

*verslag over
het jaar
1967*

stichting nationaal
lucht- en ruimtevaartlaboratorium

Verslag over het jaar 1967

Stichting nationaal
lucht- en ruimtevaartlaboratorium

Wetenschappelijke commissie nlr-niv

Nederlandse delegatie bij agard

Inhoudsopgave

STICHTING NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM

Algemene Beschouwingen

<i>Bestuur van de stichting</i>	5
<i>Algemene zaken van de stichting</i>	7
<i>Financiële aangelegenheden van de stichting</i>	10
<i>Organisatie en personeel van het laboratorium</i>	14
<i>Uitrusting</i>	19
<i>Nationale opdrachten en activiteiten</i>	20
<i>Internationale samenwerking en contacten</i>	22
<i>Bijdragen aan vakpers, congressen, e.d.</i>	25

Wetenschappelijk onderzoek

<i>Capita Selecta</i>	27
<i>- Sterkte- en vermoeiingsbeproeving t.b.v. de Fokker F28</i>	27
<i>- Theoretisch onderzoek van transsonische stromingen</i>	29
<i>Stromingen, verbranding en voortstuwing</i>	36
<i>Constructies en materialen</i>	40
<i>Vliegmechanica en vliegtuiggebruik</i>	43
<i>Ruimtevaart</i>	47

Technische outillage

<i>Voor stromingsonderzoek</i>	51
<i>Voor verbrandings- en voortstuwingsonderzoek</i>	53
<i>Voor onderzoek op het gebied van constructies en materialen</i>	54
<i>Voor vliegmechanisch onderzoek</i>	54
<i>Voor ruimtevaartonderzoek</i>	57

WETENSCHAPPELIJKE COMMISSIE NLR-NIV	58
-------------------------------------	----

NEDERLANDSE DELEGATIE BIJ DE AGARD	61
------------------------------------	----

LIJST VAN NLR-PUBLIKATIES	69
---------------------------	----

LIJST VAN AFKORTINGEN	71
-----------------------	----

SUMMARIES	73
-----------	----

Bureau van het bestuur van de stichting
nationaal lucht- en ruimtevaartlaboratorium
Kluyverweg 1, postbus 126, Delft
Telefoon (01730) 22680

Laboratorium te Amsterdam
Sloterweg 145, Amsterdam (17)
Telefoon (020) 158888 – telex 11118
Telegram-adres: Windtunnel Amsterdam

Vestiging „De Vrije Vlucht” in de Noordoostpolder
Voorsterweg 31, post Emmeloord, NOP
Telefoon (05274) 1341 – telex 14134

Stichting nationaal lucht- en ruimtevaartlaboratorium

Algemene beschouwingen

BESTUUR VAN DE STICHTING

Dr. L. Neher, die van eind 1950 tot 1 juni 1958 als lid van het bestuur met grote wijsheid en bekwaamheid het beleid van de stichting mede heeft beïnvloed, overleed tot groot leedwezen van het bestuur op 22 augustus 1967. Aan dr. Neher, die in stilte werd begraven, is de stichting grote erkentelijkheid verschuldigd, mede voor zijn werkzaamheden als vertegenwoordiger van het NLR-bestuur in het bestuur van het pensioenfonds. Dr. Neher is ook enige jaren lid van het NIV-bestuur geweest.

Eveneens met groot leedwezen nam het bestuur kennis van het overlijden op 3 september 1967 van lt. gen. W. J. Reynierse, die van 1 augustus 1957 tot 1 augustus 1959 zitting heeft gehad in het bestuur en daarbij met grote bekwaamheid en scherp inzicht bijdragen heeft geleverd ter bevordering van eigen nederlandse activiteiten t.a.v. de vliegtuig-industrie en de research in Nederland. In genoemde periode was gen. Reynierse tevens lid van het NIV-bestuur.

Dr. J. H. Greidanus, wiens zittingstermijn ultimo 1966 was afgelopen, werd m.i.v. 1 januari 1967 als bestuurslid van het NLR herbenoemd.

Aan prof. dr. ir. H. J. van der Maas is met ingang van 1 februari 1967 ontslag verleend bij de technische hogeschool te Delft. Afscheidscollege en receptie werden door het bestuur bijgewoond. Tijdens deze bijeenkomst werd de scheidende hoogleraar benoemd tot commandeur in de orde van Oranje Nassau.

Zoals in het verslag over 1966 vermeld, heeft luitenant-generaal H. Schaper sinds 22 juni 1966 geen deel meer uitgemaakt van het bestuur. M.i.v. 1 juli 1967 heeft generaal Schaper daarin wederom voor 4 jaar zitting genomen.

De heer C. Wijdooge beëindigde zijn werkzaamheden voor het pensioenfondsbestuur, waarin hij, zoals reeds in het verslag over 1966

werd opgemerkt, op uitnemende wijze medewerking heeft verleend. Enkele maanden tevoren, nl. op 22 februari, ging het voorzitterschap van het pensioenfondsbestuur over in handen van dr. Bast.

Aan laatstgenoemd bestuurslid werd door de technische hogeschool te Delft ter gelegenheid van haar 125e dies natalis het doctoraat in de technische wetenschappen honoris causa verleend wegens zijn verdiensten voor de transmissie van informatie, in het bijzonder op het gebied van de draaggolftelefonie. Dr. Bast was helaas gedurende het laatste deel van het verslagjaar door ziekte verhinderd de vergaderingen van het NLR-bestuur en van het pensioenfondsbestuur bij te wonen. Bij zijn pensionering als directeur-generaal der PTT in 1968 heeft dr. Bast zijn functies in beide besturen, waarin hij op voortreffelijke en algemeen gewaardeerde wijze aan het beleid heeft bijgedragen, neergelegd.

De heer N. G. J. W. van Marle, die van 1 mei 1964 tot 19 november 1965 voor het ministerie van defensie (kon. marine) en van 1 januari 1966 af namens Aviолanda veel aan het bestuursbeleid heeft bijgedragen heeft zich met ingang van 1 januari 1968 in verband met de opname van dit bedrijf in het Fokker-concern uit het NLR-bestuur teruggetrokken.

Luitenant-generaal A. L. Cox werd als directeur materieel luchtmacht en m.i.v. 15 december 1967 eveneens als lid van het NLR-bestuur opgevolgd door gen. maj. G. W. de Zwaan. De stichting is gen. Cox grote dank verschuldigd voor de belangrijke bijdragen die hij sinds zijn benoeming per 1 april 1965 aan haar beleid heeft gegeven.

Aan het eind van het verslagjaar was het bestuur van de stichting nationaal lucht- en ruimtevaartlaboratorium (NLR) als volgt samengesteld:

prof. dr. ir. H. J. van der Maas, lid-voorzitter, benoemd door de ministers van verkeer en waterstaat, van defensie, van economische zaken, van onderwijs en wetenschappen en van financiën;

W. Stadermann, lid, benoemd door de minister van verkeer en waterstaat voor de rijksluchtvaartdienst;

dr. ir. G. H. Bast, lid, benoemd door de minister van verkeer en waterstaat voor de PTT;

gen. maj. G. W. de Zwaan, lid, benoemd door de minister van defensie voor de koninklijke luchtmacht;

ktz(T) J. B. van den Berg, lid, benoemd door de minister van defensie voor de koninklijke marine;

drs. H. P. Jongma, lid, benoemd door de minister van economische zaken;

drs. Th. A. M. Thomassen, lid, benoemd door de minister van financiën;
dr. J. H. Greidanus, lid, benoemd door de nv koninklijke nederlandse vliegtuigenfabriek Fokker;
N. G. J. W. van Marle, lid, benoemd door de maatschappij voor vliegtuigbouw Aviолanda nv;
mr. G. W. van Hasselt, lid, benoemd door de koninklijke luchtvaart maatschappij;
dr. H. H. Mooij, lid, benoemd door de nijverheidsorganisatie TNO;
lt. gen. H. Schaper, lid, benoemd door de koninklijke nederlandse vereniging voor luchtvaart.

Het bestuur vergaderde in het verslagjaar op 22 februari, 14 juni, 29 september en 9 november.

De vergaderingen werden bijgewoond door prof. dr. ir. W. T. Koiter in zijn hoedanigheid van voorzitter van de wetenschappelijke commissie NLR - NIV.

De heer A. H. Geudeker stond het bestuur in het verslagjaar wederom als technisch medewerker terzijde.

Mr. H. Vermeulen trad op als secretaris-penningmeester.

Het bestuursbureau was gevestigd in het gebouw van de onderafdeling vliegtuigbouwkunde van de TH Delft, Kluyverweg 1.

ALGEMENE ZAKEN VAN DE STICHTING

In het verslagjaar mocht de stichting zich wederom verheugen in velerlei steun en medewerking van overheidszijde en in een goede samenwerking met het nederlandse instituut voor vliegtuigontwikkeling (NIV), de nederlandse vliegtuigindustrie en de vliegtuiggebruikers. Ook in 1967 heeft het NLR mogen bijdragen aan de oplossing van technische en operationele problemen van de koninklijke luchtmacht. Met tal van overheidsdiensten bestond evenals vorige jaren een uitstekende samenwerking, hetgeen door het bestuur op hoge prijs werd gesteld. In dit verband moge deze keer een tweetal instellingen met name worden vermeld, nl. het rijksinkoopbureau (RIB) en de rijkskan-toormachine centrale (RKMC).

Met de AICMA (association internationale des constructeurs de matériel aérospatial) werd overeenstemming bereikt over de regeling van de hernieuwde samenwerking. De samenwerking met Duitsland en het

Verenigd Koninkrijk op speurwerkgebied werd waar mogelijk bevorderd. Zulks zowel in verband met de civiele luchtvaart, met name het Airbus-project, als met de militaire.

Op 6 oktober ontvingen voorzitter en directie zijne excellentie A. E. M. Duynstee, de staatssecretaris van defensie voor de koninklijke luchtmacht voor een bezoek aan de laboratoria te Amsterdam en de Noord-oostpolder. Luitenant-generaal A. L. Cox was daarbij aanwezig.

Op 24 oktober werd door voorzitter en directie een internationaal gezelschap van europese deskundigen op technologisch gebied ontvangen waarbij op verzoek van genoemde staatssecretaris van de zijde der vliegtuigindustrie en van de zijde van NIV en NLR uiteenzettingen werden gegeven. Ook ir. H. Vos, lid van de eerste kamer, woonde de bijeenkomst bij.

De voorzitter ontving in het begin van het verslagjaar de heer L. E. Nordström, verbonden aan het koninklijk technologisch instituut te Stockholm, in diens kwaliteit van lid van een zweedse staatscommissie. Op verzoek van de heer Nordström werden inlichtingen verstrekt omtrent de organisatie en de huidige situatie van het luchtvaartspeurwerk in Nederland.

Over de zo belangrijke internationale samenwerking in de sfeer van de AGARD en over die in ELDO-verband worden elders in dit verslag bijzonderheden medegedeeld.

Bij het bestuursbeleid en het geregelde overleg tussen bestuur en directie had het nastreven van een op de toekomst gerichte harmonie tussen aard en omvang van het in opdracht uitgevoerde werk en anderzijds het belang van in eigen beheer uitgevoerd speurwerk en van de ontwikkeling van apparatuur wederom de voortdurende aandacht. De orderportefeuille overtrof enigermate de verwachtingen. De zuigkracht, die het buitenland op nederlandse jonge technici uitoefent, veroorzaakte dat in een tekort aan bepaalde categorieën van deskundigen onvoldoende kon worden voorzien. Door deze oorzaken werd de technische voorbereiding van mede met het oog op toekomstige opdrachten noodzakelijke investeringen enigszins geremd. Ook werd daardoor de ontplooiing van de activiteiten in eigen beheer in sterkere mate beperkt dan althans op den duur verantwoord zou zijn, wil het laboratorium ook in de toekomst genoegzaam paraat zijn zowel voor het aantrekken en uitvoeren van opdrachten als voor het uitvoeren van in eigen beheer ondernomen, met name op ontwikkeling gericht speurwerk. Het bestuur heeft veel waardering voor de wijze waarop de directie en haar mede-

werkers zich in deze situatie van hun taak gekwetten hebben. Behalve aan de algemene beleidslijnen t.a.v. opdrachten en werk in eigen beheer en aan financiële aangelegenheden, externe relaties, personeelsbeleid, aanschaffing van apparatuur en instrumentatie, verbeteringen aan gebouwen en installaties en de overbrenging van laboratoriumgedeelten naar de Noordoostpolder, werd aandacht besteed aan de verbetering van de interne organisatie. Vooral omtrent de door de organisatiesdeskundige mr. H. Luyk aanbevolen bundeling van afdelingen en de herziening van het interne procedure-netwerk werd voeling gehouden tussen bestuur en directie. Genoemde bundeling van afdelingen kreeg, zoals op de bladzijden 14 e.v. nader wordt uiteengezet, in 1967 bij de invoering van een nieuw organisatieschema haar beslag.

De herziening van het pensioenreglement kon nog niet worden verwezenlijkt o.m. wegens de noodzaak van nieuwe actuariële berekeningen.

De studies ter voorbereiding van een project voor een moderne lagesnelheid tunnel werden voortgezet. Voor de activiteiten op het gebied der ruimtetechnologie, waaronder die in ELDO-verband, voor het onderzoek met vliegende modellen en voor het geleide sonde project, moge naar de desbetreffende hoofdstukken worden verwezen.

Het centraal dienstengebouw in de Noordoostpolder kwam gereed. Voorzover de werkzaamheden van het NLR in de NOP zulks toelieten, werd gedurende 1967 wederom gestreefd naar het verkrijgen van opbrengsten uit verpachting van gronden en verhuring van de jacht.

De wetenschappelijke commissie NLR-NIV verleende wederom haar zeer gewaardeerde medewerking door haar adviezen. De werkzaamheden van deze commissie en haar subcommissies, waaromtrent in een afzonderlijk hoofdstuk bijzonderheden worden meegedeeld, zijn van groot belang voor het wetenschappelijk niveau van de activiteiten van het NLR. De voorzitter van de wetenschappelijke commissie prof. dr. ir. W. T. Koiter werd door de besturen van NLR en NIV m.i.v. 1 oktober 1967 voor een jaar als zodanig herbenoemd. Prof. ir. P. Jongenburger werd door het NLR-bestuur, m.i.v. dezelfde datum, voor de reglementaire termijn van 4 jaar als lid der commissie herbenoemd.

Gen. maj. ir. C. W. A. Oyens eveneens door het NLR-bestuur als lid der commissie benoemd, trad als zodanig af en werd in die hoedanigheid opgevolgd door commodore ir. C. Plooy. Het bestuur is gen. Oyens erkentelijk voor de door hem verrichte werkzaamheden en is verheugd over het feit, dat prof. Koiter, prof. Jongenburger en commodore Plooy bereid werden gevonden hun benoeming te aanvaarden.

Prof. dr. ir. A. van der Neut trad ook in 1967 wederom op als adviseur van het stichtingsbestuur.

De directie van het laboratorium werd evenals het voorafgaande jaar bijgestaan door prof. dr. E. van Spiegel, prof. dr. ir. A. J. van de Vooren, prof. dr. ir. O. H. Gerlach en prof. dr. ir. P. J. Zandbergen als haar adviseurs.

Het bestuur stelt het op prijs op deze plaats van zijn waardering te doen blijken, die ook de adviseurs van bestuur en directie voor hun arbeid toekomt.

FINANCIËLE AANGELEGENHEDEN VAN DE STICHTING

In de vergadering van 22 februari stelde het bestuur de herziene begroting voor 1967 vast. Het benodigde subsidie voor de exploitatie-uitgaven werd conform het in de rijksbegroting uitgetrokken bedrag vastgesteld op f. 6.000.000,— en het budget voor investeringen in vaste activa f. 6.700.000,—. De invloed van de loonmaatregelen op het voor 1967 benodigde exploitatiesubsidie werd geraamd op f. 397.000,—.

In dezelfde vergadering stelde het bestuur de ontwerp-begroting voor 1968 vast.

In de vergadering van 14 juni behandelde het bestuur de financiële jaarstukken van de stichting over 1966. Deze jaarstukken werden door de centrale accountantsdienst gecontroleerd en akkoord bevonden. In voren genoemde vergadering keurde het bestuur tevens een herziene kapitaalsbegroting voor 1967 goed, sluitende met een te investeren bedrag van f. 6.225.000,—.

Voor de financiële resultaten van 1967 moge worden verwezen naar de hierachter weergegeven gecomprimeerde resultatenrekening. In het verslagjaar werd op investeringen een bedrag betaald van f. 6.174.000,—.

Gecomprimeerde resultatenrekening 1967

Gecomprimeerde resultatenrekening 1967

Kosten van de voor rekening van derden uitgevoerde researchwerkzaamheden		f. 11.070.900,—
Kosten van de voor eigen rekening uitgevoerde werkzaamheden:		
Speurwerkonderzoekingen	f. 2.361.600,—	
Research en ontwikkeling m.h.o. op de uitrusting van het laboratorium	f. 2.824.400,—	
Ruimtevaart	f. 241.000,—	
Wetenschappelijke diensten	f. 206.900,—	
		<u>f. 5.633.900,—</u>
		f. 16.704.800,—

Inkomsten uit de voor rekening van derden uitgevoerde researchwerkzaamheden	f. 11.070.900,—
Overschot op de doorberekende indirecte kosten	f. 74.300,—
Bijdragen van deelnemers	f. 230.100,—
Rijkssubsidie	f. 5.329.500,—
	f. 16.704.800,—

ORGANISATIE EN PERSONEEL VAN HET LABORATORIUM

In zijn vergadering van 21 december 1966 besloot het bestuur van de stichting NLR—zoals reeds in het verslag van 1966 vermeld—de dagelijkse leiding van het laboratorium per 1 januari 1967 toe te vertrouwen aan een drie leden tellende directie bestaande uit:

ir. A. J. Marx — *algemeen directeur*

ir. J. Boel — *adjunct-directeur*

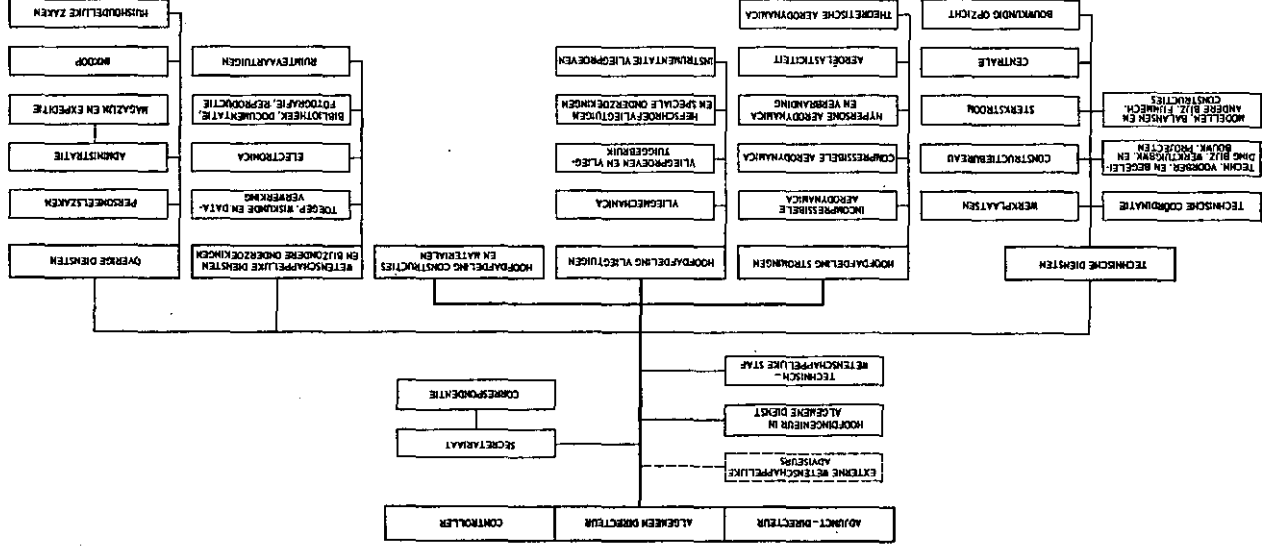
J. C. Viveen — *controller*

De in de laatste jaren gebleken noodzaak om het aantal van de onder directe leiding van de directie staande afdelingen te beperken door groepswijze bundeling van afdelingen met verwante werkgebieden—waarmede tevens de gewenste betere onderlinge coördinatie van de desbetreffende activiteiten wordt bewerkstelligd—heeft geleid tot een in de loop van 1967 doorgevoerde interne reorganisatie welke per 1 oktober haar beslag kreeg.

De organisatievorm die daaruit is voortgevloeid is weergegeven in het bijgevoegde organisatieschema. Zoals blijkt zijn de afdelingen, voorheen genaamd secties en diensten, werkende op de drie essentiële vakgebieden, nl. stromingen, vliegtuigen (als geheel) en constructies en materialen, gebundeld in drie corresponderende hoofdafdelingen, ieder onder een eigen leider. De afdelingen, waarvan de werkzaamheden in hoofdzaak als dienstverlening aan het onderzoek op genoemde vakgebieden kunnen worden beschouwd, zijn samengevoegd in drie afdelingengroepen, t.w. wetenschappelijke diensten, technische diensten, en overige diensten, eveneens ieder onder een eigen leider. Bij de groep wetenschappelijke diensten is mede ondergebracht de afdeling ruimtevaartuigen, voor die werkzaamheden op het gebied van de ruimtetehnologie, die wegens hun karakter bij voorkeur niet dienen te worden ondergebracht bij de hoofdafdelingen. De omvang en aard van de werkzaamheden van de hoofdafdeling constructies en materialen is voorlopig nog van dien aard dat een onderverdeling in afdelingen niet verantwoord wordt geacht.

Voor de taak van de behartiging van de algemene zaken en de leiding van de hoofdafdelingen en de afdelingengroepen wordt de directie bijgestaan door een hoofdingenieur in algemene dienst, een beperkte technische staf (welke aan het einde van het verslagjaar nog niet was gevormd) en het directiesecretariaat, alsmede, als voorheen, door enige externe wetenschappelijke adviseurs vermeld in het schema op pag. 15.

In het kader van de hierboven beschreven interne reorganisatie moge hier, in afwijking van de in vorige jaarverslagen gevolgde traditie, voor opsomming van het aanwezige wetenschappelijke en/of leidinggevende



N.B. M.i.v. april 1968 is aan de hoofdafdeling Strömungen een nieuwe afdeling „Windtunnelinstrumentatie“ toegevoegd.

personeel aan het einde van het verslagjaar, volstaan worden met de vermelding van de namen van de leiders van hoofdafdelingen afdelingsgroepen, zonder dat daaraan ook maar enige betekenis mag worden

NLR-personeelsformatie
tussen haakjes de overeenkomstige cijfers van ultimo 1966.

Indeling	Academici en daarmee gelijk- gesteld	Hogere technici en daarmee gelijk- gesteld	Overige personeelsleden		Totaal
			Lagere technici	Niet technici	
Directie	4 (4)	2 (2)	—	—	6 (6)
<i>Groep stromingen, ver- branding en voortstuwing</i>					
secties -aërodynamica	12 (11)	6 (6)	11 (11)	—	29 (28)
-verbranding	4 (3)	2 (2)	7 (7)	—	13 (12)
-aëroëlasticiteit en trillingen	7 (6)	2 (1)	1 (1)	—	10 (8)
-gasdynamica	13 (13)	12 (14)	10 (9)	—	35 (36)
-transs. aërod. -wisk. problemen en num. bereke- ningen	15 (17)	15 (12)	13 (13)	1 (1)	44 (43)
	8 (7)	14 (13)	34 (28)	1 (1)	57 (49)
<i>Groep constructies en materialen</i>					
sectie -sterkte en materialen	9 (8)	6 (6)	11 (9)	1 (1)	27 (24)
<i>Groep vliegmechanica en vliegtuiggebruik</i>					
secties -vliegtuigen	23 (21)	22 (21)	9 (8)	2 (1)	56 (51)
-hefschroefvl.	3 (3)	3 (2)	—	—	6 (5)
-vrij vliegende modellen	6 (7)	1 (2)	5 (9)	1 (1)	13 (19)
<i>Diensten</i>					
-modellen en balansen	3 (3)	3 (3)	5 (5)	—	11 (11)
-elec. lab.	6 (6)	16 (15)	25 (24)	—	47 (45)
-weco + constr. bur.	4 (4)	14 (14)	11 (12)	1 (1)	30 (31)
-bibl. + doc.	2 (2)	5 (5)	—	3 (3)	10 (10)
-interne techn. diensten	—	10 (10)	82 (83)	—	92 (93)
-administratie + alg. dienst	—	18 (18)	1 (1)	72 (69)	91 (88)
Totaal	119(115)	151(146)	225(220)	82 (78)	577(559)

ontleend omtrent de belangrijkheid van de taak van de niet vermelde personeelsleden in de vele overige wetenschappelijke en leidinggevende functies in het laboratorium.

Hoofdafdeling stromingen: prof.ir. H. Bergh

hoofdafdeling vliegtuigen: prof.ir. T. van Oosterom

hoofdafdeling constructies en materialen: prof.dr. ir. J. Schijve

technische diensten: ir. A. Boelen (met de persoonlijke titel van onderdirecteur)

wetenschappelijke diensten: ir. J. Boel

overige diensten: de heer J. C. Viveen

Voor de personeelsformatie en de verdeling van het personeelsbestand over de vestigingen Amsterdam en de Noordoostpolder aan het einde van het verslagjaar moge worden verwezen naar de respectievelijke tabellen.

*Personeelsspreiding
over de NLR-vestigingen per ultimo 1967*

Categorie	Amsterdam	Noordoostpolder
Academici en daarmee gelijk gestelden	86	33
HTS-ers en daarmee gelijkgestelden	118	33
Overigen	221	86
Totaal	425	152

Aangezien de interne reorganisatie zich eerst tegen het einde van het verslagjaar had voltrokken is, teneinde de vergelijking met de stand op 31 december 1966 te vergemakkelijken in de tabel op blz. 16 de indeling in groepen naar werkgebieden voor de stand op 31 december 1967 herleid naar het in vorige jaren gevolgde systeem.

Uit de cijfers blijkt dat het aantal academici en daarmee gelijkgestelden met 4 is toegenomen. Het aantal hogere technici en daarmee gelijkgestelden vermeerderde in dezelfde periode met 5 en dat van de lagere technici eveneens met 5. De groep niet technici nam toe met 4 personen. In totaal bedroeg gedurende het dienstjaar 1967 de personeelsvermeerdering 18 man.

Hoewel deze stijging meer bedraagt dan die in het vorige jaar, was zij met het oog op de sterke groei der werkzaamheden in opdracht teleurstellend. Voor een belangrijk deel is dit te wijten aan de moeilijkheden bij het aantrekken van geschikte krachten op academisch niveau, waardoor tevens door de aard der werkzaamheden de groei van het overige personeel in zekere mate wordt bepaald.

In 1967 waren gemiddeld 11 personeelsleden in militaire dienst, t.w. 6 ingenieurs en 5 tot de overige groepen behorende medewerkers. Dank zij de gewaardeerde medewerking van de KLu waren gemiddeld 3 ingenieurs bij het NLR gedetacheerd.

In februari werd afscheid genomen van de heer A. W. Poortman, documentalist bij de bibliotheek in Amsterdam, die na een diensttijd van ruim 24 jaar met pensioen ging, bij welke gelegenheid hem door de directie dank werd gebracht voor zijn ijver en toewijding bij de vervulling van zijn taak.

Tijdens de 120e jaarvergadering van het KIVI in Amsterdam werd aan prof.ir. T. van Oosterom de gouden instituutsmedaille voor spoorwerk uitgereikt voor zijn verdiensten op het gebied van metingen aan vliegtuigen in de vlucht.

Op 2 juli overleed zeer onverwacht tijdens zijn vakantie de heer J.C. Hogenhout, die bijna 47 jaar in dienst was van het laboratorium. Het verscheiden van deze medewerker, die kort tevoren was onderscheiden met de gouden eremedaille verbonden aan de Orde van Oranje Nassau, trof iedereen diep.

In juli werd afscheid genomen van de heer F. Kroon (Centrale), die het NLR wegens het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd verliet.

Ir. H. Bergh, die belast is met de leiding van de hoofdafdeling stromingen, werd met ingang van 1 augustus benoemd tot buitengewoon hoogleraar aan de onderafdeling vliegtuigbouwkunde van de technische hogeschool Delft om onderricht te geven in het vak vliegtuigtrillingen.

Op 12 september 1967 promoveerde met lof ir. G. Y. Nieuwland aan de rijksuniversiteit te Groningen tot doctor in de wis- en natuurkunde op het proefschrift getiteld: „Transonic potential flow around a family of quasi-elliptical aerofoil sections.”

De heer H. B. H. Gieselaar, die in 1966 na een zeer gewaardeerde dienstvervulling van 21 jaar bij het NLR met pensioen ging, overleed op 9 oktober 1967.

De personeels vereniging is er ook in het afgelopen jaar in geslaagd diverse mogelijkheden tot ontspanning en sportbeoefening te bieden, zowel in Amsterdam als in de Noordoostpolder. Het toenemend ruimtegebrek in het laboratorium te Amsterdam legde

echter zekere beperkingen op.

Ultimo 1967 was de samenstelling van het bestuur van het pensioenfonds:

voorzitter: dr. ir. G. H. Bast

vice-voorzitter: mr. G. W. van Hasselt

secr.-penningmeester: J. H. Grosheide

lid: ir. J. Boel

lid: H. Dröge

UITRUSTING

In het verslagjaar werd voortdurende aandacht besteed aan de uitrusting van het laboratorium. Een aantal technische verbeteringen en vernieuwingen die voor een snelle en moderne uitvoering van het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van lucht- en ruimtevaart een eerste vereiste zijn, werd aangebracht.

Amsterdam

De tweede compressor voor de drukluchtinstallatie ten behoeve van de transsonen en supersonen windtunnels werd in de fabriek mechanisch en aërodynamisch beproefd. Aangezien de metingen bevredigende resultaten opleverden, kon met de installatie in het laboratorium een aanvang worden gemaakt.

Een nieuw vat van 30 m³ voor lucht van 40 ato druk, ten behoeve van de lage-snelheid windtunnel kwam gereed en werd in gebruik genomen. In de LST kan hierdoor thans vrijwel onafhankelijk van het gebruik van de overige tunnels ook onderzoek worden verricht waarbij extra druklucht nodig is, zoals grenslaagonderzoek, simulatie van voortstuwing etc.

De verbouwing van de vleugel van het laboratorium waarin vroeger het SM-laboratorium was ondergebracht kreeg haar beslag en de nieuwe ruimten werden door het constructiebureau en de chef technische diensten in gebruik genomen.

De oorspronkelijk door het constructiebureau bezette ruimte werd tot vergaderzaal/kantine omgebouwd.

Met enkele ingenieurbureaus werden besprekingen gevoerd om een inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden voor medewerking bij de voorbereiding van de plannen voor een nieuwe lage-snelheid tunnel. In eer-

ste instantie zullen een constructieve voorstudie en een globale kostenraming worden gemaakt.

Vorbereidingen om tot bestelling van een numeriek bestuorde freesmachine te komen, werden aan het einde van het jaar vrijwel afgesloten.

De nieuwe telefooncentrale kon in het eerste kwartaal van 1967 in gebruik worden genomen.

Noordoostpolder

De belastingapparatuur voor de sterktebeproeving van de F 28-vleugel en de daarbij behorende hydraulische installatie kwamen gereed.

De CDC 3300 rekenautomaat werd geplaatst en op de voorziene datum van de fabrikant overgenomen, nadat een uitgebreide acceptatietest met succes was uitgevoerd. De machine, die in de zo nodige capaciteitsuitbreiding voor het numerieke rekenwerk voorziet, is met bevredigende resultaten intensief in gebruik genomen. De oude installatie werd inmiddels afgevoerd.

Het centraal dienstengebouw kon in het verslagjaar in gebruik worden genomen. Hiermede hebben thans de werkplaatsen, het constructiebureau en het magazijn in de NOP geschikte en voor de eerstkomende jaren voldoende ruimten ter beschikking gekregen. Ook de bestrating rondom het gebouw kwam gereed.

NATIONALE OPDRACHTEN EN ACTIVITEITEN

Het technisch-wetenschappelijk onderzoek, dat het NLR in opdracht van het nederlands instituut voor vliegtuigontwikkeling (NIV) verricht, vormde evenals in voorgaande jaren, een belangrijk deel van de totale activiteit van het laboratorium. De werkzaamheden waren nog grotendeels gericht op de ontwikkeling van de F 28 Fellowship en uit hoofde daarvan vond gedurende het verslagjaar nauw overleg plaats tussen NIV, Fokker en het NLR.

De intensieve en gestadig groeiende samenwerking met de koninklijke luchtmacht, nu gebaseerd op een in 1966 voorbereid „rolling budget” voor de periode 1967-1971, vond gedurende het verslagjaar op bevredigende wijze voortgang. Het „rolling budget” bevat een begroting en een programma van werkzaamheden voor het eerstgenoemde jaar

en een prognose voor de 4 volgende jaren en wordt telkenjare herzien voor een dan volgende periode van 5 jaren.

Aan de RLD verleende het laboratorium zijn medewerking op het gebied van voorschriften en vliegtuiggebruik. In verband met door de RLD in het kader van samenwerking in de ICAO toegezegde nederlandse bijdragen, waarbij de opvoering van de veiligheid van het luchtverkeer in het algemeen op de voorgrond staat, werden een aantal studies verricht. Ook werden onderzoeken verricht met betrekking tot grondinstallaties voor de luchtvaart hier te lande. Ten behoeve van de certificatie van het Fokker F 28-vliegtuig werden adviezen gegeven inzake de belastings- en sterkteberekening.

Ten behoeve van de KLM werden o.m. controles uitgevoerd ter bepaling van de plaatsingsfout van de statische-druksystemen van verschillende typen vliegtuigen, zoals DC 8 en DC 9, waarbij gebruik werd gemaakt van de beide NLR-laboratoriumvliegtuigen.

Gebaseerd op de in voorgaande jaren door het NLR verkregen ervaring op het gebied van vrij vliegende modellen, werden de reeds vroeger door het NLR op bescheiden schaal ondernomen voorstudies m.b.t. de ontwikkeling van een kleine geleide sonde, geschikt voor metingen in de atmosfeer tot een hoogte van ca. 150 km en te gebruiken op lanceergebieden met beperkte afmetingen, zoals b.v. in Nederland het Waddengebied, voortgezet. De inmiddels gestegen belangstelling in de kringen van het wetenschappelijk ruimteonderzoek voor de mogelijkheden die een geleide sonde zou bieden, heeft ertoe geleid dat een bijdrage in de kosten hiervan, is opgenomen in de begrotingen van 1967 en volgende jaren, van het ministerie van onderwijs en wetenschappen ten behoeve van het ruimteonderzoek dat onder auspiciën van de commissie voor geofysica en ruimteonderzoek (GROC) hier te lande wordt uitgevoerd

Een beschrijving van de op grond van de verrichte voorstudies voor ogen staande conceptie voor een dergelijke ontwikkeling werd o.m. ten behoeve van de GROC opgesteld.

Evenals in voorgaande jaren werden in opdracht van de onderafdeling vliegtuigbouwkunde van de TH Delft ten behoeve van het onderwijs meetvluchten met praktikanten (3e en 4e jaars studenten) uitgevoerd met het Queen Air laboratoriumvliegtuig.

Aërodynamisch onderzoek op niet-luchtvaartgebied vond plaats ten behoeve van een aantal opdrachtgevers, op het gebied van windbelas-

tingen op en luchtsnelheden om gebouwen, alsmede met betrekking tot rookhinder bij fabriekscomplexen en schepen.

Voor meer details omtrent een en ander moge ten slotte worden verwezen naar het hoofdstuk wetenschappelijk onderzoek.

Een overzicht van de eigen werkzaamheden van het laboratorium in 1967 op het gebied van speurwerk en ontwikkeling van apparatuur is opgenomen onder de hoofdstukken wetenschappelijk onderzoek en technische outillage in het vervolg van dit verslag. In dit verband verdient vermeld te worden dat de hierboven aangeduide werkzaamheden in opdracht het grootste deel van de capaciteit van het laboratorium vergden en door hun aard veelal prioriteit genoten.

Als gevolg hiervan en van de eerder vermelde moeilijkheden bij het aantrekken van personeel (m.n. ingenieurs van vliegtuigbouwkundige studierichting) bleven de eigen werkzaamheden achter t.o.v. het werkplan voor 1967.

Evenals in voorgaande jaren brachten tal van civiele en militaire autoriteiten een bezoek aan het NLR. De staatssecretaris voor de koninklijke luchtmacht, zijne excellentie A. E. M. Duynstee, bezocht in oktober zowel het laboratorium in Amsterdam, als de vestiging in de Noordoostpolder. Voorst vonden vele excursies plaats o.m. voor academici van Philips, leden van het KIVI, alsmede studenten van verschillende universiteiten. T.b.v. de KMA werd ook dit jaar weer een z.g. KMA-NLR cursus georganiseerd. Onder leiding van een officier volgden de cadetten gedurende 2 dagen in Amsterdam en 2 dagen in de Noordoostpolder uiteenzettingen en namen deel aan rondleidingen binnen het NLR.

Vele NLR-medewerkers waren in maart aanwezig bij het afscheidscollege van prof. dr. ir. H. J. van der Maas, die meer dan 26 jaar vliegtuigbouwkunde doceerde aan de TH Delft.

INTERNATIONALE SAMENWERKING EN CONTACTEN

De activiteiten van de advisory group for aerospace research and development (AGARD) in de NAVO zijn voor het laboratorium van groot belang. Ook in dit verslagjaar werd weer deelgenomen aan tal van bijeenkomsten; op enkele daarvan werd door NLR-medewerkers een bijdrage geleverd. Voor een meer uitgewerkt overzicht moge in dit verband worden verwezen naar het verslag van de verrichtingen opgesteld door de nederlandse delegatie bij de AGARD (zie pag. 61).

Door bemiddeling van AGARD brachten twee turkse officieren op 27 juni jl. een bezoek aan het laboratorium in Amsterdam en bespraken met de algemeen directeur de organisatie en werkwijze van het NLR.

Evenals in voorgaande jaren had het laboratorium in dit verslagjaar weer een aandeel in de werkzaamheden van de european space vehicle launcher development organization (ELDO). De werkzaamheden hadden in hoofdzaak betrekking op het aërodynamisch onderzoek aan en de besturing van de lanceervoertuigen.

In dit verband zij opgemerkt dat het NLR door de ELDO is aangewezen als de „aerodynamic authority” op het gebied van aërodynamische belastingen, d.w.z. het centrale punt vormt voor de verzameling van gegevens over de eigenschappen van de ELDO-lanceervoertuigen.

Het aandeel in de besturing van lanceervoertuigen omvat de systeem-beproeving van de z.g. „attitude reference and programming unit” (ARPU) ten behoeve van de eerste uitvoeringsvorm van het voertuig (Europa I). Voorts het onderzoek van het traagheidsgeleidingssysteem in de uitvoeringsvorm „Europa II”, die gebruikt zal worden om de ELDO-PAS satelliet in een geostationaire baan te brengen en ten slotte de ontwikkeling in samenwerking met de industrie van het standregelsysteem t.b.v. deze satelliet. Voor meer details wordt verwezen naar het hoofdstuk ruimtevaart.

Eind februari bezochten twee belgische hoofdofficieren van het centrum voor militaire studies te Brussel het laboratorium (zowel te Amsterdam als in de Noordoostpolder), met het doel zich een beeld te vormen van het werk van het NLR.

Door contacten gelegd via AGARD brachten vier portugese luchtmachtofficieren een bezoek aan Nederland om zich te oriënteren omtrent de vliegtuigbouwkundige opleidingsmogelijkheden in Nederland en waren in dat verband ook twee dagen te gast op het NLR. Zij bezichtigden eveneens de technische outillage in Amsterdam en in de Noordoostpolder.

Mr. Lars Erik Nordström van het koninklijk technologisch instituut, Stockholm, bezocht het NLR om in zijn hoedanigheid van lid van een zweedse staatscommissie inlichtingen te verzamelen over plaats en werk van het NLR in de nederlandse luchtvaartresearch.

Twee NLR-ingenieurs oriënteerden zich in Engeland en Duitsland inzake de eisen voor het gebruik van universele vlucht-simulators. Later werd met hetzelfde doel een bezoek aan het koninklijk technologisch instituut in Stockholm gebracht.

Enkele ingenieurs oriënteerden zich in Engeland omtrent de aanpak van aërodynamische verhittingsproblemen en de eisen die aan proefinstallaties hiervoor dienen te worden gesteld. In verband hiermede werden tijdens een bezoek van een medewerker aan de USA ook enige instellingen bezocht.

In opdracht van de RLD nam een NLR-medewerker deel aan de 3e vergadering van de north atlantic systems planning group (SGP) inzake separatie van vliegtuigen in de kruisvlucht. In verband met de studies ter voorbereiding hiervan, werden verschillende informele besprekingen met buitenlandse instanties gehouden.

Op de bijeenkomst van de „conférence européenne de télécommunications par satellites” (CETS) in mei was een NLR-vertegenwoordiger aanwezig als adviseur voor het ministerie van buitenlandse zaken.

In Cambridge werd door een medewerker de tweede internationale conferentie over „fluid logic and amplification” bijgewoond.

Op de in Williamsburg (USA) gehouden AIAA-sounding rocket vehicle technology conference waren twee NLR-medewerkers aanwezig.

In New York woonde een ingenieur het international congress of subsonic aeronautics bij.

Twee medewerkers brachten een bezoek aan het NPL te Teddington waar gesproken werd met specialisten op het gebied van de instationaire aërodynamica.

In het derde kwartaal brachten medewerkers van het college of aeronautics van Cranfield, die geïnteresseerd waren in de NLR digitale recorder van de F28, een bezoek aan het laboratorium te Amsterdam.

Een NLR-medewerker woonde in Nottingham een conferentie bij over „The integration of design and production in the electronic industry”.

In oktober werd bezoek ontvangen van Mr. Webster, scientific and technical unit, u.s. navy, Frankfurt.

Een NLR-medewerker bezocht het cornell aeronautical laboratory in Buffalo, N.Y., USA, waarbij met name over methoden voor de meting van drukverdelingen aan trillende vleugels in transsone stroming van gedachten werd gewisseld.

Op uitnodiging woonde de algemeen directeur in de USA enkele officiële bijeenkomsten ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van het NASA langley research center in Hampton (Va.) bij en bezichtigde hij de uitrusting aldaar.

BIJDRAGEN AAN VAKPERS, CONGRESSEN E.D.

Prof.ir.T. van Oosterom trad op als discussieleider voor de groep traagheidsnavigatie, op een in Den Helder door de koninklijke marine gehouden symposium over moderne navigatiemiddelen.

Twee NLR-medewerkers namen deel aan conferenties in de Verenigde Staten met resp. lezingen over:

„A simple first order digital filter” (national telemetering conference, San Francisco) — ir. P. H. Fuijkschot

„Unified theory of sandwich shells” (8th AIAA/ASNE conference, Palm Springs) — dr.ir. G. Bartelds.

Een overzicht van het NLR-werk op vermoeiingsgebied bestemd voor de 10e ICAF-conferentie in Melbourne, werd opgesteld door ir. A. Hartman en aldaar voorgedragen door ir. van Beek van de Fokkerfabriek.

In Nederland werden voordrachten gehouden over „Windbelasting op de ELDO A-raket vóór de lancering” voor de vereniging voor luchtvaarttechniek van de KNVvL en over „Het ARPU-systeem in ELDO-raketten” voor zowel de ned. ver. voor ruimtevaart als in het kader van een serie voordrachten voor het colloquium ruimtevaarttechniek, georganiseerd door de GROC.

Ir. Vleghert hield een lezing over „The influence of flight speed on the thrust calibration of a jet engine” voor het AGARD flight mechanics panel in Göttingen. Op een vergadering in Montreal van hetzelfde panel presenteerde een medewerker een voordracht over het onderwerp „Signal conditioning in flight test instrumentation” van de hand van ir. A. J. L. Willekens en A. Pool, ing.

Op een symposium over „fracture mechanics” in Kiruna (Zweden) hield ir. D. Broek een voordracht over „Some considerations on slow crack growth”.

In Ottawa sprak ir. R. J. Zwaan tijdens een bijeenkomst van het AGARD structures and materials panel over „Calculated results for oscillating T-tails in subsonic flow and comparison with experiments”.

Tijdens het colloquium voor ruimtetechnologie te Utrecht hield ir. M. Lamers een voordracht over de standmeting van de ELDO PAS-satelliet, als onderdeel van een serie van drie lezingen over deze satelliet gehouden door vertegenwoordigers van Philips, Fokker en NLR.

Prof.dr.ing. S.F. Erdmann leverde een bijdrage aan het wissenschaftliche gesellschaft für luft- und raumfahrt (WGLR) in het zeitschrift für flugwissenschaften (ZFW) ter gelegenheid van de 60e verjaardag van prof. Schlichting getiteld „Optimierung der Düsenform und Bestimmung der lokalen Strömungsrichtung mittels gemessener Geschwindigkeitsverteilungen im Ueberschall”.

Ten behoeve van de 28e semi annual meeting of the supersonic tunnel association, die van 30-31 oktober te Denver (Colorado) werd gehouden, werd door de windtunnel-instrumentatiegroep een schriftelijke bijdrage ingediend getiteld „Experience with an inclinometer for the measurement of angles of incidence of wind tunnel models”.

Wetenschappelijk Onderzoek

CAPITA SELECTA

Sterkte- en vermoeingsbeproeving t.b.v. de Fokker F28

In het afgelopen verslagjaar concentreerden de werkzaamheden op het gebied van constructies en materialen zich vooral op de sterkteproeven en de vermoeingsproef, die het NLR op vleugels van de Fokker F28 Fellowship uitvoert.

Deze werkzaamheden, die in nauwe samenwerking met Fokker werden uitgevoerd, kregen duidelijk gestalte in de sterktehal in de Noordoostpolder.

Grote stalen portalen werden opgebouwd, waarin de vleugel werd opgelegd en waaraan tevens de hydraulische vijzels voor het aanbrengen van de belasting werden bevestigd. De oplegging van de vleugel geschiedde op een zodanige wijze dat de buigstijfheid van de twee relatief zware spanten, die zich ter plaatse van de voorligger en de achterligger in de romp bevinden, in de proef zo goed mogelijk werd nagebootst. Voor het aanbrengen van de belasting werden 10 hydraulische vijzels gebruikt, die ieder afzonderlijk geregeld konden worden. De krachten van de vijzels werden met behulp van hefboomstelsels, zgn. dennebomen, gelijkmatig verdeeld over ca. 250 punten van de vleugel. De verbinding van de dennebomen met de vleugel kwam tot stand hetzij door rubber „pads” die op de vleugelhud waren geplakt, hetzij door metalen strippen die waren vastgeklonken aan de neusribben van de vleugel. De hefboomstelsels waren zo gedimensioneerd, dat in iedere doorsnede van de vleugel waar zich een rib bevindt, het buigmoment, het torsiemoment en de dwarskracht de gewenste waarden bereikten. De aangebrachte belastingen werden gemeten met rekstrookdynamometers. Tijdens de sterkteproeven werd de rek in 500 punten van de vleugelconstructie met behulp van rekstroken gemeten. Hiervoor was door het NLR speciale apparatuur ontwikkeld, te weten het digitale registratie apparaat voor analoge signalen (DRAAS), waarmee de rekstroken met een snelheid van 10 of 40 meetpunten per seconde kunnen worden afgetast. Het meetsignaal wordt als een digitaal gegeven in een band geponst. Direct na afloop van de proeven worden verkregen pons-

banden in de CDC 3300 computer gevoerd, die de meetgegevens bewerkt en tabellarisch (o.a. in de vorm van normaal- of schuifspanningen) presenteert.

Na enige inleidende proeven, die tot doel hadden met de werking van de apparatuur vertrouwd te geraken, werd in september de z.g. „limit load” proef uitgevoerd.

De belastingen die werden aangebracht hadden betrekking op een combinatie van twee zware remousgevallen die in de luchtwaardigheidsvoorschriften zijn vastgelegd. De luchtwaardigheidsvoorschriften eisen dat hierbij geen blijvende vervormingen van de constructie mogen optreden. Dergelijke vervormingen werden inderdaad niet geconstateerd en ook de resultaten van de metingen van de spanningen en de vervormingen waren bevredigend. Tijdens de sterkteproeven werden tevens in een aantal punten van voor- en achterligger de vervormingen van de vleugel gemeten. Eveneens werd na het belasten van de vleugel de lek-dichtheid van de integrale brandstoftanks onderzocht, welke geheel aan de gestelde eisen voldeed.

Vervolgens werden voorbereidingen getroffen voor de uitvoering van de z.g. „ultimate load” proef. Het doel van deze proef is aan te tonen dat de constructie een belasting die $1,5 \times$ zo groot is als de „limit load” kan doorstaan zonder dat breuk optreedt. In verband met een beperkte instabiliteit, die aan de bovenzijde van de vleugel werd geconstateerd was een aanvullend onderzoek op een aantal proefpanelen noodzakelijk. Dit onderzoek resulteerde in een locale modificatie van een constructie-element van de vleugel. Nadat deze modificatie in de vleugel is aangebracht zal in het begin van 1968 de „ultimate load” proef worden uitgevoerd. Na de uitvoering van de sterkteproeven zal in dezelfde proefopstelling op een tweede F28-vleugel de vermoeiingsproef worden uitgevoerd.

Als voorbereiding van de vermoeiingsproef werd de evaluatie van de hiervoor benodigde apparatuur afgesloten en kon tot vervaardiging en aanschaffing worden overgegaan. In een z.g. „dummy-opstelling”, bestaande uit een hefboomsysteem met ingebouwde veren en massa's, waarmee het dynamische karakter van de vleugelconstructie zo goed mogelijk wordt nagebootst, werd het gedrag van de apparatuur nagegaan. De hydraulische vijzels, die door electrohydraulische servo-ventielen worden gestuurd, werden hiertoe ingebouwd en op hun goede werking onderzocht. Bij deze beproeving werd o.a. gebruik gemaakt van een door het electronisch laboratorium van het NLR ontwikkelde en gebouwde ingangssignaalgever, die er voor zorgt dat de vijzels de gewenste vlucht simulatiebelasting aanbrenge. Ook dit deel van de apparatuur werkte bevredigend.

Tijdens de vermoeiingsproef zullen 10 gestuurde vijzels de vleugel zodanig belasten dat vluchten van verschillende „zwaarte” worden nage-

bootst, waarbij in iedere vlucht remousbelastingen in een z.g. „random” volgorde worden aangebracht. De volgorde en grootte van deze belastingen is ontleend aan de werkelijke belastingen die zullen optreden tijdens het gebruik van het vliegtuig.

Het ligt in de bedoeling na het afsluiten van de vermoeiingsproef op dezelfde vleugel een aantal „fail-safe” proeven uit te voeren.

Hierbij worden, nadat bepaalde constructie-elementen kunstmatig zijn beschadigd, de scheurgroeisnelheid en de reststerkte van de constructie nader onderzocht.

Gesteld mag worden dat met het uitvoeren van de sterkteproeven en de vermoeiingsproef op twee F28- vleugels ook voor dit belangrijke onderdeel van de constructie van de Fokker F28 Fellowship de sterkte, zowel statisch als dynamisch, grondig zal zijn onderzocht.

Theoretisch onderzoek van transsone stromingen

Sedert 1962 worden bij het NLR onderzoekingen verricht, waarbij de eigenschappen van stromingen om vleugelprofielen in het transsone snelheidsgebied worden bestudeerd. In het afgelopen jaar werd het theoretisch gedeelte hiervan afgesloten. De numerieke berekeningen en de experimenten in de windtunnel die deel uitmaken van het onderzoek zijn nog in volle gang, maar men heeft reeds een goed overzicht van de te verwachten resultaten.

Toen met dit onderzoek werd begonnen, kon de doelstelling niet zijn het produceren van onmiddellijk in de vliegtuigbouw toepasbare resultaten, maar veel meer het leveren van een bijdrage aan de studie van de wiskundige en fysische problemen, die de transsone stroming kenmerken. Het is daarom interessant, nu de vraag te stellen wat de opbrengst is van zulk een jarenlang onderzoek. Welke nieuwe inzichten zijn verworven en leiden deze tot praktische toepassingsmogelijkheden, ook al waren die bij het begin van het onderzoek niet te voorzien?

Voordat op deze vragen nader kan worden ingegaan, zal eerst een korte schets van de problematiek van stromingen in het transsone snelheidsgebied worden gegeven.

De aanduiding „trans-soon” geeft reeds aan dat verschijnselen die samenhangen met het overschrijden van de geluidssnelheid, kenmerkend voor de beschouwde stromingen zullen zijn.

Om zich hiervan een beeld te kunnen vormen, wordt de stroming om een lichaam beschouwd, dat zich met steeds toenemende snelheid door de lucht voortbeweegt. Bij lage snelheid wordt het lichaam glad omstroemd, of met andere woorden, de door het lichaam in de stroming veroorzaakte verstoring dempt gelijkmatig naar alle richtingen uit (fig. 1A). Bij verhoging van de vliegsnelheid treedt door de elasticiteit (samen drukbaarheid) van lucht een wijziging in de snelheidsverdeling in

het stromingsveld op, maar dit blijft van het in fig. 1A geschetste type, zolang de snelheden in het veld overal kleiner dan de plaatselijke geluidssnelheid zijn. Wanneer het plaatselijke getal van Mach in de stroming overal kleiner dan één is ($M_{\text{locaal}} < 1$), spreekt men van subsonische stroming.

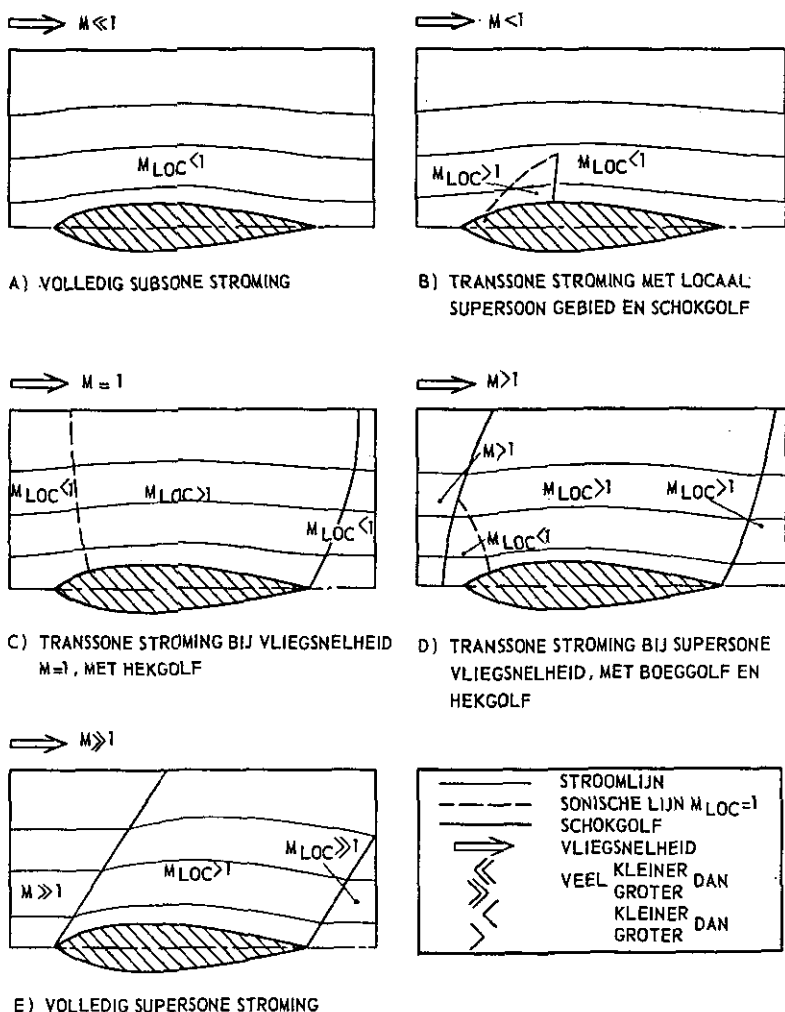


Fig. 1. De ontwikkeling van een transoon stromingspatroon bij toenemende vliegsnelheid.

Een geheel nieuw verschijnsel treedt echter op, wanneer de vliegsnelheid zo hoog wordt, dat in een gebied in de nabijheid van het lichaam plaatselijk de geluidssnelheid $M = 1$ wordt overschreden. Dit supersone gebied, begrensd door de sonische lijn, blijkt gewoonlijk te worden afgesloten door een schokgolf, waarlangs de snelheid sprongsgewijs van een supersone ($M_{loc} > 1$) op een subsone waarde ($M_{loc} < 1$) terugvalt (fig. 1B). Het optreden van een schokgolf in de stroming gaat gepaard met verliezen, die door het lichaam als golfweerstand wordt ondervonden.

Bij verdere verhoging van de vliegsnelheid neemt het supersone gebied in grootte, en de achterwaarts over het profiel lopende schokgolf in sterkte toe, waarbij ook de golfweerstand steeds groter wordt. Wanneer de vliegsnelheid gelijk geworden is aan de geluidssnelheid in de ongestoorde stroming ver van het lichaam, kan een vorm van de schokgolf als geschetst in fig. 1C optreden, waarbij het lichaam aan de achterzijde een hekgolf in de stroming veroorzaakt. Bij vergroting van de vliegsnelheid tot supersone waarden ontstaat ook een boeggolf, waarvoor de stroming ongestoord blijft (fig. 1D). Bij een puntig gevormd lichaam gaat tenslotte de boeggolf aanliggen, en is een volledig supersone stroming bereikt (fig. 1E). Het lichaam verstoort nu hoofdzakelijk het gebied tussen de voorste en achterste schokgolf.

De overgang tussen het stromingstype 1A en het type 1E is het transsone snelheidsgebied. (Hierbij moet worden bedacht, dat het hier geschetste beeld sterk is geïdealiseerd; niet alleen kunnen meervoudige schokgolven optreden, maar ook komen in de werkelijke stroming vaak zeer gecompliceerde grenslaag interacties voor.)

De basiskennis betreffende transsone stromingen werd grotendeels in de jaren 1945–1955 verworven. Uit het begin van deze periode dateert de uitvinding van de transsone windtunnel, waardoor het mogelijk werd de belangrijkste verschijnselen in deze stromingen experimenteel te onderzoeken. Door de theoretici werden in deze tijd wiskundige modellen voor transsone stromingsverschijnselen geconstrueerd, echter steeds ten koste van sterke vereenvoudigingen.

Veel van de in de windtunnel waargenomen verschijnselen kunnen met behulp van deze modellen theoretisch worden beschreven en verklaard. Aan de andere kant beschikt de wiskunde nog niet over de methoden, waarmee de snel veranderende stromingspatronen zoals geschetst in fig. 1, als een samenhangend geheel kunnen worden behandeld. De berekening van het transsone stromingspatroon met schokgolven, dat bij een vleugelprofiel met een gegeven vorm behoort, is bijvoorbeeld nog altijd niet mogelijk.

De hierboven beschreven aërodynamische verschijnselen gaven bij de vliegtuigontwikkeling aanleiding tot een complex van problemen, dat onder de naam „geluidsbarrière” alom bekendheid kreeg. Nadat de

hieraan ten grondslag liggende aëroëlastische en stabiliteitsproblemen waren onderkend, waren de voornaamste technische vraagstukken van een succesvolle vliegtuigontwikkeling in het transsonen en supersonen gebied opgelost. Op de plaats van de vroegere technische „barrière” bleef echter nog een economische drempel liggen. Tengevolge van het zich in het transsonen gebied ontwikkelende schokgolfpatroon ontstaat een sterke toeneming van de golfweerstand, waardoor een economisch gebruik van vliegtuigen in dit snelheidsgebied niet goed mogelijk is. Vooral bij transportvliegtuigen voor de lange afstand werd de vliegtuigontwerper voor de keuze gesteld of beneden de weerstandsdrempel van het transsonen gebied te blijven, of zover in het supersonen snelheidsgebied door te dringen dat de weerstandsverhoging door andere gunstige factoren, zoals een verbetering van de brandstofeconomische van de motoren, werd gecompenseerd.

Dit leidde tot de huidige configuratie van het moderne subsonen verkeersvliegtuig dat voorzien is van een dunne vleugel met een sterke pijlstelling teneinde de weerstand zoveel mogelijk te beperken. Uit economische overwegingen blijft het aantrekkelijk met dit type vliegtuigen zover mogelijk in het transsonen snelheidsgebied door te dringen, waarbij echter de reeds genoemde weerstandsverhoging beperkt moet blijven. De praktische betekenis van het bij het NLR verrichte theoretische werk ligt hierin dat het de mogelijkheden om dit te bereiken een goed perspectief heeft gegeven, door aan te tonen dat dit, althans voor stromingen om vleugelprofielen van oneindige spanwijdte, te verwezenlijken is.

Met de bij het NLR ontwikkelde theorie voor de transsonen stroming wordt een wiskundige traditie op dit gebied afgesloten. Reeds in 1904 toonde de russische wiskundige Chaplygin aan, hoe door een wiskundige transformatie, bepaalde onsamendrukbare stromingen konden worden omgezet in samendrukbare stromingen. Deze theorie werd aan het eind van de veertiger jaren door Cherry en Lighthill verder ontwikkeld, en toegepast op stromingen om lichamen. Aan deze theorie werd nu een zodanige wiskundige formulering gegeven, dat het uitwerken van voor de praktijk interessante stromingspatronen mogelijk werd. De met behulp van deze theorie berekende compressibele stromingen staan wiskundig in verband met de incompressibele stroming om een ellipsvormig lichaam, en het geheel is daarom „theorie van de quasi-elliptische profielen” genoemd. Vooral het opstellen van numerieke methoden, waarmee met behulp van rekenautomaten de gecompliceerde berekeningen kunnen worden uitgevoerd, heeft veel tijd gevergd. Het is nu mogelijk nauwkeurig de transsonen stromingspatronen te berekenen die bij een bepaalde klasse van profielen behoren. Een voorbeeld van zulk een quasi-elliptisch profiel is in fig. 2 weergegeven. Aan

de bovenzijde van het profiel is een gebied, waar in de stroming plaatselijk supersone snelheden ($M_{loc} > 1$) optreden, echter zonder dat dit gebied met een schokgolf wordt afgesloten. In het kader van de gebruikte z.g. potentiaaltheorie is dit ook niet mogelijk, aangezien hierbij in het gehele veld een verliesvrije stroming wordt verondersteld.

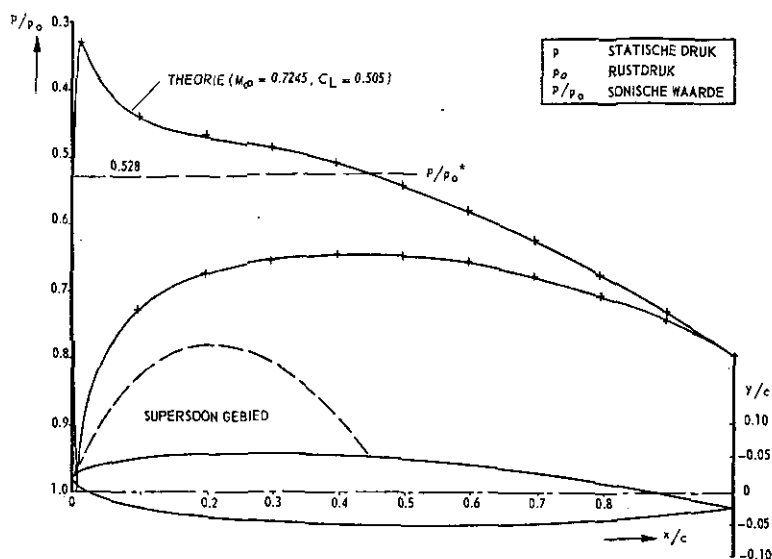


Fig. 2.

Deze veronderstelling is in het verleden aanleiding tot verhitte discussies en felle kritiek binnen de aërodynamische kring geweest. Vrij algemeen bestond namelijk de overtuiging, dat in de transsone stroming noodzakelijkerwijs een schokgolf aanwezig was, die zoals eerder beschreven, gelijkmatig in sterkte toenam bij groter wordende aanstroom-snelheid. De langs theoretische weg verkregen transsone stromingen zonder schokgolfverschijnselen zouden in deze opvatting dan ook alle fysische betekenis missen, omdat ze, zelfs al zou het mogelijk zijn ze voor een kort ogenblik te realiseren, ogenblikkelijk zouden omslaan in een stabiele stroming met een schokgolf.

Deze mening werd aangetast toen onderzoekers bij het engelse national physical laboratory in het kader van een uitvoerig windtunnelonderzoek voorbeelden van transsone stromingen om profielen konden demonstreren, waarbij schokgolven niet of in geringe mate optraden. Een systematisch windtunnelonderzoek van de eigenschappen van deze stromingen werd pas mogelijk, toen de eerste resultaten van het theo-

retisch onderzoek van het NLR beschikbaar kwamen. Hoewel dit windtunnelonderzoek nog in volle gang is, blijkt uit de reeds beschikbare resultaten dat de overeenstemming tussen theorie en experiment in principe tot elke graad van nauwkeurigheid kan worden opgevoerd, mits de modelnauwkeurigheid voldoende groot is, en in voldoende ma-

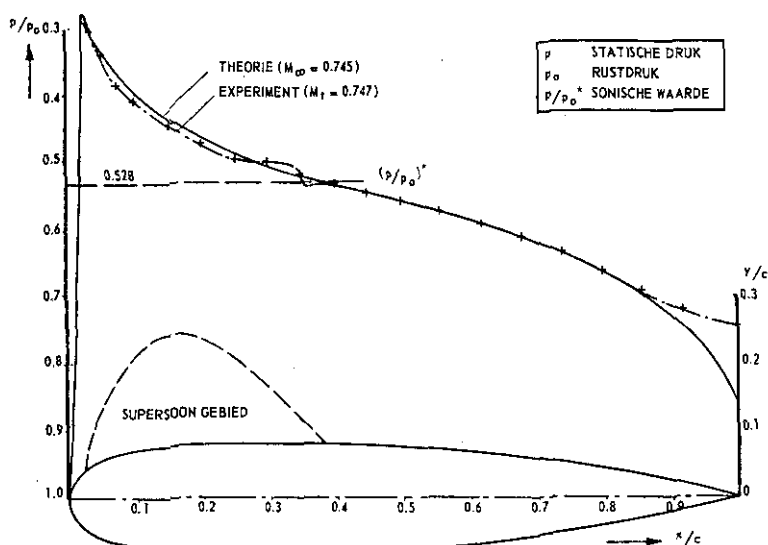


Fig. 3.

te voor grenslaaginvloeden en tunnelwandinvloeden wordt gecorrigeerd. Indien windtunnelproeven met de gebruikelijke precisie worden uitgevoerd, zijn de afwijkingen echter al zo klein dat ze voor de praktijk verwaarloosbaar zijn. Een en ander wordt geïllustreerd in fig. 3, waarin de theoretisch berekende en de gemeten drukverdeling over een profiel met elkaar zijn vergeleken. De genoemde vroegere opvattingen betreffende de instabiliteit van deze stromingen zijn hiermee achterhaald, en een recent onderzoek bij het NLR heeft ook theoretisch het stabiele karakter van deze stromingen aangetoond.

Hoe verloopt nu de ontwikkeling van de stroming om deze profielen in vergelijking met het in het voorgaande geschetste beeld? Inderdaad blijkt ook nu bij het plaatselijk overschrijden van de geluidssnelheid op de profielen een schokgolf te ontstaan. Deze verdwijnt echter weer zodra de aanstroomsnelheid wordt verhoogd tot de snelheid waarvoor het profiel is ontworpen, om zich tenslotte bij het verder opvoeren van de snelheid definitief te ontwikkelen. Gedurende het eerste stadium van

deze schokgolfontwikkeling blijft de golfweerstand van een vergelijkbaar profiel verwaarloosbaar klein.

Een schokgolfvrije transsonische stroming is niet voor elk willekeurig profiel mogelijk. Integendeel, men heeft wiskundig kunnen aantonen dat voor verreweg de meeste profielvormen een verliesvrije transsonische stroming niet bestaat. In overeenstemming hiermede is het dan ook niet mogelijk, binnen de theorie van quasi-elliptische profielen, de profielvorm van te voren te kiezen. Deze volgt uit de berekening, afhankelijk van de keuze van een aantal parameters, waaronder de aanstroomsnelheid. De theorie biedt echter voor praktisch gebruik een grote variatiemogelijkheid; zo kunnen onder meer naast de aanstroomsnelheid, de gewenste dikte van het profiel, de draagkracht, en het type wervingsverdeling in de berekening worden ingevoerd.

Welke praktische toepassingsmogelijkheden heeft nu deze theorie? De mogelijkheid van het ontwerpen van schokvrije transsonische stromingen voor vleugelprofielen is aangetoond. Doordat de golfweerstand, zoals vermeld, in de omgeving van de ontwerpwaarde van de aanstroomsnelheid klein blijft, heeft het z.g. „drag-rise Mach number” (de snelheid waar van een plotselinge transsonische weerstandstoename sprake is) voor deze profielen een hoge waarde in vergelijking met de klassieke profiel-families. Ter illustratie moge dienen dat deze waarde voor een bepaald quasi-elliptisch profiel met een dikte van 12% dezelfde is als voor het bekende NACA 009 profiel met 9% dikte.

De vliegtuigontwerper zou dit voordeel willen uitbuiten door vleugels met een grotere bouwhoogte of een kleinere pijlstelling te gebruiken, beide maatregelen leiden tot gewichtsbesparing.

Helaas is dit nog niet zonder meer mogelijk aangezien de stroming om een vliegtuigvleugel van eindige spanwijdte bij verhoging van de vliegsnelheid steeds meer afwijkt van de stroming om een enkel profiel.

Omdat de toegepaste berekeningsmethode alleen bruikbaar is voor profielstromingen en niet kan worden uitgebreid tot vleugels is het probleem van de schokvrije vleugelstroming nog verre van opgelost. Wellicht kan hier enige voortgang worden geboekt als het mogelijk is de profieleigenschappen in voldoende mate in de vleugelstroming te handhaven.

De mogelijkheden van het gebruik van een aantal bij het NLR ontwikkelde globale rekenmethoden, waarin een aantal empirische elementen zijn verwerkt, worden nu onderzocht. Een uitspraak over de mate van succes die hierbij zal kunnen worden bereikt, kan echter voorlopig nog niet worden gedaan.

Hoewel de omvang van het aërodynamisch onderzoek met betrekking tot het Fokker F28-project in vergelijking met voorgaande jaren aanzienlijk minder was als gevolg van de beëindiging van de ontwerpfase, bleef de bezettingsgraad van de windtunnels nagenoeg op hetzelfde peil door opdrachten van buitenlandse vliegtuigindustrieën, o.m. ten behoeve van het Concorde-project, alsmede van de european launcher vehicle development organisation (ELDO).

Naast het vorengenoemde ontwikkelingswerk vond spuurwerk plaats op het gebied van de theoretische en de toegepaste aërodynamica teneinde de aanwezige kennis te verdiepen en uit te breiden. Enerzijds werd dit spuurwerk uitgevoerd in opdracht van instellingen die nauw betrokken zijn zowel bij de huidige als toekomstige ontwikkelingen op luchtvaartgebied, anderzijds als eigen spuurwerk met als doel de vorming van basiskennis en de ontwikkeling van nieuwe meet- en berekeningsmethoden, alsmede uitbreiding van de uitrusting voor het laboratorium.

Stromingen

Zoals reeds hierboven vermeld vonden in 1967 de laatste direct op het aërodynamisch ontwerp van de Fokker F28 gerichte windtunnelonderzoeken plaats.

In verband met een eventueel in de toekomst te ontwikkelen F28-versie met verlengde romp, zijn daarop betrekking hebbende metingen uitgevoerd in de lage-snelheid tunnel.

Naast de experimentele werkzaamheden concentreerde de aandacht zich vooral op de interpretatie van de resultaten van een aantal windtunnelonderzoeken. In dit verband kan worden genoemd de analyse van het weerstandsgedrag als functie van het getal van Mach van enkele in de F28-vleugel toegepaste profielen. Hiermede wordt beoogd na te gaan of het weerstandsgedrag bij hoog-subsonic snelheid door kleine contourwijzigingen van de profielen verbeterd kan worden. Aangezien het profiel ter plaatse van de knik in de vleugel in belangrijke mate bepalend is voor de weerstandseigenschappen van de vleugel, had de studie voornamelijk hierop betrekking.

Verder vond een vergelijkend onderzoek plaats van de gemeten en berekende instationaire drukverdelingen alsmede van de daaruit afgeleide luchtkrachtcoëfficiënten op het F28 T-staartmodel in subsonic stroming. Theoretische en experimentele resultaten vertoonden een redelijke mate van overeenstemming, in het bijzonder waar het de interferentie tussen kielvlak en stabilo betreft die een belangrijke rol speelt bij T-staart configuraties.

Medewerking werd verleend aan een door AGARD geïnitieerd onderzoek naar het fluttergedrag van een modern vliegtuig. Hiervoor viel de keuze op de F 104 G Starfighter, aangezien dit type in de meeste landen beschikbaar was. De bijdrage van het NLR bestond uit het berekenen van de stationaire luchtkrachten op de T-staart bij subsone snelheid met behulp van het voor deze configuratie op het NLR ontwikkelde rekenprogramma. Hierbij werd gebruik gemaakt van de resultaten van het standtrillingsonderzoek, dat in Duitsland was uitgevoerd.

De bestudering van de stromingsverschijnselen bij hefschroefvliegtuigen werd voortgezet. Van de vele facetten die in dit verslagjaar aan een nadere beschouwing werden onderworpen kunnen met name worden genoemd de berekening van de aërodynamische belasting op rotorbladen, waarbij in het bijzonder werd gelet op de wijze waarop de interferenties van tipwervels in rekening moeten worden gebracht, alsmede de uitwerking van methoden voor het berekenen van het rotorkoppel en de kracht op de rotor bij bepaalde asbewegingen.

Het theoretisch onderzoek van algemene aard op het gebied van de subsone, transsone en supersone aërodynamica werd op intensieve wijze voortgezet zoals uit het hiernavolgende moge blijken.

De laatste tijd wordt op veel plaatsen gewerkt aan de optimalisering van vliegtuigen teneinde kruisen met hoog-subsone snelheden mogelijk te maken. Als hulpmiddel kan daarbij gebruik worden gemaakt van nauwkeurige rekenmethoden voor de voorspelling van details van stationaire stromingen om vleugel-romp combinaties. Aan de ontwikkeling van deze rekenmethoden wordt door het NLR een wezenlijke bijdrage geleverd.

Veel aandacht wordt hierbij geschonken aan de verificatie van de toepasbaarheid door vergelijking met nauwkeurige, door middel van experimenten verkregen resultaten.

Voor de berekening van details van de aërodynamische eigenschappen van configuraties, is het noodzakelijk de vorm van de configuraties zeer nauwkeurig te beschrijven. Een deel van de hiervoor benodigde rekenmachine programma's werd gemaakt. Aan de toepassing van de aërodynamische rekenmethoden zijn lange rekentijden van de CDC 3300 van het NLR verbonden. In dit verband is mede een onderzoek gestart van verschillende mogelijkheden om de grote hoeveelheid invoer van deze programma's effectief te controleren.

De theoretische studie van stromingsvelden om transsone profielen zonder schokgolven, de z.g. quasi-elliptische profielen, werd afgesloten. Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting omtrent dit onderzoek, waarop een NLR-medewerker promoveerde tot doctor in de wis- en natuurkunde, moge worden verwezen naar de capita selecta, op blz. 29.

Inmiddels werd een begin gemaakt met het verifiëren van de ontwikkel-

de theorie door het uitvoeren van metingen aan dergelijke profielen in de pilot tunnel. De overeenstemming tussen theoretische en experimentele resultaten is zeer bevredigend.

Het NLR legt zich verder toe op de berekening van supersonische stromingsvelden om omwentelingslichamen door toepassing van de methode van exacte karakteristieken en de integraalrelatiemethode van Dorodnitsyn.

Wat de werkzaamheden in het verslagjaar betreft kunnen worden genoemd:

- het tot stand komen van rekenprogramma's voor bepaling van de aanliggende, resp. losgelaten schokgolf in supersonische stroming.
- het geschikt maken van het bestaande rekenprogramma voor bolvormige neuzen, voor aanstroomsnelheden kleiner dan $Mach = 1,6$; hierboven geeft het programma goede resultaten.
- de bepaling van het stromingsveld om een parabolische romp onder invalshoek met in rekening brengen van entropie veranderingen.
- voortzetting van de studie van de stroming om kegels onder invalshoek.

Het onderzoek van de stromingen in de grenslaag die om ieder zich met enige snelheid door de atmosfeer bewegend voorwerp aanwezig is en die van groot belang is voor de aërodynamische vormgeving werd opnieuw ter hand genomen. De inleidende werkzaamheden hadden betrekking op de bestudering van de verschillende bestaande berekeningsmethoden voor de twee-dimensionale turbulente grenslaag. Twee methoden, nl. die van Nash en Bradshaw, zullen na geprogrammeerd te zijn voor verwerking met de computer, worden toegepast op een aantal quasi-elliptische profielen. Met de uitvoering van het experimentele onderzoek in een windtunnel van de stroming in de grenslaag om genoemde profielen, dat moet dienen om de resultaten van het theoretische onderzoek te verifiëren, werd een begin gemaakt.

Voor het flutteronderzoek aan moderne vliegtuigen zijn nauwkeurige gegevens omtrent de op vleugels met roeren werkende instationaire luchtkrachten in het hoog-subsonische en transsonische snelheidsgebied van groot belang. Met behulp van een op het NLR ontwikkelde meetmethode zijn voor het genoemde snelheidsgebied gedetailleerde instationaire drukverdelingen over een twee-dimensionale vleugel met trillend roer experimenteel bepaald. Deze experimentele resultaten zijn vergeleken met de resultaten verkregen met een eerder ontwikkeld programma voor de berekening van drukverdelingen over oneindig dunne twee-dimensionale draagvlakken met trillend roer in subsonische stroming. Bij de lagere Mach-getallen, waarbij de plaatselijke snelheden om het profiel slechts weinig afwijken van de snelheid van de ongestoorde hoofdstroming, werd een goede overeenstemming verkregen. Bij hoge-

re Mach-getallen, vanaf $M=0,7$, werden verschillen geconstateerd, die toegeschreven kunnen worden aan het feit dat de werkelijke snelheden om het profiel aanzienlijk afwijken van de in de theorie aangenomen uniforme snelheidsverdeling. Dit heeft er toe geleid dat momenteel met kracht wordt gewerkt aan een rekenmethode, waarbij de niet-uniformiteit van de stroming om het profiel in rekening wordt gebracht.

Op voorstel van AGARD werd medewerking verleend aan een onderzoek omtrent de berekening van instationaire luchtkrachten op een aantal door deze organisatie voorgestelde vleugels. De bedoeling van dit onderzoek is om de rekenmethoden, die bij diverse instituten zijn ontwikkeld, met elkaar te kunnen vergelijken.

Ook is de door het NLR ontwikkelde methode, bedoeld om uitgaande van gemeten drukverdelingen voor één trillingvorm die voor een willekeurige trillingvorm te kunnen voorspellen, toegepast op een trillende T-staart bij lage snelheid. De eerste resultaten zijn bemoedigend.

Verbranding en voortstuwing

Aangezien voor de voortstuwing van moderne vliegtuigen vrijwel uitsluitend straalmotoren in aanmerking komen, wordt het noodzakelijk reeds in de aërodynamische ontwikkelingsfase aandacht te besteden aan de invloed van de hete motoruitlaatstralen op de stroming om het vliegtuig.

In verband hiermede heeft het NLR zich reeds geruime tijd beziggehouden met de ontwikkeling van waterstofperoxidemotoren voor de nabootsing van hete stralen bij het onderzoek aan vliegtuigmodellen in de verschillende windtunnels. Deze motoren kunnen thans worden toegepast.

Om in de toekomst tevens nog hetere stralen van raketmotoren of van straalmotoren met naverbranding te kunnen nabootsen vindt onderzoek plaats van de naverbranding van de diverse stuwstoffen in een stroom van ontleed waterstofperoxide (stoom en zuurstof). Hiertoe kunnen vloeibare koolwaterstoffen (petroleum, propaan), alsook vaste stoffen (plastic, kunsthars) als stuwstof worden toegepast, in welk laatste geval van hybride verbranding wordt gesproken.

De onderzoekingen in het verslagjaar hebben o.a. geleid tot de vervaardiging van een z.g. hybride motor (vaste brandstof + vloeibaar oxydatiemiddel) waarmee reeds een tamelijk hoge temperatuur en specifieke impuls, d.w.z. het aantal seconden dat 1 kg brandstof een stuwkracht geeft van 1 kg, kon worden bereikt (258 sec). Voorts kwam een rekenprogramma tot stand om de prestaties van de hierbovengenoemde hybride motoren en die van de eerder ontwikkelde motoren met naverbranding te kunnen vergelijken met theoretisch berekende prestaties. Het onderzoek naar de interactie tussen brandende brandstofdruppel-

tjes en de stroming achter een schokgolf, dat werd uitgevoerd in de kleine schokbuis, droeg voorts bij tot een verdieping van het inzicht in de problematiek van de bij verbranding optredende instabiliteiten.

CONSTRUCTIES EN MATERIALEN

Een belangrijk deel van de capaciteit van de desbetreffende hoofdafdeling werd aangewend voor de voorbereiding en uitvoering van de sterkte- en de vermoeiingsbeproeving van de F28-vleugel. Voor een samenvatting van deze werkzaamheden moge worden verwezen naar de *capita selecta* op blz. 27.

Naast bovengenoemde werkzaamheden werd het speurwerk op het gebied van de sterkte van materialen en constructies voortgezet; een en ander zal in het hiernavolgende worden toegelicht.

Belastingen op luchtvaartuigen

Bij het ontwerp van een vliegtuigconstructie speelt de belasting, die op het vliegtuig kan optreden als gevolg van remous, een belangrijke rol. Voor het bepalen van deze belastingen wordt meer en meer gebruik gemaakt van statistische methoden, met name de energiespectrummethoden.

Nadat in voorgaande jaren oriënterende studies omtrent deze methoden waren uitgevoerd, werd in dit verslagjaar begonnen met een inleidend onderzoek ten behoeve van de RLD naar de mogelijkheden tot bepaling van laterale remousbelasting op staartvlakken in T-configuratie.

Statische sterkte en stijfheid van constructies

De voorbereidende werkzaamheden m.b.t. de sterkteberekening van een pijlvleugelconfiguratie met verlopende ribrichting zijn zover gevorderd dat met de opstelling van het definitieve rekenprogramma kan worden begonnen.

Teneinde ervaring op te doen in het gebruik van moderne sterkteberekeningsmethoden, i.c. de z.g. verplaatsingsmethode, is een begin gemaakt met het uitvoeren van een sterkteberekening voor de F28 T-staart; de resultaten zullen worden vergeleken met de uitkomsten van berekeningen die reeds door de vliegtuigindustrie zijn uitgevoerd. Een oriënterend onderzoek vond plaats naar de invloed van de plaatelaag op de stijfheid en kniksterkte van plaatmateriaal.

Na een intensieve bestudering van de huidige technieken voor de beproeving van aërodynamisch verhitte constructies, alsmede van de hiervoor benodigde installaties kon worden overgegaan tot het opstel-

len van specificaties van de beproevingsapparatuur die in eerste instantie voor het NLR noodzakelijk wordt geacht.

Vermoeiings- en scheurgroeionderzoek

Het in de vliegtuigbouw toegepaste „fail safe” principe houdt o.a. in, dat wanneer in een primair belast onderdeel van een vliegtuigconstructie een vermoeiingsscheur ontstaat, dit niet mag leiden tot een catastrofe, maar dat de constructie als geheel voldoende sterkte moet behouden om de vliegveiligheid te waarborgen totdat de scheur bij de eerstvolgende inspectie met zekerheid wordt ontdekt.

In verband hiermee worden op het NLR sinds jaren onderzoeken uitgevoerd m.b.t. de groei van vermoeiingsscheuren in plaatproefstukken van aluminiumlegeringen; ook wordt veel aandacht besteed aan het bepalen van de reststerkte van gescheurde plaatproefstukken teneinde criteria te kunnen opstellen waarmee de reststerkte van vliegtuigconstructies kan worden voorspeld.

Het vergelijkend onderzoek aan 2024-T3 alclad materiaal van verschillende fabrikanten werd voortgezet met de beproeving van ongekeerde proefplaten en proefplaten met een centraal gat. Hierbij zijn belangrijke systematische verschillen in scheurgroeisnelheid geconstateerd. Tevens is gebleken dat de grootte en verdeling van insluitels in het materiaal mogelijk van betekenis zijn voor het ontstaan van vermoeiingsscheuren; hiernaar werd een oriënterend onderzoek ingesteld.

Een uitvoerig onderzoek naar de vermoeiingssterkte van verbindingen kon worden afgesloten. In het kader hiervan zijn de vermoeiingssterkten bepaald voor resp. lijmproefstukken, klinkproefstukken en klinkproefstukken met een door lijmen versterkte overlapping, allen vervaardigd van 2024-T3 alclad materiaal. Bij gelijke vermoeiingsbelasting was de levensduur van de klinkproefstukken aanzienlijk minder dan die van de lijmproefstukken en klinklijmproefstukken; de levensduren van laatstgenoemde twee liepen slechts weinig uiteen. Een begin is gemaakt met een onderzoek naar de invloed van de fabricagemethode op de vermoeiingssterkte van klinkverbindingen. Hiertoe worden 2-rijige klinkproefstukken met enkelvoudige overlapping uit 2024-T3 alclad materiaal onderworpen aan resp. vermoeiingsproeven met constante belastingamplitude en met geprogrammeerde belasting.

In vervolg op een eerder uitgevoerd onderzoek m.b.t. de invloed van waterdamp op de groei van vermoeiingsscheuren in 2024-T3 alclad heeft een overeenkomstige beproeving plaatsgevonden van 7075-T6 clad plaatmateriaal in lucht met verschillende vochtigheidsgraden. Gebleken is dat ook bij laatstgenoemde legering rekening moet worden gehouden met de invloed van de vochtigheid op de scheurgroei. Bovendien is voor beide bovengenoemde legeringen nagegaan in hoeverre de

frequentie van de belastingwisselingen bij de vermoeiingsbeproeving van invloed is op de levensduur. Aangetoond werd dat in beide gevallen een lagere frequentie een grotere scheurgroeijsnelheid tot gevolg had en dat deze in droge lucht duidelijk groter was dan in natte lucht. In aansluiting op de enige jaren geleden uitgevoerde vermoeiingsproeven op ware-grootte F27-vleugelonderhuiden, vervaardigd uit 7076-T6 materiaal, zijn op de restanten hiervan trekproeven uitgevoerd tot de breuk, teneinde eventueel aanwezige, maar niet geconstateerde vermoeiingskernen alsnog te kunnen vaststellen. Dit is van belang om een inzicht te verkrijgen in de frequentie waarmee niet ontdekte scheuren optreden, alsmede in de mogelijkheden om deze met behulp van röntgenonderzoek in een vroeg stadium te kunnen vast stellen.

Voorts kunnen worden gememoreerd de vermoeiingsproeven op beslaglippen met opgerechte gaten, vervaardigd uit de legeringen 7076-T6 en 2024-T3, scheurgroeioproeven op plaatproefstukken onder gesimuleerde vluchtbelasting en het bepalen van de reststerkte van verstijfde panelen waarin op diverse plaatsen kunstmatige scheuren zijn aangebracht.

Een begin is gemaakt met een tweetal onderzoeken over de veredelingsstoestand van aluminiumlegeringen; het eerste wordt uitgevoerd op plaatproefstukken uit 2024 materiaal, het tweede op smeedstukken uit resp. de Amerikaanse legering 7079 en de Engelse legering DTD 5024. De invloeden van koude vervorming en warmtebehandeling op de scheurgroei-, vermoeiings-, reststerkte- en spanningscorrosie-eigenschappen van deze materialen zullen worden bepaald.

De studie van de eigenschappen van anodiseerlagen, die voorafgaande aan het metaallijmproces op het metaal kunnen worden aangebracht m.b.v. het zwavelzuur- dan wel het chroomzuurprocédé, werd voortgezet. Proeven zijn uitgevoerd om een indruk te krijgen omtrent de stabiliteit van de anodiseerlaag bij een temperatuur van 200° C. Hierbij bleek geen ontleding van de anodiseerlaag op te treden, evenmin als aantasting op het grensvlak van anodiseer- en plateerlaag. Een begin is gemaakt met het onderzoek van de invloed van anodiseren volgens bovengenoemde procédés op de vermoeiingssterkte van plaatproefstukken met centraal gat uit 2024-alclad materiaal.

Trillingen van Constructies

Aan het enigszins gemodificeerde fluttermodel van de F28 werd in het verslagjaar een hernieuwde serie flutterproeven in de windtunnel uitgevoerd. Als voorbereiding op dit flutteronderzoek vond een uitgebreide reeks van standtrillingsproeven plaats om de stijfheids- en massaverdelingen in het model zo goed mogelijk te leren kennen. Bij de flutterproeven in de tunnel werd gebruik gemaakt van de methode van Kennedy

en Pancu teneinde de in het systeem aanwezige demping te bepalen.

VLIEGMECHANICA EN VLIEGTUIGGEBRUIK

Vliegmechanica

Het onderzoek naar de langsstabiliteit van een vliegtuig dat zodanig wordt bestuurd dat het een vliegbaan met constante baanhoek volgt, hetgeen b.v. het geval is bij een naderingsvlucht met behulp van het glijpad van het „instrument landing system” (ILS), werd voortgezet. Het doel van dit onderzoek is het vaststellen door middel van vliegproeven van een criterium ter beoordeling van deze langsstabiliteit bij constante baanhoek, de z.g. „speed stability”. Goede „speed stability” eigenschappen van een vliegtuig zijn van belang in verband met het streven naar verlaging van de zichtlimieten bij de landing. Nadat in voorgaande jaren vliegproeven waren uitgevoerd met verschillende typen vliegtuigen, werd een begin gemaakt met een theoretisch onderzoek van de regelkring vliegtuig-vlieger in de naderingsvlucht, waarbij getracht zal worden een verband te leggen tussen de eigenschappen van het vliegtuig en het oordeel van de vlieger. Als maatstaf voor de beoordeling van de „speed stability” wordt hiertoe de beschikbare marge in de terugkoppelingsfactoren van een aantal bewegingsgrootheden (standhoek, snelheid, hoogte) naar het besturingssysteem (hoogteroer, motoren) gebruikt. Deze marge wordt op grond van de aan de stabiliteitseigenschappen van het regelsysteem te stellen eisen bepaald. Een bij dit onderzoek benodigd rekenprogramma voor de bepaling van de wortelkrommen („root loci”) van de vergelijkingen die het regelsysteem representeren, beschikbaar gesteld door de onderafd. vliegtuigbouwkunde van de TH Delft, werd aangepast aan de CDC 3300 computer van het NLR. Enige berekeningen voor het geval van het Queen Air laboratoriumvliegtuig kwamen gereed.

Een ander onderwerp van studie vormden de regeltechnische principes die worden toegepast in de automatische besturingssystemen van moderne vliegtuigen, alsmede de hulpmiddelen die voor de beoordeling hiervan ten dienste staan (b.v. stabiliteitscriteria, „root locus” methode etc.). De aandacht concentreerde zich hierbij vooral op de wijze waarop de langsbeweging van het vliegtuig beheerst kan worden m.b.v. bestaande stuurautomaten. Vervolgens vonden voorbereidingen plaats voor een onderzoek van niet-lineaire verschijnselen in stuurautomaten aan de hand van metingsresultaten.

Bij het snel en laag vliegen in een turbulente atmosfeer ondervindt de vlieger moeilijkheden die samenhangen met de z.g. „riding qualities” van het vliegtuig. In het vorige verslagjaar werd reeds vermeld dat een

aanvang gemaakt is met het onderzoek naar de mogelijkheden tot beoordeling van deze eigenschappen bij bestaande vliegtuigtypen aan de hand van eenvoudige meetvluchten enerzijds en van de vliegtuigkarakteristieken anderzijds. Nadat een oriënterend onderzoek had plaatsgevonden met het Queen Air laboratoriumvliegtuig zijn de proeven in het verslagjaar voortgezet met het Hunter laboratoriumvliegtuig. Hierbij werden normaal- en dwarsversnellingen alsmede de hoogteroerhoek gemeten tijdens het vliegen in remous op geringe hoogte bij hoge snelheid. Deze proefvluchten werden tevens benut om met behulp van rekstrookjes de belasting van de vleugelligger te meten, teneinde basisgegevens te verkrijgen voor het ontwerp van een vluchtreorder die gebruikt kan worden voor de bewaking van de vermoeiingslevensduur van een vliegtuig.

In opdracht van de RLD werd een studie ondernomen ten behoeve van het opstellen van een voorschrift voor de dynamische langsstabiliteit van vliegtuigen; met name werden de eisen beschouwd die gesteld moeten worden aan de z.g. snelle slingering, welke na een verstoring van de evenwichtstoestand van het vliegtuig optreedt.

Eveneens in opdracht van de RLD werd een begin gemaakt met een onderzoek naar de z.g. „overshoot” en de „wave off” met een uitgevalen motor van het Douglas DC9-vliegtuig. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bij de KLM aanwezige trainingssimulator voor dit vliegtuig met registratie-apparatuur van het NLR.

Het theoretisch onderzoek op het gebied van de vliegmechanica van hefschroefvliegtuigen omvatte onder meer het vergelijken van de eigenschappen van verschillende soorten rotoren. De werkzaamheden hadden vooral betrekking op rotoren zonder klapscharnieren (stijve rotoren) teneinde een inzicht te verkrijgen in de specifieke eigenschappen als demping, stuurgevoeligheid, stuurvertraging etc. van dit rotortype. De mogelijkheden werden onderzocht om in samenwerking met andere nederlandse instituten en laboratoria problemen van het afremmen van vliegtuigen op natte banen nader te bestuderen en zo mogelijk tot een voorstel voor verder onderzoek op dit gebied te komen.

Vliegproeven

De voorbereiding van en de medewerking aan de beproeving van 3 prototypen van het Fokker F28-vliegtuig hebben van de hierbij betrokken medewerkers een uiterste krachtsinspanning gevergd. In de voorbereidingsfase zijn teams opgeleid voor de bediening van de aan boord te plaatsen registratie-apparatuur en voor de verwerking van de vastgelegde metingsresultaten. Tevens moesten de daarbij toe te passen rekenprogramma's worden aangepast met het oog op de ingebruikneming van een magneetbandgeheugen van de Elliott-computer.

Medio april werd een begin gemaakt met de grondproeven (motorbeproeving, taxiën) en op 9 mei vond de eerste proefvlucht met het eerste prototype plaats. Hoewel door het voorspoedige verloop van de vliegproeven de periodiek ontvangen hoeveelheid meetgegevens groter was dan verwacht, konden de metingsresultaten snel worden verwerkt en afgeleverd. De NLR-registratie-apparatuur heeft dank zij de grondige voorbereiding tot volle tevredenheid gefunctioneerd.

In augustus werd ook het tweede prototype bij de vliegbeproeving ingeschakeld waardoor de hoeveelheid te verwerken meetgegevens nog aanzienlijk toenam. Een deel van de resultaten werd in de vorm van machinaal getekende grafieken afgeleverd; hiervoor werden afzonderlijke computerprogramma's opgesteld.

Ter bestudering van het overtrekgedrag van het vliegtuig werd een groot aantal foto's van de stroming over de vleugel gemaakt tijdens het vliegen bij grote invalshoeken. Bij de start- en landingsmetingen werd met vrucht gebruik gemaakt van de door het NLR ontwikkelde fotogrammetrische methode met behulp van camera's in de neus van het vliegtuig, alsmede van een „quick look” systeem waarmee onmiddellijk na de proef een voorlopige indruk verkregen kan worden van de start- en landingsprestaties. Intensieve medewerking werd verleend bij de lokalisatie van de geschiktste plaats op het vliegtuig voor het meten van de statische druk (voor snelheids- en hoogtemeting). Hierbij werd gebruik gemaakt van een gesleepte statische buis en een gesleepte kegel. Een groot aantal vliegproeven werd uitgevoerd met het Queen Air laboratoriumvliegtuig, enerzijds ter beproeving van voor de F28-vliegproeven ontwikkelde systemen, o.a. het synchronisatie systeem dat de tijdbasis van de apparatuur in het vliegtuig en op de grond bij start- en landingsmetingen automatisch correleert, anderzijds ter beproeving van door het laboratorium aan te schaffen apparatuur, o.a. radiohoogtemeters, en van de eigenschappen van het vliegtuig met een eronder opgehangen instrumentengondel.

Het Hunter laboratoriumvliegtuig werd mede ten behoeve van de F28-prototypebeproeving geschikt gemaakt als „pacer” (ijkvliegtuig). Hier toe is de plaatsingsfout van het statische-druksysteem nauwkeurig bepaald, als functie van invalshoek en getal van Mach. De hiervoor gecorrigeerde gemeten statische druk kan dan als ijkwaarde dienen voor het bepalen van de plaatsingsfout van het statische-druksysteem van een ander op of nabij die hoogte vliegend vliegtuig. Een groot aantal meetvluchten werd uitgevoerd met de gesleepte statische kegel; deze werd bij vluchten op geringe hoogte en bij snelheden tot een getal van $Mach=0,6$ bovendien met behulp van een camera gecontroleerd. Voor grotere hoogten en grotere snelheden tot $M=0,9$ werd het statische-druksysteem van het vliegtuig alleen met de kegel geijkt.

Op verzoek van de KLM werd met het Hunter vliegtuig als pacer reeds

kort daarna een controle uitgevoerd van de plaatsingsfout van de statische-druksystemen van een DC9-vliegtuig.

Tenslotte werd aan 3 KLM-vliegtuigen van het type DC8 de plaatsingsfout van de statische-druksystemen (pilot en co-pilot) gemeten met behulp van de statische kegel; dit geschiedde in het kader van een steekproefsgewijs uit te voeren onderzoek ten behoeve van de international air transport association (IATA) en de international civil aviation organisation (ICAO).

Verder zijn met het Hunter laboratoriumvliegtuig meetvluchten uitgevoerd voor het bepalen van de hierboven genoemde „riding qualities”. In het verslagjaar werden ook voorbereidingen getroffen voor het meten van spanningen in delen van de draaiende rotor van een hefschroefvliegtuig; hierbij zullen de signalen telemetrisch worden overgebracht naar registratieapparatuur op de grond.

Vrij vliegende modellen

Na de in het vorige verslagjaar afgesloten experimentele fase van het onderzoek met vrij vliegende modellen van het type MO-3 heeft een diepgaande evaluatie plaatsgevonden van de bereikte resultaten alsmede van de toekomstige mogelijkheden voor het gebruik van deze methode bij de vliegtuigontwikkeling. De apparatuur en de technieken die in dit onderzoek hun oorsprong vonden kunnen o.a. worden toegepast voor de ontwikkeling van de op blz. 47 genoemde sonde.

Vliegtuiggebruik

In het kader van bovengenoemd onderwerp worden zowel onderzoeken verricht inzake operationele aspecten van het vliegbedrijf als van de daarbij behorende grondinstallaties. Deze onderzoeken geschieden hoofdzakelijk in opdracht van civiele en militaire luchtvaartinstanties waarover het volgende moge worden vermeld.

In opdracht van de RLD werd met behulp van een eerder door het NLR ontwikkelde fotogrammetrische methode voor het meten van de baan van een vliegtuig een controle uitgevoerd van de ILS-categorie II installatie te Schiphol, waarmee landingen bij zichtlimieten volgens cat. II (400 m horizontaal en 30 m verticaal zicht) zijn toegestaan. Verder is een onderzoek ingesteld naar de mogelijkheid om de intensiteit en de afstelling van baan- en naderingslichten te controleren, waarbij eveneens gebruik werd gemaakt van een camera in de neus van het vliegtuig. Deze methode bleek doeltreffend te zijn, zodat nu tegelijkertijd een ILS-categorie II-ijking en een kwantitatieve controle van de baan- en naderingsverlichting kan worden uitgevoerd.

De in het vorige verslagjaar begonnen radarmetingen op Schiphol ter

bepaling van de aanvliegbanen van binnenkomende vliegtuigen bij slecht zicht werden voortgezet. De metingsresultaten, die eerst in de vorm van getypte tabellen beschikbaar kwamen, kunnen nu ook in de vorm van ponsbanden worden verkregen, hetgeen verdere verwerking met behulp van een digitale rekenmachine aanzienlijk bespoedigt. De ponsbandapparatuur, die rechtstreeks op de radarinstallatie wordt aangesloten, is op het NLR ontwikkeld en vervaardigd. Een aantal resultaten van voorgenoemde metingen is in de vorm van een „working paper” gepresenteerd op de 3e vergadering van het ICAO all weather operations panel (AWOP). Er bestaat voor deze metingen grote belangstelling in ICAO-kringen.

De medewerking van het NLR aan de problemen betreffende de laterale en verticale separatie van verkeersvliegtuigen boven de noordatlantische oceaan geschiedt in nauw overleg met het britse royal aircraft establishment (RAE). In het kader hiervan werd veel aandacht besteed aan de door KLM-technici aangegeven z.g. „performance check method”, d.i. een methode voor het opsporen van eventuele tijdens het bedrijf met een vliegtuig optredende veranderingen in de plaatsingsfout van het statische-druksysteem d.m.v. routinemetingen van de vliegtuigprestaties. Behalve de KLM hebben ook buitenlandse luchtvaartmaatschappijen hiervoor belangstelling getoond. Op de 3e vergadering van de north atlantic systems planning group (SPG) werd door de RLD een door het NLR opgesteld „working paper” ingediend.

RUIMTEVAART

De activiteiten van het NLR op ruimtevaartgebied omvatten eigen spoorwerk, werkzaamheden in opdracht van ELDO en werkzaamheden met adviserend karakter.

Eigen spoorwerk

De ontwerpstudies m.b.t. een door een raketmotor voortgestuwde geleide sonde voor het onderzoek van de hogere luchtlagen en voor astronomisch onderzoek werden voortgezet. Voor een dergelijke ontwikkeling bestaat mede serieuze belangstelling in de kringen van het ruimteonderzoek hier te lande, gebundeld in de commissie voor geofysica en ruimteonderzoek (GROC) ressorterende onder de koninklijke nederlandse academie van wetenschappen.

Genoemde sonde moet een hoogte van maximaal 150 km kunnen bereiken, terwijl de spreiding, d.i. de variatie in de afstand van het punt van lancering tot het punt van neerkomen, in het daarvoor bestemde inslaggebied, zodanig moet kunnen worden beperkt met behulp van een

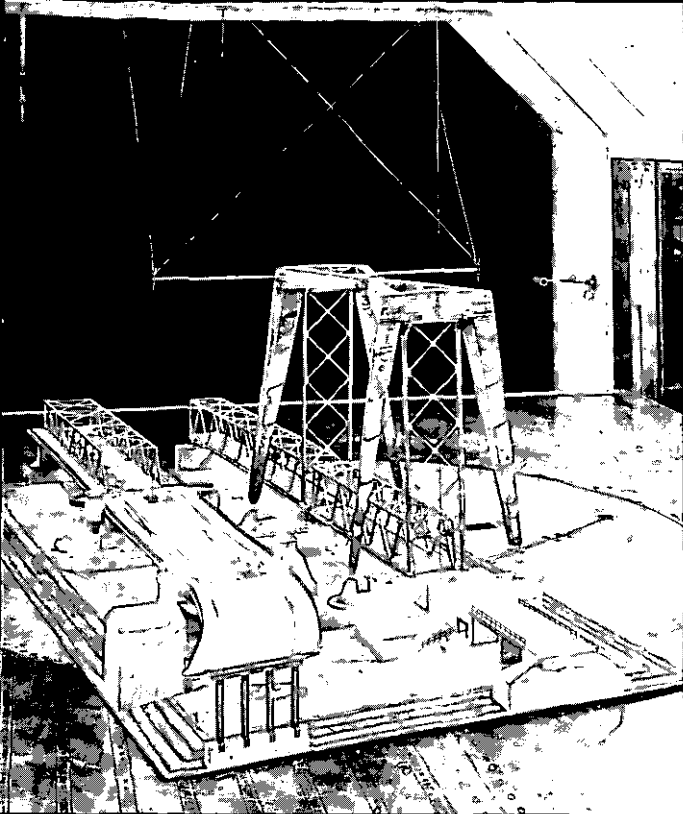
doeltreffend geleidingssysteem, dat de sonde veilig kan worden toegepast op een proefterrein van 17 km diameter, zoals het wadden-gebied ten oosten van Texel. De voorstudie van een mogelijk geleidingssysteem voor een dergelijke sonderingsraket verschafte een inzicht in de eisen die gesteld moeten worden aan de besturing, de nauwkeurigheid van de baanbepaling en de betrouwbaarheid. Op grond hiervan werden de mogelijke uitvoeringsvormen van een systeem dat aan deze eisen voldoet nader bestudeerd en geëvalueerd.

Een belangrijke factor bij het ontwerp van satellieten is de hierin bestaande temperatuurverdeling, de z.g. warmte balans. Deze temperatuurverdeling wordt enerzijds bepaald door de temperatuurverhoging t.g.v. opvallende straling uit de wereldruimte (vnl. zonnestraling) en de in de satelliet geproduceerde warmte (energiebronnen), anderzijds door de temperatuurverlaging als gevolg van door de satelliet in de vorm van straling afgegeven warmte. Voor een bepaald geval werd reeds eerder een studie hierover verricht. Ten einde op dit gebied meer ervaring op te doen is een aanvang gemaakt met een theoretisch en experimenteel onderzoek inzake de temperatuurverdeling in lichamen met een eenvoudige vorm. Experimenteel wordt de temperatuurverdeling hierin bepaald waarbij in de NLR-ruimtekamer diverse omstandigheden worden nagebootst.

Eldo

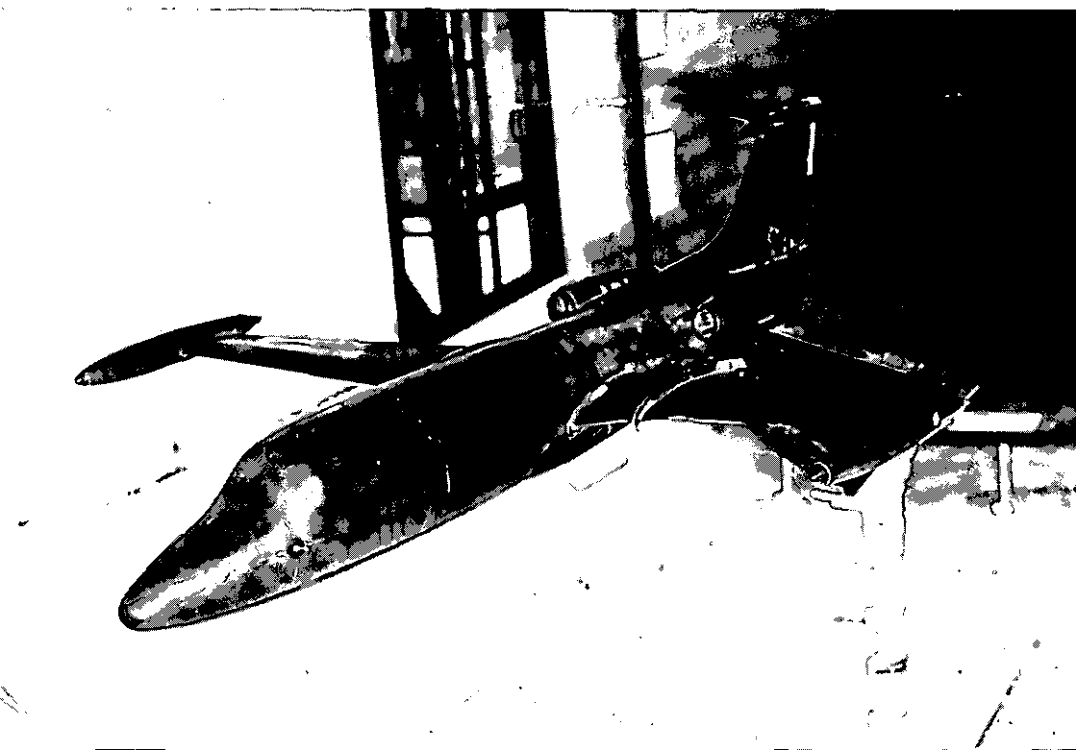
De werkzaamheden ten behoeve van de ELDO-organisatie omvatten de coördinatie van alle aspecten van de aërodynamische belasting van het ELDO-lanceervoertuig, de beproeving van de hierin toegepaste geleidingssystemen, alsmede de ontwikkeling van standregelsystemen voor satellieten.

Het stromingsonderzoek dat wordt uitgevoerd in de transsone en supersonische tunnels was dit jaar in hoofdzaak gericht op het bepalen van de aërodynamische belastingen die tijdens de vlucht op het bovenste gedeelte (3e trap + neuskegel) van de raket kunnen optreden. Nauwkeurige gegevens omtrent grootte en verdeling van deze belastingen zijn noodzakelijk i.v.m. de vlak voor de start uit te voeren controleberekeningen van de belastingen die in de daarop volgende vlucht zullen optreden, rekening houdend met de op dat moment heersende windsnelheden op verschillende hoogten. Indien de berekende belastingen bij de gemeten windsnelheden en hun verloop met de hoogte bepaalde kritieke waarden overschrijden, moet een lancering worden uitgesteld. Naast het windtunnelonderzoek vond op het NLR ook de verwerking plaats van de resultaten van aërodynamische metingen tijdens een proefvlucht van deze drietrapsraket die vanaf de australische basis Woomera werd gelanceerd. Tevens werden de re-

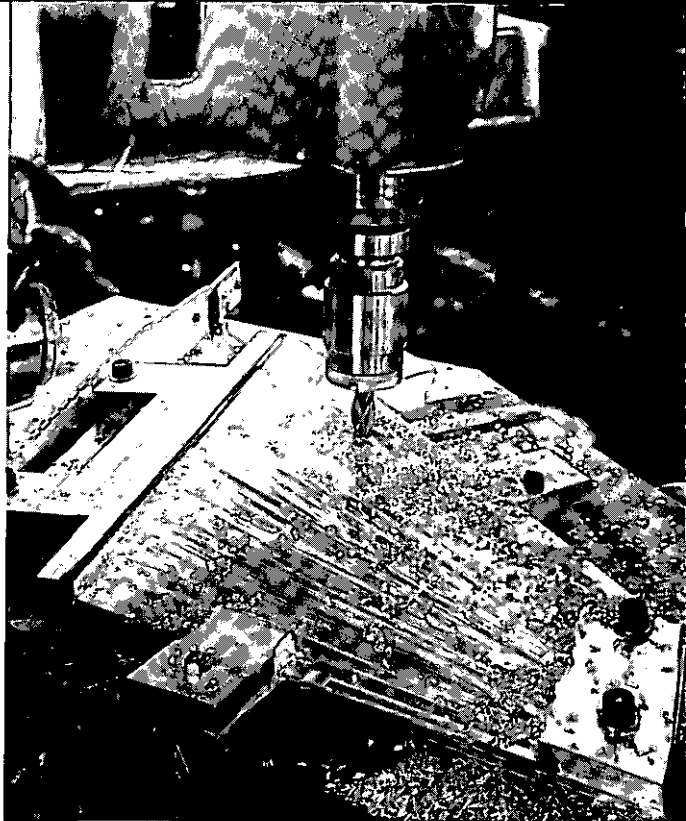


In opdracht van de Nederlandse Spoorwegen werden de windbelastingen op de geprojecteerde spoorweghefbrug over de oude Maas te Dordrecht door metingen aan een model, schaal 1:100, bepaald in de lage-snelheid windtunnel.

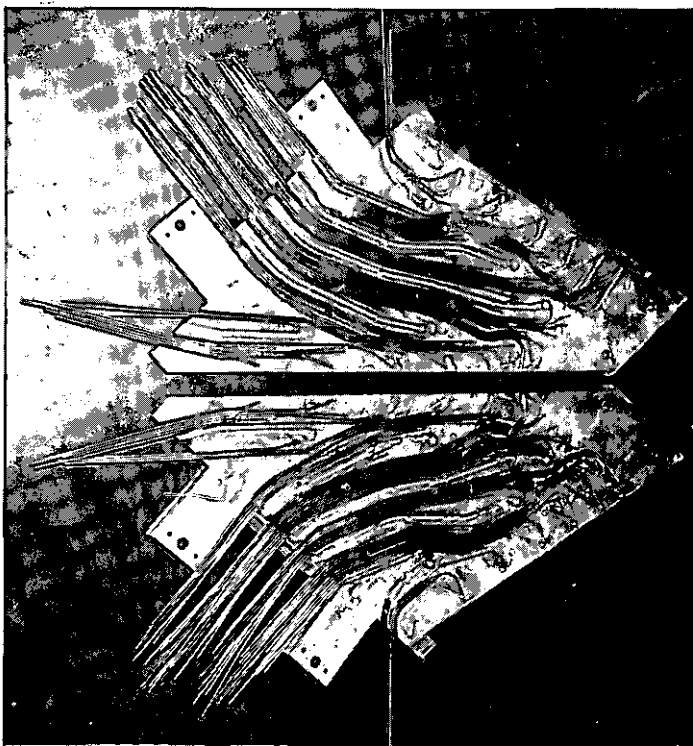
Windtunnelonderzoek aan een vliegtuigmodel in dezelfde tunnel in opdracht van een buitenlandse vliegtuigfabriek.

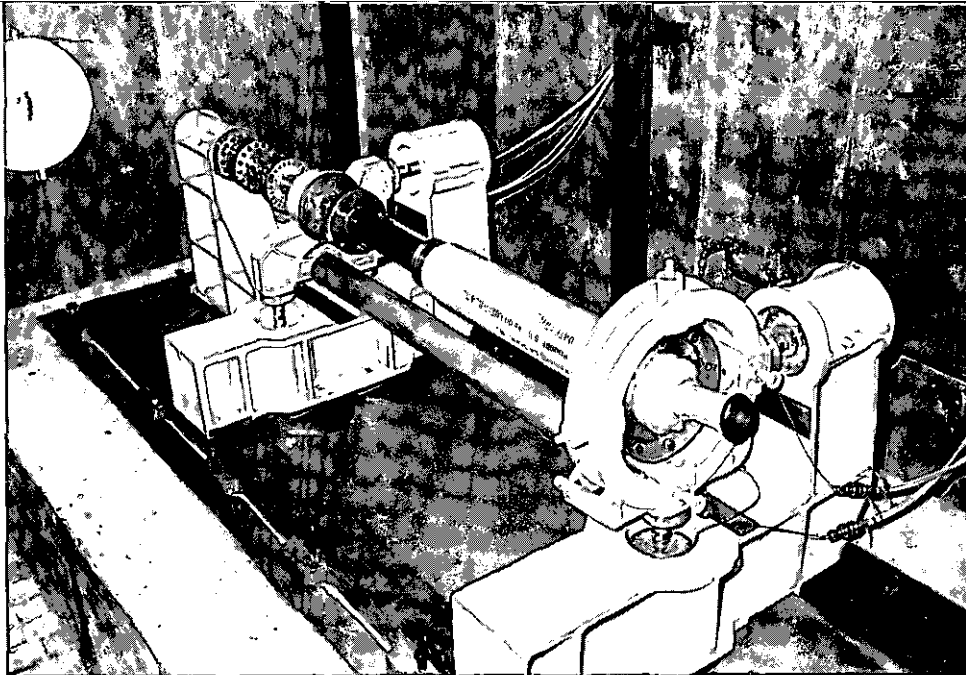


Aanmaak van een wind-tunnelmodel, dat wordt gebruikt bij het meten van instationaire drukken bij transsonie snelheden.



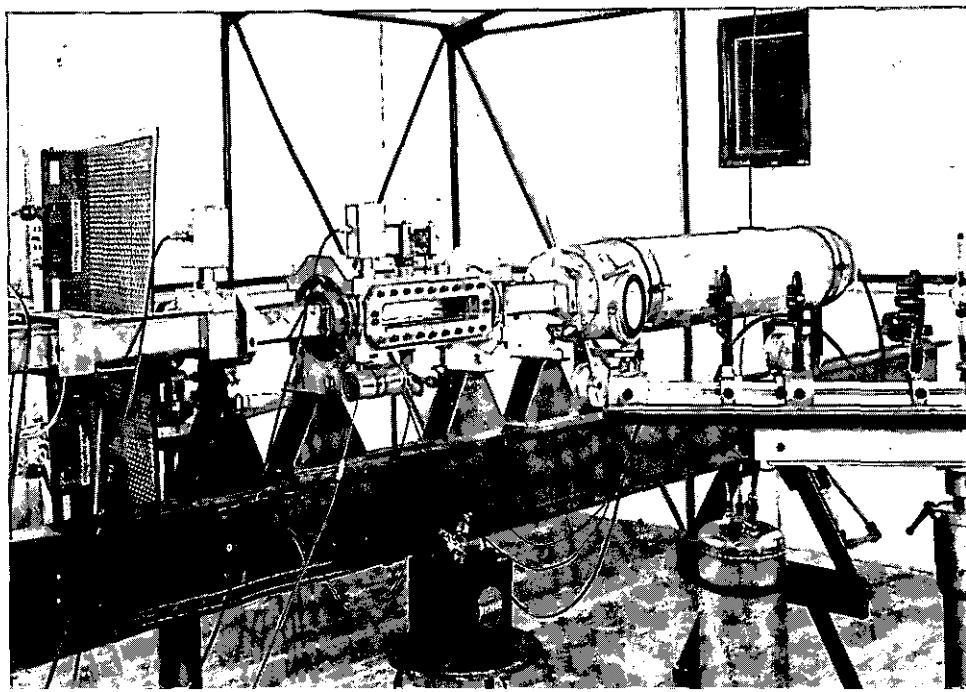
Het model bestaat uit twee helften, welke elk voorzien zijn van een aantal drukleidingen. Na profilering worden de twee helften op elkaar gelijmd, zodat de drukleidingen nabij het middenvlak liggen.

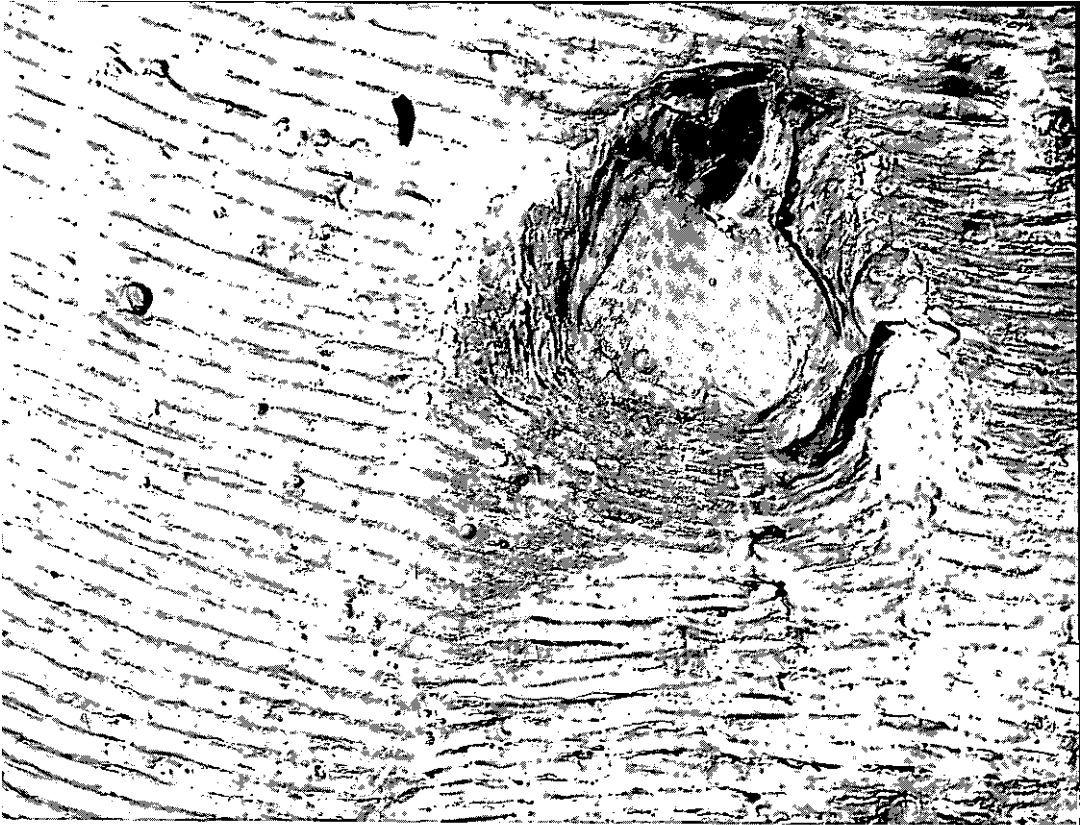




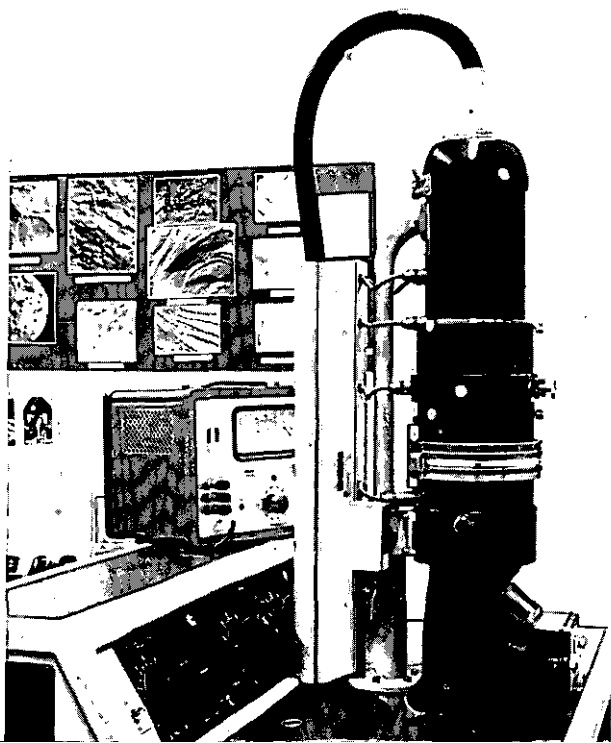
Op deze rakettenproefbank in de Noordoostpolder kunnen zowel de stuwkracht (tot 10 ton) als de zijwaartse krachten bij de uitlaat van vaste-stuwstof-motoren worden gemeten.

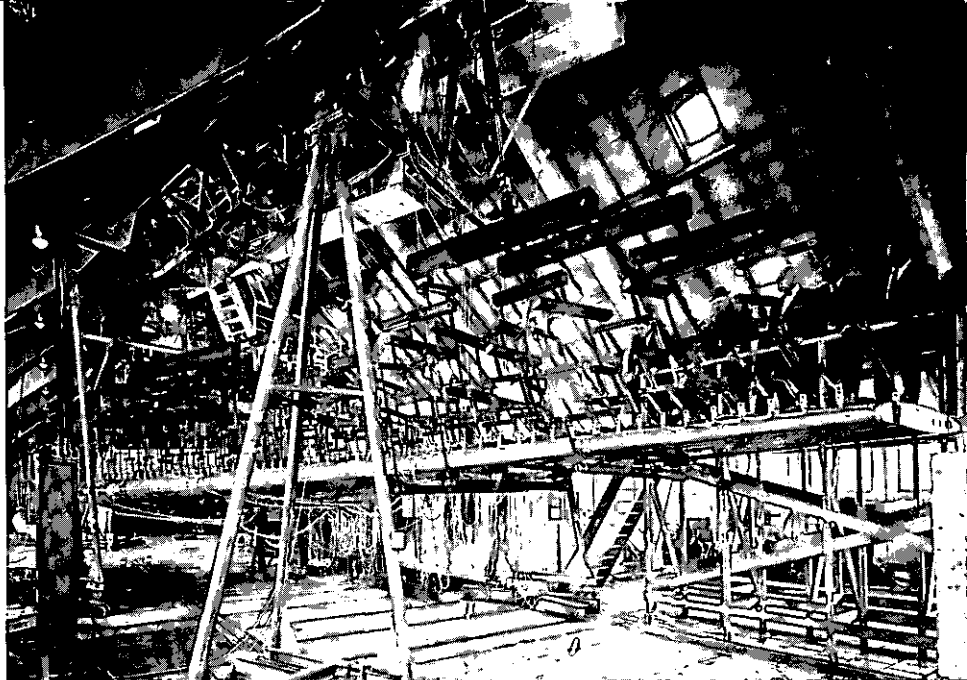
Ten behoeve van het verbrandingsonderzoek is de eveneens in de Noordoostpolder opgestelde schokbuis dit jaar verlengd met een van observatie-ruiten voorziene meetsectie en een z.g. „dumptank“.





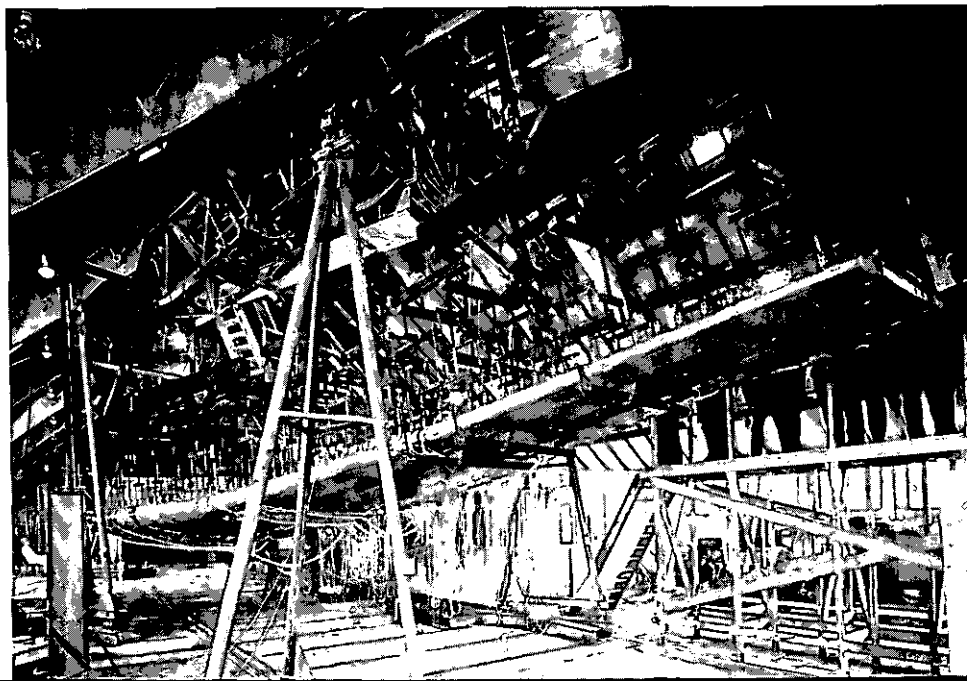
De invloed van insluitsels op de groei van vermoeings-scheuren is na te gaan met behulp van een electronen microscoop. Hier een vergroting (9000 $\times$) van het vermoeings-breukvlak in een Al-Cu-Mg legering.

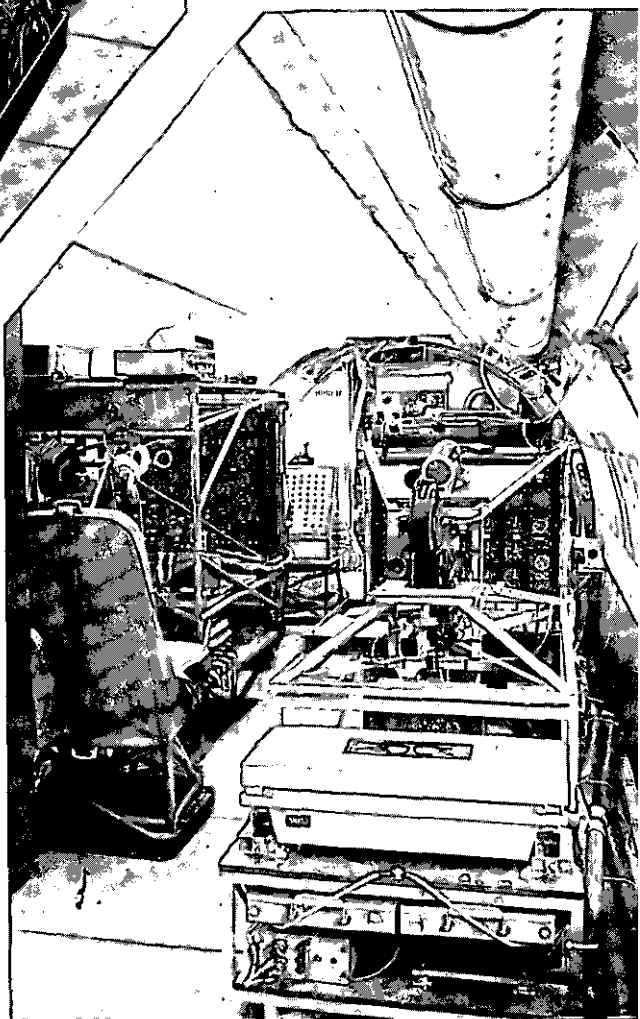
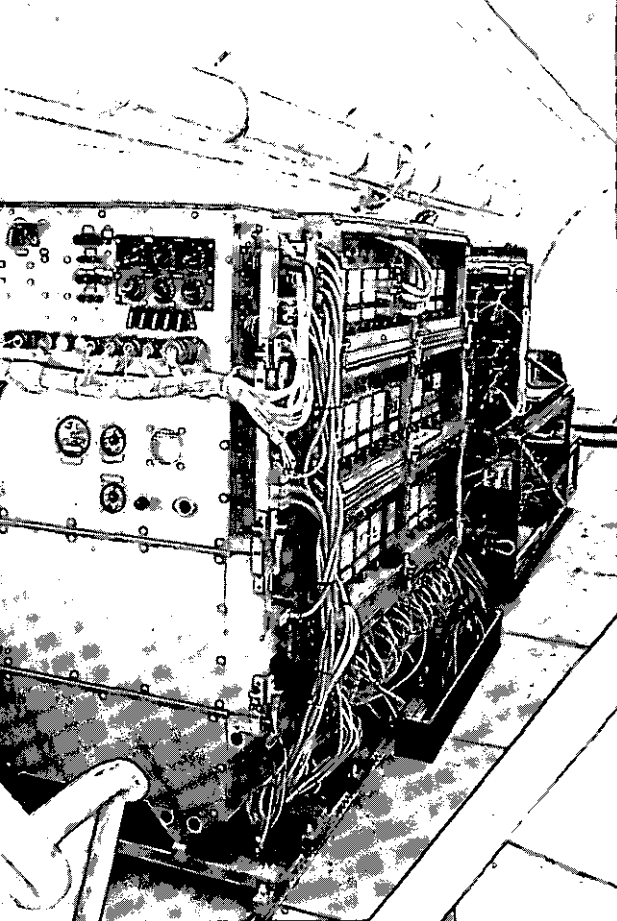




Statische beproeving van de Fokker F 28-vleugel in het laboratorium van het NLR in de Noordoostpolder. Hierboven de bakboordvleugel met het denneboomstelsel waarmee de belasting werd aangebracht. De foto is genomen vóór het begin van de beproeving tot ultimate load ($= 1,5 \times \text{limit load}$).

Dezelfde vleugel bij een belasting van $1,58 \times$ de limit load. Let op de doorbuiging van de vleugeltip (ca. 1 meter).

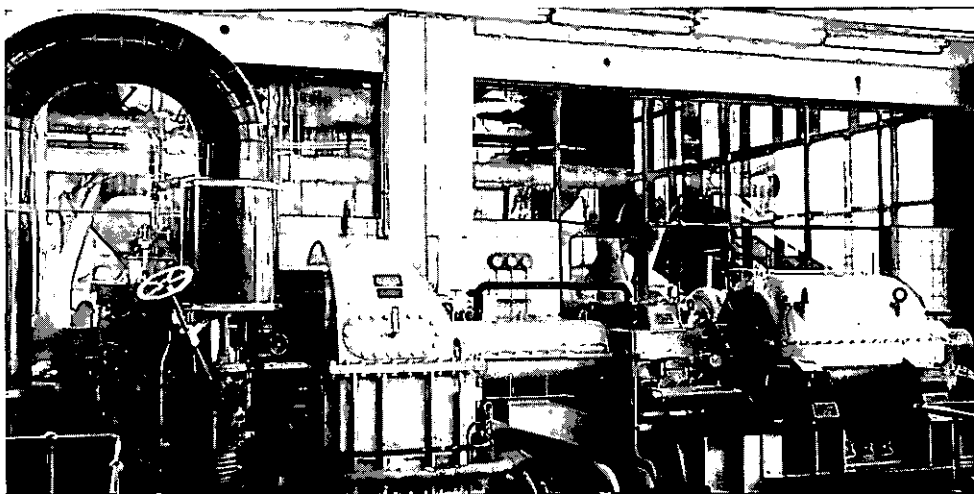
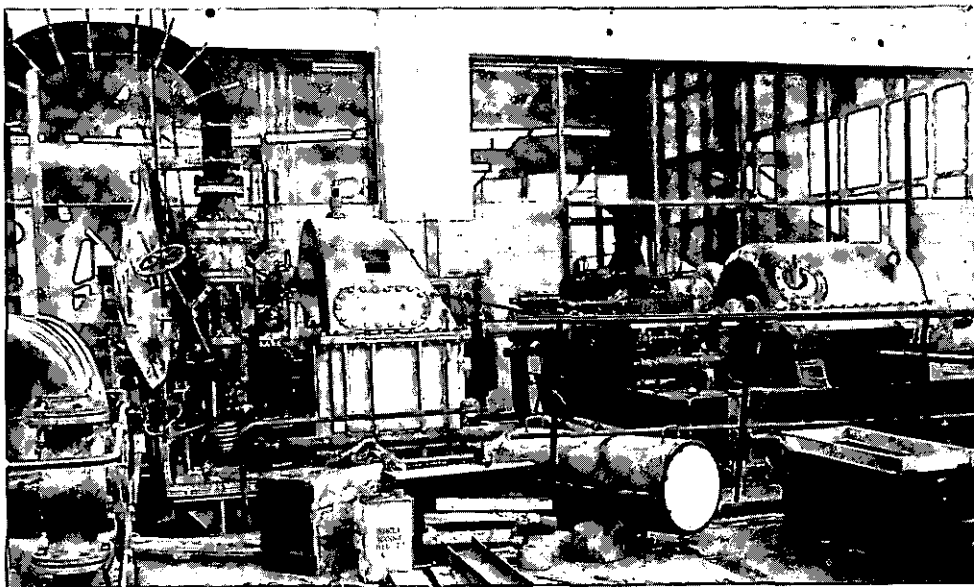


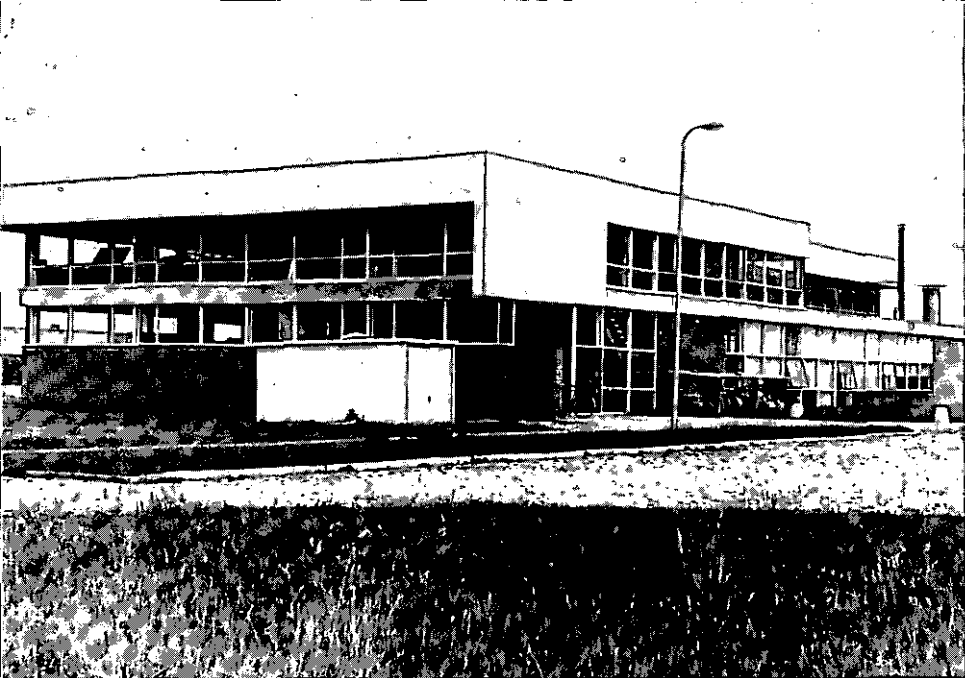


De NLR-apparatuur, die bij de vliegproeven met de Fokker F28-prototypen wordt gebruikt, bestaat uit een digitale recorder DR 28 (foto links) met Ampex magneetbandrecorder. (voorgroond foto onder) en een tweetal automatische waarnemers met filmcamera (foto onder).



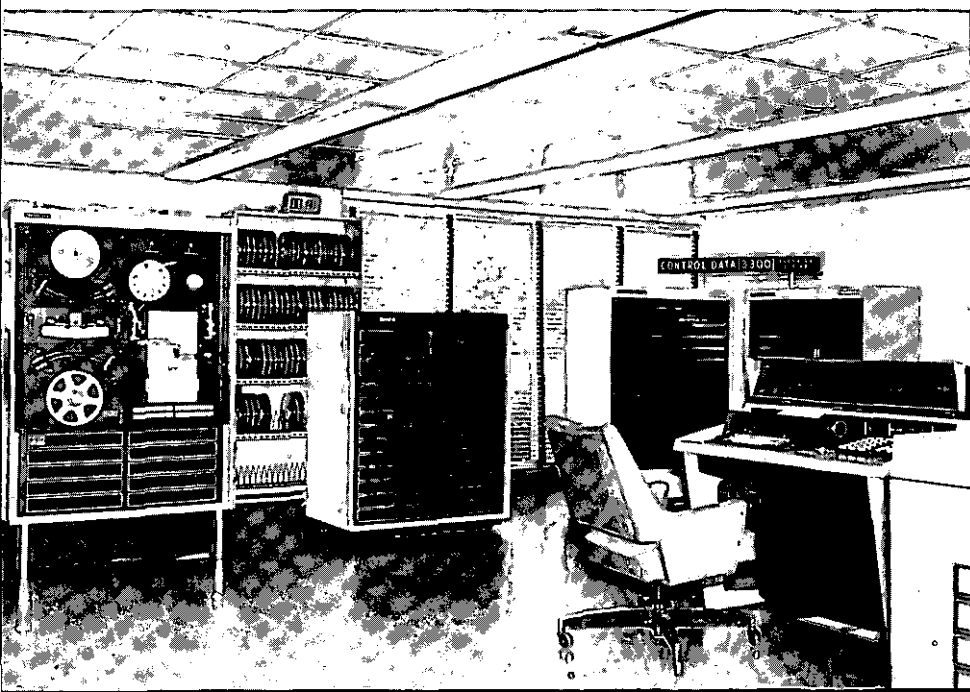
De uitbreiding van de centrale met een zesde ketel werd met het plaatsen van een schoorsteen afgerond. Ook een nieuwe compressor werd geïnstalleerd, waarvan hieronder de uitvoerings- en eindfase.





Een nieuw gebouw, waarin een constructiebureau, werkplaatsen, een magazijn en een cantine zijn ondergebracht, werd in de Noordoostpolder opgeleverd.

Ook de technische outillage werd uitgebreid met een nieuwe rekenautomaat.



sultaten van de vluchtmetingen vergeleken met die van het windtunnelonderzoek.

Beproevingen van het geïntegreerde standreferentiesysteem ARPU („attitude reference and program unit”) werden in 1967 in hun volle omvang uitgevoerd. Het standreferentiesysteem levert gegevens omtrent de stand van het voertuig in ieder punt van zijn baan ten opzichte van een vast coördinatenstelsel, dat wordt ingesteld met behulp van een z.g. gestabiliseerd plateau. In de programma-eenheid van het systeem zijn de voorafberekende standen vastgelegd die het voertuig moet hebben om een *gewenste baan te kunnen blijven volgen*. Verschillen die optreden tussen werkelijke en voorgeschreven stand worden omgezet in een commandosignaal naar de stuurautomaat die de stand vervolgens corrigeert en in overeenstemming brengt met de gewenste stand.

De beproeving van de complete installatie vindt plaats op een drie-assige schommeltafel in combinatie met een analogon-rekenmachine van het NLR. Bij alle in 1967 te Woomera uitgevoerde proeflanceringen was een NLR-medewerker belast met de coördinatie van de functionele ARPU-beproevingen voor de lancering en de afhandeling van de vluchtgegevens. De hiermee verband houdende standaardprocedures werden opgesteld en uitgewerkt door het NLR.

Bij de laatste lancering, het F6/2 schot, heeft het standreferentiesysteem voor het eerst de eerste trap van de raket daadwerkelijk bestuurd, en naar uit de vluchresultaten is gebleken, zijn taak met succes vervuld.

Medewerking werd voorts verleend bij de voorbereiding en uitvoering van de integratie van ARPU in de derde trap van het ELDO-lanceervoertuig, welke bij het F7 schot zal worden beproefd. Deze werkzaamheden vinden plaats in samenwerking met de duitse firma Bölkow.

Voor de geleiding van de toekomstige ELDO-voertuigen zal gebruik worden gemaakt van traagheidsgeleiding, een systeem van besturing dat gebaseerd is op het versnellingsprincipe. In opdracht van Elliott, de hoofdaannemer voor de levering van het traagheidsgeleidings-systeem, zal de beproeving hiervan door het NLR worden uitgevoerd met behulp van een schommeltafel en analogon-rekenmachine. Hierbij zullen zowel de rotaties van het voertuig als de effecten van lineaire versnellingen worden nagebootst. In het verslagjaar is een begin gemaakt met het ontwerp en de vervaardiging van de benodigde beproevingsapparatuur. Deze omvat in hoofdzaak een generatoreenheid voor de bekrachtiging van de versnellingsmeter en een conditioneringseenheid om de bekrachtigingsstroom met grote precisie te kunnen meten. Het geheel wordt aangeduid met de naam ATCU („accelerometer torque current conditioning unit”). Tevens werd veel aandacht besteed aan de digitalisatie en verdere verwerking

van de metingsresultaten; dit leidde tot de bestelling van een 24-kanaals (12 bits) digitalisatie apparaat.

In samenwerking met Philips en Fokker is een technisch voorstel geformuleerd m.b.t. het standregelsysteem voor de ELDO perigeum apogeum systeem (PAS) satelliet. Dit is een satelliet configuratie, samengesteld uit de eigenlijke satelliet en twee motoren resp. perigeum- en apogeummotor. Deze configuratie zal eerst met het drie-traps ELDO-lanceervoertuig in een omloopbaan, de zgn. parkeerbaan, worden gebracht. In deze parkeerbaan wordt de perigeummotor in werking gesteld en komt de configuratie in een overgangsbahn terecht met een hoogste punt van ca. 36000 km. In dit punt moet de apogeummotor tot ontbranding komen waardoor de satelliet in een synchrone baan rond de aarde komt. Aan Nederland zal een opdracht worden verstrekt voor het ontwikkelen en bouwen van het standregelsysteem van deze synchrone satelliet. Op het NLR zijn inmiddels een aantal aspecten van dit systeem theoretisch onderzocht. Deze betreffen de herleiding van de gegevens van zonne- en aardsensoren tot standhoekgegevens van de satelliet, problemen t.a.v. beperkingen in de zichtbaarheid van de sensorobjecten, alsmede de beperkingen in de stand van de satelliet waarbij de apogeummotor tot ontsteking kan worden gebracht. De nauwkeurigheid waarmee uiteindelijk de stand bepaald kan worden is hierbij van het grootste belang.

Adviserende werkzaamheden

In 1967 werd wederom door NLR-medewerkers, zowel in Nederland als in het buitenland, deelgenomen aan een aantal vergaderingen en technische bijeenkomsten van de ELDO.

De algemeen directeur NLR treedt in dit verband o.m. op als technisch gedelegeerde voor Nederland in de ELDO-raad en als adviseur van de minister van economische zaken. Betreffende zaken die in de european conference on satellite communications (CETS) werden behandeld, werd door het ministerie van buitenlandse zaken op beperkte schaal een beroep op het NLR voor advieswerkzaamheden gedaan.

Aan het ministerie van economische zaken werd een advies uitgebracht m.b.t. een voorstel van de nederlandse industrie voor de bouw van een kleine nederlandse astronomische satelliet (NAS).

Technische Outillage

VOOR STROMINGSONDERZOEK

Algemeen

Bij het windtunnelonderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van moderne vliegtuigen worden steeds hogere eisen gesteld aan de wijze waarop de tijdens het gebruik van het vliegtuig optredende omstandigheden kunnen worden nagebootst, aan de betrouwbaarheid van de metingen en aan de nauwkeurigheid van de resultaten.

Voor het meten van instationaire drukverdelingen werd de reeds enige jaren in bedrijf zijnde apparatuur, die een vrij provisorisch karakter had, vervangen door de dynamische drukregistratie apparatuur (DYDRA), waarmee nagenoeg volledig geautomatiseerd een groot aantal gevers van wisselende en stationaire signalen (drukken, versnelingen, etc.) kan worden afgetast, gemeten en op ponsband vastgelegd. De ontwikkeling van DYDRA is volledig naar eigen inzichten van de afdeling electronica uitgevoerd. Als nouveauté kan genoemd worden, dat de sturing van het apparaat door middel van een naar wens te programmeren ponsband geschiedt, hetgeen een grote flexibiliteit met betrekking tot het gebruik mogelijk maakt.

Subsone tunnels

De werkzaamheden ten behoeve van het ontwerp van een nieuwe lage-snelheid windtunnel, geschikt voor ontwikkelingswerk op het gebied van zowel moderne hoge-snelheid vliegtuigen als van vliegtuigen met verticale of zeer steile start- en landingsmogelijkheden, werden, zoals eerder is vermeld, voortgezet.

De hiervoor uitgevoerde studies hadden met name betrekking op het stromingsveld om modellen die een sterke neerwaartse stroming veroorzaken en de hierbij optredende tunnelwandinvloeden, de warmte-huishouding van een dergelijke tunnel, de keuze van de contractie verhouding in verband met de kwaliteit van de stroming in de meetplaats, de aard en de omvang van de voor de opzet van een dergelijke tunnel nodige modelproeven, benevens de toe te passen meetsystemen.

Ten behoeve van het zichtbaar maken van stromingen met zeer lage snelheden, zoals neerstromingen of recirculaties, die o.a. optreden bij V/STOL-vliegtuigen in de hoverfase en de overgangsvlucht, wordt een methode ontwikkeld waarbij zeepbelletjes met een diameter van 1 tot 3 mm d.m.v. een blaaspijp in de luchtstroming worden gebracht. Van deze belletjes, die zelfs in zeer turbulente stromingen een vrij lange levensduur hebben, wordt de beweging fotografisch vastgelegd. Bij stroboscopische verlichting kunnen uit deze foto's niet alleen de richting maar ook de grootte van de snelheden in de stroming vrij nauwkeurig worden bepaald.

Voor het meten van richting en grootte van zowel hoge als lage snelheden dichtbij en in grenslagen of wervels die weinig stabiel zijn, zoals loslatingsbellen op vleugelneuzen en conische wervels bij deltavleugels, vindt ontwikkeling plaats van een andere methode. Hierbij worden de luchtbewegingen in deze gebieden zichtbaar gemaakt d.m.v. herhaalde elektrische vonkoverslagen tussen twee elektroden. Uit foto's van de opeenvolgende vonkoverslagen kunnen grootte en richting van de snelheden worden bepaald.

Ten behoeve van deze meetmethode kwam een pulstransformator gereed die in combinatie met de krachtbron van de stroboscoop voor de hoge-snelheid filmapparatuur, spanningsstoten van 300 kV opwekt en waarmee vonken van 30 cm lengte kunnen worden verkregen. De transformator bleek goed te werken; de beproeving van deze vonkoverslagmethode op een vliegtuigmodel moet nog geschieden.

Voor het meten van stationaire en instationaire statische en dynamische drukken is een pitotbuis in ontwikkeling met ingebouwde transducers. Bij deze methode vormt de versterking van het zeer zwakke transducersignaal echter een probleem dat nog niet volledig kon worden opgelost.

Transsone tunnels

In de hoge-snelheid tunnel (HST) werden de in het vorige verslagjaar aangebrachte metalen gesleufde onder- en bovenwanden van de meetplaats m.b.v. verlengstukken doorgetrokken tot in de diffusor. Dit heeft tot doel de stabiliteit van de stroming in de buurt van $M = 1,25$ te verbeteren. Bovendien bleken hierdoor de drukfluctuaties bij hoogsubsonische snelheden sterk te verminderen. Voorts kwamen verbeteringen tot stand m.b.t. de subsonische en transsonische modelopstellingen en de sliertenoptiek.

Bij de pilot tunnel voor transsonisch onderzoek waren de werkzaamheden vooral geconcentreerd op de ontwikkeling van apparatuur voor experimenteel grenslaagonderzoek, alsmede op de voorbereidingen voor het verkrijgen van de metingsresultaten in digitale vorm.

Het onderzoek naar de mogelijkheden om transsonne metingen uit te voeren in de continue supersone tunnel (CSST), waartoe deze tunnel wordt voorzien van een transsoon tussenstuk, werd voortgezet. De calibratie voor het laag-supersone snelheidsgebied werd voltooid. Tevens vond een onderzoek plaats naar de stabiliteit van de stroming bij laag-supersone snelheden.

Supersone tunnels

In overleg met FDO (fysisch dynamisch onderzoek)-Werkspoor vindt een onderzoek plaats naar de mogelijkheden om het regelsysteem van de SST dat moet zorgen voor de toevoer van een constante hoeveelheid lucht, te optimaliseren. In verband hiermee werd de regeling met behulp van de PACE analogon-rekenmachine nagebootst. Mede aan de hand van deze resultaten wordt een plan uitgewerkt om de beoogde doelstelling te realiseren.

Hypersoon onderzoek

De toenemende mate waarin ook het hypersone snelheidsgebied bij de aërodynamische research betrokken wordt, is aanleiding geweest zich te bezinnen op de voor het NLR in aanmerking komende werkgebieden en de hiervoor benodigde installaties. De gedachten gaan hierbij uit naar een beperkte installatie waarmee een snelheid van maximaal Mach = 15 bereikt kan worden bij een zo hoog mogelijk getal van Reynolds.

VOOR VERBRANDINGS- EN VOORTSTUWINGSONDERZOEK

In verband met de in de vorige paragraaf genoemde oriënterende studie omtrent de mogelijkheden voor hypersoon onderzoek is de kleine schokbuis, die o.m. wordt gebruikt voor dynamisch verbrandingsonderzoek, gemodificeerd en geschikt gemaakt voor het uitvoeren van proeven die ten doel hebben een vroegtijdig inzicht te verkrijgen in de problemen bij hypersone installaties en in de oplossing hiervan. Voor het bepalen van de schoksnelheid in deze schokbuis m.b.v. „hotfilms” is een nieuwe „hotfilm” versterker in gebruik genomen, die minder gevoelig is voor externe storingen, maar gevoeliger voor zwakke schokgolven.

De nieuwe rakettenproefstand voor het onderzoek van kleine raketmotoren kwam in bedrijf. Met behulp van een drie-componenten meetboks kunnen aan dergelijke motoren stuw- en dwarskrachten worden gemeten.

Bij de ontwikkeling en bouw van apparatuur voor onderzoek op het onderhavige gebied lag het accent in hoofdzaak op de prototype-beproeving van de F28; voor een nadere uiteenzetting moge worden verwezen naar het hoofdstuk capita selecta op blz. 27.

Ten behoeve van het materialen- en sterkteonderzoek bij hoge temperaturen werd een specificatie opgesteld voor een verhittingsinstallatie van beperkte omvang bestaande uit drie afzonderlijke regelbare eenheden met een totaal vermogen van ca. 150 kVA welke het NLR in staat zal stellen zich mede door experimenteel onderzoek aan proefstukken kennis op het gebied van aërodynamisch verhitte constructies eigen te maken.

In aansluiting op hetgeen hierover op blz. 51 onder het hoofd algemeen is gerapporteerd kan met betrekking tot de dynamische drukregistratie apparatuur (DYDRA) nog worden vermeld, dat dit apparaat mede door zijn flexibiliteit eveneens benut kan worden bij de uitvoering van standtrillings- en flutterproeven.

VOOR VliegMECHANISCH ONDERZOEK

Bij het onderzoek van de prestaties en de luchtwaardigheid van prototypen en van problemen met betrekking tot het operationele gebruik van vliegtuigen vormen ware-grootte vliegproeven een belangrijk hulpmiddel. In de voorbereidende fase van dergelijke proeven spelen de NLR-laboratoriumvliegtuigen Queen Air en Hunter MK7 een belangrijke rol bij de ontwikkeling van beproevings- en meetmethoden en van de apparatuur die bij het uiteindelijke onderzoek zullen worden toegepast. Hiertoe moeten inrichting en uitrusting van genoemde vliegtuigen voortdurend worden aangepast resp. uitgebreid.

In het verslagjaar kwamen voorzieningen tot stand voor de ophanging van een instrumentengondel onder het Queen Air vliegtuig. De beproeving in de vlucht van het vliegtuig met gondel verliep bevredigend. Aan de uitrusting werd een ATC („air traffic control”) transponder toegevoegd om identificatie van het vliegtuig m.b.v. radar mogelijk te maken.

De inrichting en aanpassing van het Hunter MK7 vliegtuig, dat aan het eind van het vorige verslagjaar als laboratoriumvliegtuig in bedrijf kwam, werd voortgezet. Evenals de Queen Air werd ook dit vliegtuig uitgerust met een ATC transponder. Van de speciale voorzieningen die zijn aangebracht met het oog op reeds in uitvoering zijnde onderzoeken kunnen worden genoemd: de inbouw van twee verschillende stuwpuntsthermometers voor vergelijkende doeleinden i.v.m. de toe-

passing hiervan bij de F28-beproeving; het aanbrengen van een HSA-reflector en dipolen op de pylontank ten behoeve van radarmetingen nodig voor het bepalen van de plaatsingsfout van het statische-druk-systeem; de inbouw van registratie-apparatuur en het aanbrengen van rekstrookjes op de vleugelligger t.b.v. het onderzoek van „riding qualities” en vermoeiingsregistratie. Laatstgenoemd punt is eveneens onder het hoofdstuk vliegmechanica ter sprake gebracht.

Zoals reeds werd gememoreerd moest een groot deel van de beschikbare mankracht worden ingeschakeld voor het gereedmaken en installeren van meet- en registratie-apparatuur in de drie F28-vliegtuigen die bij het vliegprogramma zijn betrokken.

Hoewel het merendeel van de omvangrijke eenheden, t.w. automatische waarnemers en digitale vluchtrecorders DR 28, reeds in het vorige verslagjaar voor operationeel gebruik gereed kwam, was op enkele punten aanvulling dan wel wijziging van de apparatuur noodzakelijk.

In dit verband werd een speciale 6000 Hz oscillator/modulatorschakeling ontwikkeld die via de VHF communicatiekanalen van het vliegtuig kan worden gebruikt als synchronisatiemiddel tussen apparatuur in het vliegtuig en de grondapparatuur.

De digitale vluchtrecorder onderging een wijziging waardoor zodanige stuurcommando's aan de beide neuscamera's voor start- en landingsmetingen kunnen worden toegevoerd, dat deze om de beurt een opname maken. Hierdoor werd een registratiefrequentie van 4 beelden per sec bereikt.

Ook is apparatuur ontwikkeld voor meer speciale waarnemingen, met name een camera voor het registreren van de stroming over de vleugel tijdens overtrekproeven, een periscoop ten behoeve van de visuele en fotografische waarneming in de vlucht van ijsafzetting op staartvlakken en op de luchtinlaat van het hulpaggregaat (APU), alsmede een tweetal zgn. „rotating discs” voor het meten van de waterinhoud van wolken tijdens ijsafzettings-proeven.

Tenslotte vonden traagheidsmetingen plaats aan statische- en stuwdruksystemen van de bovengenoemde vliegtuigen.

Medio november is een begin gemaakt met de beproeving van de verlengde versie van het F27-vliegtuig. De instrumentatie voor de vliegproeven, o.a. de inbouw van een automatische waarnemer, werd door het NLR voorbereid en uitgevoerd.

De beproeving van de gesleepte statische kegel (oorspronkelijk ontwerp Douglas) voor het bepalen van de ongestoorde statische druk werd voortgezet met het Hunter MK7-vliegtuig. Bij hoge snelheden bleek de kegel die reeds eerder was beproefd met het inmiddels vervangen S14 laboratoriumvliegtuig onvoldoende stijfheid te bezitten.

Een stijvere uitvoering werd met goed gevolg beproefd met het Hunter vliegtuig.

In het kader van de ontwikkeling en uitbreiding van meettechnische middelen voor algemeen gebruik vond een onderzoek plaats van een zestal radiohoogtemeters van verschillend fabrikaat. Voor dit onderzoek is een aantal vliegproeven uitgevoerd. De bevindingen werden met de diverse fabrikanten besproken.

In opdracht van de RLD werd een concept-„working paper” opgesteld over radiohoogtemeters ten behoeve van het all weather operations panel van ICAO. In het bijzonder is hierin aandacht besteed aan de invloed van de gesteldheid van het terrein waarboven het vliegtuig zich bevindt.

In verband met het onderzoek van moderne stuurhutuitrusting wordt een oriënterende studie uitgevoerd inzake de keus van een voor vliegproeven te gebruiken „head-up display”. Dit is een systeem van visuele presentatie waarbij gegevens die essentieel zijn voor de besturing van het vliegtuig in de sector van het windscherm vóór de vlieger worden geprojecteerd, zodat deze naar buiten kijkend de benodigde informatie in zich kan opnemen, hetgeen met name van belang is bij het starten en het landen onder marginale weersomstandigheden. Bij zulk een „head-up display” moet gebruik worden gemaakt van zeer nauwkeurige gevers voor de vereiste ingangssignalen; in dat kader vond oriëntering plaats omtrent enkele eenvoudige gestabiliseerde plateaux voor standreferentie en werd een „air data computer” besteld.

Aan de uitrusting voor vliegmechanisch onderzoek konden o.m. de volgende apparaten worden toegevoegd: een moderne radio-hoogtemeter van het fabrikaat STC, een grondcamera voor het onderzoek van de plaatsingsfout van statische druksystemen, een twee-lenzige panorama-camera voor stuurhutuitzichtmetingen en een apparaat voor het omzetten van continue registraties op papierfilm in magneetbandregistraties.

De ijk- en beproevingsapparatuur kon achtereenvolgens worden uitgebreid met: een tweetal zelfinductie standaards, Endevoc-versnellingsmeters voor het meten van versnellingen bij trillingsonderzoekingen, een 100-gauss standaard, een tweetal drukbalansen en een ijk-barometer met servo-mechanisme voor het ijken van hoogte-, snelheids- en machmeters.

De apparatuur voor het onderzoek met vrij vliegende modellen onderging nog enige verbetering en uitbreiding. Met name hadden deze betrekking op de automatische baanregistratieapparatuur en de grondapparatuur voor besturing op afstand. Onderzoekingen vonden verder

plaats naar de mogelijkheden om de doppler apparatuur te gebruiken voor de directe bepaling van de afstand.

De werkzaamheden op het gebied van de vluchtnabootsing zijn met kracht voortgezet.

Het ontwerp van de ombouw van de C-11 B linktrainer tot VTOL-nabootser werd nagenoeg voltooid. In het kader hiervan vonden studies plaats die betrekking hadden op het rekenen met een gecombineerd-gelijkstroom-wisselstroomsysteem en het uitwerken van schema's voor het oplossen van de bewegingsvergelijkingen. Tevens werd aandacht besteed aan de simulatie van de bewegingen op de grond (aanloop, uitloop, landingsstoot).

De studie omtrent de eisen te stellen aan een universele vluchtnabootser, geschikt voor onderzoeken op het gebied van vliegeigenschappen en operationeel gebruik van vliegtuigen werd afgerond. Ten behoeve van het ontwerp werden eisen opgesteld waaraan het bewegingsmechanisme moet voldoen. Hiervoor leverde een bezoek aan het RAE te Bedford, de DFL abt. *flugzeugsteuerung* en de technische hogeschool te Stockholm, waar dergelijke simulatoren in bedrijf zijn, nuttige gegevens op.

VOOR RUIMTEVAARTONDERZOEK

Teneinde de toepassingsmogelijkheden van een ruimtekamer voor omgevingsonderzoek te vergroten zal deze worden uitgebreid met een z.g. zonsimulator voor nabootsing van de zonnestraling welke een belangrijk element vormt bij het onderzoek van het gedrag van installaties onder de omgevingsomstandigheden in de ruimte. De specificatie voor dit apparaat kwam gereed en werd aan enkele hiervoor in *aanmerking komende fabrieken* toegezonden. Aan de uitrusting van de ruimtekamer werd verder een restgasanalysator toegevoegd. Hiermee kan de samenstelling van het zich in de ruimtekamer bevindende gas worden bepaald.

In verband met de beproeving van het traagheidsgeleidingssysteem voor de ELDO-raketten werd de beweging nabootsingsapparatuur uitgebreid met een EAI 680 analogon-rekenmachine die kan worden gecombineerd met de PACE 231. Een bestelling werd geplaatst voor apparatuur voor het omzetten en registreren in digitale vorm van uitgangssignalen van nauwkeurige versnellingsmeters.

Voor het nauwkeurig uitlijnen van gestabiliseerde plateaux en voor het beproeven van zeer gevoelige versnellingsmeters werd de bestelling van een om twee assen instelbare hellingtafel met een instelnauwkeurigheid van 1 boogseconde voorbereid.

Wetenschappelijke commissie NLR-NIV

ALGEMEEN

In het verslagjaar heeft de wetenschappelijke commissie – evenals in de voorafgaande jaren – aan de besturen van het NLR en het NIV een aantal adviezen uitgebracht.

Dit geschiedde meestal op verzoek van het desbetreffende bestuur. In enkele gevallen bracht de commissie eigener beweging advies uit.

SAMENSTELLING VAN DE WETENSCHAPPELIJKE COMMISSIE AAN HET EIND VAN 1967:

prof. dr. ir. W. T. Koiter, voorzitter,
prof. ir. P. Jongenburger,
commodore ir. C. Plooy,
prof. dr. ir. J. A. Steketee,
prof. jhr. ir. J. L. W. C. von Weiler.

SAMENSTELLING VAN DE SUBCOMMISSIES AAN HET EIND VAN 1967:

subcommissies voor theoretisch en toegepaste aërodynamica

ir. E. Dobbinga, voorzitter,
drs. W. Bloemendal,
J. H. D. Blom,
dr. J. H. Greidanus,
lt. kol. ir. P. Spek,
prof. dr. ir. J. A. Steketee,
prof. ir. H. Wittenberg.

subcommissie voor aëroëlasticiteit

prof. dr. ir. A. van der Neut, voorzitter,
ir. H. N. Wolleswinkel,
ir. J. Yff.

subcommissie voor sterkte en materialen

prof. dr. ir. W. T. Koiter, voorzitter,
ir. J. G. ten Asbroek,
ir. E. J. van Beek,
prof. dr. ir. J. F. Besseling,
prof. ir. P. Jongenburger,
prof. dr. ir. J. J. Koch,
prof. dr. ir. A. van der Neut,
prof. dr. ir. J. Taub,
ir. H. N. Wolleswinkel.

subcommissie voor vliegeigenschappen en vliegtuiggebruik

prof. dr. ir. O. H. Gerlach, voorzitter,
J. H. D. Blom,
E. A. Driessen,
kol. Th. N. J. Hoogvliet,
A. P. Moll,
ir. N. Schipper,
R. J. Stam,
maj. ir. P. D. D. van Waardhuizen.

VAN DE VERGADERINGEN

De vergadering van 26 mei was in hoofdzaak gewijd aan een aantal voorstellen van het NLR voor nieuwe onderzoeken. Er vond voorts o.m. een gedachtenwisseling plaats over de regeling betreffende de beoordeling van NLR-rapporten door de commissie.

In de vergadering van 3 juli werd o.m. de technische stand van het in eigen beheer uitgevoerde speurwerk van het NLR en de NIV- opdrachten van algemene aard besproken.

Aan deze vergadering ging een belangwekkende uiteenzetting vooraf door prof. dr. ir. J. Schijve over bij het NLR uitgevoerd onderzoek betreffende „fail-safe” eigenschappen van vliegtuigconstructies.

De vergaderingen van

- de subcommissies voor theoretische en toegepaste aërodynamica
 - de subcommissie voor aëroëlasticiteit
 - de subcommissie voor sterkte en materialen
 - de subcommissie voor vliegeigenschappen en vliegtuiggebruik
- waren in hoofdzaak gewijd aan aanbevelingen aan de wetenschappelijke

commissie inzake:

- a. de concepten voor het werkplan van het NLR voor 1968 en de uitgave 1968 van het werkplan op langere termijn
- b. voorstellen van het NLR voor nieuwe onderzoeken
- c. de stand van onderzoeken van algemene aard, welke door het NLR in opdracht van het NIV worden uitgevoerd
- d. de stand van het eigen speurwerk van het NLR

ADVIEZEN AAN HET BESTUUR VAN HET NLR

Aan het bestuur werd rapport uitgebracht over de stand van de onderzoeken, die door het NLR als eigen speurwerk in het tijdvak van april 1966 tot april 1967 werden verricht.

BEOORDELING RAPPORTEN

In het verslagjaar werden door de commissie 33 NLR-rapporten beoordeeld o.a. op hun geschiktheid als wetenschappelijke publikatie. Zij werden, evenals 4 aan het einde van het vorige jaar nog in behandeling zijnde rapporten door de betrokken subcommissies behandeld.

T.a.v. deze rapporten bracht de commissie advies uit. Aangezien de produktie van NLR-rapporten steeds meer toeneemt, wat - aldus merkt de commissie in haar jaarverslag over 1967 op - op zichzelf een gelukkige omstandigheid is, kunnen vele rapporten niet meer tijdig bestudeerd worden.

Daarom heeft de commissie een regeling getroffen, die hierop neerkomt, dat sterk specialistische rapporten en die, waarbij terwille van snelle publikatie spoedige beoordeling gewenst is, aan een of meer leden van de desbetreffende subcommissie(s) worden voorgelegd met het verzoek daaraan speciale aandacht te besteden.

De NLR-rapporten tegen welke publikatie de wetenschappelijke commissie, na beoordeling in het verslagjaar, geen bezwaar bleek te hebben zijn vermeld in de lijst van rapporten op blz. 69

Nederlandse delegatie bij de AGARD

In de samenstelling van de nederlandse delegatie bij de advisory group for aerospace research and development (AGARD) van de noord-atlantische verdragsorganisatie (NAVO) kwam gedurende het verslagjaar geen verandering.

DE NEDERLANDSE GEDELEGEERDEN BIJ DE AGARD ZIJN:

prof. dr. ir. H. J. van der Maas
ir. A. J. Marx

Het secretariaat van de nederlandse delegatie werd waargenomen door de heer A. H. Geudeker.

DE NEDERLANDSE VERTEGENWOORDIGING IN DE AGARD-COMMISSIES

De nederlandse vertegenwoordiging in de AGARD-commissies voor de periode 1966 – 1969 werd vastgesteld bij beschikking nr. 200.654/3M d.d. 31 maart 1967 van de minister van defensie. Tijdens de vergadering van nationale gedelegeerden op 8 september werd besloten de ad hoc commissie voor „guidance and control” die in 1965 op proef was ingesteld, de status van permanente AGARD commissie te geven, zodat er thans voor de diverse vakgebieden 8 vaste commissies zijn, waarbij nog het onder het „avionics panel” ressorterende „electromagnetic wave propagation committee”, dat in 1965 de taak van het vroegere „ionospheric research committee” heeft overgenomen.

De nederlandse vertegenwoordiging in de door de AGARD ingestelde commissies bestond per 31 december uit:

fluid dynamics panel:

prof. dr. ir. J. A. Steketee, TH Delft, onderafd. vliegtuigbouwkunde
ir. E. Dobbinga, lector TH Delft, onderafd. vliegtuigbouwkunde
ir. J. Boel, NLR, plv. lid
prof. dr. ir. S. F. A. H. P. Erdmann, NLR, plv. lid

flight mechanics panel:

prof. ir. T. van Oosterom, NLR
prof. dr. ir. O.H. Gerlach, TH Delft, onderafd. vliegtuigbouwkunde
drs. J. Bührman, NLR, plv. lid

aerospace medical panel:

commodore-vliegerarts E. de Vries, IMGD/KLu*
luitenant-kolonel-vliegerarts Th. B. Kölling, SLuGA/IMGD/KLu.
dr. P. M. Lansberg, directeur NLGC, plv. lid
dr. J. Hoogerheide, arts bij het NLGC, plv. lid

propulsion and energetics panel:

ir. F. Jaarsma, NLR

structures and materials panel:

prof. dr. ir. A. van der Neut, TH Delft, onderafd. vliegtuigbouwkunde
ir. H. P. van Leeuwen, NLR

technical information panel:

J. A. Schüller, hoofd TDCK
ir. H. A. Stolk, NLR

avionics panel:

kapitein ter zee (SD) b.d. prof. jhr. ir. J. L. W. C. von Weiler,
ir. D. Bosman, NLR directeur LEOK

In het onder het avionics panel ressorterende electromagnetic wave propagation committee was gedurende het verslagjaar Nederland vertegenwoordigd door:

prof. ir. B. van Dijl, TH Eindhoven, afd. der electrotechniek

guidance and control panel:

ir. P. Kant, NLR

* In 1968 benoemd tot generaal-majoor

VERGADERINGEN VAN NATIONALE GEDELEGEERDEN

De nationale gedelegeerden kwamen op 9 en 10 maart te Parijs bijeen en op 8 september te Turijn. Het executive committee (waarin prof. van der Maas zitting heeft) vergaderde op 6 januari en 9 maart te Parijs, op 6 september te Turijn en op 30 november te Parijs.

INTERNE ORGANISATIE VAN DE AGARD

Op 9 maart werd de directeur van de noorse organisatie voor defensie research, dr. F. Lied, tot voorzitter van de AGARD gekozen. Dr. Lied nam terstond het voorzitterschap van prof. Perkins over. Tijdens de vergadering van 9 maart overhandigde dr. Lied aan prof. van der Maas ten behoeve van mevrouw Plantema een „AGARD award certificate”, dat posthuum werd toegekend aan dr. ir. F. J. Plantema, als blijk van waardering voor het verdienstelijke werk van dr. Plantema in het AGARD structures and materials panel.

De directeur van de AGARD dr. W. P. Jones, die tot hoogleraar aan de universiteit van Texas werd benoemd, werd op 3 juli opgevolgd door de heer Franklin J. Ross die tot medio 1967 werkzaam was als „deputy to the assistant secretary of the air force for research and development, united states department of the airforce.”

In verband met de verhuizing van het hoofdkwartier van de noord-atlantische verdragsorganisatie naar België vond diepgaand overleg plaats over de vraag of het hoofdkwartier van de AGARD al dan niet in Frankrijk gevestigd zou blijven.

De franse regering, die prijs bleek te stellen op handhaving van het AGARD-hoofdkwartier te Parijs of omgeving, zegde toe te zullen medewerken bij het verkrijgen van een betere huisvesting; tijdens de vergadering van nationale gedelegeerden op 8 september kon een geschikt pand aan de AGARD worden aangeboden, waarbij een bevredigende regeling in uitzicht werd gesteld voor de administratieve en logistieke verzorging.

(Op 11 maart 1968 vond verhuizing plaats van de Rue de Varenne naar: 7, Rue Ancelle te Neuilly-sur-Seine)

De in het jaarverslag over 1966 genoemde commissie, waarin ook andere belanghebbende organen van de NAVO zijn vertegenwoordigd begon als AGARD steering committee haar werkzaamheden.

Dit steering committee dat onder leiding staat van de voorzitter van de AGARD en waarin generaal-majoor ir. Rodrigo (koninklijke landmacht) uit hoofde van zijn functie in het military committee

zitting heeft, is een advieslichaam van de AGARD (of in spoedgevallen voor het AGARD executive committee).

De vergadering van nationale gedelegeerden beslist of en zo ja op welke wijze de aanbevelingen van het steering committee in het werkplan van de AGARD zullen worden opgenomen.

Voor één der door het steering committee aanbevolen onderwerpen t.w. „ground effect machines” werd een kleine werkgroep ingesteld.

AGARD JAARVERGADERING

De AGARD jaarvergadering werd op 7 en 8 september te Turijn gehouden, waarbij op de 1e dag uiteenzettingen werden gegeven door prof. G. Ciampolini over: „Italian research and development activities in the spacefield” en door prof. N.B. Cacciapuoti over „organisation of scientific research and technology in Italy”. Op de 2e dag hield de secretaris-generaal van de noord-atlantische verdragsorganisatie, Manlio Brosio, een rede waarin hij uitvoerig inging op het belang van samenwerking op het gebied van wetenschap en technologie tussen de bij de NAVO aangesloten landen. Vervolgens spraken generaal Columba en prof. Gabrielli over de bindingen van Italië met de AGARD, waarna de voorzitter van het „military committee”, luitenant-generaal Baron de Cumont, de nadruk legde op het belang van onderzoek en ontwikkeling voor de strijdkrachten van de atlantische gemeenschap en op de noodzaak van „cost effectiveness” wees.

Air commodore F.R. Banks (Hawker Siddeley Aviation Ltd.) hield een voordracht over „international co-operation and the future of aerospace,” waarbij hij, na het verschil in omstandigheden in de Verenigde Staten en in Europa te hebben belicht, bijzonderheden gaf over de Europese samenwerking inzake „Airbus” en „Concorde”, alsmede over zijn verwachtingen ten aanzien van de ontwikkeling van het luchtverkeer en het materieel dat daarvoor nodig zal zijn. Tenslotte gaf dr. Royal Weller een overzicht van de activiteiten op het gebied van research en ontwikkeling van het „anti-submarine warfare research centre” van de noord-atlantische verdragsorganisatie.

Tijdens de algemene vergadering werd aan de deelnemers gelegenheid gegeven laboratoria en beproevingsinstallaties van de Fiat fabrieken in de omgeving van Turijn te bezichtigen.

TECHNISCHE BIJEENKOMSTEN VAN DE COMMISSIES VAN DE AGARD

In het kader van de activiteiten van de commissies en werkgroepen van de AGARD en van het „consultants and exchange program” wer-

den bijeenkomsten belegd, die naar gelang de aard van de te behandelende onderwerpen besloten ledenvergaderingen waren, dan wel als conferenties van deskundigen op een bepaald vakgebied of als symposia, lezingen series e.d. waren opgezet. Medewerkers van het NLR namen uit hoofde van hun lidmaatschap van door de AGARD ingestelde commissies en werkgroepen en/of op grond van hun deskundigheid op een bepaald vakgebied aan een groot aantal van deze bijeenkomsten deel. In verscheidene gevallen leverden medewerkers van het NLR wetenschappelijke bijdragen, of hadden aandeel in de voorbereidingen. Zoals gebruikelijk werden andere nederlandse militaire en civiele deskundigen uitgenodigd aan de voor hen van belang zijnde AGARD-bijeenkomsten deel te nemen.

Een belangrijk deel van de „huishoudelijke” vergaderingen had betrekking op de voorbereidingen voor de activiteiten in 1968 en 1969 van de diverse commissies, mede i.v.m. enige aanbevelingen van het steering committee welke door de nationale gedelegeerden werden overgenomen. Sommige onderwerpen raken meerdere vakgebieden zodat de desbetreffende bijeenkomsten onder auspiciën van twee (of meer) AGARD-commissies zullen worden gehouden.

Het NLR is (in verband met leidende functies van medewerkers in het avionics panel en het technical information panel) nauw betrokken bij de voorbereidingen voor een grote medio 1968 te houden bijeenkomst over „storage and retrieval of information”

Voorts maakt een medewerker deel uit van de commissie van voorbereiding voor een bijeenkomst van deskundigen op het gebied van transsonic aërodynamica, welke in het najaar van 1968 wordt gehouden door het „fluid dynamics panel”.

In onderstaand overzicht zijn de bijeenkomsten vermeld waarvoor van nederlandse zijde belangstelling bestond:

fluid dynamics panel

10-12 mei	Fort Collins	fluid physics of wakes
11-13 sept.	Göttingen	fluid dynamics of rotor and fan supported aircraft at subsonic speeds
14-15 sept.	Göttingen	huishoudelijke vergadering met discussies over: „industrial aerodynamics” en over: „high enthalpy facilities”
18-21 sept.	Teddington	numerical methods for viscous flow

flight mechanics panel

30 mei-1 juni	Montreal	flight test instrumentation
13-15 sept.	Göttingen en Braunschweig	huishoudelijke vergadering en techn. bijeenkomst over „integration of propulsion systems in air frames”

aerospace medical panel

22-24 mei	Parijs	aeromedical aspects of helicopter operations in the tactical situation
25-27 okt.	Brussel	huishoudelijke vergadering gevolgd door technisch programma o.a. over „human factors and automation in air weapon systems”
30-31 okt.	Brussel	red/white aircraft instrument and cockpit lighting

propulsion and energetics panel

12-16 juni	Luik	performance forecast of selected static energy conversion devices
11-15 sept.	München	new experimental techniques in pro- pulsion and energetics problems

structures and materials panel

17-26 april	Turijn	huishoudelijke vergadering en tech- nische bijeenkomsten over „stress corrosion”, „continuum theory of dislocations and fatigue”, „analysis of refractory metals”
4-6 sept.	Londen	design in brittle materials
24-29 sept.	Ottawa	huishoudelijke vergadering met een symposium over „thermophysical data”

avionics panel (en electromagnetic wave propagation committee)

4-7 sept.	Milaan	advanced techniques for aerospace surveillance
12-15 sept.	Milaan	advanced navigational techniques
9-12 okt.	Ankara	phase and frequency instability in electromagnetic wave propagation

technical information panel

24-26 mei Parijs huishoudelijke vergadering

guidance and control panel

20-22 sept. Oxford inertial navigation systems

interpanel meetings

13 sept. Göttingen integration of propulsion systems in
air frames
(fluid dynamics panel, flight me-
chanics panel en propulsion and
energetics panel)

De AGARD organiseerde evenals in voorafgaande jaren een aantal „lecture-series” in verschillende steden in West-Europa, waarvan vermelding verdienen:

16-19 mei Varenna supersonic turbo-machinery
2-6 okt. Brussel energy sources for space power

In samenwerking met het „von karman institute for fluid dynamics” organiseerde de AGARD de navolgende lecture series:

10-14 april Brussel boundary layer and circulation
control
8-10 mei Brussel industrial aerodynamics

AGARD CONSULTANTS AND EXCHANGE PROGRAM

In het kader van het AGARD „consultants and exchange program” bezochten vier amerikaanse deskundigen het NLR voor het houden van lezingen en het uitwisselen van ervaringen of het geven van adviezen. Een medewerker van het NLR werd door bemiddeling van en met financiële steun van de AGARD tijdelijk te werk gesteld bij het flight dynamics laboratory, Wright Patterson air force base, USA. Enige turkse en portugese deskundigen werden op verzoek van de AGARD voorgelicht over de nederlandse luchtvaartresearch.

AGARD PUBLIKATIES

Ruim 45 AGARD-publikaties verschenen gedurende het verslagjaar en verstrekking aan nederlandse belanghebbenden vond op de gebruikelijke wijze plaats.

Door de achterstand bij een uitgever bij wie sedert 1964 en 1965 een aantal voor de verkoop bestemde AGARD-publikaties in bewerking is, kwamen in 1967 slechts twee AGARDographs in de handel, t.w. de AGARDograph nos:

95: spread-F and its effects upon radiowave propagation and communications

106: some effects of raised intrapulmonary pressure in man

Publikaties

In het verslagjaar zijn 107 rapporten verschenen; hiertoe behoren ook de niet voor publikatie bestemde rapporten met uitzondering van de eenvoudige ijkings- en keuringsrapporten.

De volgende rapporten zijn vrijgegeven voor publikatie:

- C.34 W. Derksen, Dynamische metingen aan verschillende drukopnemers m.b.v. een schokbuis.
- F.252 H. Tijdeman, Pressure measurements on a wing with oscillating control surface in two-dimensional high subsonic and transonic flow. Part I. Description and results.
- F.253 H. Tijdeman and H. Bergh, Analysis of pressure distributions measured on a wing with oscillating control surface in two-dimensional high subsonic and transonic flow.
- F.260 M.J. de Jongh and J.v.d. Vooren, A calculation method for natural frequencies and vibration modes of solid wing models of low aspect ratio.
- M.2164 D. Broek, Static tests on cracked panels of 2024-T3 alclad sheet materials from different manufacturers.
- M.2166 A. Hartman, De „chroomzuur” en „zwavelzuur” anodiseerprocédés van aluminiumlegeringen.
a Invloed van het anodiseren op de vermoeiingssterkte.
b Invloed van verwarmen tot temperaturen van ca. 170° C op de anodiseerlaag.
- M.2182 A. Hartman, F. A. Jacobs, A. Nederveen, and P. de Rijk, Some tests on the effect of the environment on the propagation of fatigue cracks in aluminium alloys.
- MP.247¹ A.J.L. Willekens and A. Pool, Signal conditioning in flight test instrumentation.
- MP.248² P.H. Fuijkschot, A simple first order digital filter.
- MP.249³ A. Hartman, Review of some investigations on fatigue in

¹ Lezing 30e AGARD flight mechanics panel meeting, Montreal

² Lezing national telemetry conference, San Francisco

³ Bijdrage 10e ICAF conference, Melbourne

- the Netherlands.
 rence held at Melbourne Australia from 22-24 May 1967.
- MP. 250⁴ S. F. Erdmann, Optimisierung der Düsenform und Bestimmung der lokalen Strömungsrichtung mittels gemessener Geschwindigkeitsverteilungen im Ueberschall.
- MP. 251⁵ F. Jaarsma and W. Derksen, Shock tube techniques for fuel droplet combustion studies.
- MP. 253⁶ R. J. Zwaan, Calculated results for oscillating T-tails in subsonic flow and comparison with experiments.
- MP. 245⁷ D. Broek, Some considerations on slow crack growth.
- MP. 255⁸ J. Buhrman, Separatie-problemen voor vliegtuigen boven de Noord-Atlantische Oceaan.
- S. 655 P. de Rijk, A. M. Otter en H. P. van Leeuwen, Onderzoek naar de invloed van smering op de boutkrachten bij gebruik van de torsiesleutel.
- T. 136 J. W. Boerstool, A catalogue of symmetrical transonic potential flows around quasi-elliptical aerofoil sections.
- T. 140 H. Kramer and W. Loeve, Calculated and measured pressure distributions at subsonic speeds on a non-lifting wing, mounted on a body.
- T. 143 W. Loeve and A. L. Bleekrode, A digital computer programme for predicting pressure distributions on swept wings in subsonic flow according to a semi-empirical method.
- T. 172 G. Y. Nieuwland, Transonic potential flow around a family of quasi-elliptical aerofoil sections.
- T. 182 B. M. Spee, On the stability of two-dimensional transonic flows.
- V. 1948 J. P. K. Vlegghert, The influence of flight speed on the thrust calibration of a jet engine.
- V. 1949 F. W. Greebe, Verslag van de beproeving van gesleepte statische kegels tijdens vluchten met het S14 laboratorium-vliegtuig PH-XIV.
- V. 1954 Th. J. Burgerhout, On the distribution function of mixtures of stochastic variables.
- W. 29 G. M. van Eek and J. v. d. Vooren, Stress distribution in a wedge of certain anisotropy loaded in its plane.
- W. 31 J. v. d. Vooren, The propagation of elastic waves in circular cylindrical shells of sandwich-type.

⁴ Publicatie in zeitschrift für flugwissenschaften t.g.v. 60e verjaardag van Prof. Schlichting.

⁵ Lezing 30e AGARD propulsion and energetics panel meeting, München

⁶ Lezing 25e AGARD structures and materials panel meeting, Ottawa

⁷ Lezing international symposium on fracture mechanics, Kiruna

⁸ Lezing sectie verkeerstechniek van het KIVI

Verklaring van gebezigde afkortingen

AGARD	-Advisory Group for Aerospace Research and Development
ARPU	-Attitude Reference and Programming Unit
ATC	-Air Traffic Control
CETS	-Conférence Européenne de Télécommunications par Satellites
DRAAS	- <i>Digital Recording Apparatus for Analog Signals</i>
DYDRA	-Dynamische Drukregistratie Apparatuur
ELDO	-European Space Vehicle Launcher Development Organisation
ESRO	-European Space Research Organisation
ESTeC	-European Space Technology Center
FAA	-Federal Aviation Agency
IATA	-International Air Transport Association
ICAF	-Internationaal Committee on Aeronautical Fatigue
ICAO	-International Civil Aviation Organisation
ILS	-Instrument Landing System
KIVI	-Koninklijk Instituut van Ingenieurs
KLu	-Koninklijke Luchtmacht
KLM	-Koninklijke Luchtvaart Maatschappij
KNVvL	-Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart
LAS	-Large Astronomical Satellite
NAS	-Nederlandse Astronomische Satelliet
NIV	-Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling
RAE	-Royal Aircraft Establishment
RLD	-Rijksluchtvaartdienst

Summary

1 Applied Aeronautical Research

1.1 CAPITA SELECTA

a. Static and fatigue testing of the wing of the Fokker F.28 aircraft

At the NLR facilities in the Northeastern polder all preparations for full scale static testing of the F.28 wing were completed in the course of 1967.

The wing is fastened to a steel test rig and the required load distribution is applied to it hydraulically by means of a whiffle tree system. Strains can be measured in some 500 different locations by means of strain gauges which are automatically scanned at a rate of 10 to 40 points per second by the DRAAS (digital recording apparatus for analog signals) giving digital data on punch tape. The punch tape is fed into the CDC 3300 computer, which converts the digital data into stress distributions in the structure.

The limit load test was carried out in September. The applied wing loading was based on a combination of two heavy gust loads defined by the air worthiness regulations, which further require that no permanent deformation of the structure may occur. This was demonstrated and the results of strain and deflection measurement were satisfactory. Leakage tests on fuel tanks after loading showed them to meet the requirements.

In the ultimate load test, which took place shortly thereafter, it had to be demonstrated that the structure could stand a load of 1.5 times the limit load without failure. Because of a slight structural deficiency occurring at a load of $1.44 \times$ limit load the first ultimate load test was discontinued. After the introduction of small modifications the testing was resumed and stopped when a load of $1.58 \times$ the ultimate load was reached.

Preparations for the fatigue testing were continued and a dummy set up was made to check the functioning of the test equipment. In the fatigue test ten program controlled hydraulic cylinders will load the wing in such a way that „flights” of different weight can be simulated, whereby in each flight gust loads can be applied in a random sequence. The order and magnitude of these loads correspond to the actual loads

which may occur during operational use of the aircraft.

Upon completion of the fatigue testing a number of fail safe tests are envisaged on the same wing. Certain structural elements will be damaged artificially and the crack propagation rate and residual strength of the structure will then be investigated.

b. Theoretical investigation of transonic flow

Since 1962 the characteristics of transonic flow over aerofoil sections have been studied at NLR. The theoretical studies were completed in 1967; an experimental program to check the theoretical results is developing satisfactorily.

Before considering the subject in more detail, the problems of transonic flow in general will be shortly discussed. When the velocity of a body moving through air gradually increases from subsonic to supersonic, changing flow patterns occur as indicated in fig. 1 („The development of a transonic flow pattern at increasing velocity”).

Basic knowledge on transonic flow was mainly acquired during the 1945-1955 period, when the transonic wind tunnel was developed thus facilitating experimental work in this domain. In the same period greatly simplified mathematical models were designed, by which many of the phenomena observed in the wind tunnel could be theoretically described and explained. However, mathematical methods for a comprehensive treatment of rapidly changing flow patterns illustrated in fig. 1 are not yet available. For example the calculation of a transonic flow pattern with shock waves, corresponding to an aerofoil section with given contour, is still not possible.

The aerodynamic phenomena in the transonic velocity range confronted the aircraft designers with a multitude of problems generally known as „sound barrier”. Once the basic aeroelastic and stability problems with respect to this sound barrier had been recognized the road was paved for successful development of transonic and supersonic aircraft. The sound barrier problem having been removed there remained an economic barrier in the form of a strong increase in wave drag inhibiting economic use of aircraft in the transonic domain. Especially for long distance transport planes designers had either to stay below this drag-barrier or to go far enough beyond it so that the wave drag increase was offset by other favourable factors, e.g. an improved fuel economy of the engines.

This gave rise to the present configuration of the modern subsonic aircraft with thin swept wings. From an economical point of view it remains attractive, however, to increase the speed of this type of aircraft further towards transonic, whereby the effect of wave drag increase must be kept within acceptable limits. The practical significance of the

NLR contribution is that the possibilities to realize this have been demonstrated in the case of aerofoil sections.

Already in 1904 the russian mathematician Chaplygin proved how certain incompressible flows could be transformed to compressible flows. Towards the middle of the twentieth century Cherry and Lighthill further developed this theory and applied it to the flow around bodies.

At NLR the theory has been defined mathematically in such a way that the construction of practical flow patterns became feasible; as the calculated compressible flow patterns are mathematically related to the incompressible flow around an elliptical body the theory therefore was called the „theory of quasi-elliptical aerofoil sections”.

An example of such a quasi-elliptical aerofoil section is given in fig. 2 („Pressure distribution over a lifting quasi-elliptical aerofoil section”). It can be seen that at the upper side of the aerofoil section an area of supersonic flow occurs which is not bounded by a shock wave, this being in accordance with the applied potential flow theory which assumes the absence of losses in the flow field.

For many years it had been taken for granted that in a transonic flow a shock wave should necessarily be present and that theoretically derived shockfree transonic flows were unstable and physically impossible. This opinion was undermined, however, when scientists of the english national physical laboratory (NPL) demonstrated experimentally the existence of shockfree or almost shockfree transonic flow over aerofoil sections.

A systematic wind tunnel investigation of the characteristics of such flows was only possible after the first results of the theoretical study at NLR had become available. This experimental work has already shown that the agreement between theory and experiment can in principle be increased to any degree of accuracy provided the accuracy of the model being sufficient and the boundary layer and tunnel wall effects being sufficiently corrected for. Wind tunnel investigations under normal conditions showed small discrepancies which can be neglected for practical use.

This is illustrated in fig. 3 („Comparison between theory and experiment for the flow over a symmetrical quasi-elliptical aerofoil section”), in which the calculated and measured pressure distribution over a section are compared. The previous opinions on the instability of these flows have thus been overtaken and a recent theoretical study at NLR also demonstrated their stable character.

Considering the flow pattern development around these sections it can be observed that when the velocity is locally higher than sonic, a shock wave develops which disappears when the velocity is increased to the Mach number for which the section has been designed; the shock wave

becomes permanent when the velocity is further increased. In the first stage of this shockwave development the wave drag remains negligably small.

A shock free transonic flow cannot be realized for any kind of aerofoil section; to the contrary it is inexistant in most cases. In the theory of quasi-elliptical aerofoils, the contour cannot be chosen in advance but follows as a result of the calculation depending on the choice of a number of parameters, amongst which the free flow velocity.

The theory offers a great variety of possibilities; besides the flow velocity, the thickness, the lift and the type of camber distribution can be introduced in the calculation.

In view of practical applications this theory has shown the possibility to design shockfree transonic flow over aerofoil sections; these sections have a much higher drag rise Mach number compared to that of the classical section families. A certain quasi-elliptical section with a thickness of 12%, for example, has the same drag rise mach number as the NACA 009 section with 9% thickness.

The aircraft designer might apply this to advantage in using wings with greater thickness or smaller sweep both giving economy in weight, were it not that the flow over a wing with finite span is deviating more and more from that over a single aerofoil section at increasing velocity. As the method can not be extended to wings the problem of shockfree wing flow is far from resolved.

Perhaps some progress is possible when the properties of aerofoil sections can be maintained in the flow over the wing.

At present a number of calculation methods developed at NLR, in which empirical elements are used, are being investigated.

1.2 AERODYNAMICS

Wind tunnel investigations in connection with the Fokker F.28 Fellowship project, performed under contract for the netherlands aircraft development board (NIV) in close co-operation with Fokker, were completed during 1967. Development work for foreign aircraft manufacturers and fundamental and applied research in the field of stationary and unstationary aerodynamics absorbed the remaining part of the wind tunnel capacity.

a. Stationary aerodynamics

The results of wind tunnel measurements on aerofoil sections used in the F. 28 wing, have been further analyzed with the objective to improve by suitable contour changes the drag characteristics of the aerofoil

sections at high subsonic speed.

The aerodynamic behaviour of swept wings, which meet increasing application in modern aircraft, was subject of intensive studies. Methods are being developed for calculating the effect of a kink in the wing planform on the subsonic pressure distribution.

In view of the imminent development of aircraft of the airbus type, having fuselage diameters greatly in excess of the wing chord, problems in connection with wing-fuselage interference were investigated.

The theoretical study of shockfree transonic flow over so-called quasi-elliptical aerofoil sections has been completed. For further details reference is made to paragraph 1.1 b of the capita selecta.

Progress was also made with respect to the computation of supersonic flow fields around axisymmetric bodies by means of the method of exact characteristics and Dorodnicyn's method of integral relations.

The study of boundary layer flow phenomena was resumed. Existing methods of calculation for the two-dimensional turbulent boundary layer were examined and those of Nash and of Bradshaw are programmed for computer application; subsequently they will be applied to a number of quasi-elliptical aerofoil sections.

b. Unstationary aerodynamics

Detailed unsteady pressure distributions on a two dimensional wing with oscillating control surface in high subsonic and transonic flow have been determined experimentally according to a method developed at NLR.

In comparison with theoretical results differences occur above $M = 0.7$; these are attributed to the fact that the actual velocity distribution over the wing differs considerably from the theoretically assumed uniform velocity distribution. A method is being developed taking into account the effect of this non-uniform flow.

A comparison was made between the measured and the calculated unsteady pressure distributions on the F.28 T-tail model in subsonic flow. Theory and experiment were in reasonable agreement.

The NLR contribution to an AGARD investigation on the flutter behaviour of modern aircraft, the F-104G Starfighter having been chosen for this particular purpose, consisted of the calculation of the unsteady aerodynamic forces in subsonic flow on the T-tail by means of a computer program developed at NLR.

1.3 COMBUSTION AND PROPULSION

Since a number of years efforts have been concentrated on the development and implementation of facilities for the simulation of propulsion systems in wind tunnel tests. During the year these facilities, a hydrogen peroxide installation, became operational.

To enable simulation of rocket engines and turbo engines with afterburners in the future, studies have been undertaken on the afterburning of various propellants in a flow of decomposed hydrogen peroxide.

1.4 STRUCTURES AND MATERIALS

The preparation and execution of the static and fatigue test program on two full-scale F.28 wing structures were progressing according to plan. This subject is treated more extensively in paragraph 1.1a of the capita selecta.

a. Loads on aircraft structures

Based on preliminary studies of the use of power spectral methods for predicting gust loads on aircraft, an investigation into the possibilities to determine the lateral gust loads on a T-tail configuration was initiated.

b. Strength and stiffness of structures

In order to acquire experience with modern methods for strength calculation of aircraft structures, the displacement method is being applied to the F.28 T-tail. The results will be compared with those obtained by the aircraft industry.

A preliminary study was made of the effect of cladding on the stiffness and buckling strength of plate specimens.

c. Fatigue and crack propagation

Research in the field of fatigue crack propagation in plate specimens of aluminium alloys was continued; a great deal of attention has been given to the residual strength of cracked sheet specimens in order to establish criteria enabling the prediction of the residual strength of aircraft structures. In this connection the following investigations can be mentioned:

- comparison of nominally identical 2024-T3 alclad material of different manufacturers.
- fatigue tests on joints of 2024-T3 alclad, i.e. adhesive bonded joints, riveted joints and single lap joints manufactured by a combination of riveting and adhesive bonding.
- the influence of water vapour on the growth of fatigue cracks in 7076-T6 alclad. Similar experiments on 2024-T3 alclad had been performed previously.
- the influence of annealing on the crack propagation, fatigue, residual strength and stress corrosion characteristics of 2024 plate specimens and of 7079 resp. DTD 5024 forgings.
- the effect of anodising according to the sulphuric and chromic acid methods on adhesive bonding.

d. Flutter

A slightly modified F. 28 flutter model has been reinvestigated. After extensive ground vibration tests to determine the stiffness of and the mass distribution in the model, flutter tests were carried out in the low subsonic wind tunnel. The method of Kennedy and Pancu was used to determine the damping in the system.

1.5 FLIGHT MECHANICS AND AIRCRAFT OPERATIONS

a. Flight mechanics

The studies to establish a criterion for evaluating the speed stability of an aircraft were continued. Subsequently to flight testing of different types of aircraft conducted in previous years, a theoretical study was initiated on the control loop aircraft-pilot in the approach phase, with the aim to find a correlation between the aircraft characteristics and the pilot's judgement.

The basic principles of and the methods available for evaluating automatic control systems applied in modern aircraft formed an other topic of investigation.

The riding qualities of the Hunter MK 7 laboratory aircraft have been determined. On this occasion strain gauge measurements were made of the loads on the wing to acquire basic data for the design of a flight recorder for monitoring the fatigue life of aircraft.

A number of investigations have been carried out for the netherlands department of civil aviation (RLD) e.g. the establishment of regula-

tions for the dynamic longitudinal stability of aircraft, and the overshoot and waveoff of the Douglas DC.9 aircraft with one engine stopped.

Preparation for and participation in the prototype testing of the Fokker F.28 aircraft required extreme efforts of personnel. The first F.28 prototype became airborne on May 9th and an ever increasing volume of flight test data had to be handled and processed by NLR. Owing to careful preparations the data recording and processing hardware and software were able to fulfil their assigned tasks and showed an excellent reliability.

A great number of missions were executed by the laboratory aircraft Queen Air and Hunter MK 7 to test systems and equipment.

The Queen Air aircraft has been provided with an externally carried instrument pod.

The Hunter MK 7 aircraft was equipped as pacer and could be used in this capacity to determine the position error of the static pressure system of KLM DC.9 aircraft.

The towed static cone was used to check the position error of a number of DC.8 aircraft in connection with a random sampling program initiated by IATA and ICAO.

b. Aircraft operations

Most of the work in this area is done under contract for military and civil aviation authorities.

The photogrammetric method for evaluating ILS cat II installations, developed by NLR, has been adapted and can now also be used to check the intensity and adjustment of approach and runway lighting.

Radar measurements of the flightpaths of incoming aircraft at Schiphol under bad weather conditions were continued. Preliminary results have been presented to ICAO's all weather operations panel.

Problems in connection with lateral and vertical separation of airliners over the North Atlantic were studied in co-operation with the royal aircraft establishment (RAE). Consideration was given to the performance check method, a method for the detection of changes in the position error during flight by means of routine measurements of aircraft performance. This method was subject of a working paper presented at the 3rd meeting of the north atlantic systems planning group.

2 Space Research and Technology

The activities in the field of space research and technology can be divided into two categories, viz:

- investigations in connection with the NLR research program;
- investigations carried out for the european space vehicle launcher development organization (ELDO).

2.1 INVESTIGATIONS IN CONNECTION WITH THE NLR PROGRAM

Design studies of a guided sounding rocket for investigations in the higher atmosphere and for astronomical research are being continued. This project is co-sponsored by the committee on geophysics and space research (GROC) of the royal netherlands academy of sciences.

As this rocket is required to be safely usable at test ranges of limited diameter, considerable attention was focussed on the guidance and control system, the accuracy of the trajectory determination, and the reliability.

Preparations were made for a theoretical and experimental investigation of the temperature distribution of simple bodies under conditions of space environment.

2.2 INVESTIGATIONS CARRIED OUT FOR ELDO

a. Aerodynamic design

In the transonic and supersonic wind tunnels of NLR the aerodynamic loads to be expected on the upper part of the ELDO launch vehicle (3rd stage + nose cone) have been determined. Accurate data on the magnitude and distribution of these loads are essential for comparison with those obtained from pre-launch calculations in which the prevailing wind velocities in the upper atmosphere are taken into account. When the calculated results exceed certain critical values the launching has to be postponed.

In addition to wind tunnel experiments the results of aerodynamic measurements during flight of test vehicles, launched from the australian range at Woomera, were processed at NLR.

b. Testing of attitude reference and program unit (ARPU)

Several program units have been tested in combination with the genuine stable platform on the dynamic flight simulator installed at NLR by ELDO. All launchings at Woomera in 1967 were attended by a NLR staff member who was responsible for the pre-launch checkout of ARPU and the subsequent handling of flight data.

c. Studies in connection with ELDO future program

On a subcontract basis NLR will test the inertial guidance system to be provided by Elliott on the rocking table in combination with the Pace analog computer. Part of the test equipment, viz., the accelerometer torque current conditioning unit, is being designed and implemented.

In co-operation with Philips and Fokker a technical proposal has been made for the attitude control system of the ELDO perigee apogee satellite (PAS). This satellite will be put into a geostationary orbit by the three stage ELDO launch vehicle. The work in this connection was mainly theoretical and included the transformation of sensor data into attitude data, the study of problems related to the visibility of sensor objects, and the limitations in attitude at which the apogee motor can be fired.

3. Development of equipment

3.1 FOR AERODYNAMICS

For measuring unsteady pressure distributions a new program controlled apparatus has been designed and implemented. The device permits the almost fully automatic scanning and measuring of the output of a great number of sensors for pressures, accelerations etc., the results being recorded and presented on punched tape.

Studies in connection with the design of a new low speed wind tunnel facility for research of low speed characteristics of conventional and V/STOL aircraft were continued.

Several methods have been investigated for the visualization of flow directions and the measurement of flow velocities in subsonic wind tunnels.

Reference can further be made to a feasibility study of a hypersonic research facility; a number of experimental data were obtained by means of the shock tube which was appropriately modified and adapted to this purpose.

3.2 FOR COMBUSTION AND PROPULSION

A three-component test bed for solid propellant rockets was completed and put into operation.

3.3 FOR STRUCTURES AND MATERIALS

For studies in the field of aerodynamic heating of structures and materials preparations were completed to acquire the necessary equipment.

3.4 FOR FLIGHT MECHANICS

Continuously attention was being given to the adaptation of the laboratory aircraft Beechcraft Queen Air and Hunter MK7 for research work. Both aircraft were equipped with an ATC transponder for identification by radar. The Queen Air was provided with an externally carried instrument pod.

Preparation and installation of measuring and recording equipment for the F.28 prototype flight testing called for great efforts.

A special 6000 Hz oscillator/modulator circuit was developed which can be used for synchronizing airborne and ground equipment through the VHF communication channels of the aircraft.

The recording frequency of the two cameras in the nose of the aircraft for take off and landing performance measurements was increased to 4 frames per second.

Special equipment developed included a camera for recording the flow over the wing during stall tests, a periscope for inflight observation of ice deposits on the tail unit and the APU air intake, and two rotating discs for measuring the water contents of clouds during icing tests.

Measuring and recording equipment were provided for the performance certification tests of the stretched version of the Fokker F.27 aircraft.

With respect to the development, improvement and acquisition of measuring and recording systems for general purposes, reference can

be made to

- flight testing of the towed static cone (design Douglas) for static pressure measurements by means of the Hunter MK 7 aircraft.
- flight testing of radio altimeters of six different manufacturers.
- a head-up display in connection with the study of modern cockpit lay-out.
- a groundcamera for PEC measurements.
- a double focus panorama camera for cockpit visibility measurements.
- a device for converting continuous recordings on paperfilm to magnetic tape.

Progress can be reported in the field of flight simulators.

Preparations for the conversion of the C-11 B linktrainer into VTOL simulator were almost completed.

The study of the requirements for a universal flight simulator for investigations on flight characteristics and operational use of aircraft was finished with the drawing up of a specification.

3.5 FOR SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY

The space simulation chamber with a working space of 1.5 m by 1 m diameter in which conditions existing at an altitude of approximately 500 km can be simulated, will be provided with a simulator for solar radiation. A rest gas analyzer was added to the inventory.

For testing inertial guidance systems the analog computer capability was increased by the installation of an EAI 680 computer.

Summary

Scientific committee NLR-NIV

A scientific committee of independent experts advises both the board of the NLR and the netherlands aircraft development board (NIV), in problems of a scientific or technical nature.

This committee, which has 5 subcommittees, (two on aerodynamics, one on aeroelasticity, one on structures and materials, one on flying characteristics and aircraft operations) gives advice and comments on scientific programs, on proposals for research projects and on the results of investigations as laid down in NLR reports, memoranda etc.

Members of the scientific committee and of the subcommittees are listed and details are given of the meetings held.

Summary

Netherlands delegation to AGARD

NLR takes part in the activities of the advisory group for aerospace research and development (AGARD) of the north atlantic treaty organisation through the netherlands national delegates and those members of the scientific staff of the laboratory who have functions in AGARD panels or working groups. A new permanent AGARD panel (in which NLR is represented) has been added to cover activities in the field of guidance and control.

Dr. F. Lied (Norway) succeeded prof. Perkins (USA) as chairman of AGARD.

The board of national delegates decided that the AGARD headquarters would not be moved from the Paris area, but that better office accomodation was needed, which the french government undertook to provide.

A steering committee led by the chairman of AGARD has been established, in which other NATO agencies are represented, to identify and formulate wishes for studies and advice in the aerospace research and development field.

AGARD meetings held during the year are listed. To several of these NLR contributed by providing speakers or by taking part in the preparation of programmes.

Over 45 AGARD publications were distributed during the year. Two of these are also on public sale. (AGARDographs 95 and 106)