

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslag van de
Internationale Haupttagung Luft- und Raumfahrt Navigation
gehouden te Berlijn, van 22 - 27 april 1963

door

Dr. H.M. de Jong

De Bilt, juli 1963

Verslag van de
Internationale Haupttagung Luft- und Raumfahrt Navigation
gehouden te Berlijn, van 22 - 27 april 1963

door

Dr. H.M. de Jong

Inleiding

De Internationale Haupttagung over Luft- und Raumfahrt Navigation werd georganiseerd door de Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation E.V.

Het doel was de laatste ontwikkelingen op het gebied van de luchtvaartnavigatie en ruimtevaartnavigatie te bespreken.

Er waren meer dan 300 deelnemers uit 9 Europese landen, alsmede afgevaardigden uit de USA, Canada en Japan. De bijeenkomsten werden gehouden in de bekende Congresshal. Het programma was opgesteld in nauwe samenwerking met een medelid van de Organisatie, de Wissenschaftliche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt E.V. De algemene leiding berustte bij Staatssecretaris Prof. Dr. Brandt. De opening geschiedde door Burgemeester Willy Brandt.

De voordrachten waren in drie groepen verdeeld, te weten

- a) ruimte-onderzoek
- b) luchtvaartnavigatie
- c) ruimtevaartnavigatie.

Schrijver dezes woonde alleen voordrachten bij, die betrekking hadden op het onderwerp luchtvaartnavigatie.

In het volgende wordt een kort overzicht gegeven van lezingen, die op de tweede en derde dag van de Tagung werden gehouden.

W. KREIPE, Ministerial Direktor, Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Luftfahrt, Bonn: "Derzeitige Stand der Flugnavigation und Flugsicherung".

De luchtverkeersbeveiliging zal in de toekomst gericht zijn op de automatisering. Primaire en secundaire radar spelen hierbij een rol. De eisen, die aan het systeem gesteld worden, zijn:

1. Een radar coverage tot een afstand van 220 km en hoogte van 20 km.
2. Informatie opeenvolgingstijd \pm 6 sec.
3. Onderdrukken van vaste doelen.
4. Een nauwkeurigheid van 2 km longitudinaal en 8 km transversaal.
5. Presentatie slecht-weer-gebieden.

Er moet worden gestreefd naar een duidelijke visuele presentatie van het verkeersgebied. Gedacht wordt het radarbeeld te vertalen in een televisiebeeld, waardoor het mogelijk wordt op eenvoudige wijze andere beelden zoals geografische kaarten met aanvliegroutes en slecht-weer-gebieden van een buienradar met het vertaalde radarbeeld te mengen. In Frankfurt is een elektronisch instrument in gebruik genomen voor presentatie van "synthetische luchtlagen".

Spreker memoreerde, dat de EUROCONTROL 1 maart 1963 met de werkzaamheden is begonnen. EUROCONTROL is een luchtverkeersbeveiligingsorganisatie van de westerse landen, die zich zal bezighouden met de modernisering van apparatuur en methoden voor de luchtvaartcontrole. De organisatie heeft onlangs aan de industrie een provisorische specificatie voor een navigatiesysteem voorgelegd. De hoofdpunten zijn:

1. Navigatiemiddelen moeten een overlapping van het gebied waarborgen en moeten reiken tot een hoogte van 80.000 voet.
2. Om laterale en longitudinale separatie-criteria te verzekeren moet de voorgeschreven vliegroute met 95% waarschijnlijkheid tot op 2 n.m. kunnen worden aangehouden. Deze eis houdt tevens in, dat de gezagvoerder in staat moet zijn door navigatie-aanwijzingen aan boord van het vliegtuig de vliegkoers te corrigeren.
3. De navigatiemiddelen moeten continu informatie over de vliegkoers kunnen doorgeven aan bepaalde controlestations en zodanig zijn, dat een goede visuele presentatie op het station aanwezig is.
4. De apparatuur aan boord zal positiemeldingen aan controlestations moeten kunnen leveren door middel van half-automatische of vol-automatische data-links.

Er worden in verband hiermee proeven genomen met het VORDAC-systeem (Very High Frequency Omni-directional Range/Distance Measuring Equipment for Area Coverage), dat in Amerika is ingevoerd, en het HARCO-systeem (Hyperbolic Area Coverage).

Opm. Sedert februari 1959 geldt het VORDAC-systeem als internationale standaard voor de navigatie op korte en middelbare afstanden, maar in Europa is nog geen enkel VORDAC-baken in bedrijf gesteld. VORDAC voldoet niet aan alle eisen van nauwkeurigheid. Een directe "routing" is alleen mogelijk langs radiaal van het station uitgaande banen. Het verkeer concentreert zich daardoor in knooppunten, waardoor veel vliegruimte verloren gaat. De keuze van een terrein voor een VORDAC-station is uiterst moeilijk, omdat verschillende factoren de richtkarakteristiek ongunstig beïnvloeden. Aangezien de straling van verschillende VOR-stations elkaar niet mag storen wordt de frekwentietoewijzing een probleem. Er staat slechts een beperkte frekwentieband ter beschikking, die reikt van 112 tot 118 MHz.

HARCO is een variatie op het bekende DECCA-systeem. Omdat DECCA met een coördinatensysteem werkt, dat uit hyperbolen bestaat, is het niet mogelijk aan te geven in welke richting in een bepaald punt opgestuurd moet worden. Deze moeilijkheid wordt bij HARCO opgeheven, doordat een Omnitrac computer aan boord van het vliegtuig de "hyperboolcoördinaten" omzet in Cartetische en de vliegkoers automatisch wordt opgetekend met een koers-schrijver (Mark 3). De computer kan bovendien richting en afstand tot een willekeurig punt van het rechthoekig net berekenen, waardoor nauwkeurig positiemeldingen t.o.v. dit punt worden verkregen en nauwkeurig navigeren langs bepaalde routes mogelijk is.

Beide systemen worden verder ontwikkeld. Het VOR-systeem hoopt men met Doppler zodanig te verbeteren, dat de fout in het azimuth tot 0.5° wordt gereduceerd onder alle omstandigheden. Bij HARCO ontwikkelt men de Omnitrac II computer, die tevens gegevens aan boord, verkregen met Doppler navigatie- en andere systemen, bewerkt. EUROCONTROL zal de ontwikkeling van deze systemen op de voet volgen en zich bezighouden met veldproeven om daarna de ICAO te rapporteren. Het is aan de ICAO uit te maken welk systeem op "worldwide basis" zal worden ingevoerd.

Men hoopt, dat EUROCONTROL in januari 1964 de eisen zal kenbaar maken met betrekking tot de verkeersbeveiliging voor het supersonische verkeer.

Spreker vatte samen, dat de ontwikkeling van de luchtvaartnavigatie bij de vlieghavens zelf zich zal toespitsen op "all weather landing systems" en de bovengenoemde verbetering en automatisering van de radar verkeersbeveiliging.

Dr. E. KRAMER, Direktor Standard Elektrik, Lorentz A.G., Stuttgart :
"Allgemeine Rauminflüsse auf die verschiedenen Flug navigationsverfahren und ihre Berücksichtigung durch die Technik".

Na een overzicht te hebben gegeven van de frekwentie-economie sedert 1920, wordt uiteengezet welke fouten in de peilingen optreden. Deze worden o.a. veroorzaakt door interferentie van directe en b.v. door de ionosfeer afgebogen peilstralen. Blijft de coherentie van de golven bewaard, dan blijken de fouten veel groter te zijn dan tot nu toe werd aangenomen. Deze fouten zijn vooral aanzienlijk als de ionosfeer niet parallel is met het aardoppervlak. Dan treedt ook een fout in de peilrichting op. Een en ander hangt af van de werkzame reflectiefactor en de grootte van het reflecterende vlak t.o.v. de golflengte. Door ruimtelijke selectie en selectie in de tijd van de signalen (Loran C) kunnen langs verschillende richtingen invallende stralen gescheiden worden en de storingen worden geëlimineerd. Bij ultrakorte golven treedt weliswaar geen reflectie op aan de ionosfeer, maar dan worden reflecties aan objecten op het aardoppervlak, die groot zijn t.o.v. de golflengte, van belang.

Er werden foutenanalyses getoond voor een peilsysteem met grote- en kleine basisafstand tussen de bakens, in afhankelijkheid van de helling van de ionosfeer t.o.v. het middelloodvlak.

A.B. WINICK, Federal Aviation Agency, Washington :
"Synopsis of flight data and experience in operation obtained on the effect of ambient space effecting the functioning of air traffic control systems".

Er wordt een verslag gegeven van ervaringen met bepaalde in de USA gebruikte navigatiesystemen. De voornaamste invloeden zijn: sporadische E-refractie van de ionosfeer, reflectie-coëfficiënt van de aarde, absorptie door regen en effecten ten gevolge van sneeuw en ijs op antennesystemen.

Bij VOR zijn zeer weinig gevallen gerapporteerd, die door sporadische ionosfeer-reflecties te verklaren zijn. Als dit verschijnsel optreedt, dan wordt interferentie met een ander VOR-kanaal waargenomen. Dit is slechts in twee gevallen gerapporteerd. Fouten in de VOR-navigatie, veroorzaakt door abnormale veranderingen in de brekingsindex, zijn zorgvuldig onderzocht. Hierbij zijn hoekfouten van 0.46° gemeld. Deze hadden echter bij operationeel gebruik geen betekenis. De glideslope van de ILS (Instrument Landing System) is zeer gevoelig voor veranderingen van de dielectric constante van het aardoppervlak. Accumulatie van sneeuw (sneeuwstormen) leiden in de USA tijdelijk tot stopzetting van het ILS-systeem. Ontdekt is, dat de constructie van de monitor voor een groot deel aansprakelijk is voor de onstabieleit.

Voorts is het effect onderzocht van frontale storingen en regen op het Doppler-navigatiesysteem. De regenintensiteit en de Doppler-frekwentie bepalen het percentage van de energie, dat gereflecteerd wordt. De fout in de Doppler-aanwijzing is een functie van de vliegsnelheid en de snelheid van de frontale storing.

De fout in de hoogte bij radio-hoogtemeters tengevolge van temperatuurveranderingen in de atmosfeer is verwaarloosbaar t.o.v. de fouten van de

hoogtemeter zelf, maar de fout door een grote afwijking van de temperatuur t.o.v. de standaardcondities is aanzienlijk.

Dr. G. RÄNICKE, Technische Universität, Berlin : "Zur Systematik der barometrischen Höhenmessung".

In navigatorisch opzicht moet een drukhoogtebarometer twee aanwijzingen geven:

1. En route moet het instrument kunnen worden gebruikt voor verticale separatie-criteria.
2. Bij de landingsfase moet het instrument de hoogte weergeven boven het terrein (terrain clearance, height) of de hoogte boven zeeniveau (altitude).

Om aan beide eisen te voldoen is op de bestaande meters een mechanische inrichting aangebracht, waardoor de aflezing kan worden aangepast aan de eerste dan wel aan de tweede eis. Spreker toonde enkele ontwerpen van hoogtemeters, die gecalibreerd zijn naar luchtdrukwaarden en enkele mengvormen ("hybridische" hoogtemeters) waarbij zowel naar luchtdruk als geometrische hoogte is gecalibreerd.

Prof. Dr. REITER, Colorado State University : "Turbulenz im wolkenfreien Raum".

Bij horizontale vluchten spelen voornamelijk de volgende turbulentie-oorzaken een rol:

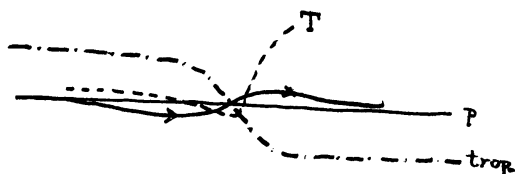
1. Convectieve bewegingen in onstabiele lucht.
2. Hydrodynamische turbulentie bij uitzonderlijk grote windschering.
3. Zwaartegolven aan grensvlakken.
4. Discontinuïteiten in de dichtheid en doorkruising hiervan door supersonische vliegtuigen.

In de stratosfeer, speciaal boven straalstromen, schijnt de turbulentie-oorzaak onder punt 3 van belang te zijn.

CAT (Clear Air Turbulence) treedt vooral op aan de cyclonale resp. anti-cyclonale zijde van een delta alsmede aan de ingang van een delta. Er werd een doorsnede getoond, waarin lijnen van gelijke frekwentie van gerapporteerde CAT voorkomen t.o.v. de as van de straalstroom. De maximale frekwentie komt voor onder de equatoriale tropopause rechts boven de as van de straalstroom. Zeer veel gevallen van CAT zijn waargenomen in de confluëntiezone van arctische en equatoriale lucht. Ook geldt als regel dat CAT gaat optreden, als bij een isobarische vlucht in de troposfeer de tropopause wordt bereikt. Bij metingen met raketten is ook gebleken, dat de CAT in het gebied van de straalstroom het grootst is.

W. PARTL, Flugkapitän Deutsche Lufthansa : "Praktische Erfahrungen bei Nordatlantikflügen in Höhe der Tropopause".

Bij vluchten met de Boeing 707 wordt op de "Atlantic" uiteraard het tropopauseniveau meermalen gepasseerd. Bij een isobarische vlucht geeft de radiohoogtemeter aan hoe het drukvlak in hoogte varieert (D-waarde kromme). Aangezien in de troposfeer de temperatuur daalt bij een dalend drukvlak en iets stijgt in de stratosfeer, geeft het temperatuurverloop een aanwijzing, dat de tropopause wordt doorkruist. Bij het isobarisch temperatuurminimum langs de route wordt meestal CAT waargenomen.



Na de CAT stijgt de temperatuur plotseling iets, dan bevindt men zich in de stratosfeer. Condensatiestrepen worden korter en overdag worden sterren zichtbaar. Gewoonlijk gaat het passeren van de tropopause met een verandering van de winddrift gepaard, die uit de Dopplerradar kan worden afgeleid. Men kan van de temperatuur en de Dopplerradar gebruikmaken om de CAT-gebieden door een geschikte manoeuvre te vermijden, zoals in de schets hiernaast is aangegeven.

Dr. H.J. TANCK

"Beiträge der zivilen Luftfahrt zur Datensammlung für flugnavigatorische und meteorologische Analysen".

Spreker wijst op het belang van de registrering van de vluchtparameters aan boord van het vliegtuig. Een werkgroep van de Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation houdt zich hiermee bezig. De ontwikkeling van de registrering aan boord van een vliegtuig zal in de toekomst gericht moeten worden op het direct zichtbaar maken van de verschillende parameters, waardoor de gezagvoerder tijdig beslissingen kan nemen om de geplande koers aan te houden of de vliegweg optimaler te maken. Daarbij is automatisering gewenst. De geregistreeerde gegevens van de flight recorder moeten automatisch nog gedurende de vlucht opgevraagd kunnen worden ten behoeve van de ATS en ten behoeve van een snelle bewerking van de meteorologische informatie bij de meteorologische dienst. Automatische registrering wordt vooral van betekenis bij het supersone verkeer.

G. DUENSING, Deutsche Lufthansa A.G., Hamburg : "Erste Erfahrungen mit Datenregistrierung auf Flügen der B 707 über dem Nordatlantik in den Jahren 1962/63".

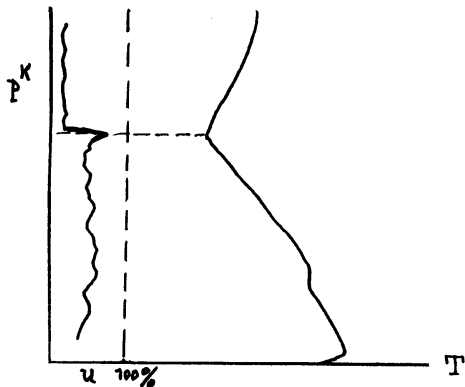
Er werd op een aantal vluchten een flight recorder meegevoerd (SFIM), die 7 gegevens optekende, nl. temperatuur, grondsnelheid, drifthoek, koers, vliegsnelheid, drukhoogte en verticale versnelling.

Voor de temperatuuraflezing werd een Rosemount-thermometer geïnstalleerd rechts vóór de cockpit. Deze thermometer paart gevoeligheid aan nauwkeurigheid. De navigatiegegevens werden ontleend aan de Dopplerradar. De versnelling werd gemeten met een accelerometer, opgesteld bij het zwaartepunt van het vliegtuig. De signalen werden langs elektrische weg toegevoerd naar de recorder, waarin een spiegelgalvanometer de gegevens vastlegt op fotografisch papier. De verzamelde parameters werden vergeleken met die, welke door de bemanning in het logboek werden bijgehouden. De overeenstemming was goed. Na afloop van de vluchten werden de gegevens gebruikt om de gevlogen koers na te rekenen en verticale doorsneden te tekenen, tezamen met radiosondemateriaal. Een paar doorsneden werden getoond. Bij het passeren van de tropopause werden bij isobarische vluchten temperatuurveranderingen gemeten van 10°C . Bijna altijd ging het doorkruisen van de tropopause met CAT gepaard (0.2 - 0.3 g).

Prof. Dr. SCHERHAG, Freie Universität, Berlin : "Meteorologische Grundlagen des Überschallflugverkehrs".

Prof. Scherhag deelde mee, dat tegenwoordig op Tempelhof in de Amerikaanse sonde een carbon-hygrometer wordt gebruikt. De traagheid van deze

sensor bedraagt slechts enkele seconden. Dit werd geïllustreerd aan het voorbeeld van een radiosondeopstijging, waarbij even voordat de relatieve



vochtigheid bij de tropopouse terugvalt op een lage waarde, nog een kleine verhoging is te zien (zie fig.).

Spreker stelt, dat de vochtigheidsmeting vooral in de bovenste lagen van de troposfeer en de onderste lagen van de stratosfeer verbeterd moet worden. Dit wordt gemotiveerd door erop te wijzen, dat in het supersone verkeer bij hoge troposfeer-temperaturen de geluidsbarrière moeilijk te doorbreken is, zodat een groot deel van de klim of daling zich in de troposfeer afspeelt. De hoge supersone snelheden zullen dan nog in de troposfeer bereikt worden. Dan kunnen

het vliegtuig treffende ijskristallen het drukeffect hebben van een schot hagel. Mach 3 kan in de troposfeer alleen worden bereikt als op de kritieke hoogte geen condensatie optreedt.

Terwijl in de buurt van de tropopouse windsnelheden kunnen voorkomen van bijna 700 km per uur - in Japan zijn deze reeds gemeten - neemt de snelheid in de onderste lagen van de stratosfeer tot een fractie van de vliegsnelheid af. Op kruishoogte is de windsnelheid bij het supersone verkeer dan ook van weinig belang. Daarentegen worden wel de dichtheidsverschillen van betekenis. Bij het gewone straalverkeer kunnen deze dichtheidsverschillen worden verwaarloosd. Op 9 km hoogte b.v. bedragen deze op het noordelijk halfrond tussen de pool en Zuidoost-Azië gemiddeld in juli niet meer dan 3% en ook in januari nauwelijks meer dan 5% van de standaardwaarden. Op 16 km hoogte echter vertoont de dichtheid tussen pool en tropen zowel in de winter als in de zomer anomalieën van meer dan 25% t.o.v. de ARDC-standaardwaarde en op nog grotere hoogte zijn de verschillen nog groter.

Zo werd de afgelopen winter bij de grootste tot nu toe waargenomen stratosferische verwarming op 21 januari 1963 op 30 km hoogte tussen IJsland en New Foundland een bijna dubbel zo grote dichtheid waargenomen als in een punt slechts 3500 km hiervan verwijderd, iets ten noordwesten van de Hudsonbaai. Hierbij vertoonde het 10-mb-vlak een verval van 4000 voet en de temperatuur steeg daar in enkele dagen tot bijna 0 °C. De grote druk-, dichtheids- en temperatuurverschillen waren in Straat Davis gekoppeld met straalstroomsnelheden van 600 km per uur. Bij de stratosfeerverwarming verplaatste zich het temperatuurveld tegen de stroming in naar het westen. De lokale adiabatische verwarming zou met verticale daalsnelheden van 30 cm/sec gepaard gaan. In die tijd bevond er zich boven de pool een hogedrukgebied, in tegenstelling dus met de normale toestand, waarbij in de winter de druk boven de polen laag is. In dit verband wees spreker op het verschijnsel, dat elk jaar in januari korte perioden plegen voor te komen met oostelijke wind. De stratosferische verwarming kan bijna 60° bedragen in 20 dagen.

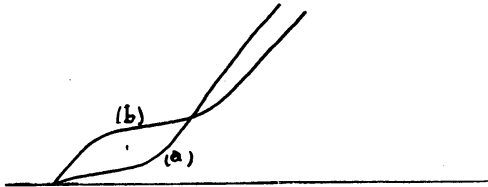
De aerologische gegevens boven 16 km worden nog niet algemeen verbreid. Het materiaal, waardoor in Berlijn 30 en 10 mb-kaarten kunnen worden getekend, wordt voor een groot deel per post ontvangen. In de nabije toekomst zullen de aerologische kaarten machinaal worden getekend.

W.L. POLHEMUS, Major USAF, University of Michigan : "Navigation problems in the supersonic air transport aircraft".

Deze piloot heeft veel ervaring opgedaan tijdens vluchten met de Mach 2 Boeing B 58 bommenwerper. Hij heeft 6 records op zijn naam, waaronder Washington-Parijs in 3 uur 19 minuten. (Gemiddelde snelheid 1778 km/u).

Er moeten nog grote hindernissen worden overwonnen bij de ontwikkeling van supersone vliegtuigen. De belangrijkste problemen betreffen de "fuel optimalization" en de "sonic boom minimalization". Ook moeten ATS-navigatie- en communicatieproblemen nog doeltreffend worden opgelost. Automatisering is daarbij wel niet te vermijden. De B 58 stijgt in de supersone fase tot ongeveer 40000 voet, voor Mach 1 wordt bereikt. Daarna volgt een climb acceleration fase tot 50 à 60000 voet, waarbij Mach 1.5 wordt overschreden. De kruisvlucht geschiedt bij ongeveer Mach 2 volgens het cruise climb constant Mach systeem. In de supersone fase is het brandstofverbruik van de orde van 40000 lbs/hr. De acceleratie klimfase is sterk afhankelijk van de temperatuur van de omringende lucht. Uiteraard is ook het brandstofverbruik sterk van de temperatuur afhankelijk. Er werd een grafiek getoond met een klim-manoeuvre, zoals uitgevoerd bij een proefvlucht (curve a in de figuur). Deze had volgens de werkelijk opgetreden temperatuurverdeling moeten

worden uitgevoerd volgens curve b. Door de foutieve manoeuvre trad een verlies aan brandstof op van 10%. De flexibiliteit in de klim-acceleratie-fase vereist veel air space. Dit is een punt waarmee de ATS rekening zal moeten houden.



Zeër hinderlijk bij het sonic boom verschijnsel is het brandkromme-effect (focussing effect). Onder bepaalde condities, afhankelijk van windsnelheid, bearing en Mach-getal, zullen de Mach-fronten naar elkaar convergeren en een

omhullende vormen. Waar deze omhullende (brandkromme) de bodem treft, treedt een extra overdruk-effect op.

Opm.: De Mach-kegel kan aan de grond 150 km breed zijn. Zelfs als het toestel op 70000 voet hoogte vliegt bij een totaalgewicht van 400.000 lbs kan, gemiddeld, een overdruk van 1,55 lbs/squ ft optreden. Geschat wordt, dat 1% van de vluchten een overdruk van 2,7 lbs/squ ft en 10% van de vluchten een overdruk van 2,2 lbs/squ ft bewerkstelligt. Bij een overdruk van 1,5 lbs/squ ft breken ruiten. Een overdruk van 1 lbs/squ ft geeft de gewaarwording van een donderslag. 0,2 tot 0,3 lbs/squ ft wordt als grens gesteld voor een ongestoorde nachtrust! Dit is de reden waarom de B 58 in zoveel steden gemeden wordt.

Het focussing effect komt vooral voor bij vluchten dicht bij een straalstroom. Bij de landing kan het effect afhangen van de richting waarin de deceleratie plaatsheeft.

Hoewel de wind bij een lang traject weinig invloed heeft op de vliegtijd, veroorzaakt een 100 knots tegenwind een vliegtijdvergroting van ongeveer 5 minuten. Dit tijdverlies is toch nog belangrijk voor de fuel economie. De invloed van de temperatuur is te stellen op: 1 °C temperatuur equivalent met 3,3 knopen windsnelheid. Het brandstofprobleem eist een nauwkeurige 3-dimensionale analyse van wind en temperatuur. Ook is een continue visuele presentatie van deze gegevens aan boord nodig om correcties toe te passen.

Bij de landing in de deceleratiefase wordt in ongeveer 2 minuten de snelheid teruggebracht van Mach 2 tot Mach 0,9 tussen 80.000 voet en 37-39.000 voet. Dan treedt een versnelling op van 0,35 g. De tolerantie is ongeveer 0,31 g. Bij een duik van 35° is het psychologisch effect, omschreven als "tilt cabin floor", bedenkelijk. Men vergelijk dit met getallen als 0,13 g gedurende 16 seconden bij de take-off en 0,15 g gedurende 30 seconden bij de landing van een Boeing 707.

J.O. BLATT, Director Federal Aviation Agency :
"Future problems of air navigation".

In 1960 werd in de USA het verlies ten gevolge van vertragingen, reparatie, uitwijken, oneconomisch vliegen, enz. op 55 miljoen dollar geraamd. Voor een groot deel is dit toe te schrijven aan weersinvloeden. Daarom moet worden gestreefd naar ontwikkeling van "all weather navigation control", "modifying weather" en verbetering van de weersverwachtingen.

Er worden o.a. analyses gemaakt van de minimum flight path en deze worden vergeleken met vluchten langs andere routes. De FAA werkt nauw samen met de NASA bij flight simulation projects ten behoeve van het supersone verkeer. Er werd een film vertoond van een mistkamer, waarin de omstandigheden bij mistlanding worden nagebootst. In een grote hal is tegen het plafond een rail aangebracht, die een weinig helt. Langs deze rail beweegt een vliegtuigcabine. In de bodem zijn allerlei landingslichten, drempel-, baan- en naderingslichten gemonteerd. Daarna wordt met stoom mist geproduceerd en worden met een zekere verkleiningsfactor de approach en landing bij allerlei slecht-zicht situaties bestudeerd.

Diversen

Buiten de onderwerpen, waarvan boven een summier overzicht werd gegeven, kwamen onderwerpen ter sprake, waarvan nog enkele interessante punten worden weergegeven aan de hand van korte inhoudsopgaven van de lezingen.

De frekwentieband voor overdracht van gegevens is de laatste tijd tot in het optische gebied uitgebreid dank zij de moleculaire versterkers (lasers). Bekend zijn de gaslasers (b.v. Neon Helium) en de robijnlasers. Prof. Slater van het Telefunken Forschungs-Institut meent, dat (coherente) zeer energiedichte laser-lichtstralen gemakkelijk door mist heendringen en zelfs mistdruppeltjes gedeeltelijk doen oplossen. Door modulatie van de lasergolven komen nieuwe communicatie- en navigatiemiddelen ter beschikking. Het is reeds gelukt een telefoonverbinding over 16 km tot stand te brengen met gemoduleerde gaslasergolven, die bij alle weersgesteldheden werkzaam bleek. De nieuwe techniek opent grote perspectieven bij take-off en landing.

Metingen met raketten geschieden tegenwoordig meestal nadat een sonde geëjecteerd is in de top van de raketbaan. De sonde daalt daarna aan een parachute. Om die reden is een elektronische bewerking van de peilgegevens noodzakelijk. Er werden verschillende systemen van peilinrichtingen behandeld. Primaire en secundaire radar hebben elk voor- en nadelen. Bij de secundaire radar is het vereiste zendervermogen gering, omdat een transponder wordt gebruikt. Een andere methode bestaat uit het peilen van de sonde met een Doppler-systeem. Er zijn in de zender-ontvanger 30 dipolen in een rozet aangebracht. De dipolen worden na elkaar ingeschakeld, waardoor een cirkelvormige antennebeweging wordt gesimuleerd. De relatieve fase van het na demodulatie verkregen laag-frekventie-signaal hangt van het azimuth af. De grootte van de frekwentieverschuiving is een maat voor de elevatiehoek. De afstand wordt uit de looptijd berekend. Nog een ander systeem berust op het conisch scannen van de sonde, zoals bij moderne weerradars.

Radar in gebruik bij de ATS ondervindt hinder van echo's van wolken en neerslag. Verder treden storingen op door anomale refractie. Om de echo's van wolken en neerslag te onderdrukken past men circulair gepolariseerde golven toe. Aangezien metalen objecten een andere reflectie-coëfficiënt hebben dan wolken en neerslag, kunnen de echosignalen in de ontvanger worden gescheiden resp. onderdrukt. Een en ander hangt af van de "circulariteit" van de uitgezondengolven. Hoe beter de circulariteit, des te beter de onderdrukking van ongewenste echo's. Anomale voortplanting treedt in Duitsland vooral bij München op. Bij Föhnweer worden voorwerpen achter de radarhorizon plotseling afgebeeld om even snel weer te verdwijnen.