

Verslag over de meteorologische voordrachten, gehouden ter gelegenheid van de Internationale Jahrestagung van de "Ausschuss für Funkortung": Flugnavigation und Flugsicherung, Berlijn, 19-24 mei 1958

door

Dr. F.H. Schmidt

1. Inleiding

In verband met het feit, dat op de Internationale Jaarvergadering van de "Ausschuss für Funkortung" bepaalde aspecten van de meteorologische beveiliging van het toekomstige burger straalvliegtuigverkeer in een tiental voordrachten zouden worden behandeld, woonde de L.W.O. van de afdeling Weerdienst en Luchtvaartmeteorologie deze jaarvergadering, die in West-Berlijn werd gehouden, gedurende twee dagen bij.

De bedoelde voordrachten werden, op een enkele uitzondering na, gehouden op de ochtend van de 21ste, terwijl de discussie plaatsvond op de middag van de volgende dag.

Dit systeem heeft een belangrijk voordeel: doordat men de gelegenheid heeft de gehouden voordrachten nog eens rustig te overdenken, wordt het aantal vragen en opmerkingen van de toehoorders beperkt, hetgeen het gemiddelde gehalte van deze vragen en opmerkingen ten goede komt. Een nadeel bleek bij de conferentie in Berlijn te zijn, dat op de discussiemiddag een aantal sprekers niet aanwezig was.

2. Overzicht van het programma

Het programma omvatte de volgende voordrachten:

- I Dr. G. Fritz, Berlijn: Einige flugwetterdienstliche Probleme bei der Beratung von Düsenflugzeugen.
- II Prof. Dr. W. Georgii, München: Flugnavigation in der Strahlströmung.
- III. Manfred Reinhardt, München: Segelflug-Navigationserfahrungen.
- IV Dr. M. Hinzpeter, Offenbach/M: Die künstliche Radioaktivität in den Flughöhen moderner Verkehrsmaschinen.
- V Prof. Hiroshi Inose, Tokio: Upper Air Observation in Japan for Aeronautical Services.
- VI Prof. Dr. H. Scherhag, Berlijn: Radaranwendung in der Meteorologie.
- VII Prof. Dr. G. Baumbach, Hamburg: Neue meteorologische Meszanlagen im Dienste der Flugsicherung.
- VIII A.F. Staats, Bremen: Wetter-Raketen und ihre Anwendung zum Nutzen des Flugverkehrs.
- IX Dr. H.G. Müller, München-Riem: Die Radioaktivität in der freien Atmosphäre.

Twee andere voordrachten, die oorspronkelijk in het programma waren opgenomen, vervielen in verband met verhindering van de sprekers.

De voordrachten van Reinhardt en Staats, III en VIII, waren van geen betekenis en zullen verder buiten beschouwing worden gelaten. De eerste gaf een paar voorbeelden van lange-afstand-vluchten met zweefvliegtuigen, de tweede bepleitte het verrichten van hogere luchtwaarnemingen met behulp van raketten zonder in te gaan op de meettechniek en onder nogal onaangenaam aandoende verwijzing naar de Duitse verrichtingen op raket-gebied tijdens de oorlog.

3. Onderwerpen die in beschouwing werden genomen

In de diverse voordrachten kwamen de volgende onderwerpen min of meer uitvoerig ter sprake:

- a) Waarnemingen op de luchthaven.
- b) Voorkomen en structuur van de straalstroom.
- c) Het belang van meteorologische radar.
- d) Kunstmatige radioactiviteit en luchtvaart.

In het volgende zal hetgeen over deze vier onderwerpen naar voren kwam, zowel in de voordrachten als tijdens de discussies, worden samengevat.

4. Waarnemingen op de luchthaven

Bij de beschouwingen omtrent de waarnemingen op de luchthaven kwam allereerst de startbaan-temperatuur naar voren. Men was in het algemeen van mening, dat de invloed van de temperatuur op de prestatie van een turbinemotor groot is zonder dat precies werd aangegeven hoe het met deze afhankelijkheid is gesteld. Het bleek voorts, dat in Duitsland geen metingen zijn verricht om na te gaan of er een verschil tussen de temperatuur in de hut en die boven de baan bestaat. Men was er eigenlijk van overtuigd, dat de verschillen miniem zouden zijn en dat de turbinemotor lucht uit zodanig verschillende richtingen zou aanzuigen, dat het probleem van de baantemperatuur daardoor weinig betekenis zou hebben.

De inlichtingen die tijdens de discussie konden worden verschaft over de op Schiphol verrichte en nog te verrichten metingen, de temperatuurverschillen tussen baan en hut betreffende, vonden grote belangstelling. Men zou het op prijs stellen indien de verdere resultaten zo spoedig mogelijk bekend zouden worden gesteld.

In samenhang met het algemene probleem van de temperatuur-waarneming werd nog enige ogenblikken stilgestaan bij de voorspelling van de temperaturen op normale waarnemingshoogte. Men was in het algemeen van oordeel, dat dergelijke voorspellingen gemakkelijk te doen zouden zijn en toonde zich nogal verbaasd over het feit, dat bij de proefneming, die op Schiphol plaatvindt, toch wel fouten van enkele graden over een termijn van twee uur waren geconstateerd. Op de opmerking, dat grote fouten bovenal kunnen worden verwacht bij situaties met optrekkende mist in de ochtend, waarbij het moeilijk is om het juiste tijdstip van het verdwijnen van de mist van tevoren te bepalen, merkte men op, dat een nauwkeurig volgen van temperatuur en dauwpuntcel-aanwijzing hier toch wel mogelijkheden zouden bieden. De ervaringen, die in De Bilt met de LiCl-cel zijn opgedaan, stemmen echter niet tot optimisme.

Wat het verrichten van waarnemingen in het algemeen betreft, bepleitte men elektrische aanwijzing van een zodanig aantal elementen, dat op één paneel in de voorlichtingsruimte althans temperatuur, dauwpunt (met behulp van de LiCl-cel), druk, windrichting en windkracht, wolkenhoogte en zicht in overzichtelijke vorm zouden kunnen

worden aangegeven. Ook de weer-radar kwam in dit verband even ter sprake, waarbij werd medegedeeld, dat met behulp van een 8-mm radar in principe mist en wolken zouden kunnen worden waargenomen, mits men erin zou slagen een apparaat met voldoende energie-output te ontwerpen. De indruk werd gevestigd, dat aan een dergelijke ontwikkeling wordt gewerkt. Overigens werd een pleidooi gehouden voor de wolkenpiegel in verband met het waarnemen van de voor het straalverkeer vaak zo belangrijke cirrusbewolking.

Bij de snelle, en beperkte bespreking van het instrumentarium zelf (o.a. transmissometer en ceilometer) kwamen geen opvallende punten naar voren.

Opgemerkt werd vervolgens nog, dat, gezien bepaalde ervaringen opgedaan met de Boeing 707, het voorspellen van zijwind bij start en landing van grote straalvliegtuigen blijkbaar toch van meer belang is dan men wel eens heeft gedacht. Daarom zal ook het bestuderen van gusts nabij het aardoppervlak zeker van belang blijven.

5. De straalstroom

Reeds in de eerste voordracht werd de nadruk gelegd op het belang van de straalstroom voor het hoogvliegende luchtverkeer. Markant waren twee voorbeelden van de straalstroom in de onmiddellijke omgeving van Berlijn, nl. een NW-lijke stroming van 155 knots op 9 km hoogte op 12 september 1956, 20.00z en een oostelijke (!) straalstroom van maximaal 91 knots op ongeveer dezelfde hoogte op 15 december 1957. In het laatste geval hadden de snelheden zich in 6 uur tijds van 8 knots tot het maximum ontwikkeld! Aangezien de straalstroom zich in het algemeen in het vlak van of juist onder de tropopause bevindt, is het van belang een indruk te hebben van de hoogten waartussen deze zich kan bewegen. Voor West-Duitsland werden als extreem waargenomen hoogten 14800 en 5300 m genoemd.

Uitvoerig werd door Georgi op de straalstroom en haar structuur ingegaan, speciaal met het oog op turbulentie. De clear air turbulence zou volkomen kunnen worden voorspeld indien men zou beschikken over het Richardson-getal:

$$R_i = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta / \partial z}{(\partial \bar{u} / \partial z)^2}$$

in welke uitdrukking de symbolen de gebruikelijke betekenis hebben. Volgens de spreker zou $R_i = 1$ de grens aangeven tussen toestanden waarin de turbulentie zich zou kunnen handhaven (o.q. in intensiteit zal toenemen: $R_i < 1$) en toestanden waarbij eventueel aanwezige turbulentie zou worden onderdrukt ($R_i > 1$).

Aangezien grote waarden van de noemer in de uitdrukking voor R_i zullen voorkomen aan de rand van de straalstroom zal men clear air turbulence vooral daar aantreffen en in het algemeen niet in het centrum van de straalstroom waar R_i groot is (tenzij de verticale gradiënt van de potentiële temperatuur daar ter plaatse = 0 zou zijn). De meteoroloog zou dus clear air turbulence kunnen voorspellen door uit de radiosonde- en radiowindgegevens de lagen met $R_i < 1$ op te sporen.

Spreker gaf van deze procedure een aantal illustratieve voorbeelden. De vliegtuigbestuurder zou clear air turbulence kunnen vermijden door het temperatuurverloop tijdens de quasi-horizontale vlucht voortdurend in het oog te houden. Een relatief snelle verandering van de temperatuur zal nl. in het algemeen gepaard gaan met een verandering in de luchtdrukgradiënt en dus met een min of meer sterke windschering.

Hoewel op het eerste gezicht hier enkele aanknopingspunten liggen om tot een beter begrip c.o.q. een voorspellingsmethode voor clear air turbulence te komen, blijken bij nader inzien toch wel bezwaren aangevoerd te kunnen worden tegen de al te schematische opzet van het onderzoek van Georgii.

In de eerste plaats staat het geenszins vast, dat de grens tussen "laminaire" en "turbulente" stroming in een gelaagd medium zou liggen bij $R_i = 1$. Experimenteel heeft men de overgang van de ene soort stroming in de andere bij allerlei waarden van R_i gevonden. Bekend zijn de proeven van Schlichting waarbij $R_i = \frac{1}{24}$ bleek te zijn.

Theoretisch berust het uitgangspunt, dat $R_i = 1$ de grens tussen laminair en turbulent zou zijn op de onderstelling dat de turbulente uitwisselingscoëfficiënten voor impuls en voor warmte dezelfde waarde zouden bezitten, wat zeker niet in alle gevallen waar is.

Ook lijkt het na Payerne al te optimistisch te denken dat de voor het berekenen van R_i noodzakelijke nauwkeurigheid kan worden bereikt bij het bepalen van de verticale temperatuurgradiënt en de verticale windscherping over lagen van slechts enige honderden meters dikte en op hoogten van ca 10 km. Er zij hier nog opgemerkt, dat Amerikaanse onderzoeken slechts een zwak verband tussen de intensiteit van de turbulentie en R_i aantoonde. Engelse onderzoeken leverden geen verband met R_i op!

Wat betreft de door Georgii aanbevolen procedure voor de vlieger kan worden opgemerkt, dat, hoewel inderdaad een sterke temperatuurverandering veelal zal wijzen op een windgradiënt, het ook mogelijk is, dat een temperatuurgradiënt juist tot een afname van horizontale windverschillen zal leiden.

Ook sommige getalwaarden, die Georgii opgaf moeten met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd. Zo gaf hij een grafiek waarin de belasting die een bepaald vliegtuig ondergaat ten gevolge van remous was uitgezet tegen de verticale luchtsnelheid waarbij deze laatste tot 30 m sec^{-1} liep. Volgens Amerikaanse voorschriften zijn civiele transportvliegtuigen echter zodanig geconstrueerd dat ze een plotselinge verandering in de verticale snelheid van slechts ongeveer 30 ft sec^{-1} kunnen verdragen, althans bij normale kruissnelheid. Grotere verticale snelheden komen, gelijk bekend, wel voor, maar uitsluitend in cumulonimbi, die de vlieger dan ook bij voorkeur moet trachten te vermijden. En ook in deze onweerswolken behoren ze tot de uitzonderingen.

Bij het grote Amerikaanse onderzoek, dat bekend staat als Thunderstorm project, werd slechts in 15 van de 22370 gevallen een verticale snelheid van meer dan 32 ft sec^{-1} waargenomen.

Bij de discussie - waarbij Prof. Georgii niet aanwezig was - werd de suggestie gedaan, dat clear air turbulence niet zou samenhangen met de grootheden, die een rol spelen bij de bepaling van het Richardson getal, maar dat een z.g. hydraulische jump de oorzaak van deze turbulentie zou zijn. De theorie van de hydraulische jump is o.a. toegepast bij de verklaring van de rotor aan de lijzijde van hindernissen (zie Aero Revue, april 1958, The rotor flow in the lee of mountains) maar het valt te betwijfelen of ze toegepast kan worden op verschijnselen die zich over zo'n groot gebied in de vrije atmosfeer kunnen voordoen als clear air turbulence. Voor zover bekend is een serieuze poging daartoe tot dusverre dan ook niet ondernomen.

In de vijfde in 2. genoemde voordracht werd uiteengezet hoe in Japan, waar in de straalstroom bijzonder hoge snelheden kunnen voorkomen - tot 360 knots - correcte windmetingen eerst mogelijk zijn geworden door het gebruik van transponders. Op de technische aspecten van de apparatuur werd vrijwel niet ingegaan. Belangstellenden worden

hiervoor verwezen naar Journal Scientifique de la météorologie, 6, 1954, 123: R. Thermitte, Transpondeur radar pour la mesure du vent.

Volgens Prof. Scherhag waren de Japanse hoogtewindwaarnemingen sedert het invoeren van de transponders aanmerkelijk verbeterd.

6. Meteorologische radar

Het belang van meteorologische radar kwam reeds terloops ter sprake in paragraaf 4 in verband met het waarnemen van mist.

Geheel aan de meteorologische radar was de voordracht van Prof. Scherhag gewijd.

In de eerste plaats vertoonde hij enkele plaatjes van de in Berlijn opgestelde apparatuur, een Decca radar met golflengte van 3 cm met een Telefunken antenne.

Nadat aanvankelijk de beelden slechts overgetekend konden worden op papier, bestaat thans de mogelijkheid ze te fotograferen of te filmen.

Overigens handelde de voordracht vrijwel geheel over een buitengewoon zwaar onweer, dat Berlijn op 7 juli 1957 trof toen een koufront langzaam over de stad oostwaarts trok. Het merkwaardige van het geval was, dat synoptisch de situatie zich aanvankelijk niet bijzonder ernstig liet aanzien. De temperatuurtegenstellingen aan weerszijden van het front waren betrekkelijk gering en bij de bestaande dichtheid van het stationsnet waren ook de windwaarnemingen niet verontrustend.

De radar toonde echter duidelijk twee afzonderlijke onweershaarden ten westen van de stad die bij hun nadering geleidelijk dichter bijeenkwamen en ten slotte boven de stad samensmolten. Op grond van deze radarwaarnemingen was het mogelijk over de radio tijdig te waarschuwen voor wat een van de zwaarste onweders bleek te zijn die sinds mensengeugnis boven Berlijn hadden gewoed. Er viel weliswaar betrekkelijk weinig neerslag, maar het aantal ontladingen was ongekend groot. Het onweder vertoonde een onweersneus van 5 mb!

Zonder de aanwezigheid van de radar zou dit onweer zeker niet tijdig zijn aangekondigd.

7. Kunstmatige radioactiviteit en luchtvaart

De beide voordrachten over de verdeling van de kunstmatige radioactiviteit met de hoogte brachten weinig nieuwe gezichtspunten naar voren. De inhoud had eigenlijk weinig met luchtvaart uit te staan en het feit, dat men twee deskundigen op de Tagung over radioactiviteit liet spreken leek meer een mode-verschijnsel dan dat er in luchtvaartkringen behoefte aan deze voordrachten zal hebben bestaan.

Hinspeter wees op het feit dat de "halfwaardetijd" (hier bedoeld als tijd waarin de helft van radioactieve deeltjes met een grote fysische halfwaardetijd zoals 90 Sr door uitvallen verdwijnt) in de stratosfeer ca 10 jaar bedraagt tegen 30 dagen in de troposfeer, zodat ook bij het staken der proefexplosies nog lang met de aanwezigheid van radioactieve deeltjes in de stratosfeer rekening zal moeten worden gehouden.

Als hoogst toelaatbare concentratie werd $T = 10^{-9} \mu\text{C}/\text{cm}^3$ genoemd. Deze concentratie zou een mens enige maanden kunnen verdragen. Uitgedrukt in deze waarde T zouden de volgende gemiddelde concentraties worden aangetroffen op diverse afstanden van de plaats waar een MT-bom zou zijn geëxplodeerd en op verschillende hoogten.

afstand	na	0	5	10	15 km hoogte
5000 km	5 dagen	0,1 T	1	1,2	6,0
10000 km	10 dagen	0,01	0,1	0,12	0,6
20000 km	20 dagen	0,001	0,01	0,012	0,06

Uiteraard hebben deze getallen slechts een globale betekenis.

De gemiddelde waarde van de kunstmatige radioactiviteit op het noordelijk halfrond bedroeg in 1957:

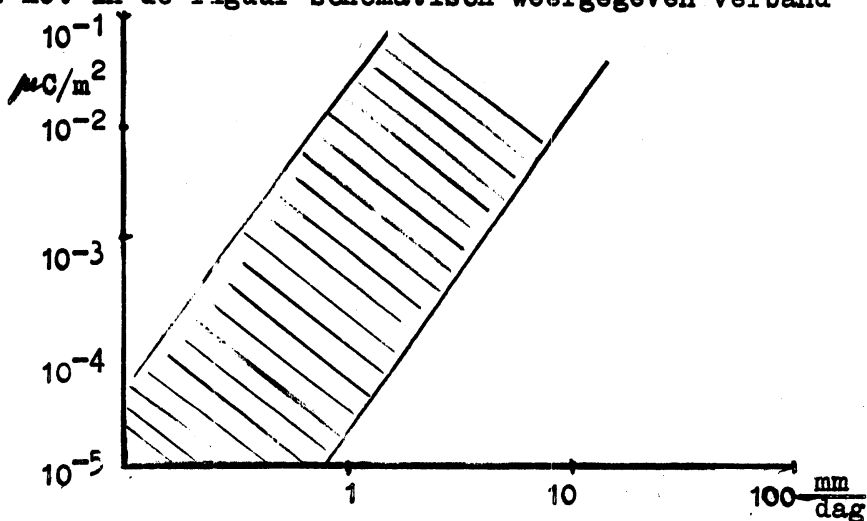
hoogte	0	5	10	15	20	30 km
	0,2	2,0	2,4	12,0	20,0	$0 \times 10^{-12} \mu\text{C}/\text{cm}^3$

De bedoeling van het geven van deze getallen was zonder twijfel, aan te tonen, dat het tot dusverre met de radioactieve concentratie van de atmosfeer nogal meevalt. In dezelfde richting ging de opmerking, dat, indien proefexplosies in een tempo als tot dusverre zouden worden voortgezet, de mens gedurende een periode van 30 jaar aan een totale radioactiviteit ten gevolge van deze explosies zal zijn blootgesteld die ongeveer 1% van de dosering in 30 jaar ten gevolge van de natuurlijke radioactiviteit zal bedragen. De bijdrage ten gevolge van medisch onderzoek zou in dezelfde tijd ongeveer 20% bedragen van de natuurlijke hoeveelheid.

Ook in de laatstgenoemde voordracht (IX) werd de radioactiviteit die in de atmosfeer wordt aangetroffen, besproken.

Er werd daarbij sterk de nadruk gelegd op de grote variaties, die in de radioactiviteit van de lucht en de neerslag worden aangetroffen. Zo varieert in Duitsland de radioactiviteit van de lucht tussen 5 en $100 \times 10^{-13} \text{ C}/\text{cm}^3$, die van de neerslag tussen $0,5$ en $150 \times 10^{-7} \text{ C}/\text{cm}^3$ en de op de grond neergeslagen hoeveelheid tussen $1,2$ en $35000 \times 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2$. In het algemeen werd van 1953 tot 1957 een stijging van de kunstmatige radioactiviteit van 1 op 24 geconstateerd!

Opvallend was het in de figuur schematisch weergegeven verband tussen de op de grond ten gevolge van neerslag opgetreden radioactiviteit en de neerslaghoeveelheid. Alle waarnemingen liggen binnen het geharceerde gebied.



Het enige belangwekkende in de voordrachten over radioactiviteit was de mededeling, dat de Lufthansa met een aantal lijnvliegtuigen filtermetingen verricht.

Er werden foto's getoond van de opstelling. Men ondervindt nog ernstige moeilijkheden ten gevolge van de vervuiling van de filters, die onbeschermd zijn opgesteld, met name tijdens de start en de landing. Doordat men niet de mogelijkheid heeft de apparatuur op elk gewenst moment buiten werking te stellen, krijgt men het totale effect van alle hoogten waarop is gevlogen. In dit opzicht zijn de metingen welke in Nederland zullen worden verricht aanmerkelijk beter opgezet. Het heeft in ieder geval niet te verwonderen, dat de resultaten van de Duitse metingen tot dusverre nauwelijks bruikbaar zijn gebleken.

Men overweegt nu het meten van de radioactiviteit in de lucht met behulp van een aan deze metingen aangepaste radiosonde. Er zullen daarbij maatregelen moeten worden genomen om kosmische straling uit te sluiten.

Ten aanzien van het probleem van de voortdurende luchtverversing in de drukcabines van hoogvliegende vliegtuigen werd opgemerkt, dat hierdoor wel steeds nieuwe radioactieve deeltjes in de passagiersruimte worden gebracht, maar dat deze op de desbetreffende hoogte van zo geringe afmetingen zijn, dat ze niet in de ademhalingsorganen worden vastgehouden.

Verslaggever kreeg niet de indruk, dat deze laatste uitspraak op een grondig onderzoek berustte.

8. Nabeschuwing

Samenvattend kan worden gezegd, dat op de Tagung, in aanmerking genomen de geringe tijd, die voor de bespreking van meteorologische problemen beschikbaar was, een aantal met het moderne luchtverkeer verband houdende vraagstukken vrij diepgaand is besproken. Met name geldt dit voor de straalstroom, hoewel hier als bezwaar moet worden aangevoerd dat de benadering wel een zeer uitgesproken theoretische was.

Opnieuw is tijdens de Tagung gebleken, dat een meteorologische radar tegenwoordig behoort tot de apparatuur, die op een behoorlijk geoutilleerde weerdienst, hetzij voor de luchtvaart, hetzij voor het "publiek" werkend, niet meer kan worden gemist.

Ten aanzien van het probleem van de analyse van het stromingsveld op grote hoogte vertoonde de conferentie een ernstige lacune. De eigenlijke "Flugberatung" kwam in het geheel niet ter sprake.

In het algemeen kan worden vastgesteld, dat zowel uit de voordrachten als bij de discussies is gebleken, dat Nederland ten aanzien van de aanpak van de nieuwe vraagstukken, welke zich ten gevolge van de modernisering van het burgerluchtverkeer voordoen, zeker niet bij West-Duitsland ten achter staat. Integendeel, bij de bestudering van een aantal door het J.O.R. Panel gesignaleerde problemen is men hier te lande bepaald verder gevorderd.