakelijk uit TV-camera's en stralingsmeters, die geleidelijk meer worden geperfectioneerd.

De nieuwe TIROS met wielbeweging (zie lezing D.W. Holmes) zal dit na jaar worden beproefd en vormt de basis voor het nieuw-ontworpen operationele weersatellieten-systeem (TOS = Tiros Operational Satellite). De bedoeling is, dat er voortdurend twee TOS-satellieten "in de lucht" zijn. De spreker wijst op het belang van "regular availability" omdat anders de meteorologie "er niet aan went".

De meteorologische elementen, die niet vanuit satellieten kunnen worden gemeten en die toch zo belangrijk zijn voor mondiale studies, zijn luchtdruk en wind. Voor deze laatste zou men kunnen denken aan een transosonde systeem in verbinding met satellieten.

Singer wijst ook op de voordelen van een satelliet voor de verzameling en distributie van meteorologische gegevens (collection and dissemination satellite).

#### L.F. Hubert - Rendement van een weersatelliet

In deze lezing werd het verband nagegaan tussen de baangegevens (hoogte en inclinatie) en het door de camera's waargenomen gedeelte van het aardoppervlak.

Het is gebleken, dat voor het verkrijgen van bruikbare foto's een zenith-hoek van minder dan  $64^{\circ}$  gewenst is. Onder de zenith-hoek wordt verstaan de hoek, die de verbindingslijn tussen de satelliet en de rand van het beeldvlak op aarde maakt met de lokale vertikaal. Men kan nu nagaan op welke hoogte de satelliet bij een gegeven openingshoek van de camera moet worden gebracht om elk etmaal het gehele aardoppervlak te fotograferen. Neemt men de hoogte te klein, dan zullen de gefotografeerde stroken van de opeenvolgende omlopen elkaar dicht bij de equator niet geheel meer overlappen. De beste hoogte voor complete bedekking van de aarde blijkt te liggen tussen 0.4 en 0.6 R (aardstraal).

Wil men de poolkap fotograferen, dan moet de baaninclinatie groot zijn. Voor een satelliet op 600 n.m. moet de inclinatie minstens  $75^{\circ}$  zijn, op 1200 n.m. minstens  $67^{\circ}$ .

Men kan verder nog nagaan hoe de baan moet zijn om zoveel mogelijk het daglichtgedeelte van de aarde te fotograferen.

Een baan, die synchroon is met de zon, verdient de voorkeur boven een polaire baan. Bij een juiste inclinatie van noordwest naar zuidoost (afhankelijk van de hoogte van de satelliet) zal het baanvlak een precessie van  $360^{\circ}$  per jaar vertonen, zodat een constante verhouding met de zon wordt verkregen. Wel worden dan hoge eisen gesteld aan de nauwkeurigheid waarmee de satelliet in zijn baan moet worden gebracht.

Tenslotte werden nog enkele beschouwingen gewijd aan het "rendement" van een ontvangststation. Bij grote inclinatie van het baanvlak zullen ontvangststations dicht bij de polen de meeste waarnemingen kunnen ontvangen. De V.S. hebben een nieuw ontvangststation ingericht te Fairbanks (Alaska) op  $65^{\circ}$  N. Men kan met voldoende signaalsterkte ontvangen wanneer de satelliet gedurende 5 minuten minstens  $5^{\circ}$  boven de horizon komt. Op een station op  $65^{\circ}$  N heeft men de volle 100% ontvangst, wanneer de satelliet op of boven 550 n.m. draait in een polaire baan. Voor een zon-synchrone baan is het ontvangstpercentage hoogstens 85%. De rest moet dan op de band worden opgenomen.

#### Dr. Ph. Diamond - Attitude control systems

De satellieten nemen, nadat ze gelanceerd zijn, niet direct de positie in, welke ze behoren te verkrijgen. De tijd nodig om stabiel te worden, bedraagt verscheidene dagen, de tijd om zich van een eventuele storing te herstellen, is van de grootte-orde van minuten.

Het is nodig om regelsystemen te hebben, die de satelliet in de gewenste stand brengen en houden. Achtereenvolgens werden besproken de 1. spin-stabilization, 2. gravity gradient stabilization en 3. active systems.

1. De spin-stabilisatie werd bij alle acht tot nu toe gelanceerde TIROS-satellieten toegepast. Het aantal omwentelingen om de eigen as lag tussen 8 en 12 per minuut. Er werken storende koppels op de satelliet tengevolge van zonnestraling, aardmagneetveld en zwaartekrachtgradiënt. Het eerste is zeer gering; het koppel veroorzaakt door het aardmagneetveld kon worden gecorrigeerd door een spoel om de grondplaat aan te brengen en daardoor een regelbare stroom te laten lopen. De hiervoor

benodigde energie bedraagt slechts 0.5 Watt. Het zwaartekrachtgradiënt-koppel was bij de TIROS ook niet groot, omdat deze satelliet zoveel mogelijk symmetrisch was opgebouwd.

In het nieuwe TIROS-concept, dat voor de TOS zal worden gebruikt, zal de omwentelingsas loodrecht op het baanvlak worden geplaatst, zodat de satelliet als een wiel over zijn baan rolt (vandaar de naam "cartwheeltiros"). De camera's steken uit de zijkant naar buiten en staan zo bij iedere omwenteling eenmaal op de aarde gericht. Er is slechts een grove horizon-sensor nodig om de horizon-overgangen te bepalen.

2. Gravity gradient stabilisatie.

Het g.g.-koppel dat op de satelliet werkt tengevolge van een niet-symmetrische massaverdeling is

$$\bar{T} = - \int \bar{\rho} \times \nabla \left( \frac{U}{R} \right) dm$$

Bij g.g. stabilisering treedt een libratie op, zodat damping moet worden aangebracht. De verschillende technieken, die hiervoor kunnen worden gebruikt, werden besproken.

3. Als voorbeeld van een complex actief stand-regelsysteem werd het systeem genoemd, dat in de NIMBUS-satelliet wordt gebruikt. Met drie stikstofgasjets gericht op de traagheids-assen van de satelliet, kan de stand worden geregeld. De foto-electrische horizon-sensor is een belangrijk hulpmiddel om de stand van de satelliet te bepalen.

D.W. Holmes - TV camera-systemen voor weersatellieten

In de acht TIROS-satellieten, die tot nu toe gelanceerd zijn, werden vidicon-camera's met drie verschillende openingshoeken gebruikt, nl.:

	openingshoek	scheidend vermogen op 810 km hoogte
groot	104°	1.3 mijl
medium	80°	1.2 mijl
klein	13°	0.27 mijl

In de toekomstige weersatellieten zal een verbeterd camera-systeem (AVCS, Advanced Vidicon Camera System) worden gebruikt, waarover de volgende gegevens werden verstrekt:

brandpunt-afstand	17 mm
openingshoek	37°
beeldlijnen	800
lineariteit	0.5 %
scheidend vermogen	0.5 mijl per beeldlijn.

Er wordt een variabele iris gebruikt, die zich automatisch aanpast. De opening kan variëren tussen F 16, wanneer de zon in het zenith staat, tot F 4 bij de polen.

Drie van deze camera's worden in één unit, "trimetrogon" genaamd, opgesteld (de twee buitenste onder een kleine hoek met de middelste). De totale openingshoek van het trimetrogon zal 107° zijn. De camera's zullen automatisch aan- en uitgaan met het daglicht.

De belichtingstijd bedroeg bij de TIROS-camera's 1½ millisecon., bij de NIMBUS zal hij 40 millisecon. bedragen.

In de nieuwe camera's zal in tegenstelling tot de vroegere een calibratiesysteem zijn ingebouwd.

Op de vraag of ook het tijdstip waarop de foto gemaakt wordt niet op de foto kan worden aangegeven, werd geantwoord, dat hieraan gewerkt wordt.

Vervolgens werd het APT (Automatic Picture Transmission) systeem besproken, dat voor het eerst beproefd is in TIROS VIII. De APT-camera is ingericht op een automatische herhaling van de cyclus: voorbereiding, opname en aflezing. De opname geschiedt met een  $108^\circ$  lens. Het beeld wordt bewaard met een isolerende laag (polystyrene), wordt zeer langzaam afgelezen en rechtstreeks uitgezonden. De cyclus begint met een starttoon van 3 sec., waarna gedurende 5 sec. een synchroniseringston volgt. Het tijdstip van overgang van de ene op de andere toon is het tijdstip waarop de foto gemaakt wordt. Het aflezen duurt 200 sec. (4 lijnen per sec.).

Het scheidend vermogen voor een camera op 1350 km (hoogte in TOS-systeem) zal ongeveer 1 mijl bedragen. Het gefotografeerde oppervlak beslaat 1700 n.m. in het vierkant.

De APT-opnamen van TIROS VIII vertoonden twee gebreken: er liepen lichte en donkere banden over het beeld (Venetian blinding) en de randen waren gescholpt. Deze gebreken zullen in de volgende APT camera's niet meer voorkomen.

In ontwikkeling zijn: een dielectric tape camera en een camera, waarmee 's nachts wolkenopnamen kunnen worden gemaakt. Het doel van de eerste camera is om foto's van een zeer goede kwaliteit te maken. Het beeld wordt op een "dielectric tape" geworpen via een spiegel en een kleinhoeklens. Het optische beeld wordt omgezet in een patroon van elektrische ladingen, dat lange tijd kan worden bewaard.

#### Dr. Ph.M. Diamond - Energie-systemen en elektronische systemen

Als energiebronnen voor meteorologische satellieten komen in aanmerking: silicon zonnecellen en thermo-electrische radio-isotoop-generatoren. Van belang is de verhouding tussen gewicht en KWU en verder de levensduur. Het met siliconcellen bedekte oppervlak bedraagt bij de TIROS  $177 \text{ ft}^2$ , bij de NIMBUS  $43 \text{ ft}^2$ . De opgewekte energie kan worden bewaard in een nikkel-cadmium batterij.

Voor een lange prestatieduur van de siliconcellen is de beste temperatuur  $75^\circ\text{F}$ . De degradatie van de cellen is groter naar gelang de hoogte:

- op 700 n.m. na 2 jaar nog 75%
- op 1500 n.m. na 2 jaar nog 50%.

Het met zonnecellen bedekte oppervlak moet bij een niet georiënteerde opstelling (TIROS) vier tot vijf maal zo groot zijn als bij een wél georiënteerde opstelling (NIMBUS). De kosten zijn daarom in het eerste geval \$ 2000-2600 per Watt, in het laatste \$ 500-650 per Watt.

In de met radio-isotopen werkende generatoren worden gebruikt Ge  $\text{O}_2$ , Po, PuC en voor langere duur Cs 137 en Sr 90. De kosten zijn voor sommige isotopen zeer hoog. Cs en Sr zijn niet zo duur, nl. \$ 2000-3000 per Watt, dus vergelijkbaar met de kosten van niet georiënteerde zonnecellen.

Van de meer ondergeschikte systemen werden behandeld: energieregeling, temperatuurregeling, verkleining van de apparatuur en de zendapparatuur.

#### Prof. V. Suomi - IR and microwave radiometers

Eerst werd een overzicht gegeven van de absorberende eigenschappen van de atmosfeer als geheel en van de verschillende atmosferische gassen in het bijzonder. Daarna werden de verschillende stralingsdetectors behandeld en wel speciaal de thermistor-bolometers. Aan de hand van enkele schema's werden de in enkele TIROS satellieten gebruikte stralingsmeters besproken.

Nieuw was hierbij alleen de mededeling, dat aan TIROS VII een stralingsmeter is meegegeven voor meting van straling in de  $14.7\mu$   $\text{CO}_2$  band. Deze was opgesteld in kanaal 1 van de "medium resolution radiometer".

D.W. Holmes - Het TOS-systeem

Holmes gaf eerst een overzicht van het TIROS-project, zoals het tot nu toe heeft gewerkt. Enkele gebreken van dit project zijn:

1. de analyses zijn niet van uniforme kwaliteit;
2. vele bruikbare gegevens uit de foto's worden niet benut;
3. waarde van foto's voor operationeel gebruik wordt verkleind door tijdverlies, dat ontstaat bij analyseren en verzenden;
4. het gedeelte van de aarde dat wordt gefotografeerd, is beperkt en verandert steeds.

Om aan deze bezwaren tegemoet te komen, is een nieuw systeem ontworpen, dat TOS (TIROS Operational Satellite) systeem genoemd wordt.

In dit systeem wordt de "wheel Tiros" gebruikt in een polaire of quasi polaire baan, waardoor elk etmaal de gehele aarde wordt gefotografeerd.

De satelliet zal twee camera's bevatten met beeldhoek van  $80^{\circ}$ . Hij zal draaien in een baan op 1350 km, een omlooptijd van 113,5 minuut hebben en dus 12.75 omlopen per etmaal volbrengen. De "wheel Tiros" zal 10.9 omwentelingen per minuut om zijn eigen as, die dus loodrecht op het baanvlak zal staan, maken.

De APT-camera zal 8 opnamen per omloop maken, met een tussenpoos van telkens 64 omwentelingen. De beelden van de niet automatisch zendende camera's zullen worden ontvangen op het nieuwe ontvangststation te Fairbanks (Alaska) en op de reeds bestaande stations: Wallops Station (Virginia) en Point Mugu (California). De beelden worden via "wide band links" doorgegeven naar het National Weather Satellite Center te Washington. De rectificatie van de gegevens geschiedt met computers. In Washington staat een IBM 7094 computer klaar voor de uitwerking van de gegevens van NIMBUS en TOS. Verzending van de gegevens naar landen buiten Noord-Amerika zal nog onvoldoende zijn. Men denkt voor dit doel aan een communicatie-satelliet.

Holmes noemde enkele toepassingen van de satellietgegevens. Deze zullen in de komende jaren worden uitgebreid met:

1. plaatsbepaling van jet-streams;
2. schatting van hoogte wolke toppen uit stralingsgegevens;
3. bepaling van de bedekkingsgraad 's nachts;
4. verwerking bij numerieke weersvoorspelling;
5. schatting van de windstructuur.

In de discussie werd nog medegedeeld, dat:

1. op  $45^{\circ}$  NB via APT beelden van  $2\frac{1}{2}$  omloop per dag kunnen worden ontvangen;
2. de 137-138 mc/sec. band aangewezen is voor meteorologische satellieten;
3. een klein Doppler-effect op de frekwentie merkbaar is, wanneer de satelliet overkomt.

L.F. Hubert - Interpretatie van wolkenopnamen

Het scheidend vermogen van de camera's is soms zo beperkt (namelijk bij grote zenith-hoek) dat interpretatie van de foto's wat betreft wolkensoort en wolkenhoogte dikwijls moeilijk is. Soms is zelfs de bedekkingsgraad moeilijk te bepalen. Hiervan werden enkele voorbeelden gegeven. Kleine openingen in een wolkendek zijn bij grote zenith-hoek niet meer te zien en hetzelfde is het geval met kleine, zeer verspreid voorkomende wolken.

Op synoptische schaal zijn de belangrijke systemen zeer goed te onderkennen: fronten, depressiecentra, tropische cyclonen, buienlijnen, enz.

Een nieuwe en zeer grote hoeveelheid informatie verschaffen de TIROS-foto's betreffende het gebied tussen de synoptische en de meso-systemen. Men vindt hier vaak een grote mate van ordening. Hiervan werden verscheidene voorbeelden gegeven, zoals:

1. ordening in banden in de richting van de shear-vector;
2. de lijzijde van Cb's is vaak te herkennen aan cirrusachtige uitlopers;
3. convectiepatronen, die overeenkomst vertonen met Bénardse cellen.  
Er komen zowel gevallen voor met opwaartse als met neerwaartse beweging in het centrum van de cel. Uit laboratoriumproeven (v. Tippelskirch e.a.) is gebleken, dat de viscositeit hier een belangrijke rol speelt. Hubert postuleert nu dat bij naar boven toe toenemende viscositeit cellen met opwaartse beweging in het centrum ontstaan en bij naar boven toe afnemende viscositeit cellen met neerwaartse beweging. Deze hypothese zal nog nader getoetst moeten worden.
4. wolkenbanden in zeer koude lucht, die over warm water stroomt;
5. squall lines;
6. lijgolven bij gebergten;
7. aanwijzingen omtrent de ligging van de straalstroom.

De hoogte van de wol Kentoppen kan evt. uit de stralingsgegevens worden afgeleid. Men heeft dit ook met stereo-techniek geprobeerd, maar is hierin niet geslaagd.

Voor bepaling van de wind uit de satellietfoto's komen twee methoden in aanmerking:

1. wolken als tracers gebruiken. De moeilijkheid is hoe een wolk te identificeren (zelden blijft een wolk hetzelfde uiterlijk lange tijd behouden) en bovendien is de nauwkeurigheid te klein.
2. de wind afleiden uit de rangschikking van de wolken. De moeilijkheid is dan dat verschillende mechanismen soms eenzelfde patroon kunnen leveren. Het verband met de wind is dikwijls onzeker.

#### L.F. Hubert - Gebruik van satellietfoto's bij de synoptische analyse

Hubert wees er eerst nog eens op, dat het van veel belang is te weten te komen welke de schaal is van de beweging, die de bewolking veroorzaakt. Is het bijvoorbeeld convectie of grootscheepse opwaartse beweging.

Vervolgens behandelde Hubert een aantal gevallen waarin de satellietfoto's bij de synoptische analyse gebruikt kunnen worden.

1. Het lokaliseren van de jet stream.  
In sommige gevallen strekt een cirrusdek zich uit tot bij de zuidelijke grens van de straalstroom. De rand van dit cirrusdek is soms op de foto's te zien. Ook werpt het soms een schaduw op lagere bewolking. Dergelijke schaduwgrenzen zijn wel op TIROS-foto's gezien. Men verzamelt nu zoveel mogelijk gevallen voor een onderzoek.
2. Uit het beeld van de bewolking van een depressie op een TIROS-foto kan men conclusies trekken omtrent het ontwikkelingsstadium van de depressie. Hubert toonde een serie foto's met depressies in verschillende ontwikkelingsstadia, alle echter van verschillende depressies en op verschillende dagen genomen.

3. De plaats van een mid-troposferische trog is soms uit de TIROS-foto's af te leiden. Aan de voorzijde waar opwaartse bewegingen voorkomen, verhullen middelbare en hoge wolkenpartijen de lagere cumulus, aan de achterzijde is dit niet het geval.
4. Vorticitetscentra kunnen soms op de foto's worden gelokaliseerd. Dit gebeurt uit het wolkenpatroon.  
Men voert op het weersatellietencentrum een experiment uit, waarbij de vorticitetskaarten subjectief worden aangepast aan de patronen, die uit de satellietfoto's worden afgeleid. Vervolgens wordt deze gewijzigde analyse gebruikt voor het maken van een numerieke 36 uur-prontour. De verkregen verschillen worden bestudeerd.

Het zou gewenst zijn de satellietgegevens automatisch te verwerken en dan in de routine analyse te gebruiken. Hierbij doen zich echter de volgende moeilijkheden voor:

1. De veranderingen in scheidend vermogen over het beeldvlak van de foto's maken het geheel heterogeen. De relatieve helderheid is moeilijk te bepalen.
2. De variëteit van de wolkenpatronen is zo groot, dat een objectieve automatische patroon-verkenningstechniek nog niet mogelijk is. De subjectieve normen, die een analyst toepast, zijn moeilijk te automatiseren.
3. Gebieden met weinig positieve gegevens (onbewolkte gebieden bijv.) zijn voor de machine erg tijdrovend. De subjectieve analyst overziet ze sn el.

Vervolgens besprak Hubert de mogelijkheden van een directe windmeting vanuit een satelliet. Men zou hiervoor een grote massa "constant level balloons" kunnen gebruiken en de plaats daarvan steeds bepalen. De moeilijkheden om een wereldomvattend net van constant level balloons in stand te houden zijn echter groot.

Men zou ook de beweging van de bewolking kunnen bepalen over een kort tijdsinterval. Een van de technieken zou kunnen zijn de bewolking eerst te fotograferen vanuit de satelliet naar voren en even later naar achteren. De verplaatsing zou dan kunnen worden bepaald, waarbij men zou moeten aannemen, dat de verplaatsing in de richting van de wind geschiedt en met een groot percentage van de windsnelheid. Men zal voor deze methode de determinatie van de wolkensoorten verder moeten verbeteren en de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling moeten opvoeren.

Een andere suggestie is de verplaatsing van wolken ten opzichte van elkaar te bepalen. Men zou dan de verticale wind shear vinden.

#### Prof. V. Suomi - IR and microwave soundings

Wat betreft de infrarode stralingsmeting werd vooral aandacht besteed aan de metingen in de  $15\mu$  CO<sub>2</sub> band, welke zijn uitgevoerd met TIROS VII. Men meet daarmee de temperatuur van een laag op 18-25 km hoogte. Men mat hogere temperaturen op noordelijke breedten (arctische zomer) en zeer lage temperaturen op 60° ZB. Aan de equator waren de temperaturen ook betrekkelijk laag (door veel hoogreikende bewolking). In de afgelopen winter heeft men een stratosferische verwarming in de metingen kunnen waarnemen.

De registraties van de afzonderlijke "scans" vertonen een kleine "limb-brightening", d.w.z. iets hogere temperaturen aan de rand. Dit is te verklaren doordat de stralingsmeter, als hij op gebieden bij de horizon gericht is, een iets hoger gelegen (en daarom warmere) laag meet dan wanneer hij recht naar beneden gericht staat. Door meting van verschillende golflengten in de  $15\mu$  CO<sub>2</sub> band hoopt men de verticale temperatuuropbouw van de hogere atmosfeer te kunnen bepalen.



De microwave stralingsmeter is eigenlijk een gecalibreerde radio-ontvanger. Het is van groot belang de ruis zo klein mogelijk te houden. De nauwkeurigheid van de meting varieert met de golflengte, maar is meestal kleiner dan  $1^{\circ}\text{K}$ . Voor de meetapparatuur met koelsysteem is ongeveer 200 W vermogen nodig.

Dr. S.F. Singer - Speciale metingen vanuit satellieten

Eerst werd gesproken over meting van het in de atmosfeer verstrooide zonlicht vanuit een satelliet en over de meting van het atmosferische ozon.

Vervolgens werden enkele mogelijke methoden voor het meten van de wolkenhoogte behandeld.

Een eerste mogelijkheid zou zijn de wolkenhoogte te bepalen door de intensiteit van het door de wolken gereflecteerde zonlicht te meten. De verzwakking hangt af van de afstand, die door de atmosfeer wordt afgelegd. Men zou hiervoor een "low dispersion spectrometer" moeten gebruiken en bijvoorbeeld kunnen meten in de  $7600 \text{ \AA}$  band van  $\text{O}_2$ . Voor hoge wolken is de R-tak beter, voor lage wolken de P-tak.

Een tweede mogelijkheid zou zijn "lasers" te gebruiken. Deze zenden zeer korte pulsen van monochromatisch licht uit (smal golflengte-interval). Een laser is te beschouwen als een optische radar. Uit de tijd die verloopt tussen vertrek en terugkeer van de lichtpuls kan de afgelegde afstand worden bepaald. Een voordeel van het gebruik van monochromatisch licht is, dat de achtergrondruis (gereflecteerd zonlicht) gereduceerd wordt.

Dr. S.F. Singer - Problemen van een wereldomvattend weersysteem

In deze lezing ging prof. Singer in op de vraag aan welke eisen een wereldomvattend meteorologisch waarnemingssysteem moet voldoen. Wat moet de horizontale, de vertikale en de tijd-schaal zijn van ons waarnemingsnet om voldoende informatie te verschaffen voor verwachtingen op korte en langere termijn en voor de research? Het bestaande waarnemingssysteem heeft zijn gebreken.

Ook de weersatellieten kunnen niet alle benodigde gegevens verstrekken. Moeilijk vanuit een satelliet waar te nemen zijn de gronddruk en de wind op verschillende niveaus. Het vertikale temperatuurverloop in de atmosfeer kan ook maar op beperkte schaal worden waargenomen ( $15 \mu \text{ CO}_2$  band). Voor de windwaarneming zou men vanuit een satelliet regelmatig de plaats moeten bepalen van een groot aantal "constant level balloons". Men zou dan de gemiddelde wind kunnen berekenen over een bepaald tijdsinterval. Dit kan echter bezwaarlijk beneden 6 km. Verder zal een gelijkmatig verdeeld stelsel ballonnen de neiging vertonen te gaan samenklonteren. Ook de identificatie van de ballonnen zou moeilijkheden kunnen opleveren.

Dr. Singer liet vervolgens nog eens alle mogelijke met satellieten te verrichten waarnemingen de revue passeren. Hij besprak tenslotte nog het nut van een "data collection and dissemination satellite".