

STICHTING

*Nationaal Lucht- en  
Ruimtevaartlaboratorium*



VERSLAG  
OVER HET JAAR **1976**

VERSLAG  
OVER HET JAAR  
1976

STICHTING  
NATIONAAL LUCHT- EN  
RUIIMTEVAARTLABORATORIUM

MET GEGEVENS OMTRENT DE  
WETENSCHAPPELIJKE COMMISSIE NLR-NIVR  
EN DE  
NEDERLANDSE DELEGATIE BIJ DE AGARD



## NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM

Bureau van het Bestuur van de Stichting:

Kluyverweg 1, 2629 HS Delft

Postbus 126, 2600 AC Delft

Telefoon (015) 562400 - telex 34207 (stnlr nl)

Laboratorium Amsterdam:

Anthony Fokkerweg 2, 1059 CM Amsterdam

Telefoon (020) 5113113 - telex 11118 (nlraa nl)

Telegram-adres: Windtunnel Amsterdam

Laboratorium Noordoostpolder:

Voorsterweg 31, postbus 153, 8300 AD Emmeloord

Telefoon (05274) 2828 - telex 42134 (nlrbb nl)

## BESTUUR VAN DE STICHTING NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM<sup>\*)</sup>

### Benoemd door:

|                                                  |                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prof. Dr. Ir. O. H. Gerlach<br><i>voorzitter</i> | Ministers van Verkeer en Waterstaat, van Defensie, van Economische Zaken,<br>van Onderwijs en Wetenschappen, en van Financiën |
| Drs. R. J. Zwanenburg                            | Minister van Verkeer en Waterstaat voor de Rijksluchtvaartdienst (RLD)                                                        |
| Drs. Ph. Leenman                                 | Minister van Verkeer en Waterstaat voor de PTT                                                                                |
| Gen. Maj. H. Dieters                             | Minister van Defensie voor de Koninklijke Luchtmacht (KLu)                                                                    |
| KTZT F. K. Haselhoff                             | Minister van Defensie voor de Koninklijke Marine (KM)                                                                         |
| C. J. D. Riethof                                 | Minister van Economische Zaken                                                                                                |
| Mr. A. L. Goedhart                               | Minister van Onderwijs en Wetenschappen                                                                                       |
| Mr. J. van der Brugge                            | Minister van Financiën                                                                                                        |
| Ir. J. Cornelis                                  | Fokker-VFW B. V.                                                                                                              |
| Mr. G. W. van Hasselt                            | Koninklijke Luchtvaartmaatschappij NV (KLM)                                                                                   |
| Prof. Ir. H. Wittenberg                          | Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart (KNVvL)                                                                    |
| Drs. F. Lagerwey                                 | Nijverheidsorganisatie TNO                                                                                                    |
| A. B. Wolff, Lt. Gen. KLu b. d.                  | Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR)                                                         |

## DIRECTIE VAN HET NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM<sup>\*)</sup>

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Ir. J. A. van der Blik | <i>algemeen directeur</i> |
| Dr. Ir. B. M. Spee     | <i>adjunct-directeur</i>  |
| J. A. Verberne, R. A.  | <i>controller</i>         |

<sup>\*)</sup> Samenstelling op 31 december 1976

# Inhoudsopgave

|     |                                                                                          |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | ALGEMENE BESCHOUWINGEN                                                                   | 7  |
| 1.1 | Bestuur van de Stichting                                                                 | 7  |
| 1.2 | Algemene zaken van de Stichting                                                          | 7  |
| 1.3 | Achtergronden van het beleid                                                             | 9  |
| 1.4 | Financiële aangelegenheden van de Stichting                                              | 13 |
| 1.5 | Organisatie en personeel van het laboratorium                                            | 14 |
| 1.6 | Ir. A. J. Marx 1934-1976                                                                 | 19 |
| 1.7 | In memoriam J. C. Viveen                                                                 | 22 |
| 1.8 | Nationale en internationale activiteiten                                                 | 24 |
| 2   | CAPITA SELECTA                                                                           | 27 |
| 2.1 | Brosheid van hoogwaardig staal ten gevolge van de aanwezigheid van waterstof             | 27 |
| 2.2 | De toepassing van numerieke besturing (NuBe) bij het vervaardigen van windtunnelmodellen | 36 |
| 3   | OVERZICHT VAN HET WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK                                             | 45 |
| 3.1 | Stromingen                                                                               | 45 |
| 3.2 | Vliegtuigen                                                                              | 50 |
| 3.3 | Constructies en materialen                                                               | 59 |
| 3.4 | Ruimtevaart                                                                              | 63 |
| 3.5 | Milieutechnologie en energievoorziening                                                  | 68 |
| 3.6 | Informatica                                                                              | 74 |
| 4   | TECHNISCHE OUTILLAGE                                                                     | 77 |
| 4.1 | Inleiding                                                                                | 77 |
| 4.2 | Technische outillage voor stromingsonderzoek                                             | 77 |
| 4.3 | Technische outillage voor vliegmechanisch onderzoek                                      | 80 |
| 4.4 | Technische outillage voor onderzoek op het gebied van constructies en materialen         | 81 |
| 4.5 | Technische outillage voor ruimtevaartonderzoek                                           | 82 |
| 4.6 | Technische outillage voor algemeen gebruik                                               | 82 |
| 5   | BIBLIOTHEEK EN DOCUMENTATIE                                                              | 83 |
| 6   | VOORLICHTING                                                                             | 85 |

|     |                                                                      |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 7   | BEZOEKERS                                                            | 87  |
| 8   | WETENSCHAPPELIJKE COMMISSIE NLR-NIVR                                 | 89  |
| 9   | DE NEDERLANDSE DELEGATIE BIJ DE AGARD                                | 93  |
| 9.1 | Samenstelling van de Nederlandse Delegatie aan het eind van 1976     | 93  |
| 9.2 | Vergaderingen van Nationale Gedelegeerden                            | 94  |
| 9.3 | AGARD Jaarvergadering                                                | 94  |
| 9.4 | Technische bijeenkomsten van de commissies van de AGARD              | 95  |
| 9.5 | AGARD Consultant and Exchange Program                                | 98  |
| 9.6 | AGARD publikaties                                                    | 100 |
|     | Bijlage 1 - Bijdragen aan congressen, cursussen en tentoonstellingen | 103 |
|     | Bijlage 2 - Publikaties                                              | 107 |
|     | Bijlage 3 - Verklaring van een aantal van de gebruikte afkortingen   | 113 |
|     | SUMMARIES                                                            | 117 |

# 1 Algemene beschouwingen

## 1.1 BESTUUR VAN DE STICHTING

Voorafgaande aan een overzicht van de algemene zaken van de Stichting en een beschouwing over beleidsachtergronden volgt hier eerst een aantal gegevens omtrent de samenstelling van het bestuur, en omtrent bestuursvergaderingen en het bestuursbureau.

Dr. J. H. Greidanus werd, in verband met zijn pensionering, op 23 augustus 1976 als lid van het bestuur opgevolgd door Ir. J. Cornelis. Het bestuur had in de december-vergadering gelegenheid om van de heer Greidanus als bestuurslid afscheid te nemen. De voorzitter heeft in die vergadering mede namens het bestuur grote waardering geuit voor de waardevolle beleidsinbreng van Dr. Greidanus gedurende de bijna veertien jaren sinds hij op 1 januari 1963 tot het bestuur toetrad.

In de loop van het verslagjaar werden als bestuurslid herbenoemd

Drs. Ph. Leenman (m. i. v. 1 juni 1976) en Prof. Ir. H. Wittenberg (m. i. v. 8 juni 1976).

Het bestuur vergaderde in het verslagjaar op 5 februari, 1 april, 10 juni, 28 september en 14 december. De voorzitter van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR en de directie woonden de vergaderingen bij.

Het bestuur werd terzijde gestaan door de heren A. H. Geudeker, G. A. Lens en R. A. Jager als technisch-medewerker, en door Drs. A. de Graaff als financieel-economisch medewerker.

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

Het bestuursbureau was gevestigd in het gebouw van de Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de Technische Hogeschool Delft, Kluyverweg 1 te Delft.

## 1.2 ALGEMENE ZAKEN VAN DE STICHTING

Het NLR ondervond wederom in velerlei opzicht steun en medewerking van de Overheid. Daarnaast kon het zich verheugen in een goede samenwerking met de opdrachtgevers, te weten de militaire en civiele vliegtuiggebruikers, de Nederlandse vliegtuigindustrie, de Rijksluchtvaartdienst (RLD), en het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR).

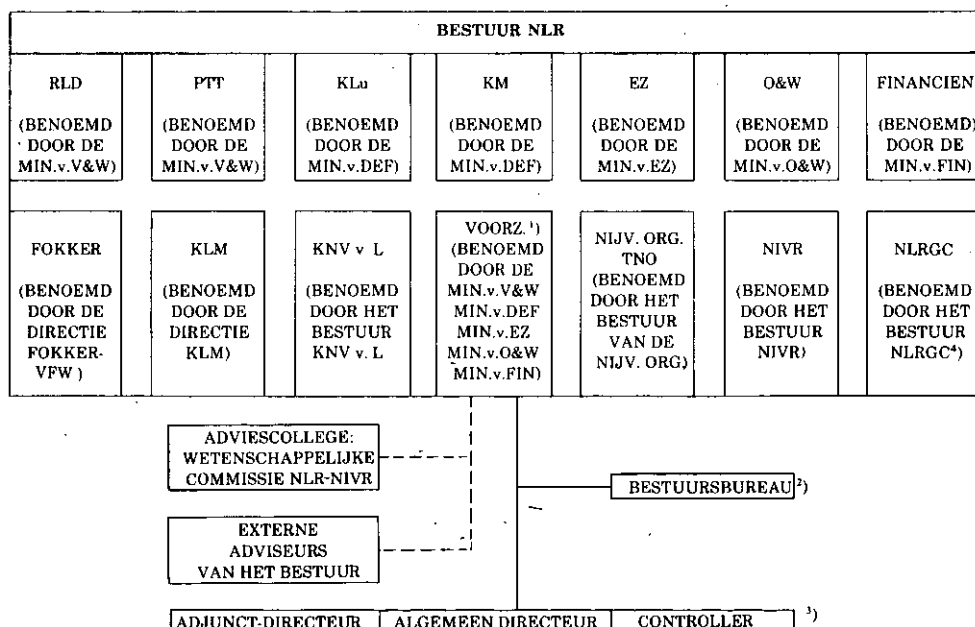
Ook de samenwerking met buitenlandse opdrachtgevers was uitstekend.

De talloze internationale contacten in AGARD-verband waren wederom zeer nuttig. (AGARD is de Advisory Group for Aerospace Research and Development van de NAVO). Aan het Nederlands aandeel in de AGARD activiteiten is een apart hoofdstuk gewijd (blz. 93 e.v.).

De samenwerking met zusterinstellingen op speurwerkgebied in diverse landen werd waar mogelijk actief bevorderd. Aan één aspect hiervan, nl. de in het verslagjaar aangevangen bouw van de Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW), zal in hoofdstuk 1.3. afzonderlijk aandacht worden geschonken. Vermeldenswaard is in dit verband nog, dat tegen het eind van het verslagjaar door het bestuur werd besloten dat deelgenomen zal worden aan een samenwerkingsverband op het gebied van luchtvaart- en ruimtevaarttechnologie in het kader van de "Group for Aeronautical Research and Technology in Europe", afgekort "GARTEur", waaraan tevoren alleen de Bondsrepubliek Duitsland, Frankrijk, en het Verenigd Koninkrijk deelnamen.

Grote waardering heeft het bestuur voor hetgeen de directie, haar medewerkers, en haar adviseurs in het verslagjaar hebben verricht om het laboratorium goed te doen functioneren.

DE ORGANISATIE AAN DE TOP VAN DE STICHTING NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM  
(TEVENS OVERZICHT VAN DE BUNDELING VAN BELANGENGROEPEN DOOR DE BENOEMINGSWIJZE PER BESTUURSLID)



- 1) Leidt bestuursvergaderingen, leidt het bestuursbureau en behandelt de dagelijkse bestuurszaken waaronder contacten met de Overheid en het geregeld en ad-hoc-overleg met de directie o.a. omtrent opdrachtenbeleid, werk in eigen beheer, financiële aangelegenheden, externe relaties, personeelsbeleid, interne organisatie en modernisering c.q. uitbreiding van apparatuur en gebouwen.
- 2) Staat onder leiding van de voorzitter en heeft o.m. tot taak deze te assisteren in technische, juridische en financiële zaken bij contacten met Overheid en directie.
- 3) Dagelijkse leiding laboratorium.
- 4) Vakant.



Op velerlei wijze hebben bestuur en directie regelmatig met elkaar voeling gehouden. Dit betreft vooral de beleidsvoorbereiding en de bestuursvergaderingen.

Op 1 maart is Ir. A. J. Marx wegens het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd afgetreden als algemeen directeur en in die functie opgevolgd door Ir. J. A. van der Blik.

Eind februari heeft Ir. Marx tijdens interne bijeenkomsten in de NLR-vestigingen te Amsterdam en in de Noordoostpolder afscheid genomen van het NLR-personeel. De afscheidsbijeenkomst die in de Aviodome te Schiphol gehouden werd ten behoeve van de externe relaties, werd door velen uit binnen- en buitenland die betrokken zijn bij de lucht- en ruimtevaart bezocht.

Het bestuur wil ook op deze plaats Ir. Marx nogmaals dankzeggen voor de wijze waarop hij, gedurende de meer dan veertig jaar dat hij bij het NLR werkzaam is geweest, de zakelijke en personele belangen van het laboratorium heeft behartigd. Vanaf 1 maart 1976 was de directie als volgt samengesteld:

Ir. J. A. van der Blik: algemeen directeur, J. A. Verberne, R. A.: controller, en Dr. Ir. B. M. Spee: adjunct-directeur.

Voor een overzicht betreffende de organisatie van de Stichting en van het door haar beheerde laboratorium moge verwezen worden naar de twee schema's op blz. 8 en 15.

Op verschillende onderwerpen waarmee het bestuur zich blijkens het vorenstaande heeft bezig gehouden zal in de hoofdstukken over de gang van zaken bij het laboratorium nader worden ingegaan. Die hoofdstukken zullen worden voorafgegaan door een beschouwing over de achtergronden van het beleid en een korte uiteenzetting betreffende financiële aangelegenheden van de Stichting. Alvorens die onderwerpen aan de orde te stellen, wil het bestuur op deze plaats gaarne zijn grote waardering uitspreken voor de steun die werd ondervonden van de Wetenschappelijke Commissie met haar Subcommissies en van de Computer Commissie. Ook is zij dank verschuldigd aan de externe adviseurs van het bestuur, met name aan de speciale adviseurs voor zaken die de nieuwe lage-snelheidswindtunnel (de DNW) betreffen en aan Ir. Marx, die sinds 1 maart 1976 ook tot de externe adviseurs behoort. Het doet het bestuur genoegen dat Ir. Marx bereid is in die functie zijn rijke ervaring, o.a. op het gebied van internationale samenwerking, nog enige tijd ten goede van het NLR te doen komen.

Aan de werkzaamheden van de Wetenschappelijke Commissie is een apart hoofdstuk gewijd (blz. 89 e.v.).

### 1.3 ACHTERGRONDEN VAN HET BELEID

In het verslag over het jaar 1975 is in het overeenkomstige hoofdstuk enige aandacht besteed aan de wijze waarop het technisch-wetenschappelijk onderzoek bij het NLR, als centraal onderzoeksinstituut voor lucht- en ruimtevaart in Nederland,

wordt verricht. Daarbij is aangegeven dat dit onderzoek kan worden beschouwd als een proces waarin doorlopend kennis uit de fundamentele research via een aantal elkaar opvolgende fasen wordt getransformeerd in voor de uiteindelijke gebruiker direct toepasbare kennis.

De in het verslag over het jaar 1975 met name genoemde activiteiten betroffen het spoorwerk gericht op de vliegtuigontwikkeling en op het vliegtuiggebruik. Naast deze naar buiten gerichte werkzaamheden van het NLR kan een derde categorie van activiteiten worden onderscheiden, die volgens eenzelfde proces verloopt, te weten de research en ontwikkeling met het oog op de uitrusting van het laboratorium.

Deze activiteiten, die slechts kunnen worden verricht dank zij bijdragen van de Overheid in de vorm van subsidies, betreffen de ontwikkeling en het ontwerp van voor het spoorwerk benodigde apparatuur en infrastructuur in de ruimste zin des woords. In enkele gevallen monden deze werkzaamheden uit in de bouw van apparatuur door het laboratorium zelf. In vele gevallen zal het NLR echter de bouw van de apparatuur begeleiden. Een sprekend voorbeeld van de laatste mogelijkheid is de Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW).

Alvorens hierop nader in te gaan, zal kort worden aangegeven welke beleidsoverwegingen het bestuur hebben doen besluiten tot goedkeuring van de bouw van de DNW.

Ten behoeve van het experimentele onderzoek beschikt het laboratorium over moderne zeer gespecialiseerde apparatuur, waaronder een aantal windtunnels voor het verrichten van metingen aan de luchtstroming rond schaalmodellen van vliegtuigen en raketten.

Bij de ontwikkeling van nieuwe vliegtuigen ligt een belangrijk accent op het aërodynamisch onderzoek. Voor dit onderzoek zijn windtunnels nodig, waarin metingen aan schaalmodellen van het vliegtuig kunnen worden uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn bepalend voor de aërodynamische vormgeving en de gebruiksmogelijkheden van het vliegtuig en geven aanwijzingen met betrekking tot de te verwachten aspecten op het gebied van economie, milieu, en veiligheid. Het gebruik van niet-adequate windtunnels leidt tot een onvolledig benutten van de mogelijkheden die de aërodynamica biedt. Problemen samenhangende met het vliegtuigontwerp worden dan niet of te laat ondekt. Dit resulteert in langere en duurdere ontwikkelingsprogramma's en kostbare wijzigingen in de prototypen en de eerste serievliegtuigen, hetgeen een ongunstige concurrentiepositie tot gevolg kan hebben. De hoge ontwikkelingskosten van moderne vliegtuigen maken het daarom noodzakelijk dat de trefzekerheid van het aërodynamisch onderzoek verder wordt opgevoerd.

In de na-oorlogse jaren werd het NLR door de Overheid in staat gesteld zijn outillage op windtunnelgebied aanzienlijk uit te breiden. Het NLR beschikt nu over een aantal windtunnels die het gehele snelheidsgebied bestrijken dat voor de vliegtuigontwikkeling van belang is.

De LST 3x2, die sedert 1940 in bedrijf is, dient voor het onderzoek bij lage snelheden. De HST, in bedrijf sinds 1959, wordt in hoofdzaak gebruikt voor onderzoek bij transsone snelheden, en de SST, in bedrijf sinds 1963, dient voor het onderzoek bij supersone snelheden. De HST en de SST behoren tot de beste tunnels in hun soort in Europa en zij hebben er in aanzienlijke mate toe bijgedragen dat het NLR een uniek Europees centrum is geworden op het gebied van het aërodynamisch onderzoek.

Mede als gevolg van de groei van het luchtverkeer en van maatschappelijke ontwikkelingen komt bij de ontwikkeling in de luchtvaart, naast verdere verhoging van de veiligheid, steeds meer de nadruk te liggen op vermindering van het brandstofverbruik en van de geluidshinder. Daar de maatregelen die deze vermindering bevorderen dikwijls juist in de naderings- en startfase van een vlucht hun grootste problemen opleveren, neemt het onderzoek bij lage snelheden steeds in belang toe.

Reeds in het begin van de zestiger jaren tekende deze tendens zich af, en het bestuur meende er daarom goed aan te doen het NLR toen reeds studies te laten verrichten betreffende de noodzaak tot aanpassing of uitbreiding van het aanwezige tunnelpark, gezien het belang van de windtunnelinstallaties van het NLR voor de nationale vliegtuigindustrie. Dit mede gezien de lange tijd die dit soort voorbereidende studies vereisen.

Aan de hand van technische voorstudies werd door het NLR uitvoerig overleg gepleegd met binnen- en buitenlandse deskundigen op het gebied van windtunnels. Tevens was de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR ten nauwste bij die technische voorstudies betrokken.

Toen ook zorgvuldig uitgevoerde marktanalyses hadden aangetoond dat voor Nederland behoefte bestond aan een atmosferische lage-snelheidswindtunnel met een meetplaats van  $8 \times 6 \text{ m}^2$ , besloot het bestuur op 8 juli 1971 aan de minister van Verkeer en Waterstaat een voorstel voor de bouw van een nieuwe, grote lage-snelheidswindtunnel (LST 8x6) op het terrein van de NLR-vestiging in de Noord-oostpolder ter goedkeuring voor te leggen. Bij de marktanalyses was tevens in ogenschouw genomen dat in Engeland en Frankrijk nieuwe grote lage-snelheidswindtunnels van het druktype in voorbereiding waren, en dat ook in Duitsland oriënterende voorstudies werden uitgevoerd voor een mogelijk in Duitsland te bouwen lage-snelheidswindtunnel.

Inmiddels werd ook op Europees niveau overleg gepleegd betreffende windtunnelinstallaties. Dit overleg vond plaats in een ad-hoc-werkgroep "Aerotest", die werd ingesteld door de Defence Research Group van de NAVO. Het doel van dit overleg, waaraan Engeland, Frankrijk, de Bondsrepubliek Duitsland, Italië, België en Nederland deelnamen, was - met het oog op de vliegtuigontwikkeling in de toekomst - de behoefte aan en de mogelijkheden van windtunnelonderzoek in Europa te bezien en waar nodig aanbevelingen te doen, onder meer voor het gemeenschappelijk gebruik van windtunnels. Uit het door deze werkgroep gepu-

bliceerde rapport bleek de juistheid van de beslissing om de bouw van de LST 8x6 bij het NLR aan de minister van Verkeer en Waterstaat voor te stellen.

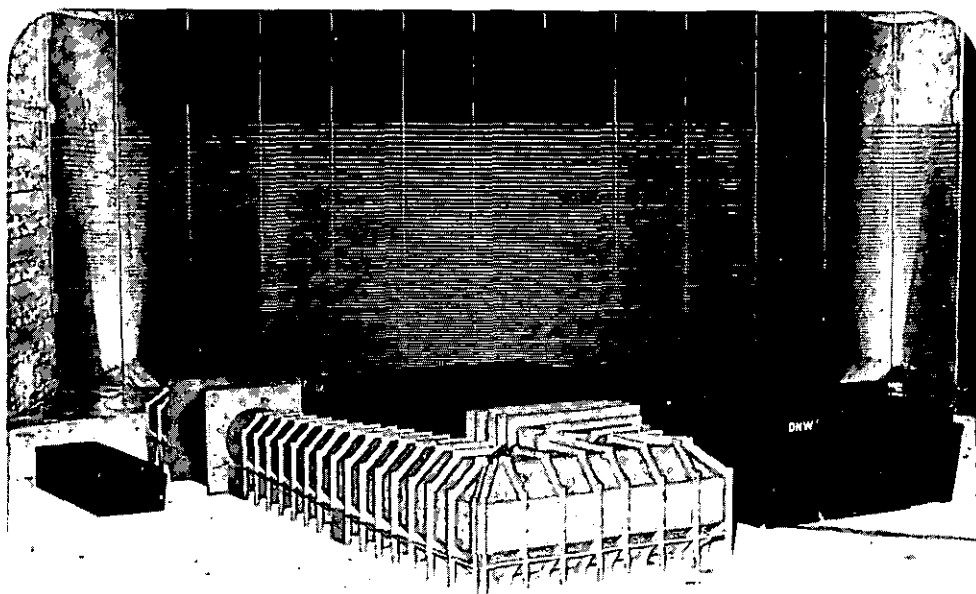
In 1975 werd van de Overheid toestemming verkregen om een aanvang te maken met de realisering van het LST 8x6 project.

De bijdragen van het NLR op het gebied van het aërodynamisch onderzoek, de in Europa alom bekende ervaring van het NLR met betrekking tot het gebruik van windtunnels, en de fase waarin de voorbereiding voor de LST 8x6 zich bevond waren voor Duitsland mede aanleiding om eind 1974 samen met het NLR de mogelijkheden te onderzoeken voor een gezamenlijke bouw en exploitatie van een lage-snelheidswindtunnel, welke mede zou voldoen aan de Duitse wensen.

Dit opende voor het NLR geheel nieuwe perspectieven. In de eerste plaats zou de bezetting van een gezamenlijke tunnel aanzienlijk beter kunnen zijn dan die van de nationale LST, niet alleen omdat een grotere thuismarkt zou worden verkregen, maar ook omdat twee elkaar mogelijk beconcurrerende tunnels zouden worden vervangen door één gezamenlijke. In de tweede plaats zouden de kosten van het Nederlandse aandeel in deze gezamenlijke tunnel minder zijn dan die van de nationale LST 8x6. Tenslotte zou door dit samengaan wederom een stukje Europese samenwerking kunnen worden gerealiseerd.

De zojuist genoemde overwegingen hebben ertoe geleid dat het bestuur zich met de suggestie tot samenwerking kon verenigen. Reeds eind 1975 kon overeenstemming worden bereikt met de Duitse partijen over de gezamenlijke bouw en exploitatie van een grote lage-snelheidswindtunnel in de Noordoostpolder, nadat een Nederlands-Duitse technische werkgroep had aangetoond dat een gemeenschappelijke windtunnel aan de Nederlandse zowel als aan de Duitse technische eisen zou kunnen voldoen.

*Een windtunnel in een windtunnel: een model van de toekomstige Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW) werd beproefd in de 3, 2x3, 2 lage-snelheidstunnel van de DFVLR in Keulen/Porz, teneinde door het meten van de drukverdelingen op het model de windbelasting op delen van de ware-grootte constructie te bepalen.*



Na goedkeuring door de betrokken overheden is met de bouw van dit voor Europa unieke samenwerkingsproject begonnen in 1976. Op 1 juli 1976 werd de eerste paal van de DNW geslagen. Deze nieuwe windtunnel wordt gebouwd en zal worden geëxploiteerd door een nieuwe Stichting DNW (Stichting Duits-Nederlandse Windtunnel/Stiftung Deutsch-Niederländischer Windkanal), waarin het NLR en de DFVLR elk voor 50 % deelnemen. Deze Stichting DNW werd op 30 juni 1976 opgericht.

De tunnel wordt gebouwd op basis van het oorspronkelijke ontwerp voor de LST 8x6, doch om aan de verschillende eisen van Nederlandse en Duitse zijde te voldoen wordt voorzien in uitwisselbare meetplaatsen: een 8x6 m<sup>2</sup> meetplaats die een maximale snelheid toelaat van ongeveer 100 m/sec, een 6x6 m<sup>2</sup> meetplaats die een maximale snelheid toelaat van ongeveer 130 m/sec, en een 9,5x9,5 m<sup>2</sup> meetplaats voor een maximale snelheid van ongeveer 50 m/sec. Bovendien zullen aëro-akoestische metingen mogelijk zijn in een open meetplaats.

Hoewel de Stichting DNW een afzonderlijke stichting is met een eigen rechts-persoonlijkheid, zal - door de 50 % deelneming van het NLR in dit project - het NLR-bestuur nauw bij de DNW betrokken zijn.

#### 1.4 FINANCIËLE AANGELEGENHEDEN VAN DE STICHTING

In het kader van de algemene beschouwing met betrekking tot de werkzaamheden in 1976 wordt in het onderstaande in het kort enige aandacht geschonken aan de financiële aangelegenheden van de Stichting.

In de vergadering van 5 februari 1976 heeft het bestuur de herziene exploitatie- en kapitaalbegroting voor 1976, alsmede het ontwerp exploitatie- en kapitaalbegroting voor 1977, vastgesteld.

In zijn vergadering van 10 juni 1976 stelde het bestuur de financiële jaarstukken van de Stichting over 1975 vast. Deze stukken zijn door de Centrale Accountantsdienst van het ministerie van Financiën gecontroleerd, en bij beschikking d.d. 27 december 1976 van de minister van Verkeer en Waterstaat goedgekeurd.

In het verslagjaar is technisch-wetenschappelijk onderzoek tot een bedrag van f 28.687.800, -- in opdracht uitgevoerd. Voor werkzaamheden die in eigen beheer zijn verricht, was, naast van deelnemers aan de Stichting ontvangen bijdragen, een exploitatiesubsidie benodigd van f 22.361.900, --.

Deze werkzaamheden in eigen beheer betroffen

|                                                                                  |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Speurwerkonderzoekingen                                                       | f 12.433.100, -- |
| 2. Research en ontwikkeling met het oog op<br>de uitrusting van het laboratorium | f 11.225.500, -- |
| 3. Wetenschappelijke diensten                                                    | f 468.000, --    |

Voor investeringen werd van overheidswege een z.g. extra subsidie van f 4.220.000, -- aan de Stichting verstrekt. Daarnaast werd de Stichting gemachtigd in 1976 verplichtingen aan te gaan die zullen leiden tot betalingen in latere jaren, tot een bedrag van f 4.200.000, --.

De in 1976 aangegane verplichtingen beliepen in totaal f 5.791.100, --.

Op de te betalen verplichtingen uit 1976 en uit voorgaande jaren werd in het verslagjaar f 5.767.100, -- betaald.

In verband met de bouw van de Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW) is een bedrag van ca. f 7.600.000, -- ter beschikking gesteld van de Stichting DNW. De DFVLR heeft eenzelfde bedrag aan de Stichting DNW doen toekomen.

## 1.5 ORGANISATIE EN PERSONEEL VAN HET LABORATORIUM

### Organisatie

Met de leiding van de diverse hoofdafdelingen en dienstengroepen van het laboratorium (zie organisatieschema op blz. 15) waren aan het einde van het verslagjaar belast:

|                                      |                                             |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| Prof. Ir. H. Bergh                   | leider hoofdafd. stromingen                 |
| Ir. J. J. P. Moelker                 | leider hoofdafd. vliegtuigen                |
| Dr. Ir. H. P. van Leeuwen            | leider hoofdafd. constructies en materialen |
| Ir. P. Kant                          | leider hoofdafd. ruimtevaartuigen           |
| Ir. G. Brink en Ir. D. J. van Dieren | leiders technische diensten                 |
| Ir. W. Loeve                         | leider wetenschappelijke diensten           |
| J. A. Verberne, R. A.                | leider overige diensten                     |
| Ir. D. J. van den Hoek               | algemeen bedrijfscoördinator                |

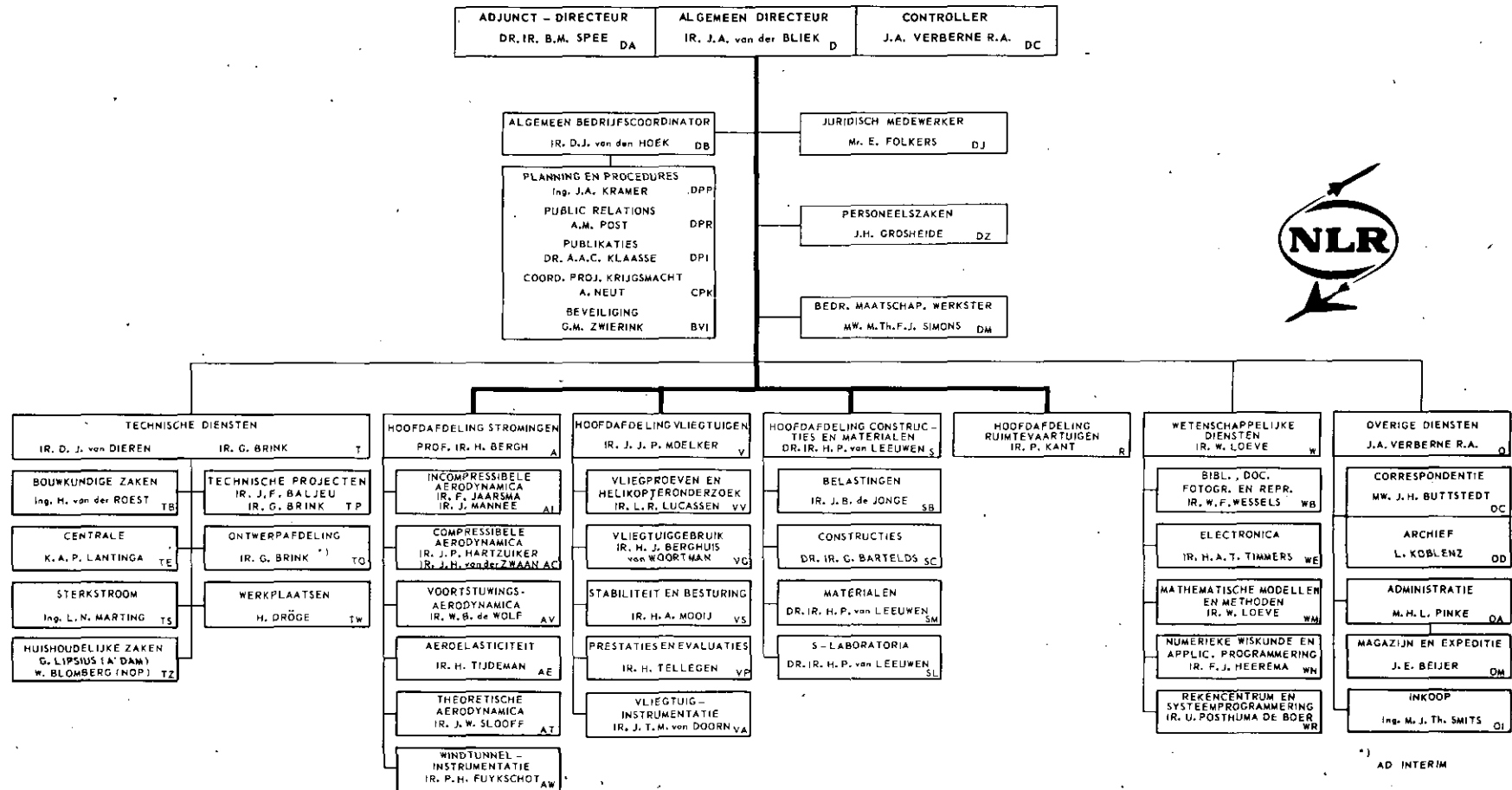
In 1976 werd de samenstelling van de directie gewijzigd (zie hoofdstuk 1.2). Zoals eerder in het verslag over 1975 werd vermeld, moest de heer J. C. Viveen, R. A., per 1 januari 1976 zijn functie als controller en directielid om gezondheidsredenen neerleggen.\* Hij werd opgevolgd door de heer J. A. Verberne, R. A. Per 1 maart werd Ir. J. A. van der Blik tot algemeen directeur benoemd, en Dr. Ir. B. M. Spee tot adjunct-directeur.

Voorts werd Ir. F. Jaarsma per 1 maart benoemd tot projectleider van de DNW, tevens chef van de afdeling Incompressibele aërodynamica. Met ingang van 1 juli 1976 werd hij tot directeur benoemd bij de op 30 juni 1976 opgerichte Stichting DNW.

Ir. W. B. de Wolf volgde per 1 maart Ir. Jaarsma op als chef van de afdeling Voortstuwingsaërodynamica.

\* Bij het ter perse gaan van het Jaarverslag bereikte ons het droevige bericht van het overlijden van de heer J. C. Viveen, R. A., op 20 mei 1977. (Zie hoofdstuk 1.7)

# ORGANISATIESCHEMA VAN HET LABORATORIUM



\*) AD INTERIM

NLR-PERSONEELSFORMATIE ULTIMO 1976  
(tussen haakjes de cijfers van ultimo 1975)

| Indeling                                    |       | Academici<br>en daarmee<br>gelijkgest. | Hogere<br>technici<br>en daarmee<br>gelijkgest. | Overigen  | Totaal |       |
|---------------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|--------|-------|
| DIRECTIE                                    | D     | 3 (3)                                  | - (-)                                           | - (-)     | 3      | (3)   |
| Directiestaf <sup>1)</sup> (DB,DJ,DZ,DM,DS) |       | 6 (3)                                  | 11 (10)                                         | 1 (1)     | 18     | (14)  |
|                                             |       | 9 (6)                                  | 11 (10)                                         | 1 (1)     | 21     | (17)  |
| HAFD. STROMINGEN                            | A     | 3 (3)                                  | 1 (1)                                           | 3 (2)     | 7      | (6)   |
| Incompressibele aërodynamica                | AI    | 11 (10)                                | 4 (5)                                           | 8 (7)     | 23     | (22)  |
| Compressibele aërodynamica                  | AC    | 13 (12)                                | 17 (18)                                         | 16 (16)   | 46     | (46)  |
| Voortstuwingsaërodynamica                   | AV    | 6 (6)                                  | 3 (3)                                           | 6 (6)     | 15     | (15)  |
| Aëro-elasticiteit <sup>1)</sup>             | AE    | 10 (15)                                | 3 (5)                                           | - (1)     | 13     | (21)  |
| Theoretische aërodynamica <sup>1)</sup>     | AT    | 5                                      | 2                                               | -         | 7      |       |
| Windtunnelinstrumentatie                    | AW    | 2 (2)                                  | 7 (7)                                           | 5 (6)     | 14     | (15)  |
|                                             |       | 50 (48)                                | 37 (39)                                         | 38 (38)   | 125    | (125) |
| HAFD. VliegTUIGEN                           | V     | 3 (3)                                  | - (1)                                           | 3 (3)     | 6      | (7)   |
| Vliegpr. en Helikopteronderz. <sup>1)</sup> | VV    | 15 (22)                                | 11 (15)                                         | 1 (2)     | 27     | (39)  |
| Stabiliteit en besturing                    | VS    | 8                                      | 3                                               | 1         | 12     |       |
| Vliegtuiggebruik                            | VG    | 14 (12)                                | 4 (5)                                           | 1 (1)     | 19     | (18)  |
| Prestaties en evaluaties                    | VP    | 5 (5)                                  | 1 (1)                                           | - (-)     | 6      | (6)   |
| Vliegtuiginstrumentatie                     | VA    | 7 (7)                                  | 19 (20)                                         | 9 (8)     | 35     | (35)  |
|                                             |       | 52 (49)                                | 38 (42)                                         | 15 (14)   | 105    | (105) |
| HAFD. CONSTR. EN MATERIALEN                 | S     | 1 (1)                                  | - (-)                                           | 1 (1)     | 2      | (2)   |
| Belastingen                                 | SB    | 4 (4)                                  | 2 (2)                                           | - (-)     | 6      | (6)   |
| Constructies                                | SC    | 7 (6)                                  | 3 (3)                                           | 1 (-)     | 11     | (9)   |
| Materialen                                  | SM    | 5 (4)                                  | 1 (1)                                           | - (-)     | 6      | (5)   |
| S-laboratoria                               | SL    | - (-)                                  | 3 (3)                                           | 10 (9)    | 13     | (12)  |
|                                             |       | 17 (15)                                | 9 (9)                                           | 12 (10)   | 38     | (34)  |
| HAFD. RUIMTEVAARTUIGEN                      | R     | 14 (14)                                | 6 (6)                                           | 3 (3)     | 23     | (23)  |
| WETENSCHAPPELIJKE DIENSTEN                  | W     | 1 (1)                                  | 1 (1)                                           | 2 (2)     | 4      | (4)   |
| Bibl.,document.,fotogr.,repr.               | WB    | 2 (2)                                  | 5 (5)                                           | 15 (16)   | 22     | (23)  |
| Elektronika                                 | WE    | 9 (8)                                  | 15 (16)                                         | 14 (13)   | 38     | (37)  |
| Math. modellen en methoden                  | WM    | 5 (6)                                  | - (-)                                           | - (-)     | 5      | (6)   |
| Num. Wisk. en appl.progr. <sup>1)</sup>     | WN    | 7 (14)                                 | 17 (25)                                         | 5 (21)    | 29     | (60)  |
| Rekencentrum en systeemprogr. <sup>1)</sup> | WR    | 8                                      | 9                                               | 14        | 31     |       |
|                                             |       | 32 (31)                                | 47 (47)                                         | 50 (52)   | 129    | (130) |
| TECHNISCHE DIENSTEN                         | T     | 2 (2)                                  | 1 (-)                                           | 1 (1)     | 4      | (3)   |
| Bouwkundige zaken                           | TB    | - (-)                                  | 1 (1)                                           | - (-)     | 1      | (1)   |
| Centrale                                    | TE    | - (-)                                  | 2 (1)                                           | 13 (14)   | 15     | (15)  |
| Sterkstroom                                 | TS    | - (-)                                  | 2 (2)                                           | 6 (8)     | 8      | (10)  |
| Huishoudelijke zaken                        | TZ    | - (-)                                  | 2 (2)                                           | 39 (40)   | 41     | (42)  |
| Technische projecten                        | TP    | 5 (5)                                  | 4 (6)                                           | 1 (1)     | 10     | (12)  |
| Ontwerpafdeling                             | TO    | - (-)                                  | 15 (15)                                         | 1 (1)     | 16     | (16)  |
| Werkplaatsen                                | TW    | 1 (-)                                  | 13 (14)                                         | 40 (40)   | 54     | (54)  |
|                                             |       | 8 (7)                                  | 40 (41)                                         | 101 (105) | 149    | (153) |
| OVERIGE DIENSTEN                            | O     | - (-)                                  | - (-)                                           | - (-)     | -      | (-)   |
| Correspondentie en Archief <sup>1)</sup>    | OC/OD | - (-)                                  | 3 (2)                                           | 10 (12)   | 13     | (14)  |
| Administratie                               | OA    | 1 (-)                                  | 13 (14)                                         | 15 (14)   | 29     | (28)  |
| Magazijn en expeditie                       | OM    | - (-)                                  | 1 (1)                                           | 5 (5)     | 6      | (6)   |
| Inkoop                                      | OI    | 1 (-)                                  | 4 (5)                                           | 3 (2)     | 8      | (7)   |
|                                             |       | 2 (-)                                  | 21 (22)                                         | 33 (33)   | 56     | (55)  |
| TOTAAL GENERAAL                             |       | 184 (170)                              | 209 (216)                                       | 253 (256) | 646    | (642) |

<sup>1)</sup> zie hoofdstuk 1.5 "Organisatie en personeel van het laboratorium"



Personeelsspreiding over de twee NLR-vestigingen ultimo 1976  
(tussen haakjes de cijfers van ultimo 1975)

| Categorie                                   | Amsterdam |       | Noordoostpolder |       |
|---------------------------------------------|-----------|-------|-----------------|-------|
| Academici en daarmee gelijkgestelden        | 124       | (116) | 60              | (55)  |
| HTS-ers en daarmee gelijkgestelden          | 138       | (148) | 71              | (68)  |
| Overige Technici en daarmee gelijkgestelden | 167       | (170) | 86              | (86)  |
| Totaal                                      | 429       | (433) | 217             | (209) |
| Totaal Generaal                             | 646       |       | (642)           |       |

In 1976 werd een aantal wijzigingen aangebracht in de structuur van de hoofdafdeling Stromingen, de hoofdafdeling Vliegtuigen en van de Wetenschappelijke Dienstengroep.

De afdeling Theoretische aërodynamica en aëro-elasticiteit werd per 1 juli gesplitst in de afdelingen Aëro-elasticiteit (afdelingschef: Ir. H. Tijdeman) en Theoretische aërodynamica (afdelingschef: Ir. J. W. Slooff), daartoe genoodzaakt door de toegenomen werkbelasting in deze sector.

Eveneens met ingang van 1 juli werd de afdeling Toegepaste wiskunde en data-verwerking gesplitst in de afdelingen Numerieke wiskunde en applicatieprogrammering (afdelingschef: Ir. F. J. Heerema) en Rekencentrum en systeemprogrammering (Ir. U. Posthuma de Boer), in verband met de groei van het computernetwerk en het toenemende gebruik van de centrale computer.

Per 1 augustus werd de projectgroep die de vluchtnabootser met bewegende stuurhut heeft ontwikkeld, en die deel uitmaakte van de afdeling Hefschroefvliegtuigen en Speciale onderzoeken, ondergebracht bij de afdeling Stabiliteit en besturing (afdelingschef: Ir. H. A. Mooij). De groep die zich bezighoudt met helikopteronderzoek en die eveneens tot de afdeling Hefschroefvliegtuigen en Speciale onderzoeken behoorde, zet deze activiteiten voort als deel van de afdeling Vliegproeven, waarvan de naam werd aangepast in Vliegproeven en Helikopteronderzoek.

Ir. L. R. Lucassen werd met ingang van 1 augustus chef van deze afdeling.

De afdeling Personeelszaken werd onderdeel van de Directiestaf. De afdeling Correspondentie en Archief werd bij de groep Overige Diensten ondergebracht.

In 1976 werd de Directiestaf uitgebreid door de aanstelling van een beveiligingsinspecteur en een part-time bedrijfsmaatschappelijk werkster.

#### Pensionering

Op 1 mei ging ing. G. van Munster met pensioen; hij werd als leider van de afdeling Vliegtuiginstrumentatie opgevolgd door Ir. J. T. M. van Doorn.

In het verslagjaar gingen, naast de reeds genoemden, eveneens de heer G. Bootsma (elektromonteur) en mevrouw I. Breugelmans (kantinedame) met pensioen.

De heer J. E. de Jongh verliet eveneens het NLR, na ruim 10 jaar als Coördinator Projecten Krijgsmacht werkzaam te zijn geweest. Hij werd in die functie opgevolgd door de heer A. Neut.

In memoriam

Het NLR moest in 1976 het overlijden betreuren van de heer J. C. Boeree (hoofdportier), en van drie oud-medewerkers: de heren H. Nak, C. N. F. H. Janssen, en F. Kroon.

Jubilea en onderscheidingen

In 1976 vierde de heer P. B. Rustenburg (instrumentmaker) zijn 25-jarig ambtsjubileum. De heer ing. A. Pool werd benoemd tot Ridder in de Orde van Oranje Nassau.

Promoties

De heren Ir. B. van den Berg, Ir. J. L. Simons, en Ir. H. P. van Leeuwen promoveerden aan de Technische Hogeschool te Delft tot doctor in de technische wetenschappen op bij het NLR verrichte onderzoekingen. De titel van het proefschrift van Ir. van den Berg luidt "Investigations of three-dimensional incompressible turbulent boundary layers"; de titel van het proefschrift van Ir. Simons luidt "Conditional recurring sequences"; en de titel van het proefschrift van Ir. van Leeuwen luidt "A quantitative analysis of hydrogen-induced cracking". Voorts promoveerde Mevr. Drs. A. A. C. Klaasse tot doctor in de Wiskunde en Natuurwetenschappen aan de Universiteit van Amsterdam op een experimenteel-kernfysisch onderzoek.

Personeelsbestand

Het totale personeelsbestand en de spreiding daarvan over de vestigingen Amsterdam en Noordoostpolder zijn in de tabellen op blz. 16 en 17 weergegeven. Tussen haakjes is het personeelsbestand van eind 1975 weergegeven. Opgemerkt dient te worden dat de toename van personeel in de groep "Academici en daarmee gelijkgestelden" en de afname in de groep "Hogere technici en daarmee gelijkgestelden" voornamelijk wordt veroorzaakt door promoties van enkele hogere technici op grond van verricht werk, ervaring en voltooide studies.

Adviseurs van de directie

In 1976 waren Prof. Ir. D. Bosman, Prof. Dr. Ir. J. Schijve, Prof. Dr. Ir. P. J. Zandbergen en Prof. Ir. T. van Oosterom als adviseur van de directie aan het laboratorium verbonden.

Stichting Pensioenfonds

Aan het eind van 1976 was de samenstelling van het bestuur van de Stichting "Pensioenfonds van de Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium" aldus

|                            |                 |                              |
|----------------------------|-----------------|------------------------------|
| Mr. G. W. van Hasselt      | voorzitter      | werkgeversvertegenwoordigers |
| Drs. C. J. Schotsman       | vice-voorzitter |                              |
| Ing. J. H. A. te Boekhorst | secretaris      | werknemersvertegenwoordigers |
| Ing. F. J. Sterk           | penningmeester  |                              |
| Ir. R. Ross                | lid             |                              |

De heer H. Dröge trad, na meer dan dertig jaren werkzaam te zijn geweest in dit bestuur, af als lid.

#### Ondernemingsraad

De Ondernemingsraad NLR hield in 1976 onder voorzitterschap van de algemeen directeur een zestal vergaderingen, waarin, onder meer, aan de orde kwamen de algemene gang van zaken binnen het NLR, het sociale beleid, een nieuwe beoordelingsprocedure voor het personeel, e.d.

#### Personeelsvereniging

Ook in 1976 is de Personeelsvereniging van het NLR erin geslaagd diverse mogelijkheden voor algemene ontwikkeling, ontspanning en sportbeoefening te bieden, zowel op de vestiging in Amsterdam als in de Noordoostpolder.

#### 1.6 Ir. A. J. MARX

11 juni 1934 - RSL - NLL - NLR - 1 maart 1976

Zoals in hoofdstuk 1.2 werd vermeld ging Ir. Marx per 1 maart 1976 met pensioen, na een loopbaan van meer dan 40 jaar in de lucht- en ruimtevaart. Tijdens de afscheidsbijeenkomsten binnen en buiten het laboratorium werden zijn vele bijdragen aan het NLR door diverse sprekers uitvoerig belicht.



*Ir. A. J. Marx*

Ir. Marx studeerde, na het behalen van het gymnasiumdiploma, aan de Technische Hogeschool te Delft, alwaar hij in 1934 het diploma van scheepsbouwkundig ingenieur behaalde. Het totaal aantal studenten in de scheepsbouwkunde bedroeg in die tijd 25 à 30, zodat hij bijna individueel onderwijs genoot. Ook de Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart (RSL), waar hij op 11 juni 1934 zijn loopbaan begon, was met een personeelsbestand van ongeveer 40 man betrekkelijk klein.

Deze kleine dienst had echter in de 15 jaar van zijn bestaan reeds een hoog technisch-wetenschappelijk niveau bereikt. De eerste zes jaren vroegen dan ook van Ir. Marx een grote technisch-wetenschappelijke inspanning en persoonlijke inzet. Hij leverde vele belangrijke bijdragen tot de kennis van de stabiliteit en besturing van vliegtuigen, een tak van wetenschap die toen tot ontwikkeling kwam. In die periode kreeg hij ook gelegenheid kennis te maken met de ontwikkelingen op *luchtvaartgebied in het buitenland*. Zo maakte hij in 1938 en 1939 i.v.m. de keuring en overneming van vliegtuigen enkele reizen naar de Verenigde Staten, hetgeen in die tijd een bijzondere onderneming betekende.

In oktober 1940 werd hij op 29-jarige leeftijd benoemd tot leider van de Vliegtuigen-afdeling als opvolger van Prof. Van der Maas, die in dat jaar als eerste hoogleraar in de Vliegtuigbouwkunde aan de Technische Hogeschool te Delft werd benoemd.

In het eerste decennium na de tweede wereldoorlog droeg Ir. Marx, dank zij de gedegen vakkennis opgebouwd in de voorafgaande jaren, zeer veel bij tot de wederopbouw van het laboratorium. Per 1 januari 1947 werd hij benoemd tot Hoofdingenieur in algemene dienst. Enige tijd later kreeg hij tevens de algehele supervisie over de secties Vliegtuigen, Hefschroefvliegtuigen, Vliegende Modellen en Verbranding. Het waren vooral deze bijdragen aan de wederopbouw van het laboratorium welke leidden tot een officiële erkenning van zijn inzet en toewijding in de vorm van de benoeming tot Officier in de Orde van Oranje Nassau (1959).

Per 1 november 1956 werd Ir. Marx benoemd tot directeur, als opvolger van Prof. Zwikker. In de 20 jaar als directeur van het NLL en later van het NLR heeft Ir. Marx zich volledig kunnen ontplooiën. Het was een periode waarin het laboratorium een sterke groei doormaakte. Als gevolg van de snelle technische ontwikkeling en de expanderende economie in Nederland en in Europa nam de vraag naar de diensten van het laboratorium in belangrijke mate toe. Het personeelsbestand groeide van 280 in 1956 tot 650 nu. Die toename in kwaliteit en in kwantiteit van de dienstverlening door het NLR vergde zeer veel van de directie van het laboratorium. Ir. Marx werd bij de dagelijkse leiding sinds 1957 gesteund door de Controller, de heer J.C. Viveen, die er voor zorgde dat het laboratorium een moderne financiële administratie kreeg waarmee een doelmatig beheer kon worden gevoerd. De heer Viveen heeft eind 1975 om gezondheidsredenen helaas zijn functie voortijdig moeten neerleggen.

Het laboratorium heeft veel te danken aan het scherpe analytische inzicht van Ir. Marx. Mede door de jarenlange ervaring opgedaan bij het NLR in de eerder genoemde functies wist hij steeds snel te bepalen welke factoren op technisch, financieel en sociaal gebied van belang waren, zodat verantwoorde beslissingen konden worden genomen. Het is daardoor aan Ir. Marx gelukt de teams waaruit het NLR bestaat evenwichtig te laten groeien. Vooral door zijn eigen instelling t.a.v. dienstverlening heeft hij in het laboratorium een geest doen ontstaan

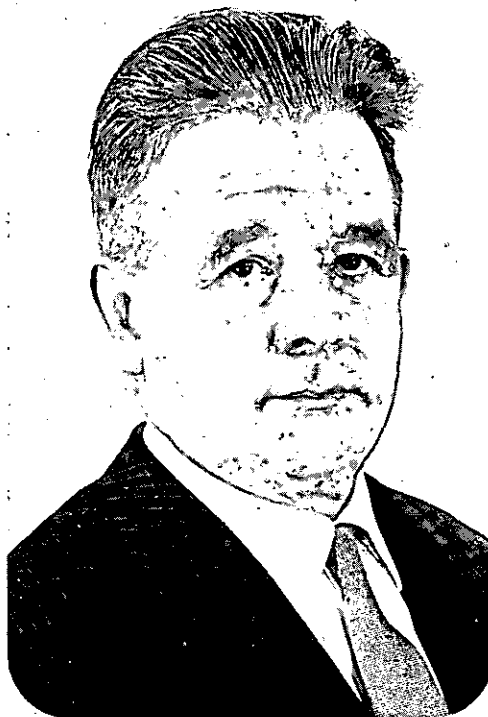
welke praktisch gericht is, d. w. z. dat steeds aandacht wordt geschonken aan de behoeften van de gebruikers van de research in de toekomst. Zich realiserende dat de kracht van het NLR voor een belangrijk deel ligt in de samenwerking van mensen met dikwijls geheel verschillende aanleg, ambitie en temperament, heeft Ir. Marx steeds gezocht naar datgene wat de medewerkers verbindt.

Behalve de functie van algemeen directeur van het laboratorium, vervulde Ir. Marx vele andere functies in de lucht- en ruimtevaart, vooral in internationaal verband. In zijn hoedanigheid van vertegenwoordiger voor Nederland dan wel voor het NLR heeft hij veel bijgedragen tot de eerste vormen van samenwerking in Europa op het gebied van de lucht- en ruimtevaartresearch. Speciaal genoemd dienen te worden zijn bijdragen aan de AGARD, de ELDO en de Aerotest-activiteiten.

Zijn werkzaamheden als directeur en zijn internationale werk vonden erkenning in zijn benoeming tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw (1969). Dat het NLR zich internationaal temidden van numeriek aanzienlijk grotere organisaties kan handhaven en zich in een groeiende belangstelling mag verheugen als samenwerkingspartner, zowel vanwege de technisch-wetenschappelijke inbreng als de organisatorische opzet, is voor een groot deel te danken aan het werk van Ir. Marx. Hij laat een laboratorium achter dat in staat is zijn technisch-wetenschappelijke taak goed uit te voeren zowel in Nederland als in een Europa dat gekenmerkt wordt door een groeiende internationale samenwerking op het gebied van de lucht- en ruimtevaart.

## 1.7 . IN MEMORIAM J. C. VIVEEN

Op 20 mei 1977 overleed, na een langdurige ziekte, de heer Viveen op de leeftijd van 61 jaar.



*J. C. Viveen, R.A.*

Jan Cornelis Viveen werd op 3 mei 1916 te Woudrichem geboren. Nadat hij zich een ruime algemene ontwikkeling had verworven – grotendeels door zelfstudie in schaarse vrije tijd – legde hij met goed gevolg het accountantsexamen af van het toenmalige Nederlands Instituut van Accountants. Op 1 maart 1954 werd hij als lid van dit instituut, sedert 1962 het Nederlands Instituut van Register-accountants, ingeschreven. Bij deze instelling heeft de heer Viveen zich in een aantal onderwijsfuncties zeer verdienstelijk gemaakt.

Van 1947 tot 1957 is de heer Viveen verbonden geweest aan de Centrale Accountantsdienst (C.A.D.) van het Ministerie van Financiën. De eerste contacten met de Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium dateren uit die periode, toen hij betrokken werd bij de controle van het NLR.

Op grond van zijn bekwaamheid en het inzicht waarvan hij bij deze controle blijk gaf, werd de heer Viveen eind 1957 gevraagd voor de functie van controller van het NLR. In deze functie heeft hij vele jaren zijn deskundigheid op financieel-economisch gebied en zijn grote werkkraft in dienst van het laboratorium gesteld. Daarbij legde hij een grote sociale belangstelling aan de dag, die samenhang met zijn actieve belangstelling voor politieke en maatschappelijke vraagstukken. Vanaf 1 januari 1967 tot eind 1975 maakte de heer Viveen als controller

deel uit van de directie van het laboratorium. Ook in die hoedanigheid heeft hij de financieel-economische aspecten van de dagelijkse leiding van het laboratorium deskundig en met grote toewijding behartigd en tevens een belangrijke inbreng gehad in de beleidsvoorbereiding ten behoeve van het bestuur van de Stichting NLR. De verlening van de Koninklijke onderscheiding van Officier in de Orde van Oranje Nassau, begin dit jaar, was een erkenning voor wat hij in die functie tot stand heeft gebracht.

Met hem is een man heengegaan wiens taakopvatting gekenmerkt werd door plichtsgetrouwheid en toewijding, en die tevens in staat was de vele sociale ontwikkelingen en maatschappelijke veranderingen van de laatste jaren te onderkennen en daaraan binnen het laboratorium gestalte te geven.

## 1.8 NATIONALE EN INTERNATIONALE ACTIVITEITEN

Gedurende de laatste paar jaar was het NLR-opdrachtenpakket op het gebied van windtunnelonderzoek voor de Europese vliegtuigindustrie betrekkelijk beperkt. Dit was het gevolg van het feit dat de voorbereiding van nieuwe projecten niet of op zeer beperkte schaal plaatsvond. Een gunstige uitzondering hierop vormde de Nederlandse vliegtuigindustrie, die reeds enkele jaren in nauwe samenwerking met het NLR uitgebreide aërodynamische voorstudies uitvoert voor een nieuw verkeersvliegtuig. Echter, te oordelen naar de toename van opdrachten van de Europese vliegtuigindustrie die het NLR mocht ontvangen in de tweede helft van 1976, vindt er internationaal een opleving plaats. Voor een belangrijk deel betreffen deze onderzoeken mogelijke verbeteringen en verdere ontwikkelingen van reeds bestaande vliegtuigen. Naar het zich thans laat aanzien zal deze opleving zich echter voortzetten in de volgende jaren, waarbij ook nieuwe vliegtuigprojecten ter hand zullen worden genomen in verband met de noodzaak van vervanging van vliegtuigtypen die niet meer aan de nieuwe eisen ten aanzien van economie en milieu voldoen.

Voor een overzicht van de directe ondersteuning die door het NLR werd geleverd bij de verdere ontwikkeling van de F27 en de F28 wordt naar hoofdstuk 3 verwezen. Het is verheugend dat deze Nederlandse vliegtuigontwerpen nog een belangrijk potentieel hebben voor nieuwe toepassingen, waardoor verdere ontwikkelingen worden gestimuleerd. De onderzoeken die verband houden met een nieuw verkeersvliegtuig voor de jaren '80, werden in opdracht van het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR) en in zeer nauwe samenwerking met Fokker-VFW met kracht voortgezet. Deze studies waren eind 1976 zo ver gevorderd dat Fokker-VFW en het NIVR een eerste schets van een mogelijke configuratie bekend konden maken. Evenals in voorgaande jaren werd in opdracht van het NIVR een omvangrijk researchprogramma uitgevoerd met het oog op de ontwikkeling van vliegtuigen en ruimtevaartuigen in de toekomst. Een uitgebreid pakket onderzoeken werd voorts uitgevoerd in opdracht van andere belangrijke binnenlandse opdrachtgevers, zoals de Koninklijke Luchtmacht, de Koninklijke Marine en de Rijksluchtvaartdienst. Over deze werkzaamheden wordt, voor zover mogelijk, in hoofdstuk 3 meer in detail gerapporteerd.

Veel van deze werkzaamheden laten slechts een korte voorbereiding toe en hebben soms een "ad hoc" karakter. Het is dan ook verheugend dat, mede door de meerjarenprogramma's ("rolling budgets") van de grootste nationale opdrachtgevers, getracht wordt een zo goed mogelijk inzicht te geven in de verwachte ontwikkelingen, zodat daarop door het NLR zo adequaat mogelijk kan worden geanticipeerd. Van eminent belang is daarbij dat, naast de directe overheidssubsidie die het laboratorium ontvangt voor de eigen werkzaamheden die gericht zijn op de wat langere termijn, enkele grote opdrachtgevers ook ondersteunende research laten uitvoeren, gericht op de specifieke behoeften van die opdrachtgevers. Onderzocht wordt of deze vorm van samenwerking, zij het aangepast aan de omstandigheden, ook toegepast kan worden bij andere opdrachtgevers.



De tweede en laatste periode van de succesvolle missie van de eerste Astronomische Nederlandse Satelliet, de ANS, werd afgesloten. De grondoperaties voor de ANS werden verricht door een NLR-projectgroep die hiertoe was gedetacheerd in het ESOC te Darmstadt.

In 1976 werden in opdracht van het Industrieel Consortium (ICIRAS) de project-definitiestudies voor de Infrarood Astronomische Satelliet (IRAS) voorgezet. Aan het einde van het jaar werd het project door de Nederlandse overheid goedgekeurd. De taakverdeling bij de ontwikkelingswerkzaamheden was eind 1976 nog niet geheel gedefinieerd, omdat nog onderhandelingen gaande waren met de Britse Science Research Council, het Amerikaanse NASA m.b.t. de ondersteuning van de "operations", en met het ESA m.b.t. de "ground check-out equipment". De kennis en ervaring opgebouwd bij het NLR gedurende de ontwikkeling en de operatie van de ANS-satelliet zullen volledig worden benut voor de IRAS.

In opdracht van de NIWARS en de Rijkswaterstaat werden in 1976 wederom "remote-sensing" experimenten uitgevoerd m.b.v. het Queen Air laboratorium-vliegtuig, waarin voor dit onderzoek speciale apparatuur is ingebouwd. Overeenkomstig de doelstelling van de NIWARS hadden de werkzaamheden een oriënterend karakter. Met het beëindigen van de activiteiten van de NIWARS per 1 januari 1977 hebben deze experimenten nog geenszins het stadium van routinematig onderzoek bereikt. Hoewel de Rijkswaterstaat bepaalde experimenten in 1977 zal voortzetten, is het allerm minst duidelijk langs welke lijnen de "remote-sensing" technieken in Nederland verder ontwikkeld zullen worden. Gezocht wordt naar wegen om het NLR-potentieel t.b.v. de ontwikkeling van deze geavanceerde technieken zo volledig mogelijk in te zetten.

In de loop van 1976 werd het duidelijk dat het oorspronkelijk voorziene pakket van werkzaamheden door het NLR te verrichten t.b.v. de ontwikkeling van de F16 niet zou worden opgedragen. Als z.g. "compensatiewerkzaamheden" zou het NLR, in opdracht van de fabrikant, die werkzaamheden uitvoeren welke samenhangen met de certificatie van de diverse configuraties van de F16 die geëist werden door de bij de aankoop betrokken Europese luchtmachten. Door de verdere standaardisatie die in 1976 plaatsvond, kwam echter het merendeel van deze speciale eisen te vervallen. Niettemin kon in 1976 met een beperkte opdracht van General Dynamics worden begonnen, waardoor tevens waardevolle kennis van het vliegtuig wordt opgebouwd.

Naar verwacht wordt zullen, zij het in beperkte mate, soortgelijke opdrachten, direct of indirect samenhangend met de F16, in de komende jaren door het NLR worden uitgevoerd.

Voor de grote lage-snelheidswindtunnel DNW, die door het NLR en de DFVLR gezamenlijk wordt ontwikkeld en gebouwd, werden door het NLR, naast het leveren van personeel voor de Projectgroep DNW, diverse ondersteunende werkzaamheden uitgevoerd.

Deze betroffen het beschikbaar stellen en opereren van de modeltunnel en het

leveren van steun, veelal in samenwerking met de DFVLR, bij het ontwerpen en specificeren van deelsystemen van de DNW.

De deelneming aan de internationale projectgroep (Duitsland, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) welke de mogelijkheden bestudeert om te komen tot het gezamenlijk ontwerp van een transsone windtunnel waarin zeer hoge getallen van Reynolds kunnen worden bereikt, werd voortgezet.

Verwacht wordt dat in 1977 een Memorandum of Understanding tussen de genoemde vier landen gesloten zal worden voor de ontwerpfasen van deze internationale transsone windtunnelinstallatie.

Naast bovengenoemde samenwerking m.b.t. de ontwikkeling en operatie van een grote gezamenlijke windtunnelinstallatie, waarbij de voordelen van internationale samenwerking evident zijn, werd in 1976 in toenemende mate aandacht besteed aan de mogelijke verdere uitbreiding van de directe samenwerking op researchgebied met de zusterinstellingen de DFVLR, het RAE en de ONERA, respectievelijk in de Bondsrepubliek Duitsland, Groot-Brittannië en Frankrijk. In een aantal gevallen resulteerde dit in nieuwe gezamenlijke onderzoeken op het gebied van de lucht- en ruimtevaart.

## 2 Capita selecta

Naast het overzicht van het wetenschappelijk onderzoek, dat in hoofdstuk 3 gegeven wordt, worden in dit hoofdstuk twee onderwerpen uitvoeriger behandeld.

### 2.1 BROSHEID VAN HOOGWAARDIG STAAL TEN GEVOLGE VAN DE AANWEZIGHEID VAN WATERSTOF

#### Inleiding

In de praktijk worden voor hoogwaardig staal twee basisvormen onderkend van waterstofbrosheid: interne en externe waterstofbrosheid.

Bij interne waterstofbrosheid wordt de brosheid veroorzaakt door waterstof die in het metaal is opgelost. Deze waterstof kan daarin terecht zijn gekomen bij de bereiding, bij het lassen, beitsen, vercadmiumen of verchromen, bij het optreden van corrosie en bij nog andere processen.

Bij externe waterstofbrosheid wordt de brosheid veroorzaakt door waterstof die tijdens scheurvorming en scheurgroei in hoge concentratie aan het metaaloppervlak aanwezig is of aldaar wordt vrijgemaakt uit waterstofverbindingen (bijvoorbeeld  $H_2S$ ).

Voorts is aangetoond dat voor een aantal metalen spanningscorrosie een vorm van waterstofbrosheid is.

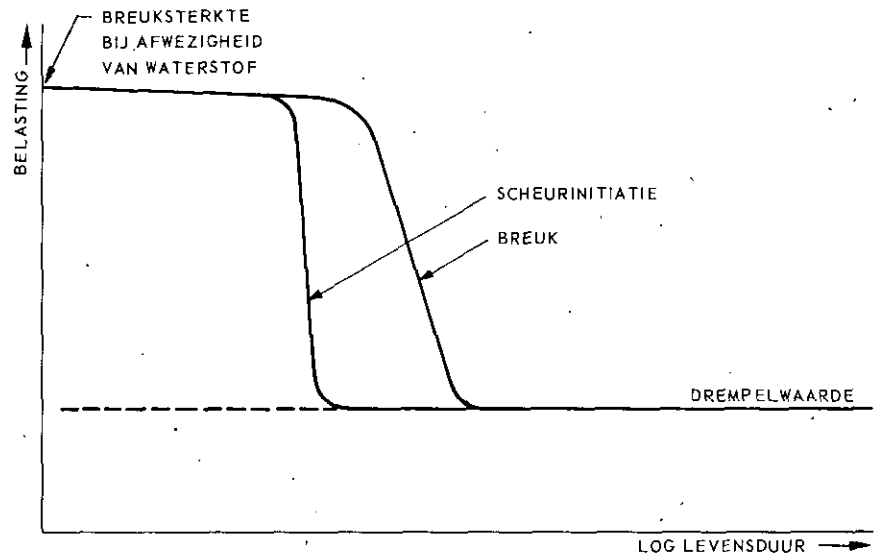
Niet alle metalen zijn even gevoelig voor waterstofbrosheid. Wel gevoelig zijn vooral de z.g. overgangsmetalen en hun legeringen. Hiertoe behoren juist belangrijke constructiematerialen, zoals staal en legeringen van nikkel, titanium, en zirkonium; de gevoeligheid voor waterstofbrosheid is daarbij groter naarmate de legering een grotere treksterkte heeft.

De belangrijkste kenmerken van interne waterstofbrosheid zijn (zie fig. 1):

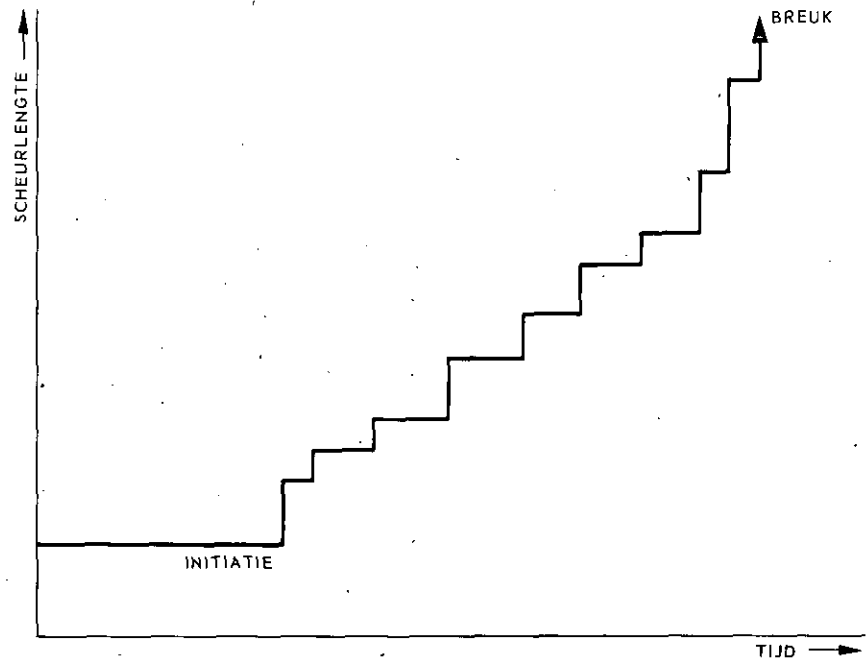
- vertraagde breuk: na langdurige belasting ver beneden de nominale sterkte treedt onverwachte scheurvorming en breuk op;
- een drempelwaarde van de spanning: beneden deze spanning treedt geen breuk op;
- stapsgewijze scheurgroei.

De belangrijkste kenmerken van externe waterstofbrosheid zijn (zie fig. 2):

- scheurvorming en scheurgroei bij onverwacht lage waarden van de spanning en de spanningsintensiteit;
- sterk gereduceerde taaiheid.



A. HET KARAKTERISTIEKE DIAGRAM VAN BELASTING EN LEVENSDUUR BIJ INTERNE WATERSTOFBROSHEID.



B. STAPSGEWIJZE SCHEURGROEI BIJ WATERSTOFBROSHEID.

Fig. 1 - Gedrag van metalen onder invloed van interne waterstofbrosheid.

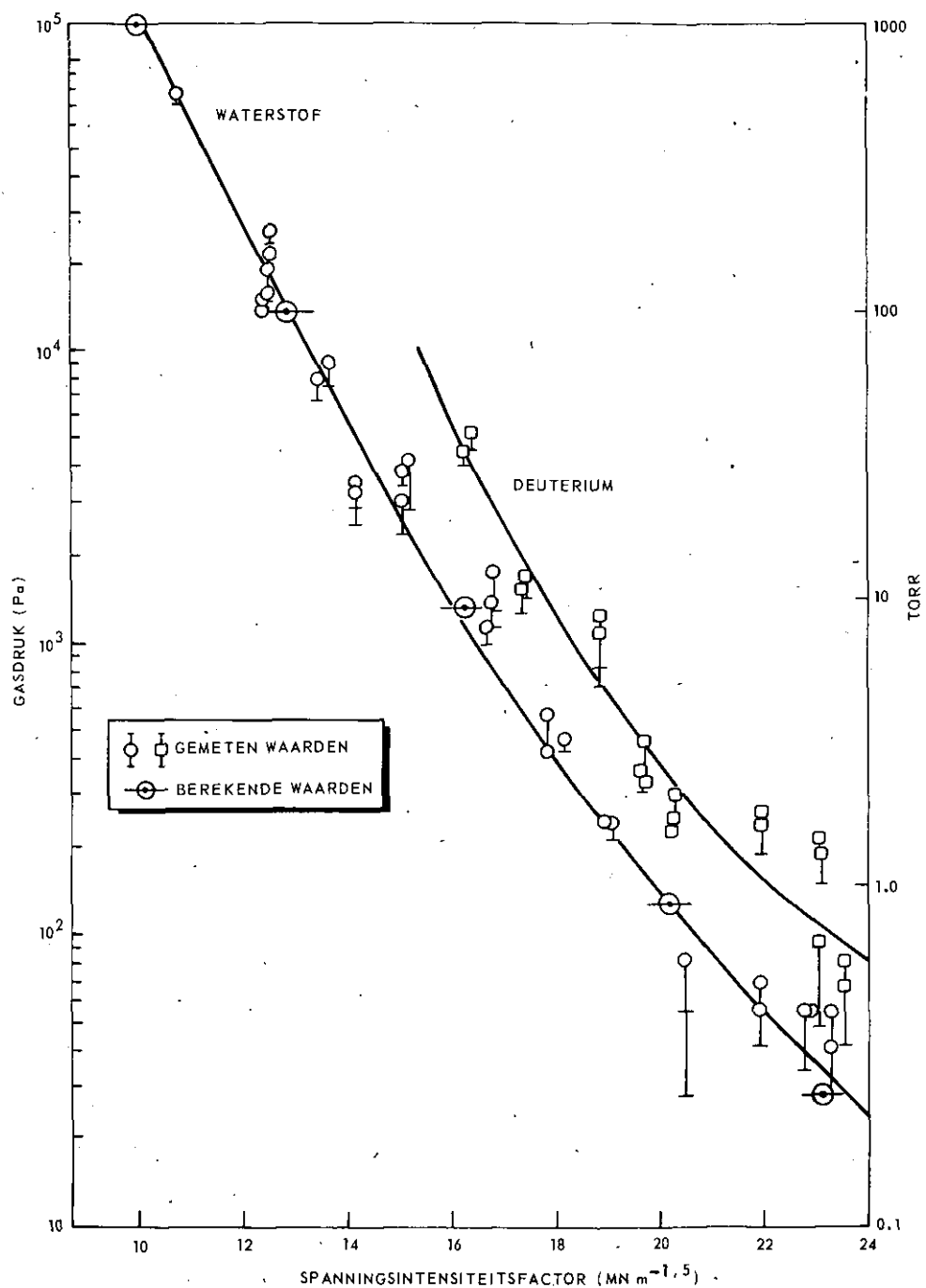


Fig. 2 - De relatie tussen gasdruk en spanningsintensiteitsfactor bij externe waterstofbroshheid van 4340-staal met een scheurtaaiheid van  $66 \text{ MN m}^{-1/2}$ . De door het NLR berekende waarden worden vergeleken met de experimentele resultaten van Oriani en Josephic (U. S. Steel).

## Praktijkproblemen door waterstofbroosheid

Interne waterstofbroosheid veroorzaakt schade aan diverse vliegtuigbouwkundige, werktuigbouwkundige, en scheepsbouwkundige constructies.

Interne en externe waterstofbroosheid komen voor in (petro)chemische installaties, vooral bij de installaties voor de bereiding van kunstmest en voor de winning van aardolie en aardgas.

Bij de ruimtevaart, waar waterstof als stuwstof wordt toegepast, hebben zich problemen voorgedaan met waterstoftanks in ruimtevaartuigen en met waterstofopslagtanks op lanceerbases.

In de toekomst zal waterstof wellicht worden toegepast als brandstof voor vliegtuigen en andere voertuigen, mede omdat het een milieu-vriendelijker brandstof is dan aardolieproducten: het verbrandingsproduct van waterstof is namelijk water.

Bij de huidige vliegtuigen komen problemen voor ten gevolge van waterstofbroosheid bij diverse belangrijke onderdelen, zoals onderstellen, ophang- en verbingsbeslagen, scharnieren en bevestigingsmiddelen, die in vele gevallen van hoogwaardig staal zijn vervaardigd. Hiervoor wordt dan staal gekozen in plaats van, bijvoorbeeld, aluminium of titanium, omdat een stalen onderdeel bij dezelfde sterkte een veel geringer volume heeft.

Een in deze vliegtuigconstructies veel toegepaste eis voor de specifieke treksterkte van hoogwaardig staal is  $2000 \text{ MN/m}^2$ , wat viermaal zo hoog is als in de werktuig- en scheepsbouw gebruikelijk. Dit maakt de gevoeligheid voor waterstofbroosheid wel een factor tien groter.

De waterstof die de problemen veroorzaakt wordt, naar verondersteld wordt, opgenomen uit diverse ontvettings- en reinigingsmiddelen, uit de baden die worden gebruikt bij galvanische oppervlaktebehandelingen, en uit de stoffen die in de praktijk corrosie veroorzaken. Deze corrosie en de waterstofopname kunnen dan nog worden versneld door de middelen die toegepast worden voor de bestrijding van ijsvorming.

Vastgesteld is, dat bij lagerslijtage in een vochtige omgeving een zeer belangrijke waterstofopname plaatsvindt. Deze waterstofopname is zó groot, dat deze waterstof alleen maar afkomstig kan zijn uit een kraakproces van het toegepaste smeermiddel. Dit kraakproces kan optreden door de zeer hoge temperaturen en drukken op de feitelijke contactplaatsen. Een soortgelijk effect treedt op bij verspanende bewerkingen van hoogwaardig staal, waarbij de waterstof afkomstig is uit de toegepaste snijvloeistof ("boorolie"). De waterstofopname daarbij wordt vooral bevorderd door de zwavel in de snijvloeistof, die daarbij als katalysator werkt.

## Theoretische modellen voor waterstofbroosheid

In de loop der jaren zijn vele theoretische modellen voor de beschrijving van waterstofbroosheid ontwikkeld. De belangrijkste modellen, te zamen met hun uitgangspunten en toepassingmogelijkheden, zijn de volgende:

### *Het drukmodel*

De waterstof precipiteert in holten die in het metaal aanwezig zijn, en bouwt daar zo'n hoge druk op dat er veel kleinere uitwendige krachten nodig zijn om het metaal te breken.

Dit model heeft, ter verklaring van de interne waterstofbroosheid; veel aanhangers gehad. Toen echter de externe waterstofbroosheid werd ontdekt, stond men voor het dilemma om dit model als onjuist te beschouwen, of de interne en externe waterstofbroosheid als twee verschillende verschijnselen op te vatten.

*Het adsorptiemodel*

De aan het oppervlak klevende waterstof verlaagt de oppervlakte-energie, en verlaagt daarmee ook de energie die nodig is om de breukvlakken te vormen, waardoor de krachten die breuk kunnen veroorzaken kleiner worden.

Resultaten van bij het NLR uitgevoerde berekeningen waarin het adsorptiemodel werd toegepast, tonen aan dat op thermodynamische gronden adsorptie (het kleven van de waterstof aan het metaaloppervlak) tot een bepaalde verzwakking zal leiden, maar dat dit effect niet groot genoeg is om de gemeten verzwakking van hoogwaardig staal in een waterstofmilieu volledig te kunnen verklaren.

*Het decohesiemodel*

De in het materiaal opgeloste waterstof verlaagt de cohesiesterkte van het metaalrooster.

*Het blokkeringsmodel*

De in het materiaal opgeloste waterstof vormt, op dezelfde wijze als van stikstof en koolstof bekend is, zogenaamde "Cottrell wolken", om de dislocaties van het metaalrooster heen, en beperkt daardoor de plastische vervormbaarheid van het metaal.

Op grond van dempingsmetingen, bijvoorbeeld, moet geconcludeerd worden dat het blokkeringsmodel uitsluitend toepasbaar kan zijn bij zeer lage temperaturen, waarbij de diffusiesnelheid van waterstof zo laag is dat de waterstof blokkerend kan werken.

*Het hydridemodel*

De waterstof vormt met het metaal of met zijn legeringselementen verbindingen (hydriden), die de broosheid veel groter maken omdat zij zelf zo hard en bros zijn. Dit model is natuurlijk uitsluitend van toepassing op die metalen waarvan bekend is dat zij inderdaad hydriden kunnen vormen (bijvoorbeeld titanium en zirkonium) en onder omstandigheden waarbij die vorming voldoende snel plaatsvindt. Een voorbeeld is de scheurvorming in de koellichamen van een bepaalde kernreactor, die vervaardigd zijn uit een zirkoniumlegering die reageert met waterstof die aan het koelwater is toegevoegd om oxydatie te bestrijden.

*Het reactiemodel*

De in het materiaal opgeloste waterstof reageert met bepaalde bestanddelen van de legering en vormt een gasvormige verbinding, hetgeen resulteert in zeer grote drukken in holten, waardoor microscheuren ontstaan.

Dit model is alleen in zeer bepaalde gevallen van toepassing: in koolstofstaal, bijvoorbeeld, kan bij hoge temperaturen methaan ( $\text{CH}_4$ ) worden gevormd, en in inwendig geoxydeerd koper kan waterdamp worden gevormd (stoom!).

Op het NLR is, met betrekking tot hoogwaardig staal dat in de vliegtuigbouw wordt gebruikt, een theorie ontwikkeld die het drukmodel en het decohesiemodel combineert voor de beschrijving van interne waterstofbroosheid, het decohesiemodel analytisch onderbouwt voor de beschrijving van externe waterstofbroosheid, en een kwantitatieve beschrijving van beide vormen van waterstofbroosheid mogelijk maakt.

Fig. 3 - Een voorbeeld van een berekende spanningsverdeling bij de scheurtip volgens een bepaalde plasticiteitstheorie.

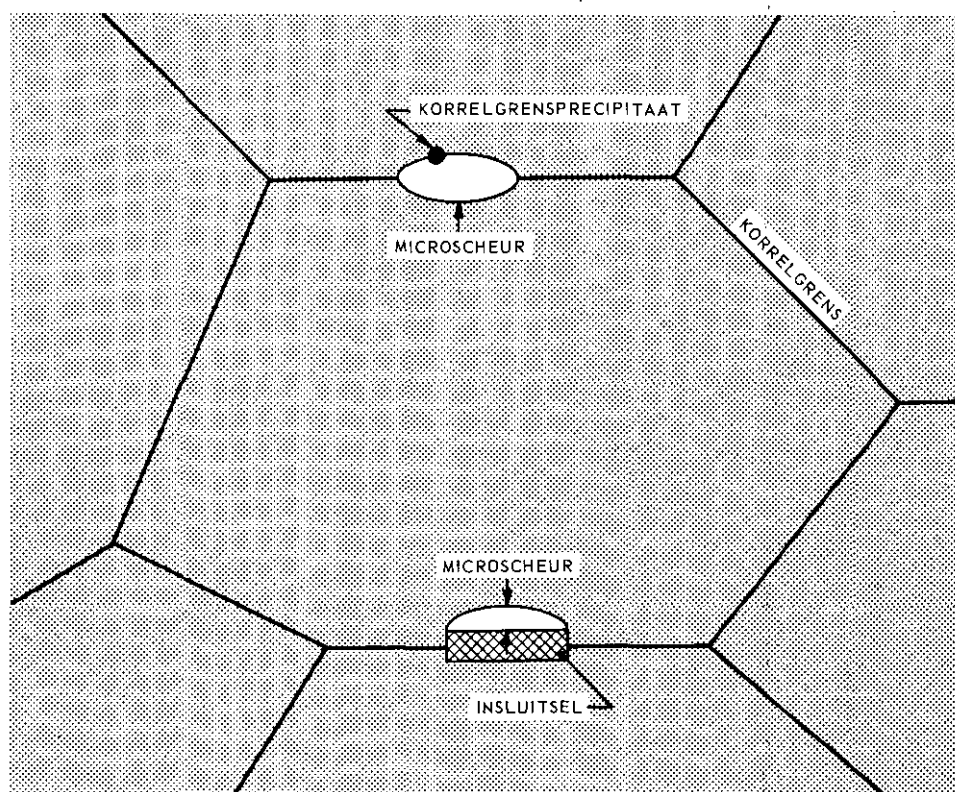
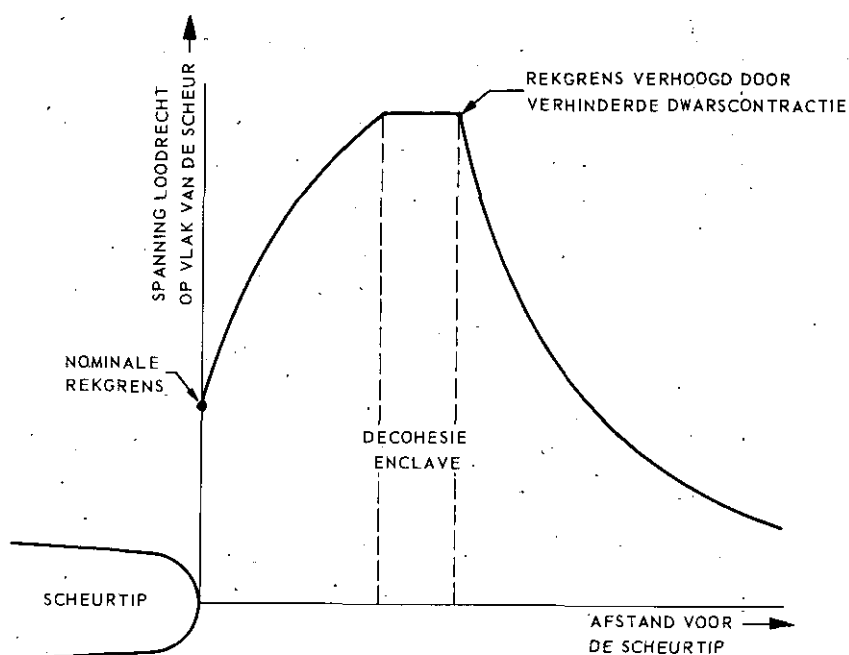


Fig. 4 - Microscheuren bij insluitels en korrelgrensprecipitaten.



Met behulp van bestaande thermodynamische vergelijkingen wordt aangetoond dat opgeloste waterstof zich ophoopt op plaatsen waar een hoge hydrostatische trekspanning in het metaal aanwezig is.

Zulke plaatsen komen voor bij dislocaties, maar ook bij toppen van kerven en scheuren. Herverdeling van de spanningen als gevolg van plastische deformatie leidt tot de vorming van een spanningspiek op een bepaalde plaats vóór de tip, die wel "decohesie-enclave" wordt genoemd (fig. 3). De plaats en de hoogte van de spanningspiek zijn te berekenen met bestaande semi-analytische en numerieke methoden, gebaseerd op bepaalde plasticiteitstheorieën. Vervolgens worden dan de formules afgeleid om de concentratie te berekenen van de waterstof die zich ophoopt ter plaatse van de spanningspiek, dat wil zeggen, in de decohesie-enclave. Aangenomen wordt nu dat, mede bevorderd door de opgeloste waterstof, decohesie optreedt van kleine insluitels, zoals carbiden en oxyden, die het staal van nature bevat. Hierdoor ontstaat dan een microscheur ter plaatse van korrelgrensprecipitaten en insluitels (fig. 4). Doordat aan de flanken van de microscheur de trekspanning veel lager is dan in het ongebroken metaal, kan daar veel minder waterstof in oplossing zijn dan op diezelfde plaats vóór de scheurvorming aanwezig was. De aan de flanken van de microscheur overvloedige waterstof precipiteert nu in de microscheur. Met behulp van breukmechanica kan berekend worden hoe groot de effectieve omvang is van het gebied waar spanningsdaling optreedt, en dus hoeveel waterstof precipiteert. Deze waterstof zal gedeeltelijk aan de scheurwand blijven kleven, en voor de rest gasvormig in de scheur aanwezig zijn. Deze verdeling van de waterstof kan berekend worden, evenals de druk die in de microscheur wordt opgebouwd.

Het blijkt echter, dat voor realistische hoeveelheden waterstof deze berekende druk in staal veel te laag is om scheuruitbreiding door zuiver mechanische oorzaken te bewerkstelligen. Met het drukmodel alleen kan breuk dus niet worden verklaard. Het vóórkomen van gasvormig waterstof aan de tip van een inwendige scheur is echter geheel analoog aan de situatie bij externe waterstofbroosheid: namelijk gasvormig waterstof aan de tip van een uitwendige scheur. Resultaten van proeven betreffende externe waterstofbroosheid zijn beschikbaar in de vorm van grafieken die de relatie weergeven tussen de waterstofdruk en de minimale waarde van de spanningsintensiteitsfactor voor scheuruitbreiding (fig. 2). Met deze grafieken is te voorspellen of de bovengenoemde microscheur zal uitgroeien tot catastrofale afmetingen of niet. De toepassing van dit model heeft tot aanvaardbare resultaten geleid voor de voorspelling van de uitbreiding van een inwendige scheur.

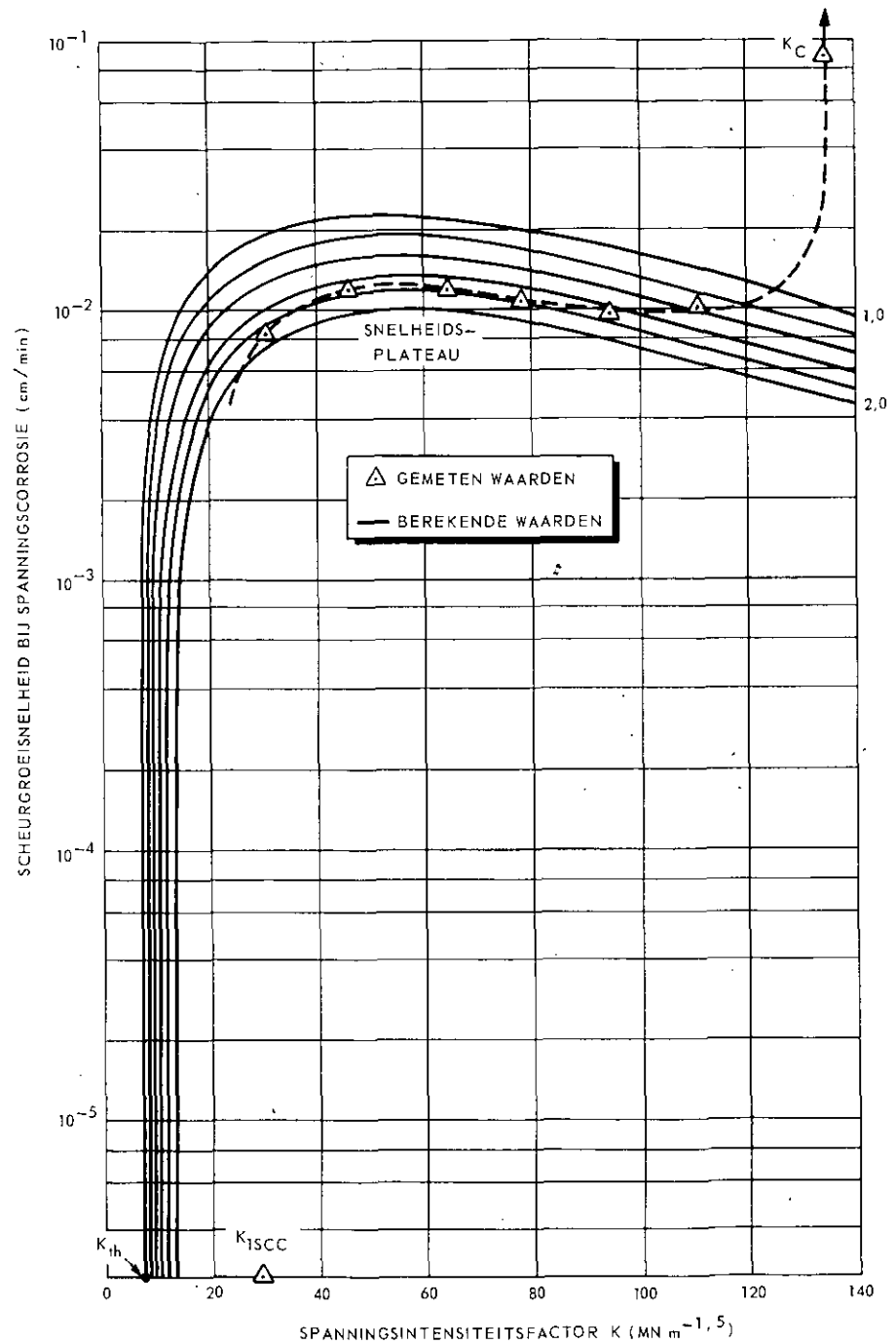
Verder is een analyse gemaakt van externe waterstofbroosheid, met het doel de vorm van de zojuist genoemde experimentele krommen (fig. 2) te voorspellen. Voor het decohesiemodel is verondersteld dat de verlaging van de cohesiesterkte een machtsfunctie is van de concentratie van de opgeloste waterstof. Met behulp van formules ontleend aan de breukmechanica zijn de spanningen berekend die optreden aan de tip van een slijtscheurtje, waar slechts een geringe plastische deformatie optreedt. Vervolgens zijn met de eerder genoemde thermodynamische formules de - hoge - evenwichtsconcentraties berekend die de waterstof daar

bereiken kan. Hiermee is dan een verband afgeleid tussen de spanningsintensiteitsfactor, de waterstofconcentratie aan de scheurtip, en de waterstofdruk, die te zamen de scheuruitbreiding kunnen veroorzaken. Blijkens figuur 2 is er een goede overeenstemming tussen het voorspelde verband en het proefondervindelijk bepaalde verband.

Aangetoond is dat bij toepassing van dit verband op de situatie bij inwendige microscheuren de berekende kritische waterstofconcentraties (die concentraties waarboven breuk optreedt) zeer goed overeenstemmen met de gemeten waarden.

Tenslotte is dit kwantitatieve model toegepast voor de beschrijving van spanningscorrosie. In overeenstemming met elders ontwikkelde theorieën is uitgegaan van het experimentele gegeven dat de lokale elektrochemische condities aan de tip van een spanningscorrosiescheur zo zijn dat op die plaats waterstofontwikkeling zal optreden, hoewel de "globale" condities geen aanleiding tot waterstofontwikkeling behoeven te geven. Daarbij wordt verondersteld dat de ontwikkelde waterstof deels aan het oppervlak blijft kleven en deels wordt opgenomen in het materiaal, en vervolgens naar de decohesie-enclave diffundeert en daar scheurvorming veroorzaakt volgens het zojuist beschreven model. De scheurgroeisnelheid is daardoor direct afhankelijk van de snelheid waarmee de waterstof naar de decohesie-enclave diffundeert, en van de afstand die daarbij moet worden afgelegd. Nu wordt die afstand mede bepaald door de spanningsintensiteitsfactor. Op grond hiervan kan een relatie worden afgeleid tussen de spanningsintensiteitsfactor en de scheurgroeisnelheid bij spanningscorrosie. Deze relatie blijkt in goede overeenstemming te zijn met de beschikbare proefresultaten (fig. 5). Het gelijkblijven van de scheurgroeisnelheid bij verandering van de spanningsintensiteitsfactor binnen een bepaald gebied blijkt, althans bij hoogwaardig staal, een direct gevolg te zijn van de beperkte diffusiesnelheid van waterstof in het metaal.

Fig. 5 - De door het NLR berekende scheurgroeisnelheid bij spanningscorrosie van 4340-staal in zout water (getrokken lijnen) wordt vergeleken met experimentele waarden (driehoekjes) van Carter (Boeing). De berekeningen werden uitgevoerd voor een effectieve kromtestraal aan de scheurtip van 0,025 mm, en voor verschillende waarden - tussen 1,0 en 2,0 - van de verhouding van de kritische waterstofconcentratie tot de evenwichtsconcentratie tot de evenwichtsconcentratie aan het metaaloppervlak.  $K$  is de spanningsintensiteitsfactor,  $K_C$  de breukwaarde bij afwezigheid van waterstof,  $K_{th}$  de theoretische drempelwaarde bij waterstofbroosheid, en  $K_{ISCC}$  is de gemeten drempelwaarde bij spanningscorrosie.



## 2.2 DE TOEPASSING VAN NUMERIEKE BESTURING (NuBe) BIJ HET VERVAARDIGEN VAN WINDTUNNELMODELLEN

### Inleiding

Bij het fabriceren van windtunnelmodellen is een belangrijk aspect het maken van de uitwendige vorm: het omstroomde oppervlak. Dit oppervlak is dikwijls dubbel gekromd, en wordt bepaald door middel van een groot aantal ruimtelijk vastgelegde punten. Tussen deze punten moeten de lijnen en oppervlakken worden "gestrookt". Het stroken van lijnen of oppervlakken was tot voor kort een proces waarvan de kwaliteit werd bepaald door het gevoel, het inzicht en de handvaardigheid van de vakman. Voor het fabriceren van metalen windtunnelmodellen heeft machinale bewerking het handwerk grotendeels verdrongen. Conventionele gereedschapswerktuigen zijn in het algemeen echter slechts geschikt voor het bewerken van platte vlakken en van rotatie-symmetrisch gekromde oppervlakken. Het fabriceren van modellen met gekromde oppervlakken door grote aantallen raakvlakken te frezen of te slijpen vergt veel arbeidsuren en een grote inspanning van de vakman.

Om ingewikkelde aërodynamische vormen te verkrijgen moeten de machinebewegingen simultaan worden gecoördineerd volgens een bepaald programma. Bij de vroeger veel gebruikte kopieermachines wordt de vorm-informatie vastgelegd in een kopieervoorbeeld, dat door een taster wordt afgetast. Door één van de machinebewegingen te besturen door middel van een positie-servosysteem, kan de vorm van het kopieervoorbeeld gereproduceerd worden in metaal. Het maken van de kopieervoorbeelden, dat grotendeels met de hand moet gebeuren, is tijdrovend en kostbaar. De nauwkeurigheid van de machinaal gekopieerde vormen voldoet doorgaans niet zonder meer aan de gestelde eisen, zodat tijdrovende en kostbare nabewerkingen met de hand nodig zijn.

De ontwikkeling van de numerieke besturing (NuBe) heeft nieuwe mogelijkheden geschapen, waardoor het maken van de kopieervoorbeelden kan vervallen. De informatie betreffende vormen en maten wordt bij NuBe nauwkeurig in numerieke vorm vastgelegd op ponsband. Deze ponsband, stuurband genoemd, verstrekt zodanige opdrachten aan een freesmachine, dat de gewenste contour wordt gevolgd.

Tegelijk met de ontwikkeling van de NuBe heeft ook de constructie van gereedschapswerktuigen een ingrijpende ontwikkeling doorgemaakt wat betreft de stabiliteit en de nauwkeurigheid van de aandrijving en de geleiding. Het is nu mogelijk werkstukken met ingewikkelde vormen zo nauwkeurig machinaal te bewerken, dat corrigerende nabewerkingen overbodig zijn. Tegenover dit voordeel staan echter de kosten van het maken van de stuurband en de hogere kosten van de NuBe-machine t.o.v. conventionele machines. Modelonderdelen die in principe conventioneel kunnen worden bewerkt, komen daarom minder in aanmerking voor NuBe dan ingewikkeld gevormde en nauwkeurige werkstukken. Naarmate het maken van de stuurband sneller gaat en de bewerkingstijd op de NuBe-machine kan worden

bekort, wordt het aantal modelonderdelen waarbij NuBe concurrerend qua kosten en tijd kan worden ingezet snel groter.

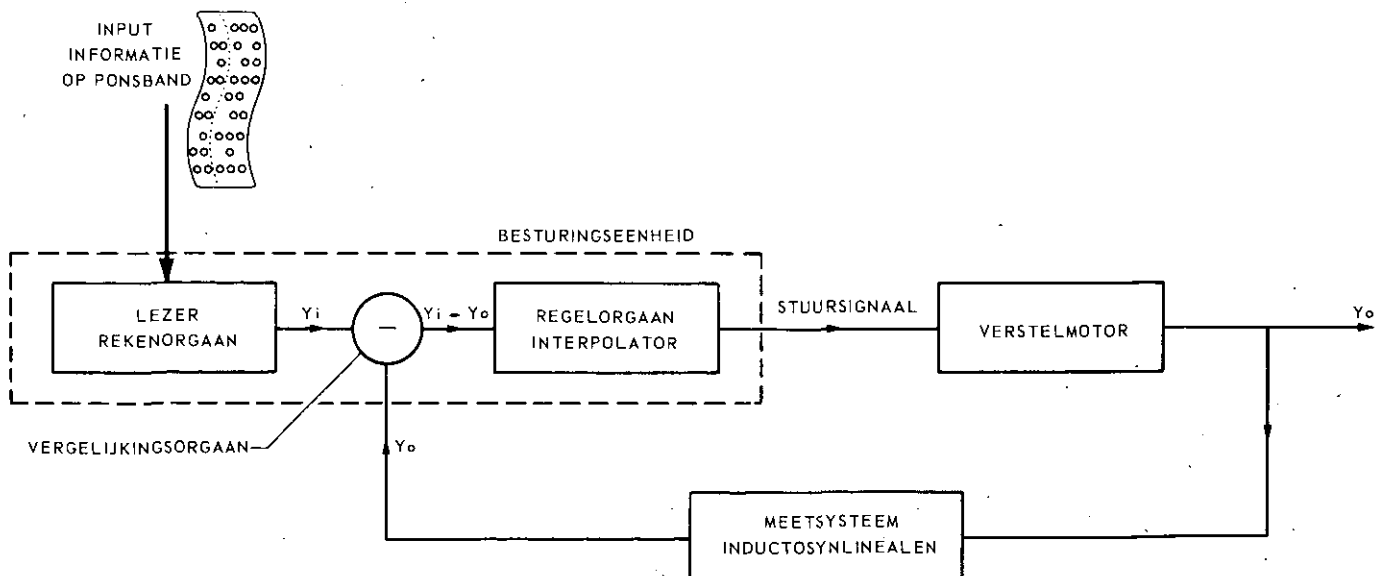
Tijdens de ontwikkeling van een nieuw vliegtuigtype is de tijd nodig voor de vervaardiging van de modellen in belangrijke mate bepalend voor het tempo van het windtunnelonderzoek.

Enige facetten van het NuBe-proces zoals dit bij het NLR wordt toegepast

De informatie betreffende de vorm en afmetingen van een werkstuk wordt door de werkstukprogrammeur omgezet in opdrachten voor de machine, en samen met andere instructies (toerental van de frees, voedingssnelheid, e.d.) vastgelegd in de stuurband.

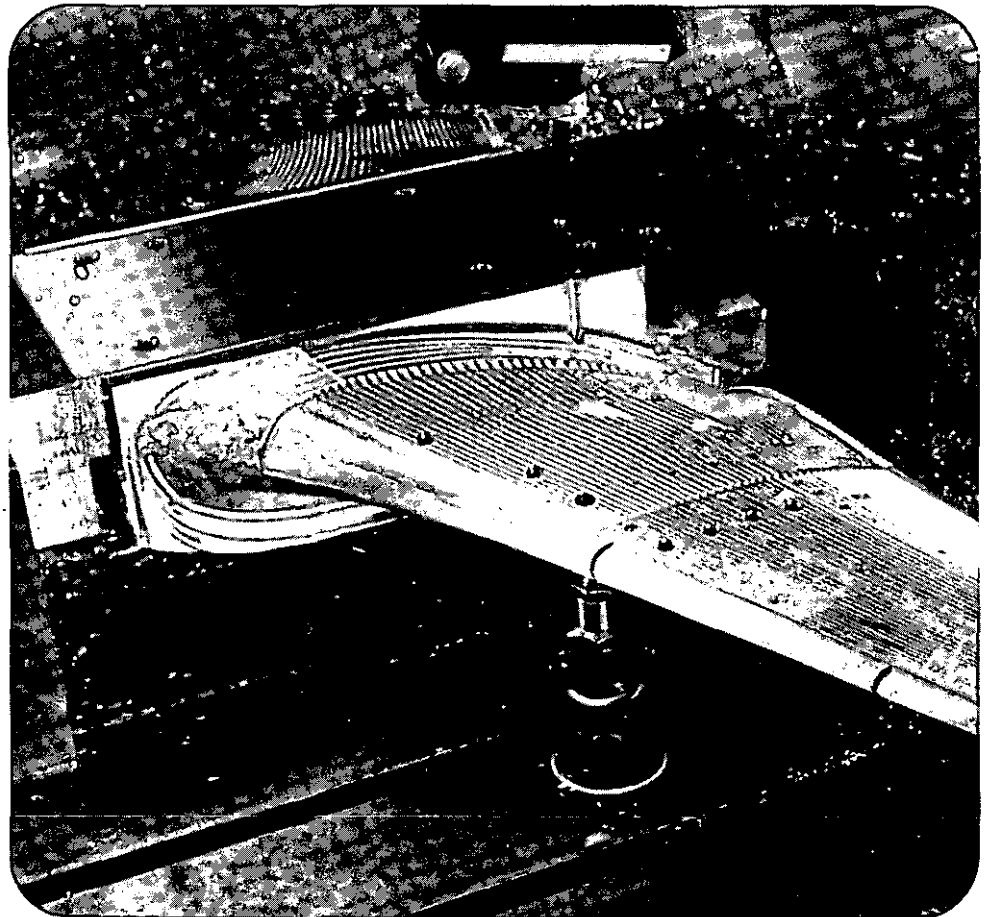
Het eigenlijke NuBe-systeem bestaat uit elektronische apparatuur, de besturings-eenheid, die de stuurband leest en de opdrachten aan een freesmachine verstrekt. Tot maximaal vier verschillende bewegingen van de machine kunnen met behulp van een gesloten positie-servosysteem tegelijkertijd worden bestuurd (vier-assige besturing). De bewegingen worden gemeten door een meetsysteem dat de gemeten positie terugmeldt aan de besturingseenheid. De door de stuurband opgedragen positie en de gemeten positie worden continu met elkaar vergeleken; de beweging stopt niet zolang deze waarden ongelijk zijn (fig. 6).

Fig. 6 - Schema numerieke besturing van een machine-beweging.



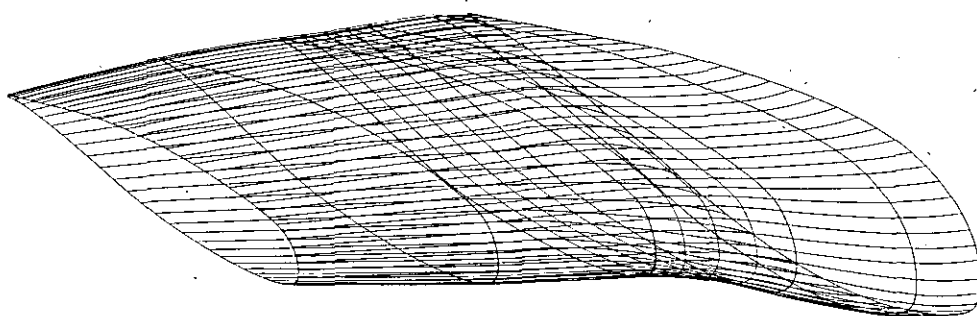
Door meer dan één beweging tegelijkertijd geprogrammeerd te besturen, kan de frees ruimtelijk gekromde banen beschrijven ten opzichte van het werkstuk. In het NuBe-proces wordt, evenals in de aërodynamica, het stroken tegenwoordig m.b.v. numerieke methoden uitgevoerd. De besturingseenheid heeft een zogenaamde lineaire en parabolische interpolator. Om de frees ten opzichte van het werkstuk een willekeurige rechte of parabolische baan in de ruimte te laten beschrijven, heeft de interpolator voldoende aan de coördinaten van twee, respectievelijk drie, in de stuurband gegeven punten. De interpolator genereert alle tussengelegen punten die met het oog op de resolutie van de besturingseenheid nodig zijn. Dit bekort de lengte van een stuurband aanzienlijk. Willekeurig gekromde lijnen kunnen tot op de gewenste nauwkeurigheid worden benaderd door een aantal parabolische lijnstukjes. Op deze wijze is het stroken reproduceerbaar geworden en niet meer afhankelijk van subjectieve factoren. Uitgaande van de gewenste vorm van het werkstukoppervlak moeten de banen van de frees worden berekend, waarbij rekening moet worden gehouden met de geometrische vorm van de frees.

Het oppervlak van een werkstuk wordt dikwijls verdeeld in een aantal velden, elk bewerkt met een aantal freesbanen, die van veld tot veld op verschillende wijze kunnen zijn gedefinieerd, en verschillende voedingsrichtingen en dwars-aanzetbreedten kunnen vertonen. In figuur 7 is dit goed zichtbaar.



*Fig. 7 - Bewerkingsvelden op een numeriek gefreesd werkstuk.*

Voor het uitvoeren van de vele berekeningen die nodig zijn om de freesbanen te definiëren, beschikt de werkstukprogrammeur over een aantal computerprogramma's, die voor een belangrijk gedeelte door het NLR zijn ontwikkeld. De werkstukprogrammeur verdeelt het werkstukoppervlak in velden, kiest de juiste programma's, voert de vorm- en maatgegevens van het werkstuk in vanaf tekeningen en tabellen, en schrijft de volgorde van de machinale bewerkingen en van de machine-hulpfuncties voor. Hij legt zijn instructies neer in een werkstukprogramma, dat met behulp van een computer en diverse hulpprogramma's wordt verwerkt tot de uiteindelijke stuurband. Om het inzicht te behouden in en controle uit te oefenen op de geprogrammeerde vormen, worden o.a. plotters gebruikt (fig. 8).



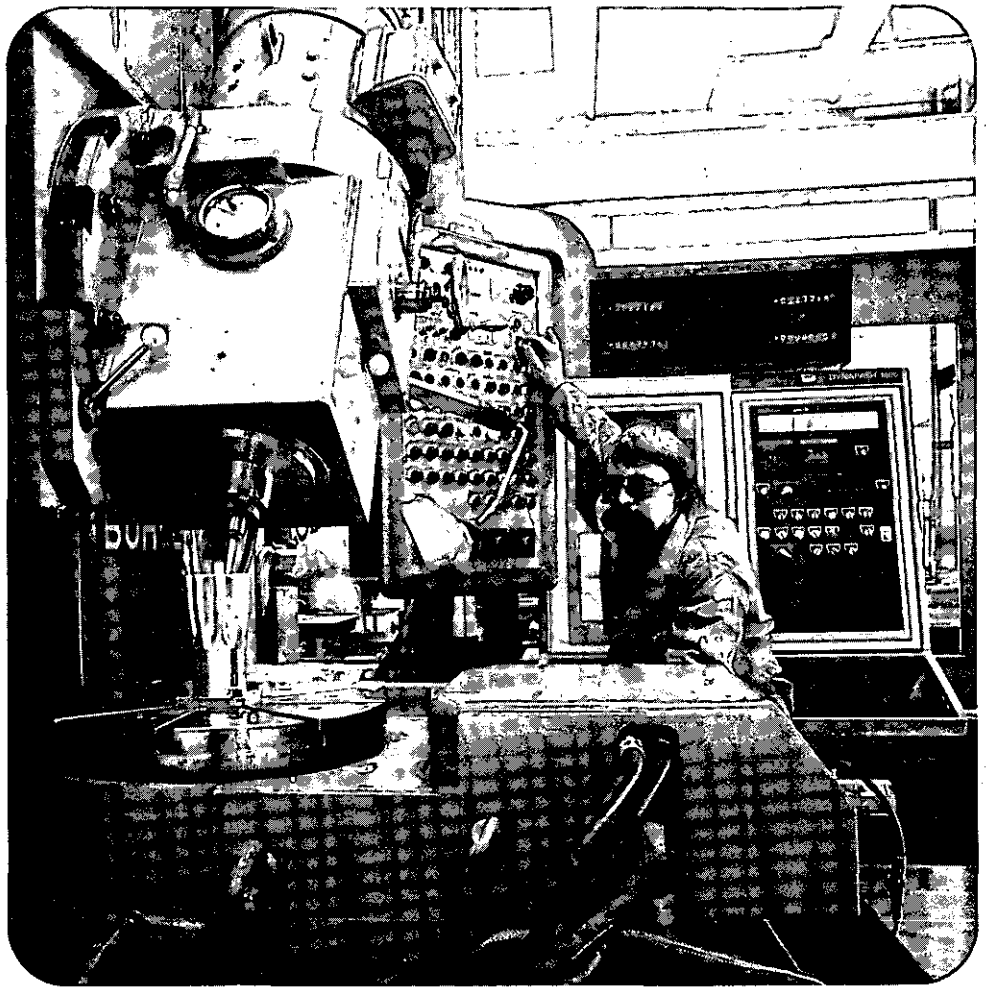
*Fig. 8 - Door een plotter getekende vormen van een soortgelijk werkstuk als dat van figuur 7.*

Hoewel voedingssnelheden en dergelijke in de stuurband zijn geprogrammeerd, kan de operator die de freesmachine bedient, deze nog door middel van handbediening beïnvloeden (feed-rate overriding). Dit is voor het maken van modelonderdelen belangrijk, vooral voor relatief dunne, slappe werkstukken, waarbij trillingen of te grote bewerkingsvervormingen dreigen op te treden.

In 1969 heeft het NLR een, volgens speciale specificaties ontworpen, numeriek bestuurd freesmachine in gebruik genomen. Deze NuBe-machine is geplaatst in de werkplaats van het Centraal Dienstengebouw in de Noordoostpolder. Opbouw, afmetingen, bewegingsmogelijkheden en nauwkeurigheden zijn afgestemd op het bewerken van windtunnelmodellen. De machine heeft een hoge stabiliteit, onder andere door de portaalvorm. De werkstuktafel van  $1400 \times 800 \text{ mm}^2$  beweegt in lengterichting. De freeskop heeft een verticale bewegingsmogelijkheid van 450 mm, en een dwarsbeweging langs de horizontale dwarsbalk van het portaal. De drie translaties worden numeriek bestuurd. Op de werkstuktafel kan een draaitafel met een diameter van 420 mm worden gemonteerd, naar keuze met de draaias vertikaal of horizontaal; de rotatie hiervan wordt ook numeriek bestuurd ("vierde as") (fig. 9).

Om de verlangde hoge nauwkeurigheid te bereiken en te behouden is de machine geïnstalleerd in een "air conditioned" ruimte. Om dezelfde reden wordt de frees

Apparatuur en  
programmatuur



*Fig. 9 – Werkstuk in bewerking op de draaitafel van de NuBe-freesmachine.*

rechtstreeks aangedreven door een gelijkstroommotor, zonder tussenkomst van tandwielen, en wordt de freesspil speciaal door middel van olie op constante temperatuur gehouden. De absolute bewerkingsnauwkeurigheid van de machine als geheel, over het gehele bewerkingsbereik, bedraagt – afhankelijk van de aard van de bewerking – 0,01 tot 0,02 mm. De aanspreekgevoeligheid wordt bepaald door de resolutie van de numerieke besturingseenheid, die 0,002 mm voor de translaties en 0,001 graad voor de rotatie bedraagt. De bewegingen van de machine vinden dus plaats in stappen van 2 micrometer, en dit bepaalt ook het aantal tussengelegen punten dat door de interpolator moet worden gegenereerd. Het meetsysteem is een direct systeem, dat gebruik maakt van speciaal geselecteerde inductosyn linealen. Het kan zowel absoluut als incrementeel worden gebruikt.

Met een aparte drie-assige meetbank (fig. 10) kunnen modellen of onderdelen snel en nauwkeurig worden opgemeten. De gemeten coördinaten van punten op een werkstukoppervlak kunnen op ponsband worden uitgevoerd. De resolutie bedraagt 0,005 mm, de nauwkeurigheid ca. 0,01 mm. Vorm en afmetingen van de meet-



machine hebben enige overeenkomst met die van de NuBe-machine; beide zijn afgestemd op dezelfde werkstukken.

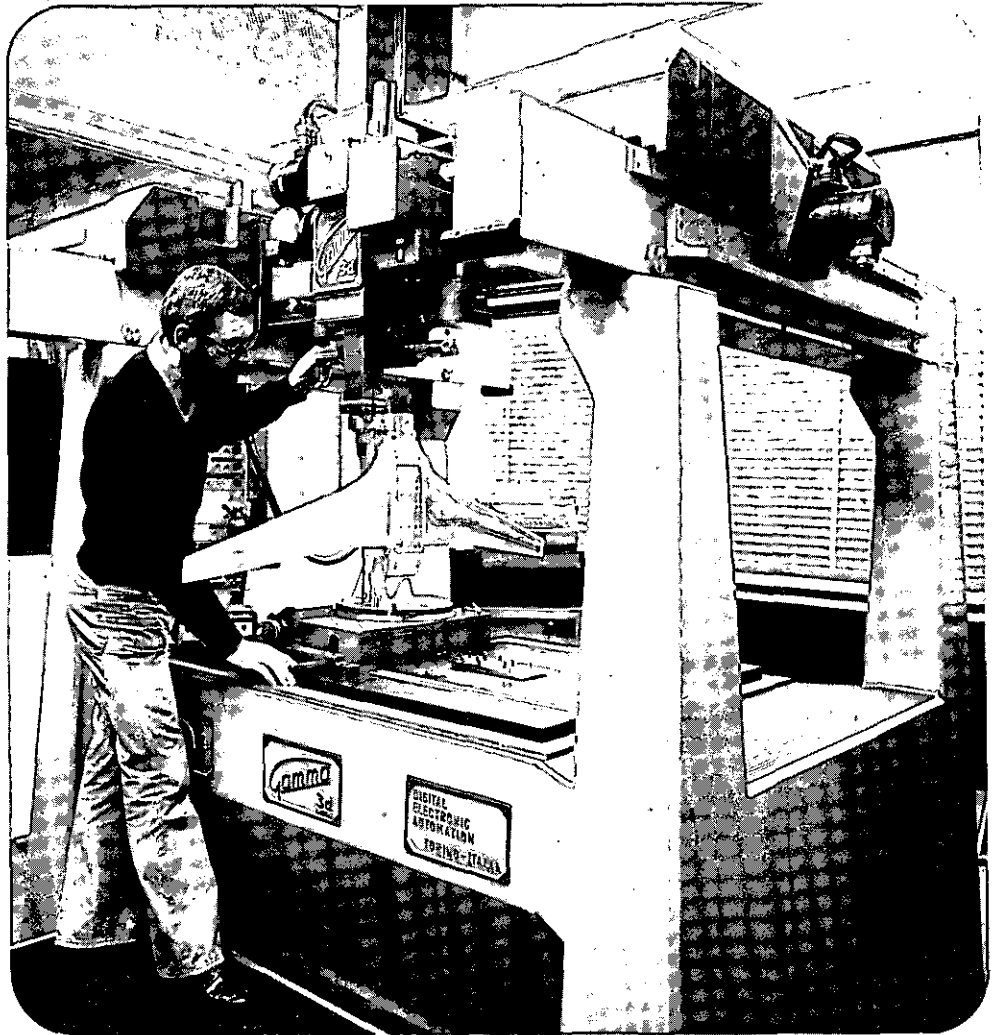


Fig. 10 - Meetbank van het NLR.

Bij het opstellen van de computerprogramma's welke nodig zijn voor de vervaardiging van de stuurbanden is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande programma's.

Voor de speciale eisen welke samenhangen met de fabricage van windtunnelmodellen (dunne werkstukken met dubbelgekromde oppervlakken, waaraan hoge nauwkeurigheidseisen worden gesteld) was het echter noodzakelijk eigen hulpprogramma's te ontwikkelen. Het NLR heeft op deze wijze in de loop der jaren aan het bestaande programmapakket een groot aantal eigen specifieke programma's toegevoegd.

#### Resultaten en ervaringen

Het operationeel worden van de NuBe-machine werd voornamelijk bepaald door de ontwikkeling van de hiervoor genoemde hulpprogramma's. Deze ontwikkeling

heeft zich betrekkelijk snel kunnen voltrekken, mede door de op het NLR aanwezige ervaring in het ontwikkelen van computerprogramma's.

De nauwkeurigheid van de werkstukken wordt, behalve door de kwaliteit van de programma's, de resolutie van de besturing, en de nauwkeurigheid van de freesmachine, voor een belangrijk deel bepaald door andere factoren, die de operator dient te controleren en te beïnvloeden. Deze factoren zijn onder andere: slijtage van de frees, opspannen en verspannen van het werkstuk, het optreden van trillingen en vervormingen van het werkstuk door bewerkingskrachten, materiaalspanningen en temperatuurinvloeden.

Plaatmallen blijken geen hand-nabewerking meer nodig te hebben. Dubbelgekromde oppervlakken echter wel; de opstaande randjes tussen de freesgroeven moeten door middel van vijlen en schuren worden verwijderd. De nabewerking verloopt echter aanzienlijk sneller dan na het kopiëren, aangezien geen corrigerende bewerkingen nodig zijn.

Enkele recente voorbeelden geven een beeld van de toepassing van NuBe:

- Plaatmallen tot een lengte van 1250 mm; materiaal duralplaat; nauwkeurigheid  $\pm 0,02$  mm.
- 11 schroefbladen van hoogwaardig dural, voor de modeltunnel van de DNW. De kwaliteit was zeer goed reproducerend; nauwkeurigheid ongeveer 0,05 mm.
- Een aantal vleugels voor windtunnelmodellen van de Concorde; spanwijdte ca. 600 mm; materiaal veredelingsstaal; zeer geringe dikte; oppervlak dubbel gekromd. Nauwkeurigheid variërend van 0,1 tot 0,3 mm.

Deze minder hoge nauwkeurigheid illustreert de problemen met het bewerken van zeer dunne werkstukken van moeilijk te bewerken materiaal.

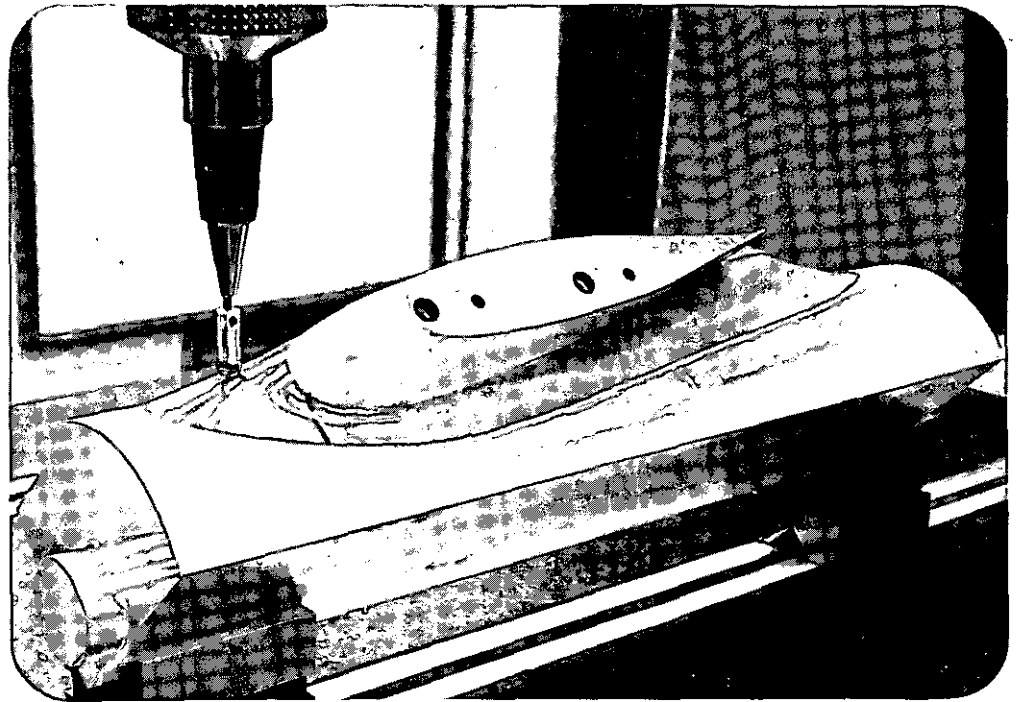
- Een serie superkritieke vleugels van hoogwaardig dural; spanwijdte ca. 1200 mm. Bereikte nauwkeurigheid ongeveer 0,1 mm.

Met de hier genoemde nauwkeurigheidscijfers wordt bedoeld dat er op enkele plaatsen van het werkstuk dergelijke afwijkingen zijn gemeten; verreweg het grootste gedeelte van de oppervlakken bevindt zich ver binnen deze waarden en in het bijzonder de vorm van de profielen is aanzienlijk beter.

Algemeen kan worden gesteld dat voor vleugels tot ongeveer 1,5 m spanwijdte een nauwkeurigheid van  $\pm 0,05$  mm bereikbaar is. Dat wil zeggen dat er op de gehele vleugel geen punten worden gevonden die meer dan dit bedrag afwijken. Het bereiken van deze kwaliteit vraagt echter bijzondere zorg en aandacht.

Het maken van werkstukprogramma's voor vormen die niet oorspronkelijk in numerieke vorm zijn gegeven levert soms moeilijkheden op, zoals bijvoorbeeld bij de fairings tussen romp en vleugel. Hiervoor wordt een methode gebruikt die ontleend is aan de carosseriebouw in de auto-industrie. Stukken van de romp en vleugel welke wel gedefinieerd zijn worden gemaakt zonder tussengelegen fairing. De fairing wordt, bijvoorbeeld met plasticine, door middel van mallen en handwerk.

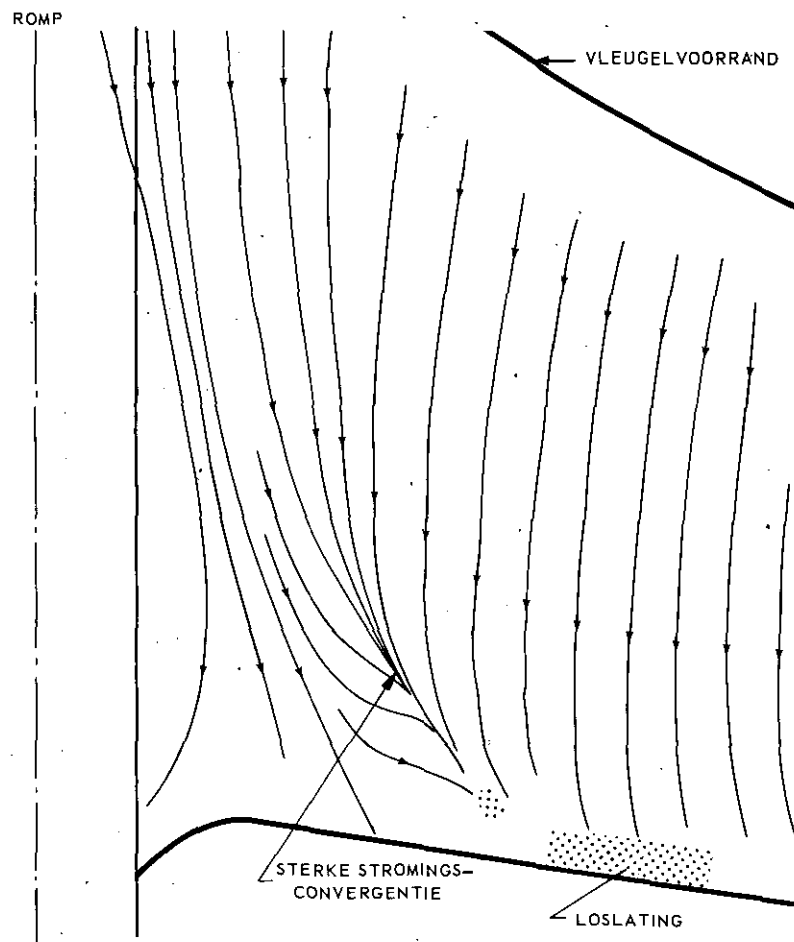
geboetseerd. Na versteviging door een laklaag kan de fairing, met de overgangen naar romp en vleugel, op de meetbank worden opgemeten (fig. 11) met een taster die dezelfde afmetingen als de frees heeft. De coördinaten worden op ponsband uitgevoerd en direct gebruikt voor het maken van een stuurband. Hiermee kan de fairing snel en zonder problemen in metaal worden gereproduceerd.



*Fig. 11 - Opmeten van vleugel-romp fairing op de meetbank; de taster is congruent met de frees.*

Bij het ontwikkelen van nieuwe vliegtuigvormen langs experimentele weg, is de mogelijkheid snel modelvleugels van verschillende vorm te kunnen fabriceren van zeer grote waarde gebleken.

Samenvattend kan worden gesteld dat bij het maken van windtunnelmodellen met moderne, aërodynamisch verfijnde vormgeving, het gebruik van NuBe niet meer is weg te denken.



Vergelijking van berekende en gemeten wandstroomlijnen bij de wortel van een pijlvleugel. De berekeningen geven lokaal een sterke convergentie van de wandstroomlijnen, en als gevolg daarvan een sterke groei van de driedimensionale grenslaag ter plaatse. Dit blijkt in werkelijkheid (zie oliepatroon op foto) tot het ontstaan van een wervel te leiden.

### 3 Overzicht van het wetenschappelijk onderzoek

#### 3.1 STROMINGEN

De werkzaamheden op het gebied van stromingen hadden enerzijds betrekking op aërodynamisch onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van vliegtuig- en ruimtevaartprojecten, en anderzijds op het programma van speurwerk dat wordt uitgevoerd met het oog op toekomstige ontwikkelingsprojecten in deze sector. Het aërodynamisch onderzoek omvat zowel theoretisch onderzoek waarbij gebruik wordt gemaakt van omvangrijke rekenprogramma's, als experimenteel onderzoek in de diverse windtunnels van het NLR.

Werkzaamheden ten behoeve van ontwikkelingsprojecten

In opdracht van het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR) werden de werkzaamheden in het kader van het programma voor de aanloop van een nieuw vliegtuigproject intensief voortgezet. Op het gebied van stromingsonderzoek werd veel aandacht besteed aan de aërodynamische vormgeving van superkritieke vleugels, configuratiestudies (plaatsing van motoren, draagkrachtverhogende middelen) en aan aëro-elastische en aëro-akoestische aspecten van het nieuwe vliegtuigproject. Deze werkzaamheden worden door het NLR in nauwe samenwerking met Fokker-VFW uitgevoerd, waardoor een goede coördinatie wordt verkregen van inzichten en ideeën die bestaan bij de diverse specialisten die werkzaam zijn bij de vliegtuigindustrie en het laboratorium.

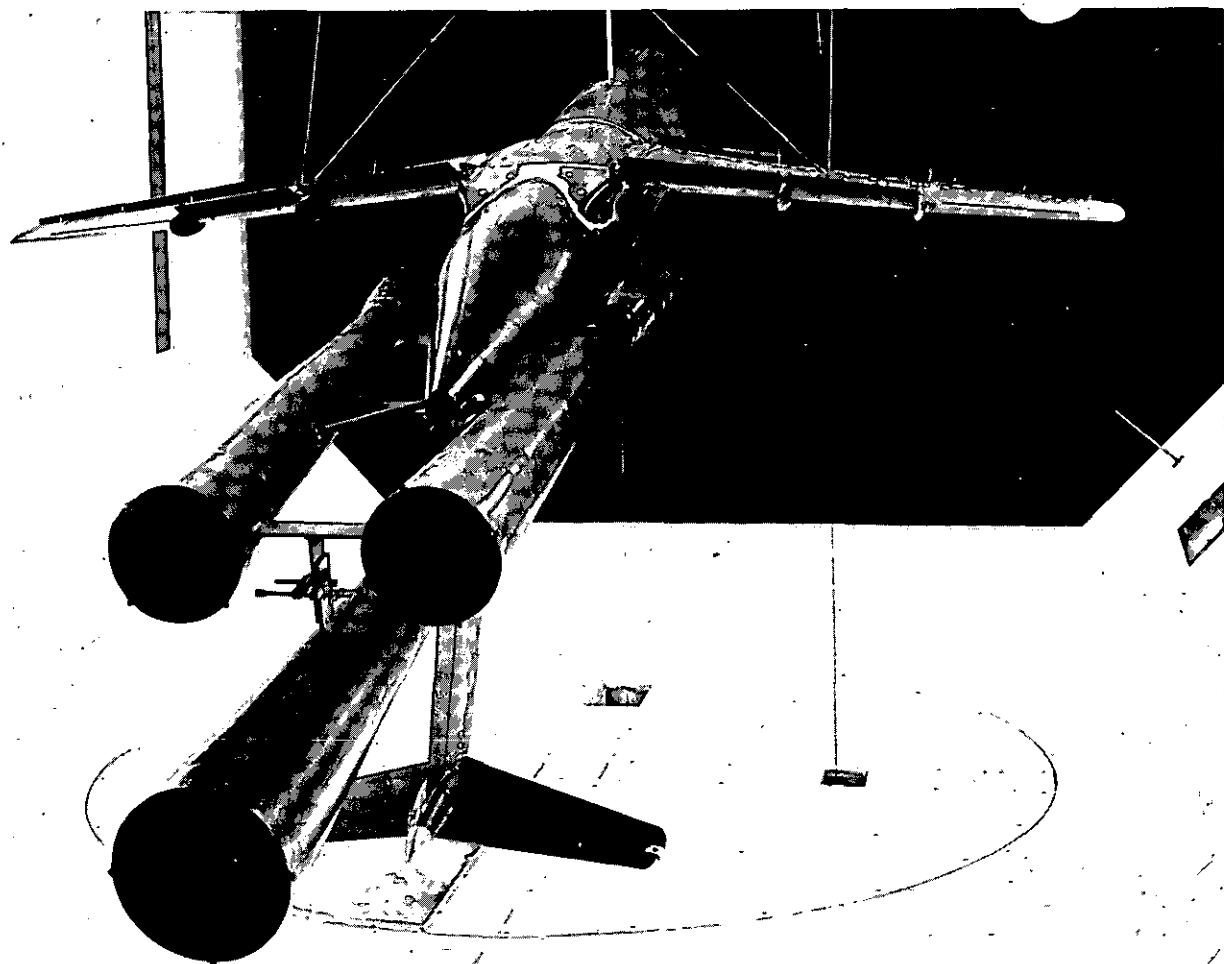
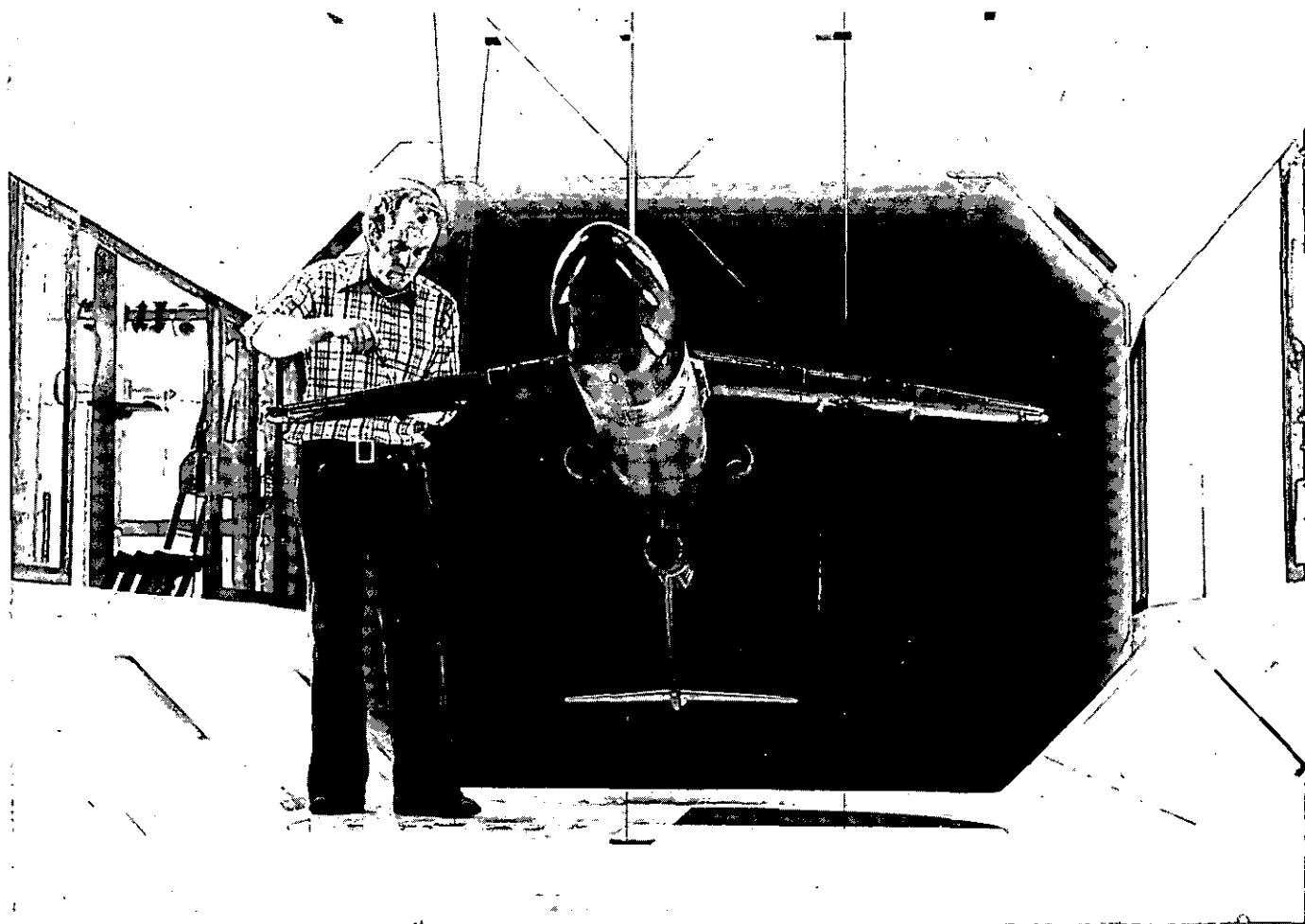
In het kader van de studies op het gebied van de vormgeving van superkritieke vleugels werd het theoretische onderzoek met kracht voortgezet. Windtunnelmetingen werden verricht aan een aantal vleugel/rompcombinaties. De programmatuur die gebruikt wordt bij het ontwerpen van superkritieke vleugels werd verder verbeterd en uitgebreid.

Ten behoeve van het onderzoek naar de aëro-elastische aspecten van een superkritieke vleugel werd een eerste verkenning uitgevoerd aan de hand van een windtunnelonderzoek aan een trillend superkritiek profiel.

Ten behoeve van de configuratiestudies werden windtunnelmetingen verricht aan superkritieke vleugelprofielen voorzien van verschillende configuraties van neuskleppen en achterrandskleppen.

Daarnaast werden berekeningen uitgevoerd om de aërodynamische consequenties te bepalen van diverse mogelijke configuraties van een motor met grote omloopverhouding.

Een computerprogramma werd ontwikkeld voor de berekening van het fanlawaa



*Windtunnelonderzoek in de LST 3x2 naar de eigenschappen van vliegtuigen bij verschillende plaatsingen van de motoren. Om de luchtstroom door de doorstroomgondels bij inlaatonderzoek te vergroten wordt gebruik gemaakt van achter de gondels geplaatste diffusoren (onderste foto). Het model is om meettechnische redenen ondersteboven opgehangen.*



Subsone stromingen om complete vliegtuigconfiguraties (stationair)

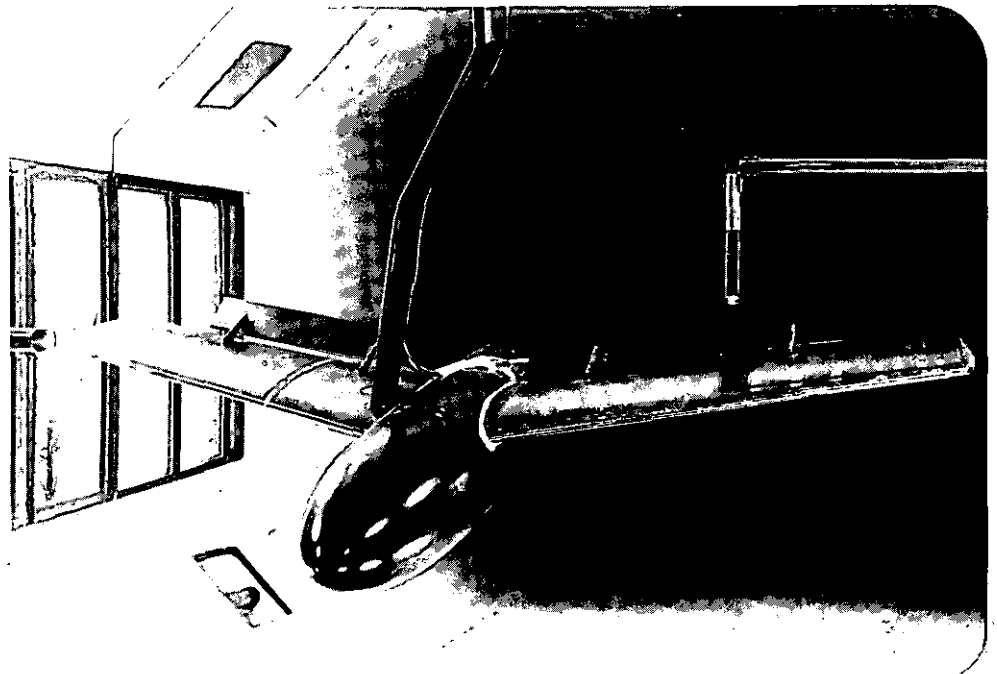
van een motor met grote omloopverhouding. De stuwkrachtverliezen die optreden bij diverse geluiddemperconfiguraties (die worden aangebracht om het uitlaat- en straallawaai te verminderen) werden door middel van windtunnelmetingen vastgesteld. Eveneens werd een begin gemaakt met onderzoek naar het effect van de stroming op de akoestische eigenschappen van geluiddempende bekleding.

Voorts werd op uitgebreide schaal assistentie verleend aan Fokker-VFW bij de werkzaamheden ter vermindering van het uitlaat- en straallawaai van de F28. Een aantal motorgondel/geluiddemperconfiguraties werd beproefd, waarbij intensief gebruik werd gemaakt van de in 1975 gereedgekomen Kleine Anechoïsche Tunnel (KAT).

Het windtunnelonderzoek in opdracht van de Europese vliegtuigindustrie vertoonde vooral in de tweede helft van 1976 een opleving. Windtunnelonderzoekingen werden onder meer uitgevoerd voor SNIAS, Dassault, en CNES (ARIANE-draag-raket).

Op grond van de ervaringen opgedaan bij de studies betreffende de vormgeving van superkritieke vleugels, werd begonnen met een onderzoek naar de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een rekenmethode waarmee de vleugelvorm kan worden bepaald die in incompressibele stroming een voorgeschreven drukverdeling oplevert bij bepaalde voorwaarden voor de geometrie. Bij wijze van modelprobleem werd eerst het geval van de tweedimensionale profielstroming onder-

*Een pijlvleugelmodel met klep in de LST 3x2. Deze metingen werden verricht ter evaluatie en ondersteuning van de toepassing van de panelenmethode voor het berekenen van luchtkrachten op een vleugel met een klep die zich uitstrekt over een deel van de spanwijdte. Op de achtergrond is een wervelindicator zichtbaar.*



zocht. Om de toepasbaarheid van de panelenmethode te onderzoeken voor de berekening van luchtkrachten op een vleugel met kleppen over een deel van de spanwijdte, werden windtunnelmetingen uitgevoerd aan een model van een pijlvleugel met klep en romp. De meetresultaten zullen worden vergeleken met de uitkomsten van berekeningen die met de panelenmethode zijn uitgevoerd voor deze configuraties.

Voorts werden berekeningen uitgevoerd aan driedimensionale grenslagen op een pijlvleugel met een turbulente grenslaag op de bovenkant en een grotendeels laminaire grenslaag op de onderkant van de vleugel. Resultaten van windtunnelonderzoek bevestigden de resultaten van berekeningen van de omslag van laminaire naar turbulente grenslaagstroming op de onderkant van de vleugel dicht bij de achterrand.

De werkzaamheden in het kader van de ontwikkeling en toetsing van methoden voor het berekenen van de invloed van de uitlaatstralen op de stroming rond een vliegtuig werden voortgezet. De methode die werd ontwikkeld voor een draagvlak buiten de straal bij niet te grote hoeken tussen straal en hoofdstroming is met goed resultaat aan een experiment getoetst.

Voortgegaan werd met het verder ontwikkelen en programmeren van een benaderingsmethode voor het berekenen van niet-viskeuze stromingen met schokgolven om dragende vleugels. Daarbij werden, onder andere, rekentechnische verbeteringen aangebracht die nodig zijn om het programma geschikt te maken voor routinegebruik.

Transsone stroming  
(stationair)



*Aan een model van een NF-5 vleugel, gemonteerd in de hoge-snelheidstunnel HST, werden fluttermetingen uitgevoerd. Hierbij werd de invloed van de aanwezigheid van een tiptank en een uitwendige last onder aan de vleugel onderzocht.*



Er werd een begin gemaakt met het bestuderen van de mogelijkheden van de eindige-elementenmethode en van de singulariteitenmethode voor het berekenen van transsone stroming met schokgolven om gegeven profielen.

De resultaten van windtunnelmetingen van de invloed van de drukverdeling ná de schok en het getal van Mach vóór de schok op de structuur van de schokgolf/grenslaag-interactie werden geanalyseerd en gerapporteerd.

#### Instationaire stromingen

Het onderzoek naar het instationaire gedrag van superkritieke vleugelprofielen werd voortgezet. De resultaten van een windtunnelonderzoek aan een trillend profiel werden geanalyseerd, en voorbereidingen werden getroffen voor proeven aan een superkritiek profiel met een klep. Parallel aan dit experimentele onderzoek is voortgegaan met de ontwikkeling van een methode voor het berekenen van tweedimensionale instationaire transsone stromingen. Ook hierbij is goede voortgang gemaakt, mede dank zij een computerprogramma dat door de NASA aan het NLR ter beschikking werd gesteld.

Om de juistheid te controleren van een rekenmethode voor trillende vleugel/romp-combinaties die al of niet zijn voorzien van uitwendige lasten, in het geval van subsone stroming, werd met succes in de hoge-snelheidstunnel (HST) van het NLR een flutteronderzoek uitgevoerd aan een vleugelmodel met tanks.

#### Onderzoek van viskeuze stromingen

Het programma voor het berekenen van de viskeuze stroming om profielen met kleppen werd verder ontwikkeld. De werkzaamheden zijn er vooral op gericht de aanliggende viskeuze stroming om profielen met kleppen te kunnen berekenen, waarbij aangenomen wordt dat er geen menging van zoggen en grenslagen optreedt. Om dit rekenprogramma te toetsen werd begonnen met grenslaagmetingen aan een profiel met klep in de LST 3x2. Eerder uitgevoerde metingen van de snelheid en turbulentie in het menggebied van een zog en een grenslaag werden geanalyseerd. Voorts werden oriënterende berekeningen uitgevoerd aan profielstromingen met loslating.

Naast dit programma beschikt het NLR over programma's voor het berekenen van driedimensionale laminaire en turbulente grenslagen. In het kader van de vormgeving van superkritieke vleugels konden deze programma's reeds met succes worden toegepast. Wel bleek dat voor routinetoepassingen kortere rekentijden noodzakelijk zijn. Ook bleek het gewenst ingewikkelder geometrieën (niet-ontwikkelbare oppervlakken) te kunnen behandelen. Naast het verbeteren van de bestaande rekenprogramma's werd dan ook begonnen met een nieuw rekenprogramma dat aan deze wensen tegemoet komt.

#### Onderzoek ter verbetering van het meten in windtunnels

Uit onderzoek met behulp van de methode voor het berekenen van tweedimensionale wandinvloed, gebaseerd op een verbeterde "homogene equivalente randvoorwaarde", bleek dat de eindige afmetingen van doorlatende meetplaatswanden, en de representatie van het einddeel van deze wanden, aanzienlijk invloed kunnen hebben op de wandinvloed.

Een driedimensionale versie van deze rekenmethode is getest door de resultaten voor een quasi-tweedimensionaal geval te vergelijken met de resultaten van de genoemde tweedimensionale methode. Deze test leverde een bevredigend resultaat op.

Voorts is een programma geschreven waarmee de tweedimensionale wandinvloed kan worden berekend, uitgaande van nabij de wanden gemeten drukverdelingen.

In het kader van de samenwerking DFVLR-NLR is een gezamenlijk programma gedefinieerd voor onderzoek naar de tunnelwandinvloed bij driedimensionale modellen met hoge draagkracht in meetplaatsen met spleetwanden. Getracht zal worden door middel van bij de DFVLR te verrichten windtunnelmetingen en bij het NLR uit te voeren berekeningen meer inzicht te verkrijgen in de werking van spleetwanden. Voor de windtunnelmetingen zal een bij het NLR vervaardigd model worden gebruikt.

Onderzoek op het gebied van  
aëro-akoestiek en  
voortstuwingsaërodynamica

De beschikbare modeltechnieken en meetmethoden voor de simulatie van een straal met behulp van lucht en ontlede waterstofperoxyde werden onderzocht op hun geschiktheid voor het uitvoeren van akoestische en aërodynamische metingen op routinebasis in de Kleine Anechoïsche Tunnel (KAT).

De ontwikkeling van methoden voor het berekenen van de voortplanting van geluid in kanalen met eindige lengte, met niet-uniforme stroming, en met geluid-absorberende wanden, werd voortgezet.

Een oriënterende studie werd verricht naar de invloed van de oppervlakte-ruwheid van de turbineschoepen op de prestaties van turbostraalmotoren.

Om het gedrag van geluidabsorberende bekleding voor toepassing in modellen te kunnen onderzoeken, werd een kleine nagalmkamer en een daarop aansluitend stromingskanaal vervaardigd.

Ook werd geëxperimenteerd met sterke geluidsbronnen bestemd voor onderzoek aan geluidabsorberende bekledingen (z.g. "liners") in een in 1977 te realiseren nagalmtunnel.

### 3.2 VLIEGTUIGEN

Werkzaamheden aan  
ontwikkelingsprojecten

Ook in dit verslagjaar werd assistentie verleend aan Fokker-VFW bij de vliegbeproeving ten behoeve van de evaluatie en certificatie van nieuwe versies van de F28 en F27. In het kader van deze assistentie werden tevens vluchten uitgevoerd ter beproeving van nieuwe vliegtuigsystemen. Bij deze beproevingen werd gebruik gemaakt van de meetsystemen die permanent in het F28-A1 prototype vliegtuig zijn ingebouwd, en van het "Carry-On Data Acquisition System" (CODAS), dat vrij eenvoudig van het ene serievliegtuig in het andere is over te zetten. Het operationeel houden van deze systemen en het aanpassen aan de steeds veranderende eisen vergde in 1976 weer de nodige aandacht.

Er vonden meetvluchten plaats met het Fokker F28 Mk4000 vliegtuig ter bepaling van de prestaties en ter beproeving van vliegtuigsystemen en meetapparatuur, en

er werden certificatievluchten uitgevoerd met het "ground proximity warning system". Met het Fokker F28-A1 prototype vliegtuig werden de belastingsspectra in de vlucht bepaald onder representatieve omstandigheden wat betreft remous, en werden twee zogenaamde "Maximum Kinetic Energy Stops" uitgevoerd (noodstops bij maximaal remvermogen).

Ten behoeve van de ontwikkeling van een F28 vluchtnabootser bij Fokker-VFW werden in het F28 serievliegtuig A93 de handelingen van de vliegers en het verloop van de instrumentaanwijzingen op film vastgelegd.

In het prototype van het F27 MPA vliegtuig werd de genoemde CODAS digitale meetapparatuur ingebouwd. Vervolgens werden meetvluchten uitgevoerd om de besturingseigenschappen, stabiliteit en prestaties van de gewijzigde F27-configuratie vast te stellen. Naar aanleiding hiervan werd de radarkoepel gewijzigd, waarna opnieuw prestatiemetingen werden uitgevoerd.

Eveneens werden metingen uitgevoerd aan de stuurautomaat van dit vliegtuig.

In opdracht van het NIVR en in nauwe samenwerking met Fokker-VFW werden in het kader van het programma voor de aanloop van een nieuw vliegtuigproject onderzoeken verricht op het gebied van moderne besturingssystemen. Zo werd het verband bepaald tussen de ligging van het zwaartepunttraject en het oppervlak van het horizontale staartvlak dat minimaal benodigd is om aan de huidige voorschriften en ontwerprijtlijnen voor goede vliegeigenschappen te kunnen voldoen. Tevens werden schattingen gemaakt van de bereikbare prestatiewinst van het vliegtuig voor een aantal toelaatbare combinaties van de ligging van het zwaartepunttraject en het oppervlak van het horizontale staartvlak.

Een theoretisch onderzoek werd uitgevoerd naar de mogelijkheid de besturingseigenschappen tijdens de nadering en de landing van een middelgroot straalverkeersvliegtuig te verbeteren, door gebruik te maken van een gecombineerde sturing van hoogteroer, draagkrachtverstoorders, en remkleppen.

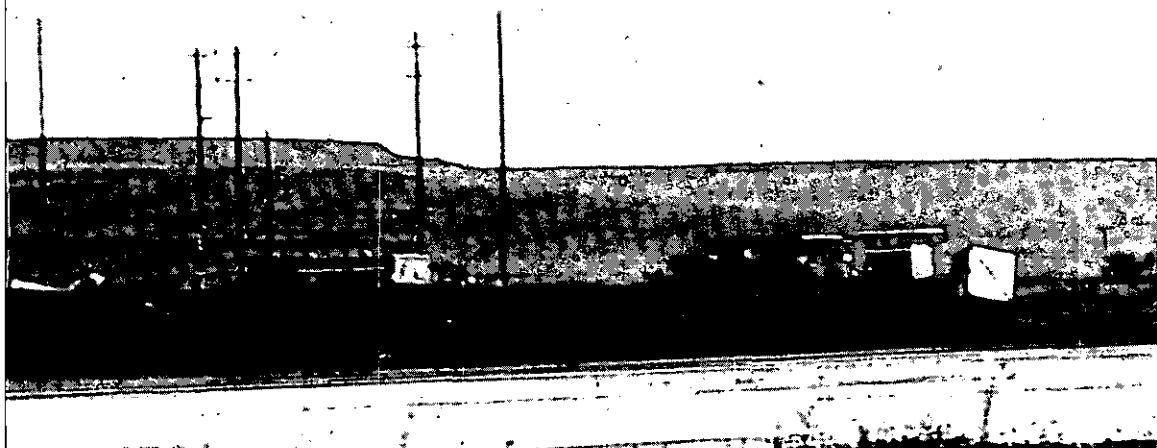
Een voorbeeld van een berekening van vliegtuigresponsies waarbij een wiskundig model van de volledige (niet-lineaire) bewegingsvergelijkingen gehanteerd werd, werd uitgewerkt met behulp van de rekenmachine van de vluchtnabootser met bewegende stuurhut.

#### Stabiliteit en besturing

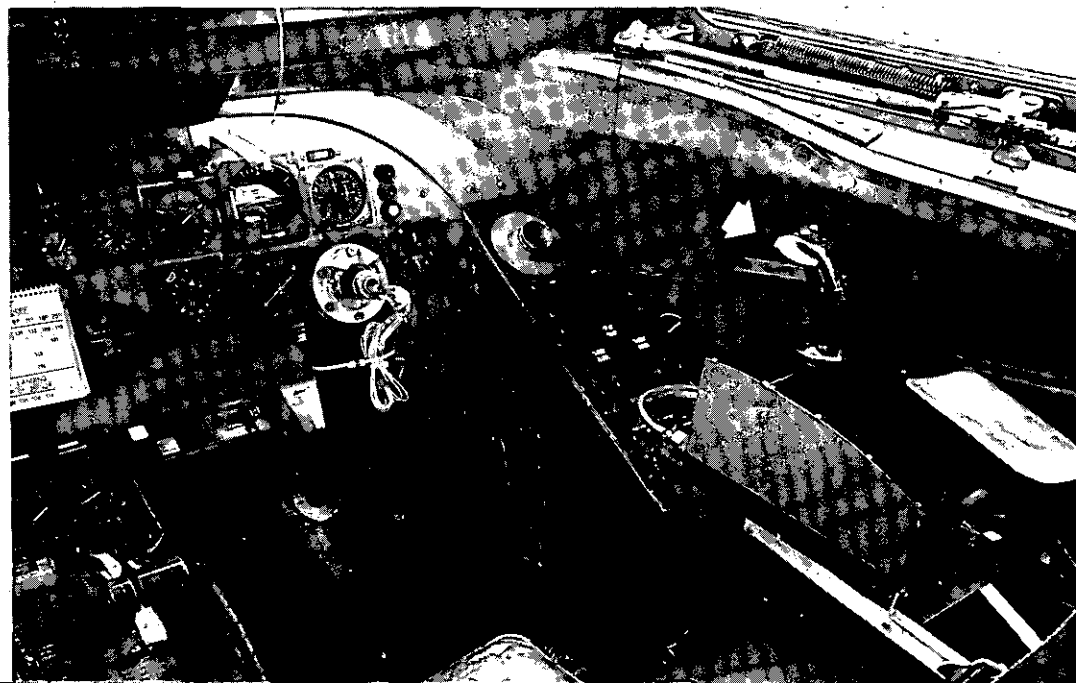
Het onderzoek dat gericht is op het opstellen van ontwerpcriteria voor moderne vliegtuigbesturingssystemen werd voortgezet. Vliegproeven werden uitgevoerd met het Fokker F28-A1 prototype vliegtuig om het nut respectievelijk de noodzaak van positieve stuurkrachtstabiliteit in standgestabiliseerde vliegtuigen te onderzoeken.

Met de DFVLR te Braunschweig wordt samengewerkt op het gebied van "handling-qualities criteria", een samenwerking die vooral gericht is op het opstellen van criteria voor besturingseigenschappen van vliegtuigen uitgerust met "Direct Lift Control" (DLC) (directe modulatie van de draagkracht door middel van draagkrachtverstoorders).

In aansluiting op de vliegproeven met het HFB 320 Hansa vliegtuig van de DFVLR ten behoeve van het onderzoek naar de operationele toepasbaarheid van



Het Fokker F28-A1 prototype, uitgerust voor proeven met een hoeksnelheidscommando-standstabilisatie besturingssysteem. Het hierbij gebruikte stuurorgaan is een door het NLR ontwikkelde "side-stick" (zie pijl in de inzet).



vertraagde naderingen van verkeersvliegtuigen (waarbij de nadering wordt uitgevoerd met verminderd vermogen) werden simulatieproeven op de vluchtnabootser met bewegende stuurhut van het NLR uitgevoerd. Van beide series proeven werden de resultaten geanalyseerd en gerapporteerd.

Ten behoeve van de bestudering van het concept van de automatische nadering en landing met behulp van een analoge rekenmachine, werd het "Autothrottle Speed Control System" van de DC10 geanalyseerd.

Op het gebied van de vliegmechanica en het gebruik van helikopters en V/STOL-vliegtuigen werden onder meer computerprogramma's geschreven voor de verwerking van meetgegevens verkregen tijdens beproevingen in de vlucht en op de grond. Eveneens werd een mathematisch onderzoek uitgevoerd betreffende de optimale besturing van helikopters. Een experimenteel onderzoek werd verricht naar de bewegingen van een bepaald schip in verband met deklandingen van helikopters.

Meet-, registratie-, en  
presentatietechnieken voor  
gebruik in de vlucht

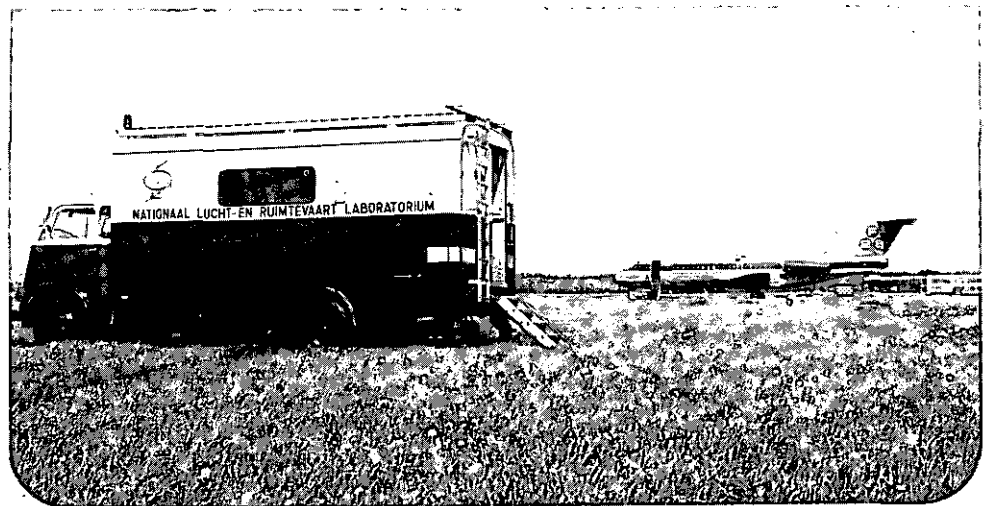
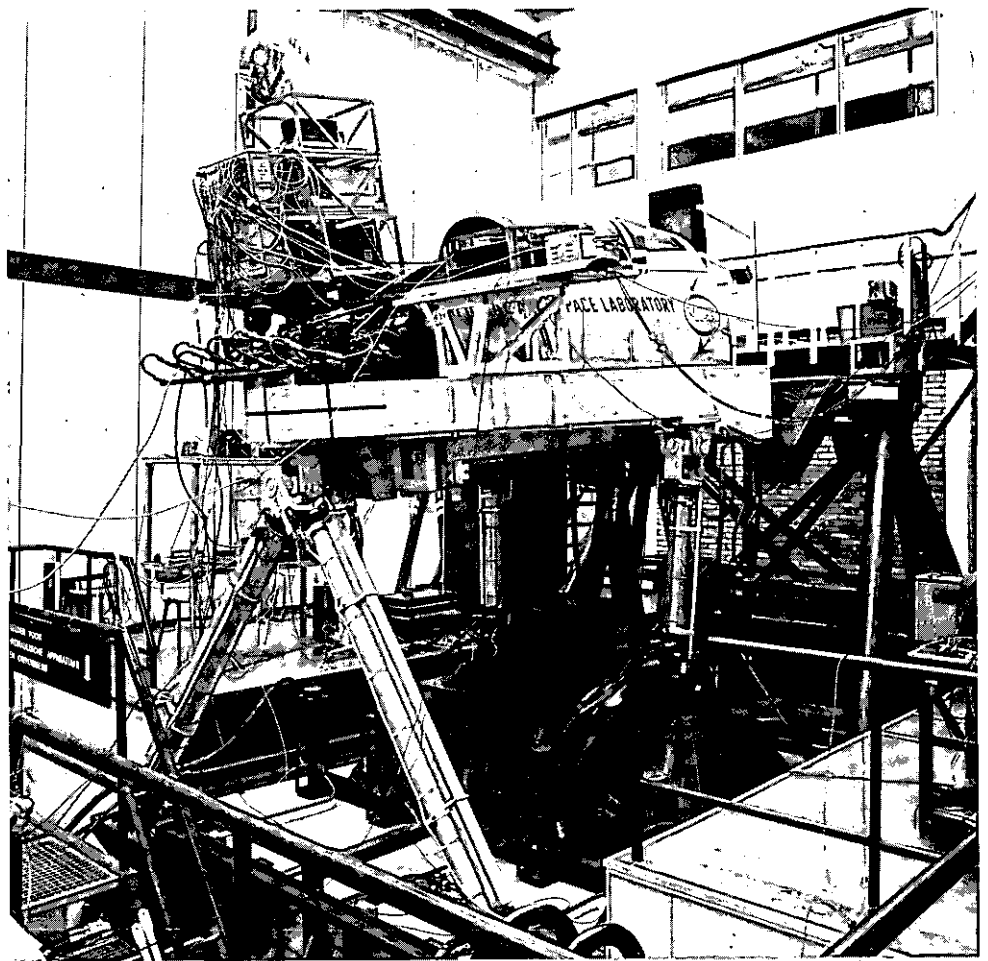
In samenwerking met de Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de TH Delft en de DFVLR werd onderzoek verricht in het kader van het bepalen van prestaties en vliegeigenschappen, voor symmetrische en asymmetrische bewegingen van het vliegtuig, door metingen in niet-stationaire vlucht. Het rekenmodel voor de vliegbaanbepaling werd aangepast aan de volledig symmetrische en asymmetrische vliegtuigbeweging.

Voorstudies werden uitgevoerd om na te gaan welke meet- en registratieapparatuur en software nodig zijn voor de bepaling in niet-stationaire vlucht van prestaties en vliegeigenschappen van een middelgroot verkeersvliegtuig, zoals het F28-A1 prototype. Begonnen werd met de realisering van de apparatuur en de software die nodig zijn voor de vliegproeven met het F28-A1 prototype. Deze vliegproeven ter evaluatie van de methode zullen in de tweede helft van 1977 plaatsvinden.

Het systeem voor metingen bij start en landing met een inertiaal platform (INS), STALINS, met zijn positiereferentiesysteem werd beproefd op de vluchtnabootser met bewegende stuurhut; hierbij werden de ijkgegevens bepaald, de gevoeligheid voor elektromagnetische interferentie onderzocht, en de drift van het INS bepaald. De positienauwkeurigheid van het met een radiohoogtemeter uitgerust baanmarkeringsapparaat RASP, dat in combinatie met het genoemde STALINS wordt gebruikt, werd tijdens meetvluchten met het Queen Air laboratoriumvliegtuig bepaald. Tijdens de meetvluchten met het F28-A1 prototype werden zowel het STALINS-systeem als het RASP-apparaat uitvoerig onderzocht. Beide systemen werkten bevredigend. De resultaten zullen vergeleken worden met de resultaten van tegelijkertijd uitgevoerde metingen met het Robotcamera-meetsysteem.

Met de Terminal Area Radar (TAR 2) op Schiphol werd de baan van een DFVLR laboratoriumvliegtuig bepaald, teneinde deze vliegbaan als referentie te kunnen gebruiken bij het bepalen van de nauwkeurigheid van traagheidsnavigatiesystemen die zich aan boord van dit vliegtuig bevinden.

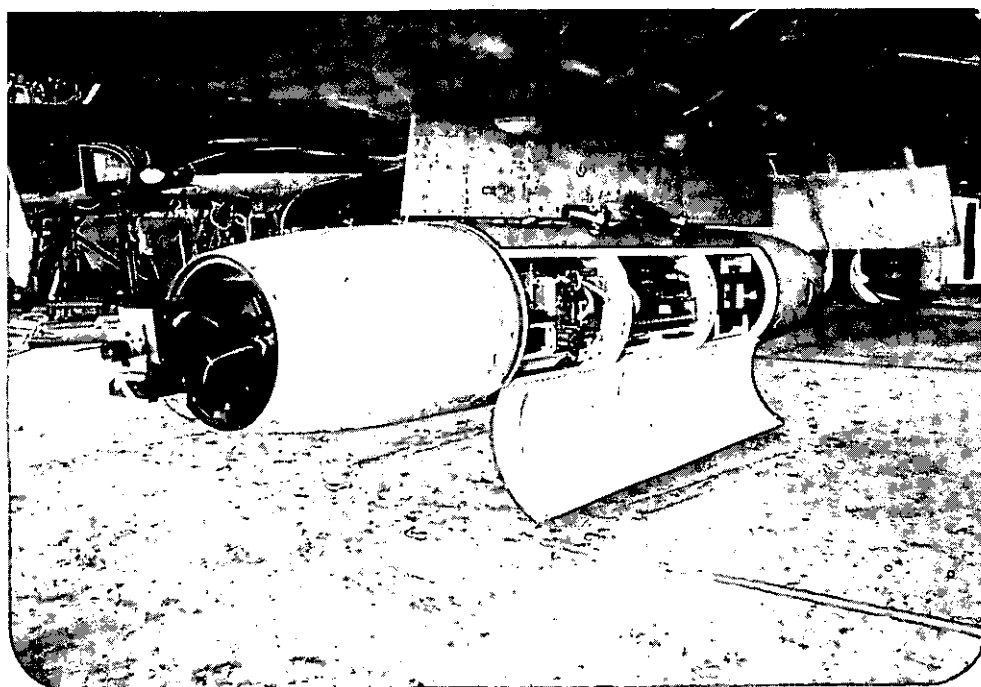
Het STALINS-plaatsbepalings-systeem (voor start- en landingsmetingen) werd aan een dynamische beproeving onderworpen op de vluchtnabootser, waarbij het gehele vluchtgebeuren werd gesimuleerd, zodat niet alleen het hele meetsysteem, maar ook het dataverwerkingssysteem kon worden beproefd (zie bovenste foto; de apparatuur is voor op de vluchtnabootser geplaatst). Daarna werd het STALINS-systeem in het F28 vliegtuig in de vlucht beproefd (onderste foto).



Ten behoeve van metingen van de stuwkracht van verschillende Rolls-Royce straalmotoren werden stuwkrachtberekeningen gecontroleerd en de kalibratie van de straaltuit geverifieerd.

Het AGARD Volume 8 van AGARDograph 160 "Linear and angular position measurement of aircraft components" van de "AGARD Flight Test Instrumentation Series", waarvoor het NLR door de AGARD een opdracht werd verleend, werd voltooid.

*Instrumentatiegondel onder  
aan de romp van een NF-5A  
vliegtuig.*



Uitrusting van vliegtuigen  
en grondinstallaties

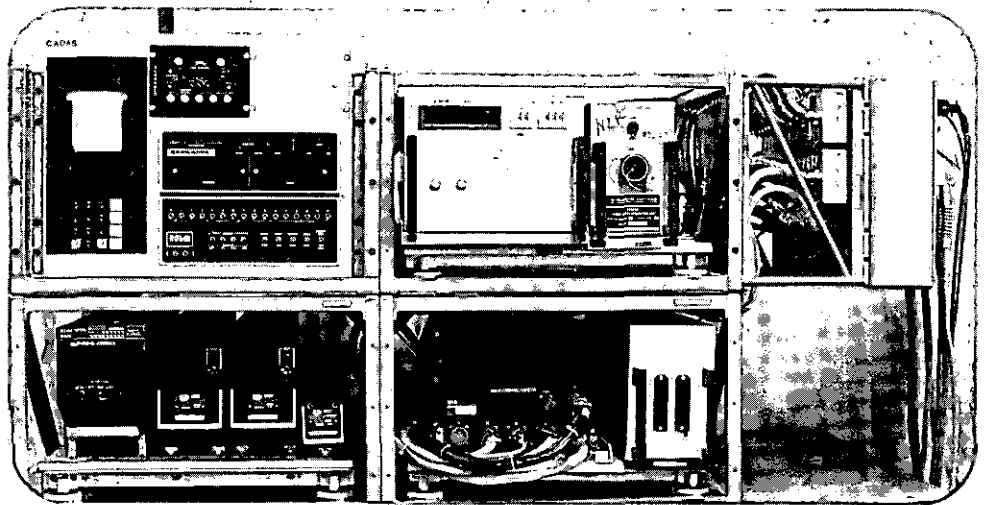
In opdracht van de RLD werden diverse werkzaamheden verricht die samenhangen met een nieuw meet- en registratiesysteem voor controle en kalibratie van op de grond geplaatste navigatiemiddelen.

Om grotere nauwkeurigheden te kunnen bereiken, worden combinaties van radio- en traagheidsnavigatiesystemen ontworpen, z.g. hybride navigatiesystemen. Zo werd een Multi-DME/Inertiaal positiebepalingssysteem ontwikkeld, gebaseerd op de meting van de afstand tot een aantal grondstations gecombineerd met het gebruik van het LTN-58 traagheidsplatform. Dit systeem werd in de vlucht beproefd in het Queen Air laboratoriumvliegtuig.

Ten behoeve van dit systeem werd een Computer Controlled Avionics Data Acquisition System (CADAS) ontworpen dat eveneens werd onderworpen aan beproeving in de vlucht. Voor het berekenen van de geografische vliegtuigpositie uit de meetgegevens van het Multi-DME/Inertiaal plaatsbepalingssysteem werd een computerprogramma opgesteld.

Een onderzoek werd uitgevoerd naar het verloop van de nauwkeurigheid van het LTN-58 traagheidsnavigatiesysteem over korte perioden. Ook werd het gebruik van filtertechnieken ter verbetering van de nauwkeurigheid van de fotoposities onderzocht.

*Computergestuurd Data-acquisitie Systeem (CADAS) in een configuratie voor de evaluatie van de Multi-DME positiebepalingsmethode ten behoeve van de kalibratie van VOR-bakens.*



## Vliegtuigoperaties

De programma's waarin mathematische modellen worden gebruikt voor de analyse van vliegtuigoperaties, werden gemoderniseerd en uitgebreid gedocumenteerd, mede gezien het brede toepassingsgebied van de huidige simulatiemodellen. Door simulatie van automatische en met de hand gestuurde naderingen van een DC8-vliegtuig op de vluchtnabootser werden de prestaties en de werkbelasting van de vlieger experimenteel bepaald voor gevallen dat hij naast zijn hoofdtaak ook neven-taken verricht. De experimentele resultaten werden vergeleken met voorspellingen op basis van theoretische modellen voor het (bewakings)gedrag van de vlieger; hierbij bleek dat de meetresultaten goed overeenkwamen met de voorspellingen. Bovendien bleek, bij vergelijking van resultaten van berekeningen van de werkbelasting met de "gemeten" werkbelasting (subjectieve beoordeling), dat het model voor de werkbelasting betrekkelijk complexe werksituaties goed kan beschrijven.

Computerprogramma's werden geschreven voor de statistische analyse van continu gemeten fysiologische parameters van de vlieger, teneinde te kunnen vaststellen of fysiologische meetmethoden toepasbaar zijn voor het bepalen van de werkbelasting van de vlieger.



*Alouette III helikopter geïnstrumenteerd voor het onderzoek naar de werkbelasting van de vlieger en voor nachtvliegproeven.*



In opdracht van de RLD werden werkzaamheden uitgevoerd voor het "All Weather Operations Panel" (AWOP) en het "Obstacle Clearance Panel" (OCP), beide werkgroepen van het ICAO.

De werkzaamheden voor het AWOP betroffen het deelnemen aan de activiteiten van de werkgroep die tot taak had de voorstellen voor Microgolf Landings Systemen (MLS) van de V.S., Australië, Engeland, Duitsland, en Frankrijk te evalueren. Daarbij werd meegewerkt in twee subgroepen: de "Performance" subgroep, die de voorgestelde systemen op hun nauwkeurigheid beoordeelde, en de "Multipath" subgroep, die de invloed van interferentie ten gevolge van "multipath" effecten bestudeerde door middel van computersimulaties van de voorgestelde systemen. Eveneens werd de gevoeligheid van MLS systemen voor elektromagnetische storingen bestudeerd, zowel voor storingen afkomstig uit het systeem zelf als voor doelbewust opgewekte storingen.

De werkzaamheden met betrekking tot luchtvaartmeteorologie betroffen onder meer de statistische verwerking van de resultaten van de windmetingen uitgevoerd met de meetmast te Cabauw. Een nieuwe succesvolle methode werd ontwikkeld om de afwijking van een vliegtuig van het nominale glijpad onder invloed van windschering te bepalen, waarbij de baanafwijking direct wordt bepaald met behulp van de gemeten windprofielen zelf.

Inleidende metingen van de windschering op lage hoogten met behulp van de AIDS-apparatuur aan boord van KLM-vliegtuigen hebben aangetoond dat het meten van een veranderende langswindcomponent mogelijk is. Wat betreft het bepalen van de dwarswindcomponenten blijkt het extra registreren van de sliphoek noodzakelijk. Stappen zijn ondernomen om dit in de toekomst mogelijk te maken. Voor het OCP werden vergaderingen bijgewoond. Het NLR heeft op verzoek van het OCP nieuwe

tabellen voor de berekening van "Obstacle Assessment Surfaces" opgesteld die door de RLD aan de ICAO werden aangeboden.

#### Luchtverkeersleidingsaspecten

De werkzaamheden in opdracht van de RLD ten behoeve van de verdere ontwikkeling van het verkeersleidingssysteem SARP op Schiphol werden voortgezet. Voor het baanberekenningsmodel van SARP II werden resultaten gebruikt van door Eurocontrol verrichte vliegbaanmetingen, waaruit verschillende benodigde parameters werden afgeleid. Voorbereidingen werden getroffen om de evaluatie van het baanberekenningsmodel mogelijk te maken aan de hand van zogenaamde "legal records" (officiële registraties van verkeersleidingsgegevens). Voor de zogenaamde statistische test in het kader van de overnamekeuringen door de RLD van het conflict-onderzoekprogramma in SARP II werden voor een groot aantal fictieve vluchten vliegplangegevens opgesteld. Een ander gedeelte van de keuring, de zogenaamde dynamische test, werd voorbereid. Hierbij wordt gecontroleerd of in alle gevallen de juiste conflictmeldingen worden gegeven en of de conflictdetectiemethode voldoet onder operationele omstandigheden. Teneinde te controleren of bepaalde veronderstellingen ten aanzien van de berekening van de "blokgrenzen" operationeel aanvaardbaar zijn, werden met een rekenprogramma de laterale routeafwijkingen van vliegtuigen bepaald en statistisch verwerkt.

Medewerking op verwant gebied werd verleend aan het "Specialist Panel on Automatic Conflict Detection and Resolution" van Eurocontrol.

Eveneens in opdracht van de RLD werd een simulatieprogramma opgesteld waarmee het brandstofverbruik van vliegtuigen over bepaalde trajecten kan worden berekend. Het model is geschikt gemaakt voor ruime toepassingsmogelijkheden. Het NLR verleende voorts medewerking aan de RLD bij de evaluatie van de huidige Terminal Area Radar (TAR 2). Eveneens werd assistentie verleend bij de voorbereiding van de bestelling van de nieuwe Terminal Area Radar (TAR 3).

De SATCO-vliegplangegevens werden ten behoeve van de statistiek van het luchtverkeer op de gebruikelijke wijze verwerkt en gerapporteerd. De desbetreffende resultaten werden regelmatig aan de RLD verstrekt.

De studie betreffende de luchtverkeerscapaciteit van de luchthaven Schiphol maakte belangrijke vorderingen. In dit onderzoek wordt getracht aan te geven wat de ontwikkelingsruimte is voor het luchtverkeer op Schiphol. Meer dan in voorgaande studies is ernaar gestreefd de operationele omstandigheden in de berekeningen te betrekken.

De voor de RLD uitgevoerde studie over de werking van het grondverkeerssysteem op de luchthaven Schiphol werd voorlopig beëindigd.

Voor de studies betreffende de onderlinge separatie van vliegtuigen was 1976 een jaar van consolidatie. Op basis van de uitkomsten van de studies van de afgelopen jaren hebben internationale werkgroepen voorstellen geformuleerd tot wijziging van ICAO-documenten, en deze voorstellen werden besproken in ICAO-vergaderingen. Een NLR-medewerker heeft aan deze vergaderingen deelgenomen als adviseur van de RLD-delegatie; hij heeft tevens meegewerkt aan de formulering van de tekstvoorstellen en de voorbereiding van deze vergaderingen.

Voor de waarneming van tipwervels zijn tijdelijk in het naderingsgebied van vier hoofdbanen van Schiphol propeller-anemometers met bijhorende hulpapparatuur voor analoge registratie geplaatst. Bij een aantal registraties van passerende vliegtuigen werden met deze detectieapparatuur duidelijk herkenbare wervels waargenomen.

### 3.3 CONSTRUCTIES EN MATERIALEN

Werkzaamheden ten behoeve van ontwikkelingsprojecten

In opdracht van het NIVR en in nauwe samenwerking met Fokker-VFW werden voorstudies verricht ter voorbereiding van het nieuwe vliegtuigproject. Deze studies hadden betrekking op de selectie en de evaluatie van nieuwe vleugeldoosconstructies. Hiertoe werden tevens de eigenschappen van nieuwe materialen bepaald.

Zo werd een theoretisch onderzoek verricht naar het knikgedrag van verstijfde panelen (met o. a. composietmaterialen). Vluchtsimulatieproeven werden uitgevoerd op menglaminaatproefstukken van titaan- en aluminiumplaatmateriaal. Drukproeven werden verricht op menglaminaatpanelen, waarna de resultaten voor deze panelen werden vergeleken met theoretische waarden voor aluminium panelen. Eveneens werd een proefstuk onderworpen aan statische beproeving en vermoeiingsbeproeving ter bepaling van het gedrag van een trekhuidkoppeling voor een menglaminaatconstructie.

Belastingen op vliegtuigen

Oriënterende studies werden verricht betreffende nieuwe methoden ter bepaling van remousbelastingen op vliegtuigen. Vooral werd aandacht besteed aan het opstellen van een mathematisch model voor het remousverschijnsel.

Een statistische analyse werd gemaakt van een groot aantal vluchten aan de hand van registraties afkomstig uit het Aircraft Integrated Data System (AIDS) van een bepaald type vliegtuig, om daarmee een gebruiks- en belastingsstatistiek te kunnen opstellen voor dat vliegtuigtype.

Vergelijkende vermoeiingsproeven werden uitgevoerd op eenvoudige gekerfde plaatproefstukken om de mogelijke winst in levensduur of vermindering van het constructiegewicht bij verlaging van de remousbelasting experimenteel te bepalen. Assistentie werd verleend aan de RLD bij het evalueren van nieuwe "damage-tolerance"-voorschriften.

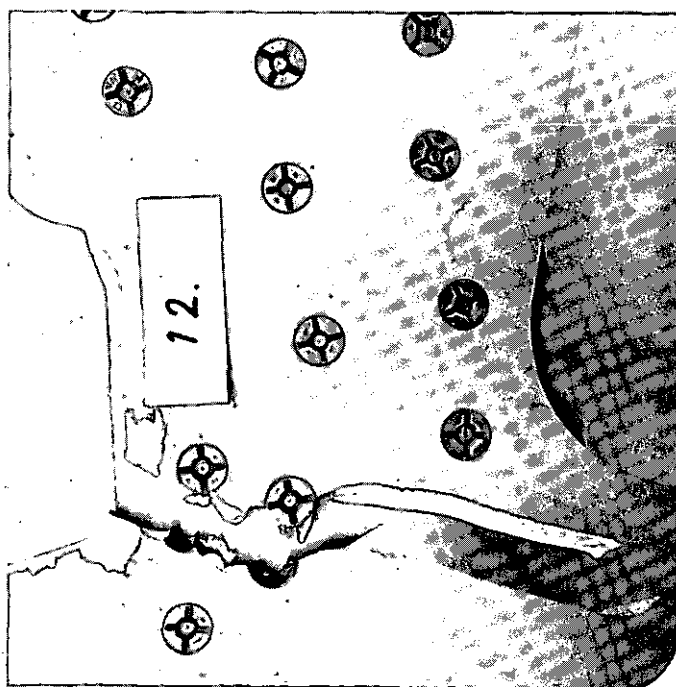
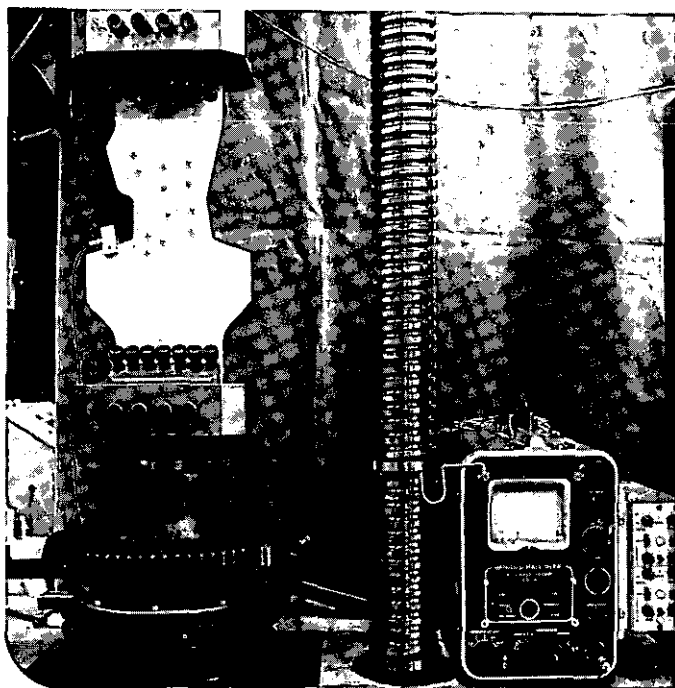
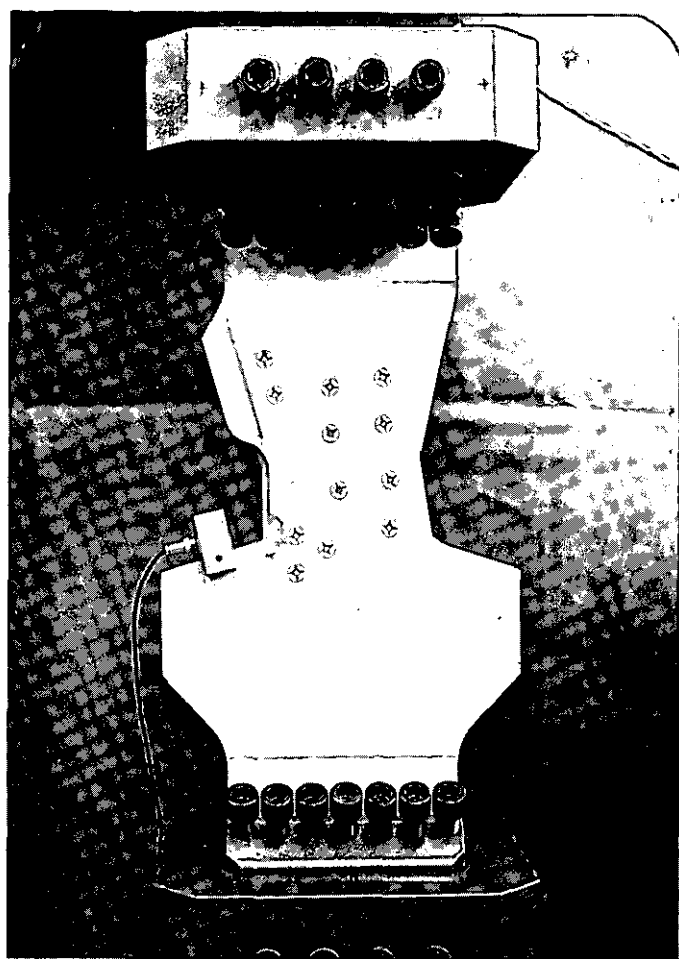
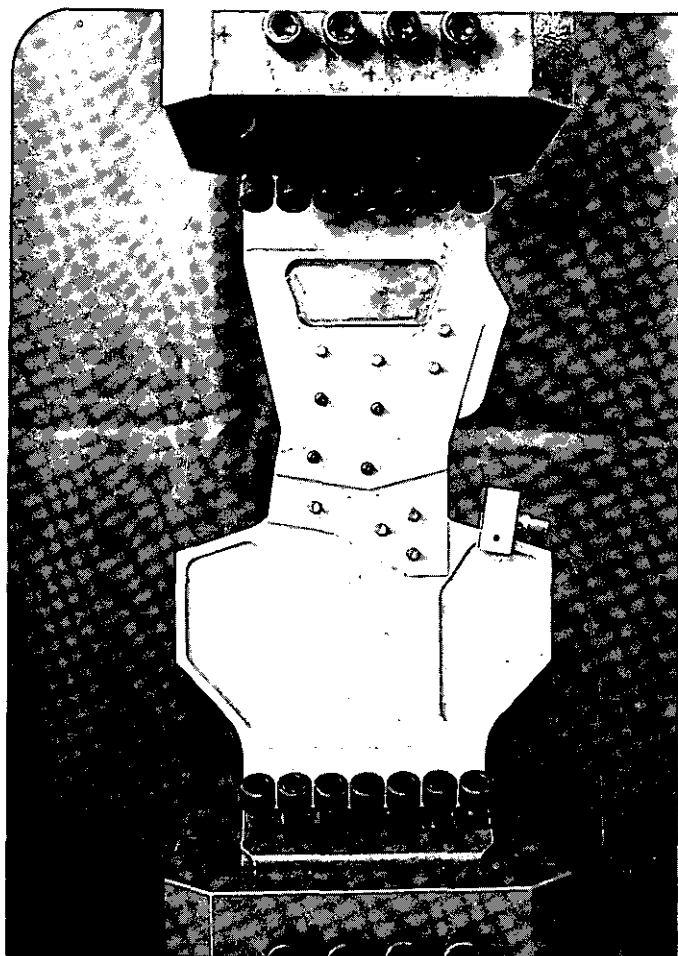
Dynamisch gedrag van constructies

Onderzocht is of de beschikbare methoden voor het berekenen van trillingen van constructies toegepast kunnen worden in meer extreme gevallen.

De flutter en trillingsberekeningen werden toegepast ter ondersteuning van experimenten in de HST; op deze manier werd een inklemming ontworpen voor een fluttermodel.

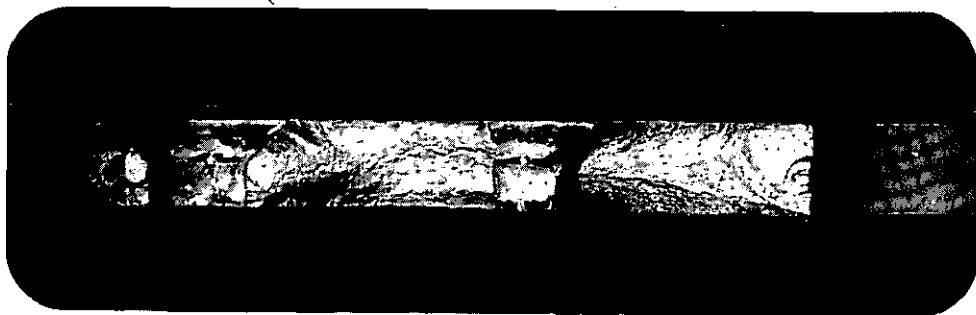
Statische sterkte en stijfheid van constructies

In het kader van de werkzaamheden voor de Associatie PROGEL (Programmasysteem Elementenmethode) werd een deel van het programmasysteem voor de berekening van de statische sterkte en stijfheid van constructies, ASKA-NONLIN, met succes getest.



Vluchtsimulatiebeproeving van een vermoeiingsproefstuk dat representatief is voor de overgang buitenvleugel/centersectie van een modern straalvliegtuig in een hydraulische beproevingsmachine. Boven, links en rechts: de beide aanzichten van het proefstuk. Midden, links: de ultrasoon apparatuur waarmee het ontstaan van scheuren wordt bewaakt; de taster is links op het proefstuk bevestigd.

Midden, rechts: het proefstuk na de breuk. Onder: opname van het breukvlak met typische vermoeiingsstructuur, nadat langdurige wisselende belasting eerst tot scheurgroei en vervolgens tot breuk heeft geleid.



Voorts is het principe onderzocht van een nieuwe incrementele procedure voor het berekenen van kritieke toestanden in het elastische evenwicht.

#### Kerftaaiheid en reststerkte

Tijdens de studie van de plastische deformatie bij scheuren werd de kritieke scheurtip-openingshoek van een aantal nieuwe materialen (7475-T76 en 2024-T3) experimenteel bepaald. Ook de belasting/scheurlengtecurven van een aantal materialen werden gemeten.

Verbeteringen werden aangebracht in het NLR-computerprogramma PLASTIC voor de berekening van plastische deformatie.

Het invoeren van scheurgroei tijdens belasten in berekeningen van "crack-closure" gedrag leidde tot realistische voorspellingen van dit gedrag tijdens het ontlasten van een proefstuk. De resultaten van een experimentele bepaling van "crack-closure" gedrag bevestigden de juistheid van eerder uitgevoerde berekeningen.

Het breukgedrag van gelijmde verbindingen wordt experimenteel onderzocht met behulp van trekproeven van een type dat bij breukmechanisch onderzoek van metalen gebruikelijk is.

In het computerprogramma voor de berekening van de spanningsintensiteit bij scheuren in beslaglippen werden in de elementenverdeling wijzigingen aangebracht om nauwkeuriger resultaten te verkrijgen. Resultaten van de berekening bleken goed overeen te komen met resultaten die afgeleid werden uit gegevens verkregen tijdens vermoeilingsproeven.

#### Vermoeiing

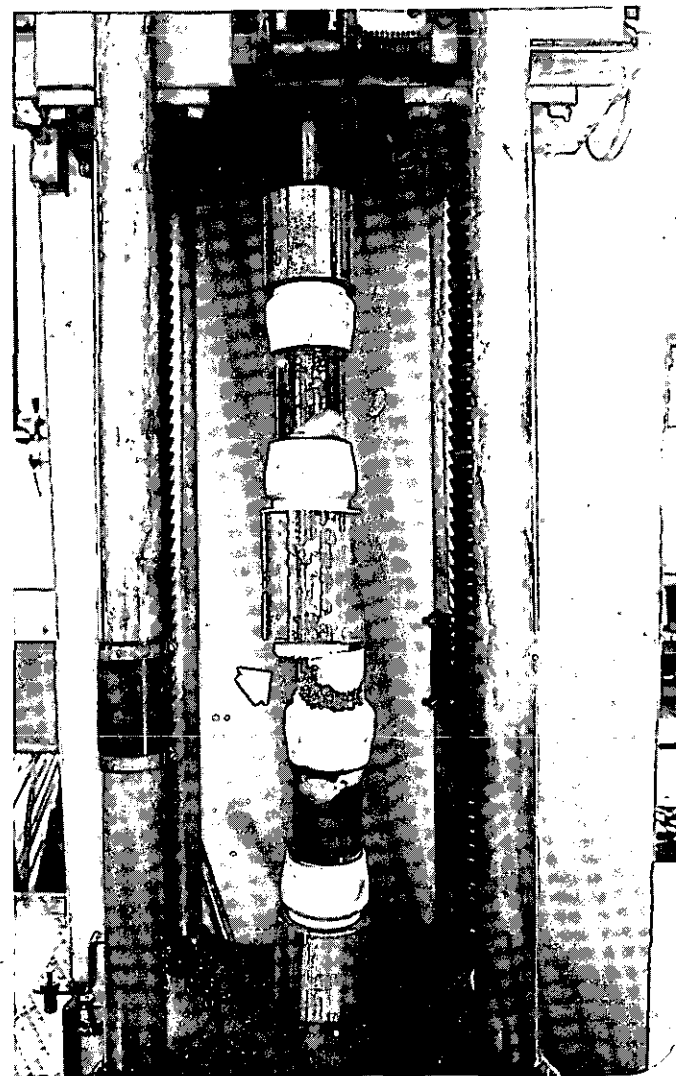
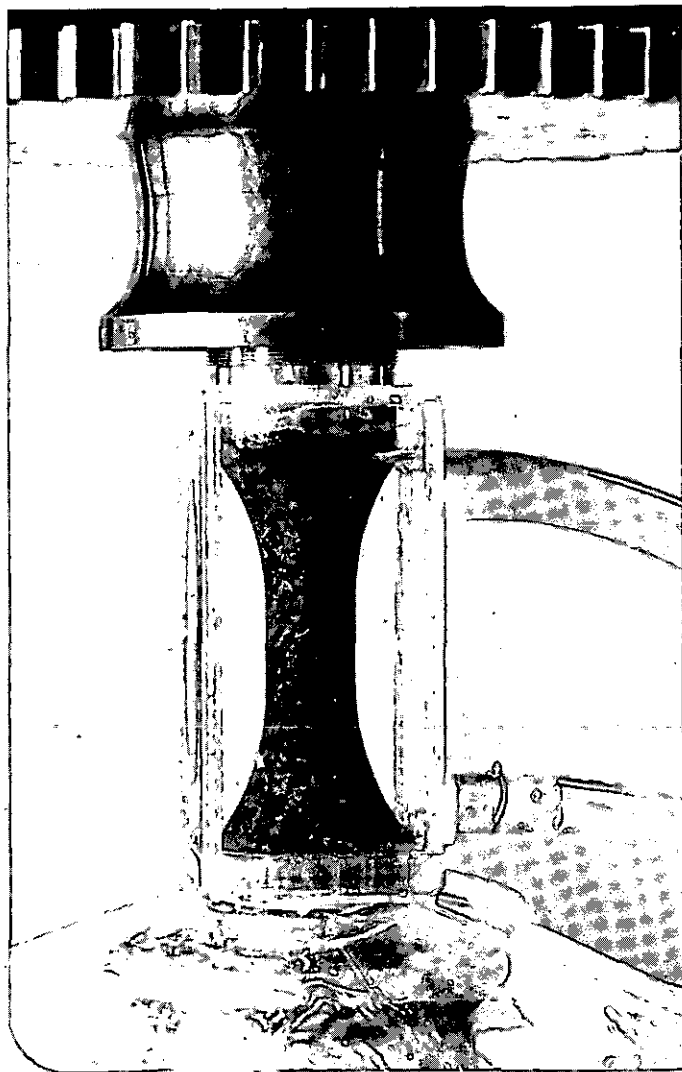
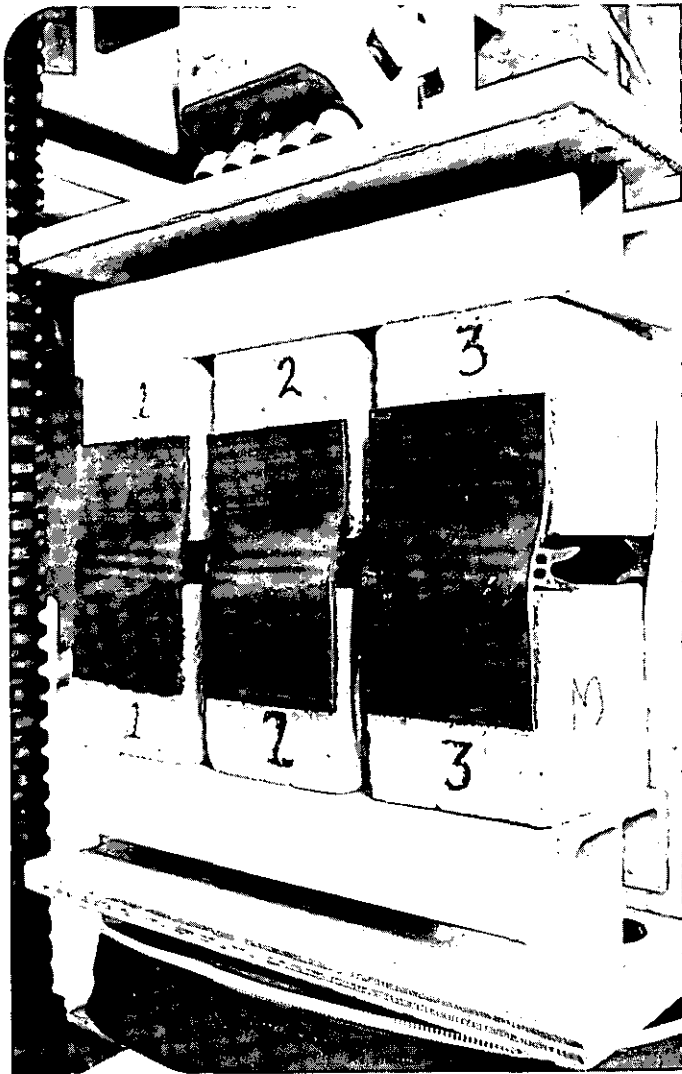
Met behulp van vluchtsimulatieproeven werd de invloed van de plaatrandafwerking (gestanst of gefreesd) bepaald op de vermoeiingslevensduur van lichtmetalen proefstukken. Eveneens werd op deze wijze de invloed van de omgeving op de levensduur van proefstukken van de Al-legeringen 2024-T3 en 7075-T6 nagegaan, en de negatieve invloed van het corrosiebestrijdingsmiddel LPS-3 op de levensduur van proefstukken met enkelvoudige lapnaden. Hierbij bleek, bijvoorbeeld, dat niet alleen de verfijning van de afwerking van de plaatrand van invloed is op de vermoeiingslevensduur, maar vooral ook het anodiseren van het plaatmateriaal. Referentieproefstukken en beslaglippen van de Al-legering 2024-T3 werden beproefd op de scheurgroei aan de randen van boutgaten.

#### Spanningscorrosie

In het kader van het onderzoek naar de elektrochemische aspecten van de spanningscorrosie bij Al-legeringen werden spanningscorrosieproeven onder buigbelasting verricht op gekerfde proefstukken van de Al-legering 7075 om de levensduur te bepalen en scheurgroeikrommen in verschillende corrosieve media en bij verschillende elektrode-potentialen op te nemen.

Het verband tussen de microstructuur enerzijds en de technische eigenschappen anderzijds werd onderzocht bij de Al-legering AZ-74.61. De interpretatie van deze gegevens bleek voorsnog niet eenduidig te zijn.

Spanningscorrosieproeven werden uitgevoerd waarbij de scheurlengte direct werd afgelezen en tevens indirect werd herleid uit metingen van de verplaatsing van de



#### Evaluatie van moderne constructiematerialen

*Linksboven: Betonblokjes met rubbervoegen (zoals toegepast bij de DNW) zijn gemonteerd in de 900 kN vermoeiingsmachine. Op de foto is de vervorming zichtbaar bij 5 mm verplaatsing. De beproeving wordt verricht om de duurzaamheid van de rubber/betonverbinding bij veelvuldige vervorming te onderzoeken. De vervormingen zijn het gevolg van thermische effecten door zonstraling of - binnen - door langsstromende warme lucht.*

*Rechtsboven: IJking van een trekkrachtopnemer van FDO (VMF-Werkspoor) in de 2000 kN Avery trek- en drukbank. Een dergelijke trekkrachtopnemer wordt gebruikt voor het bepalen van de trekkracht van (zee)sleepboten, en voor het bepalen van de vasttrekkracht van ankers waarmee booreilanden worden vastgelegd.*



#### 3.4 RUIMTEVAART

#### Werkzaamheden ten behoeve van internationale projecten

*Linksonder: Brons bestemd voor scheepsschroeven wordt onderworpen aan constant-amplitude corrosievermoeiingsproeven in een 10 tf Amsler Vibrophore. Door de perspex tank wordt belucht zout water gepompt om de omgevingsinvloed te benaderen.*

*Rechtsonder: Glasvezel-versterkte polyester buis, met koppeling, gebruikt in de aardolie-industrie, gebroken tijdens een trekproef (zie pijl).*



scheuropening, om de waarde van de indirecte methode te kunnen vaststellen en een kalibratie te verrichten.

Het onderzoek naar de waterstofbroosheid van gecadmeerde staven van hoogwaardig staal werd voortgezet.

Moderne constructiematerialen werden onderzocht op hun eigenschappen, ten einde met behoud van sterkte- en scheurtolerantie-eigenschappen tot een vermindering van constructiegewicht te komen.

Voor twee nieuwe Al-legeringen (7050 en AZ-74.61) werd de invloed nagegaan van voorafgaande corrosie op de vermoeiingsscheurinitiatie. Verder werden spanningscorrosieproeven verricht ter bepaling van de scheurinitiatietijd en de scheurgroei in afhankelijkheid van de toegepaste warmtebehandeling. Van verschillende titaniumlegeringen werden proefstukken vervaardigd die aan speciale warmtebehandelingen werden onderworpen, om de invloed van de warmtebehandeling op de scheurgroei te kunnen bepalen.

Het breukvlak van koolstofcomposieten werd onderzocht met de rasterelektronen-microscop. Voorts werd de vermoeiingslevensduur bepaald van unidirectionale koolstofcomposieten. De gemiddelde vezelsterkte werd bepaald, om de sterkte van composietproefstukken daarmee te kunnen voorspellen. Bovendien werden proeven uitgevoerd om vast te stellen hoe de vezelsterkte afhangt van de vezellengte.

De reststerkte werd onderzocht van panelen van de nieuwe Al-legering 7475-T6. De invloed van lage temperaturen op de reststerkte wordt nagegaan.

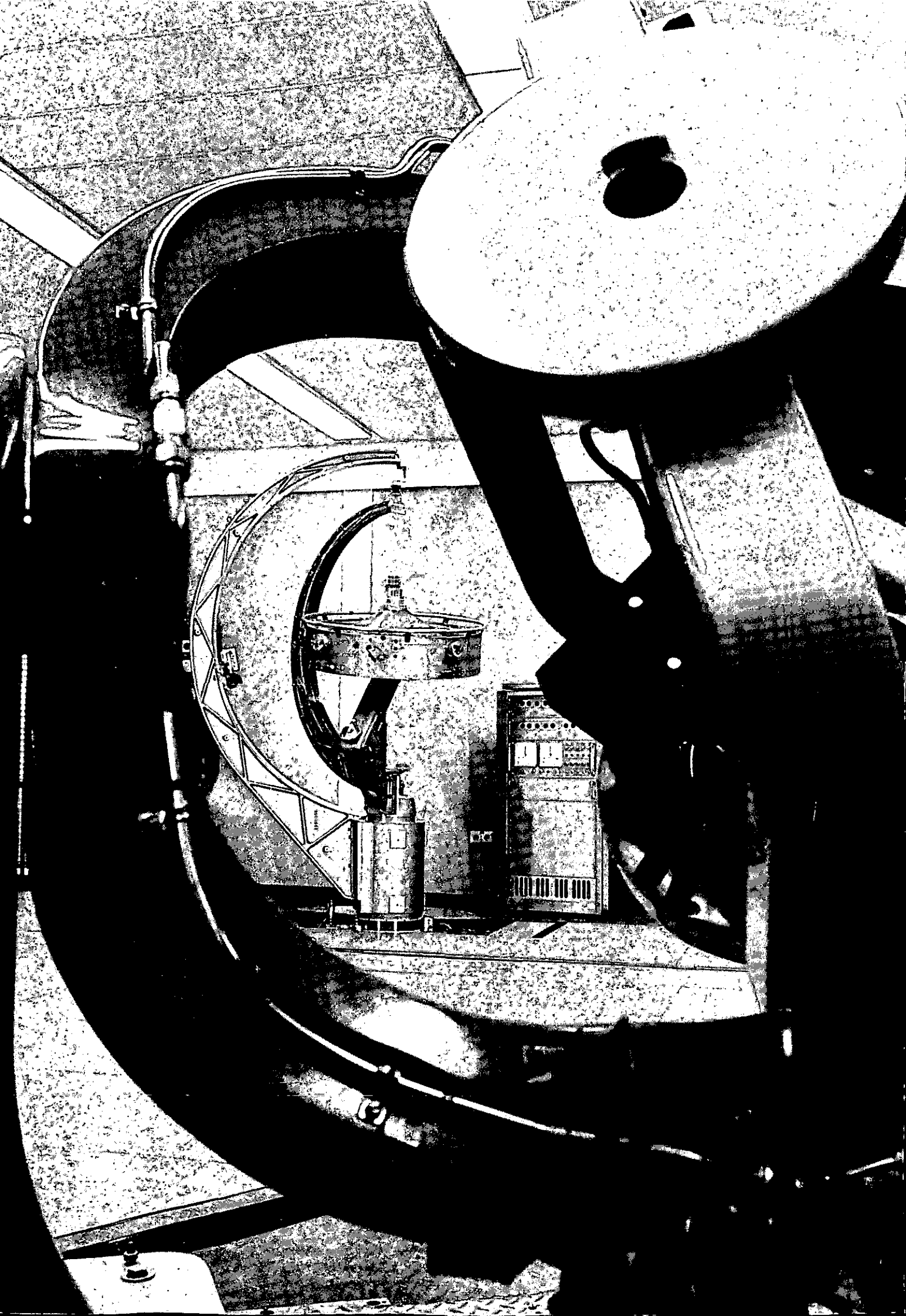
In het kader van het Europese ruimtevaartprogramma werd medewerking verleend aan studies en onderzoeken ten behoeve van projecten die zijn opgenomen in het programma van het European Space Agency (ESA).

Zo wordt in opdracht van ESA een studie uitgevoerd, samen met TPD-TNO, van standbepalingssystemen voor ruimtevoertuigen, waarin de z.g. "starmapper" als sterresensor wordt gebruikt. Het NLR heeft aandacht besteed aan de ontwikkeling van de benodigde programmatuur, waarmee uit de sensorsignalen de standinformatie berekend wordt. Deze programmatuur werd aan proefsimulaties onderworpen. Het corrosie-onderzoek aan deksels van NiCd-batterijen werd voortgezet.

De atmosferische effecten op de ESRO 1A-satelliet werden berekend.

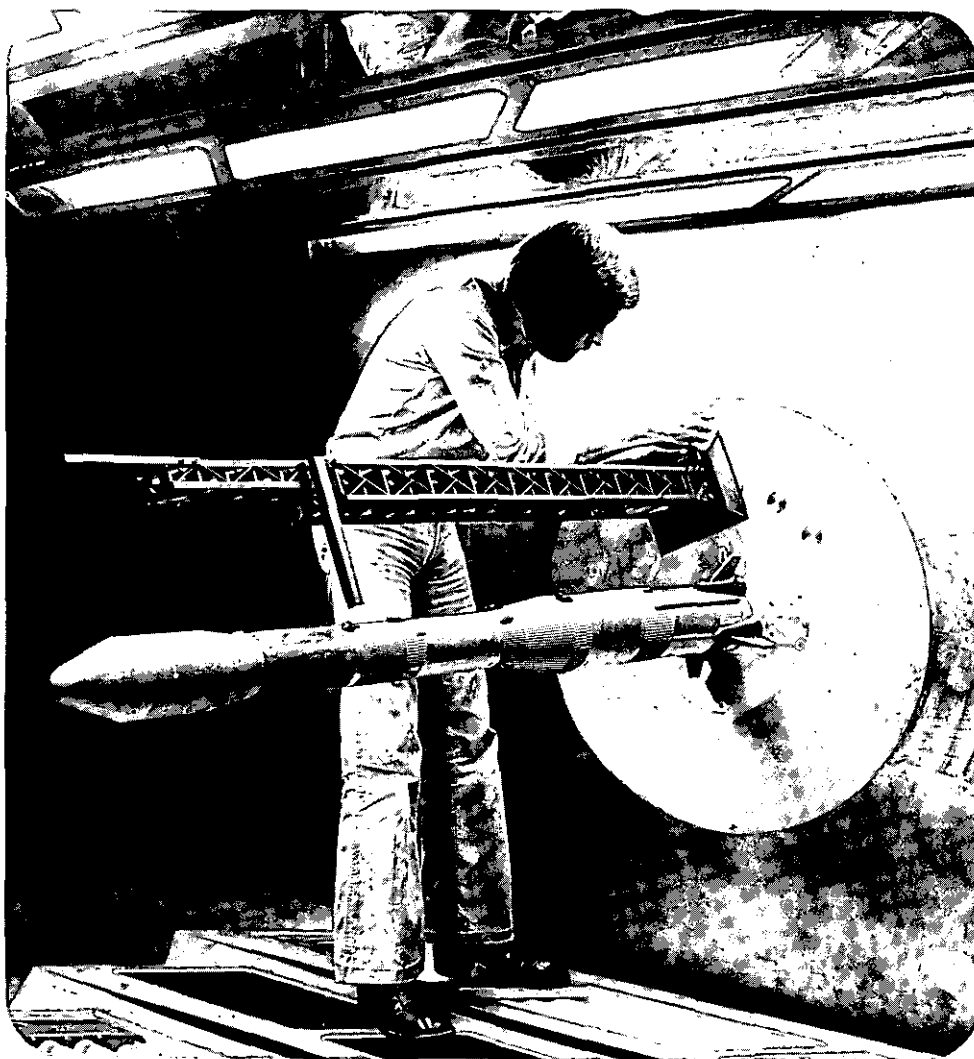
Voor het bepalen van de dynamische windbelastingen op de ARIANE draagraket in de startpositie zijn windtunnelmetingen verricht in de HST aan modellen zowel van de raket, als van de combinatie van de raket met de starttoren. Deze onderzoeken moesten in de HST worden uitgevoerd om het hoge Reynoldsgetal te kunnen simuleren.

Aan de "Interstage 2-3" van de ARIANE werden vervormingsmetingen uitgevoerd.





Meetopstelling in de hoge-snelheidstunnel HST voor het bepalen van de dynamische windbelastingen op de ARIANE-draagraket in de startpositie. Op deze foto is het model van de raket en de starttoren zichtbaar. Door gebruik te maken van de mogelijkheid om de druk in het windtunnelcircuit te verhogen tot 4 atmosfeer, kon het getal van Reynolds op adequate wijze worden nagebootst.



Werkzaamheden ten behoeve van nationale projecten

Door het NLR-projectteam dat in het European Space Operations Centre (ESOC) te Darmstadt de grondoperaties voor de ANS verzorgde, werden de werkzaamheden met betrekking tot de dataverwerking afgerond na de tweede en laatste operationele periode van de ANS. Gedeelten van de programmatuur bleven daarna bij het ESOC in gebruik.

Voor de Infrarood Astronomische Satelliet (IRAS) werden tijdens de Project Definitie Studie de deelsystemen die onder NLR verantwoordelijkheid vallen gedefinieerd en gespecificeerd. Het IRAS-project werd eind 1976 door de Overheid goedgekeurd, zodat met de ontwikkelingsfase van deze tweede nationale satelliet kan worden begonnen.

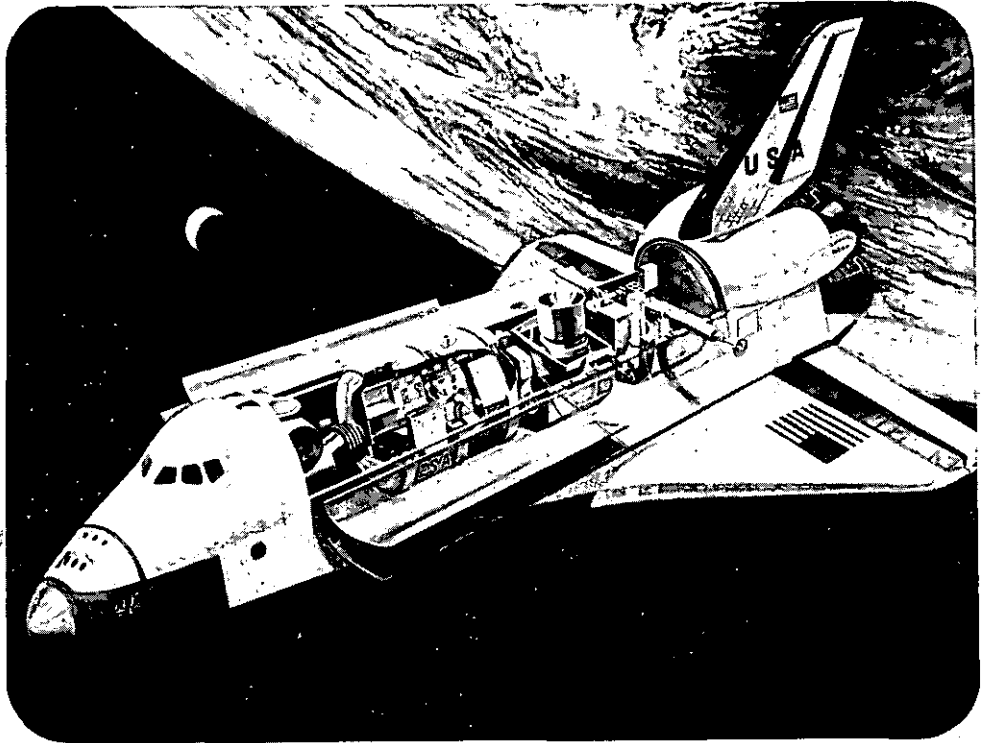
In het kader van voorstudies voor de voorgestelde Agricultural Real Time Imaging Satellite System (ARTISS) werd een studie gemaakt over mogelijke elektronische beveiligingsmethoden bij het verzenden en ontvangen van de door de satelliet opgenomen meetgegevens van agrarische gebieden.

Aan de Universiteit van Groningen werd assistentie verleend bij een onderzoek ter verbetering van het standregelsysteem van het BIRAP platform.

Op deze foto, gemaakt in het Geleidings- en Besturingslaboratorium, staat op de voorgrond een drieassige schommeltafel en op de achtergrond een drieassige lucht-gelagerde simulatietafel: twee instrumenten die gebruikt worden voor het nabootsen van bewegingen van een satelliet om zijn draaiingsassen.

In opdracht van de Werkgroep Kosmische Straling van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen werd de gevoeligheid van de meetopstellingen in de sondeerraket LEINAX IV voor elektromagnetische stoorsignalen onderzocht. In het kader van voorstellen voor toekomstige SPACELAB experimenten werd in opdracht van het NIVR een studie gemaakt van "boiling-cooling" technieken (met vloeibaar-helium). Een voorstel werd gedaan aan het ESA om een experiment uit te voeren ter bestudering van het gedrag van vloeistoffen in de ruimte; dit voorstel is door het ESA geaccepteerd. Dit experiment zal in het proevenpakket van de eerste SPACELAB worden opgenomen.

*De Amerikaanse "Space Shuttle" met aan boord het ESA Spacelab, waarin een NLR-experiment over het dynamisch gedrag van vloeistoffen in gewichtsloze toestand zal worden uitgevoerd.*



Speurwerk op het gebied van ruimtevaarttechniek

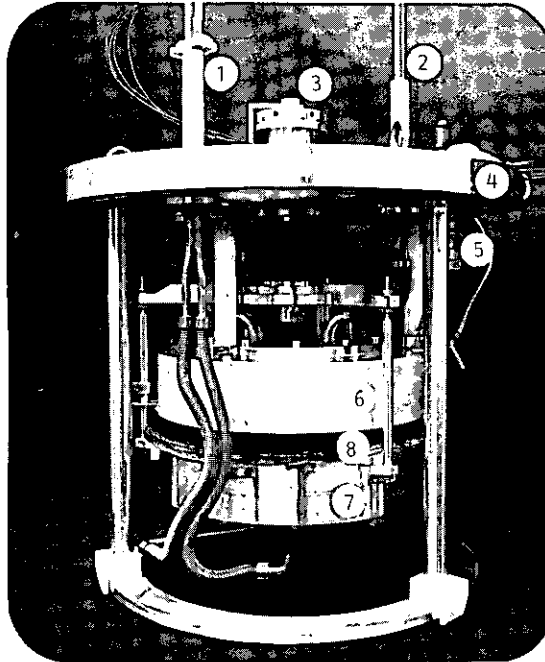
Het programma van speurwerk op het gebied van ruimtevaarttechniek wordt in nauw overleg met het NIVR en met de Subcommissie voor Ruimtevaarttechniek van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR opgesteld, en deels in opdracht van het NIVR en deels in eigen beheer uitgevoerd.

Na het voltooien van het theoretische onderzoek betreffende de warmtegeleiding van superisoliatiemateriaal en een literatuurstudie werden voorbereidingen getroffen voor het experimenteel beproeven van superisoliatiedekens. Het materiaal voor de proefstukken werd uitgezocht en het meetinstrument werd vervaardigd. Het warmtestroomapparaat voor het meten van de warmtegeleidingscoëfficiënt van composietmateriaal in de richting van de te beproeven platen werd verbeterd. Het warmtestroomapparaat voor het meten van de warmtegeleidingscoëfficiënt loodrecht op de plaat kwam vrijwel voor gebruik gereed.

In het programma voor het berekenen van warmtetransport werden belangrijke

wijzigingen aangebracht, zowel op rekentechnisch gebied als in het gebruikte model. Een van de ESTEC verkregen warmtetransportprogramma werd geschikt gemaakt voor de CYBER-72.

*In dit meetinstrument voor het bepalen van superisolatie-eigenschappen wordt de warmtestroom gemeten door een proefstuk dat bestaat uit een aantal lagen met aluminium bekleed plastic folie. Dit proefstuk wordt tussen een warm en een koud reservoir geplaatst. Tegelijkertijd wordt de temperatuurverdeling in het proefstuk gemeten. De stapeldichtheid van de lagen folie kan gevarieerd worden. In ruimtevoertuigen en in de vacuümruimte van opslagvaten voor vloeibare gassen wordt dit met aluminium bekleed plastic folie toegepast in stapels van 20-200 vellen.*



- 1 - doorvoer warme vloeistof
- 2 - doorvoer koude vloeistof
- 3 - afstandinstelling tussen beide reservoirs
- 4 - flens (buitenlucht/vacuüm)
- 5 - doorvoer voor thermokoppels
- 6 - lage-temperatuurreervoir (100 K)
- 7 - hoge-temperatuurreervoir (360 K)
- 8 - proefstuk voor superisolatiemetingen

Er is nagegaan in hoeverre moderne regeltechnieken kunnen worden toegepast op de standregeling van ruimtevoertuigen, waarbij aandacht werd besteed zowel aan algemeen theoretische aspecten als aan enkele concrete standregelproblemen van ruimtevoertuigen. Ten behoeve van het laatstgenoemde aspect van deze studie werd mathematisch onderzoek verricht naar de mogelijkheden de bewegingsvergelijkingen voor een ruimtevoertuig met bepaalde vrijheidsgraden van beweging op te stellen, waarna een discrete vorm van de stuurwet werd afgeleid.

Theoretisch onderzoek werd verricht naar de toepassingsmogelijkheden van filtertechnieken op traagheids-optische standbepalingssystemen. Een adaptatiemechanisme werd ontworpen en getoetst, met goede resultaten, aan de hand van twee modellen voor standbepaling van satellieten: een satelliet met horizonsensor of met gyro en sterresensor.

Filterprogramma's en datageneratieprogramma's werden aangepast voor gebruik op de EAI-computer. De EAI-computer is geschikt gemaakt voor conversatie met de "on-board" computer van de ANS. Hiervan is, onder meer, gebruik gemaakt bij proeven met een "rate-integrating" gyroscoop met digitale terugkoppelkring, die in samenwerking met de DFVLR zijn uitgevoerd.

Onderzocht is welke eigenschappen van een raket, vooral betreffende het bovengedeelte van de raket, gesimuleerd moeten worden om tot betere resultaten te komen in dynamische tests op de trilltafel.

Technologische experimenten zijn verricht met het ANS-standregelsysteem, om te onderzoeken of moderne regeltheorieën hierin toegepast kunnen worden.

### 3.5 MILIEUTECHNOLOGIE EN ENERGIEVOORZIENING

#### Milieu-aspecten van het luchtverkeer

Veel studies werden verricht in opdracht van de RLD, de KLu, en het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, met het doel de geluidshinder in de omgeving van civiele en militaire vliegvelden te bepalen.

De geluidshinder in 1975 in de omgeving van de luchthavens Schiphol en Rotterdam werd berekend met een verbeterd rekenmodel, waarin de vliegtuigprestaties meer gedetailleerd zijn opgenomen. Tevens is de invloed van lesvluchten in rekening gebracht.

Berekeningen van de lawaai-belasting werden ook uitgevoerd voor verschillende militaire vliegbases, en voor mogelijke toekomstige situaties voor een aantal regionale velden en de luchthaven Schiphol.

Met een L4/5-volgradar van de Koninklijke Landmacht werden voor de RLD wederom uitvliegbanen nabij Schiphol gemeten teneinde na te kunnen gaan of vliegtuigen die afweken van de vertrekprocedures onnodige geluidsoverlast zouden kunnen veroorzaken. Ter vervanging van dit meetsysteem werd een methode ontwikkeld om met behulp van de Terminal Area Radar (TAR 2) vliegbanen te meten. Dit heeft het voordeel dat de metingen op een meer permanente basis kunnen worden uitgevoerd. Met het nieuwe systeem werden geslaagde proefmetingen uitgevoerd. Een permanent meetsysteem is in voorbereiding.

De bestanden van de registraties van het RLD-geluidsmetnet en van de bijbehorende operationele gegevens werden verwerkt, en in de vorm van maand- en kwartaalstaten aan de RLD toegezonden. Programma's worden ontwikkeld om de beschikbare bestanden statistisch te kunnen analyseren. Onderzoek werd verricht naar de invloed van wind en windgradiënten op de voortplanting van vliegtuig-geluid.

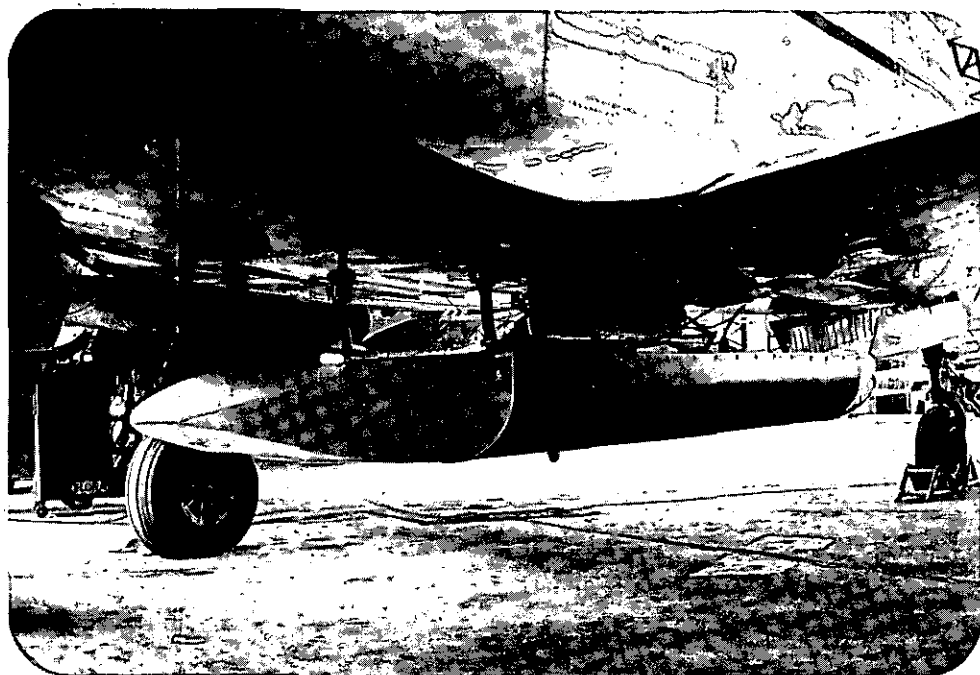
Veel aandacht werd besteed aan werkzaamheden ten behoeve van de zoneringswetgeving. Zo werd in het kader van het onderzoekprogramma over luchtvaartlawaai van de Interdepartementale Commissie Geluidshinder gewerkt aan het opstellen van een standaardberekeningsmethode voor het uitvoeren van lawaai-belastingsberekeningen. Een indeling in categorieën werd opgesteld voor civiele vliegtuigen met de voor elke categorie representatieve geluidsgegevens en stijprofielen. Tevens werd een begin gemaakt met een onderzoek betreffende de grond-demping van geluid. Onder meer werd nagegaan hoe enkele gemeten waarden van de grond-demping de geluidsspectra van vliegtuigen beïnvloeden.

Ten behoeve van de Stuurgroep "Geluidsproductie van komende generaties van CTOL-vliegtuigen" werd met een studie begonnen betreffende de huidige ontwikkelingen in de vliegtuig- en motorindustrie. Deze studie is erop gericht voorspellingen te doen over de geluidsproductie van mogelijke toekomstige generaties vliegtuigen.

In het onderzoek naar de milieuverontreiniging door het gebruik in het vliegverkeer van fossiele brandstoffen, werd een bronneninventarisatie van Schiphol opgesteld, zowel voor het autoverkeer als voor het vliegverkeer. Een computerprogramma werd geschreven, waarmee met de gegevens uit de bronneninventarisatie luchtvervuilingscontouren werden berekend. De resultaten van deze berekeningen stemden goed overeen met de resultaten van ter plaatse uitgevoerde metingen.

Verkenningsvluchten ter  
bescherming van het milieu

De werkzaamheden en onderzoeken op het gebied van "remote-sensing" technieken ten behoeve van de bescherming van het milieu werden voortgezet, in opdracht van de Nederlandse Interdepartementale Werkgemeenschap voor het Applicatieonderzoek van Remote Sensing technieken (NIWARS) en van de Rijkswaterstaat. Infraroodopnamen werden gemaakt met het Queen Air laboratoriumvliegtuig teneinde gegevens te verkrijgen over de nachtvorstgevoeligheid van agrarische gewassen op de Z-Veluwe, over de nachtvorstgevoeligheid van bepaalde wegen, over de verspreiding van het koelwater van de Velzer Centrale, over kwel door de dijken van de Waal, over het scheepvaartverkeer op de Noordzee, en over de mogelijkheid om lekken in aardgasleidingen op te sporen met IR-technieken. De infraroodbeelden werden door het NLR verwerkt en gepresenteerd in een vorm die voor de opdrachtgever efficiënt is voor verdere interpretatie. Eveneens werden opnamen gemaakt met de Side-Looking Airborne Radar (SLAR), gemonteerd in het Queen Air laboratoriumvliegtuig, teneinde gegevens te verkrijgen over richtingsspectra en radarecho van golven, en over de mogelijkheden om een olievlek op zee (tijdens de metingen opzettelijk verspreid) met chemische middelen te bestrijden.



*Antennegondel van de Side-Looking Airborne Radar (SLAR) onder het Queen Air laboratoriumvliegtuig.*

Voor verbetering en onderhoud van de SLAR werden diverse werkzaamheden verricht. De apparatuur voor het aflezen van films werd verbeterd. Een video-recorder voor de SLAR werd in de vlucht beproefd.

Een warmte-opname (in het verre infrarood) van graslandgebied aan de Amstel, ten zuiden van Amsterdam. De grijs-tonen geven een temperatuurbereik van ongeveer tien graden aan; alles wat warmer is (huizen) wordt lichter afgebeeld dan wat kouder is (bijv. de Amstel, boven in het beeld). Uit een dergelijke opname zijn verschillende gegevens af te leiden over het gewas en de waterhuishouding. Zo is een geulenpatroon herkenbaar, doordat de beschikbaarheid van water voor het gewas daar afwijkend is. De verschillende percelen zijn duidelijk verschillend van temperatuur: hoger en meer gras betekent lagere temperatuur, en omgekeerd ('n pas gemaaid perceel zal zich dus lichter aftekenen).

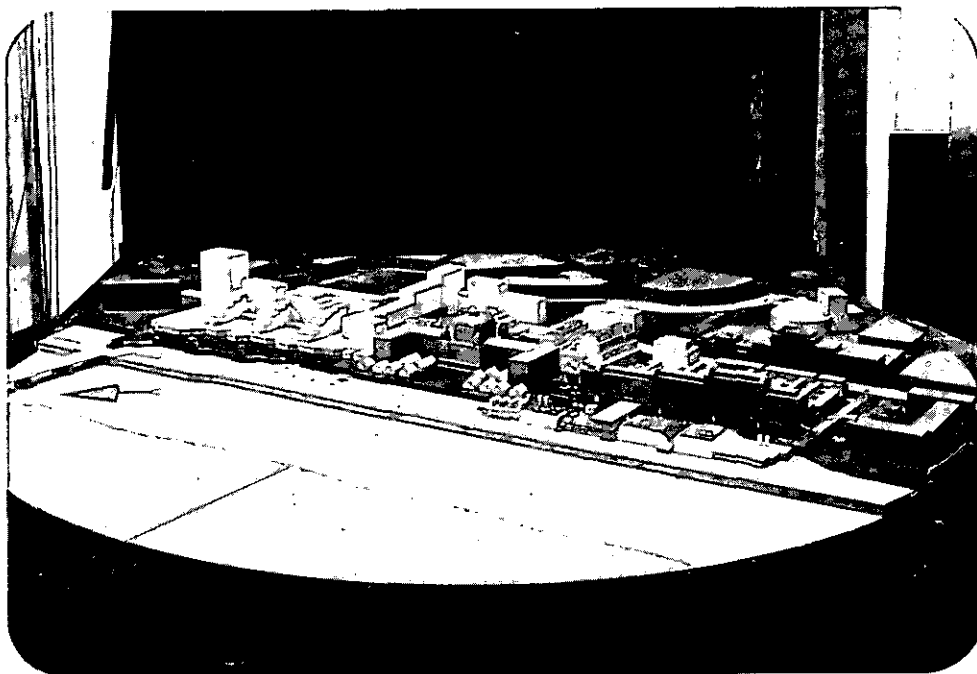


Opnamen met de Side-Looking Airborne Radar (SLAR) van de Waddenzee, ten behoeve van de Rijkswaterstaat. V. l. n. r. Texel, Vlieland, en Terschelling; onder in het beeld geulen en zandplaten. De afstand tussen de horizontale strepen bedraagt 7,5 km. ↓

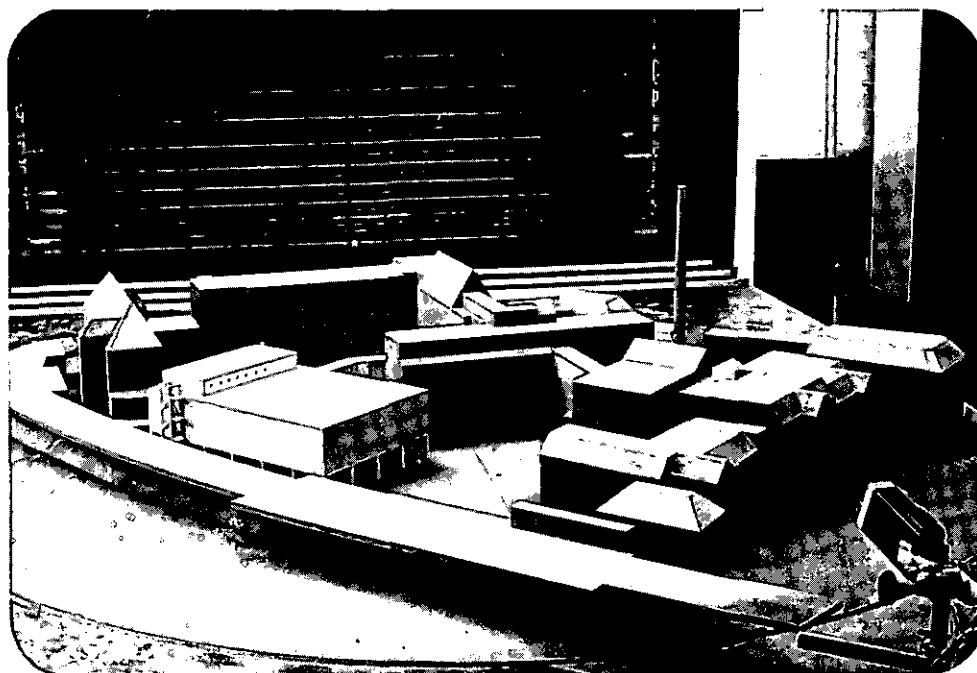


Onderzoek op het gebied van windbelasting, luchtverontreiniging en trillingsverschijnselen

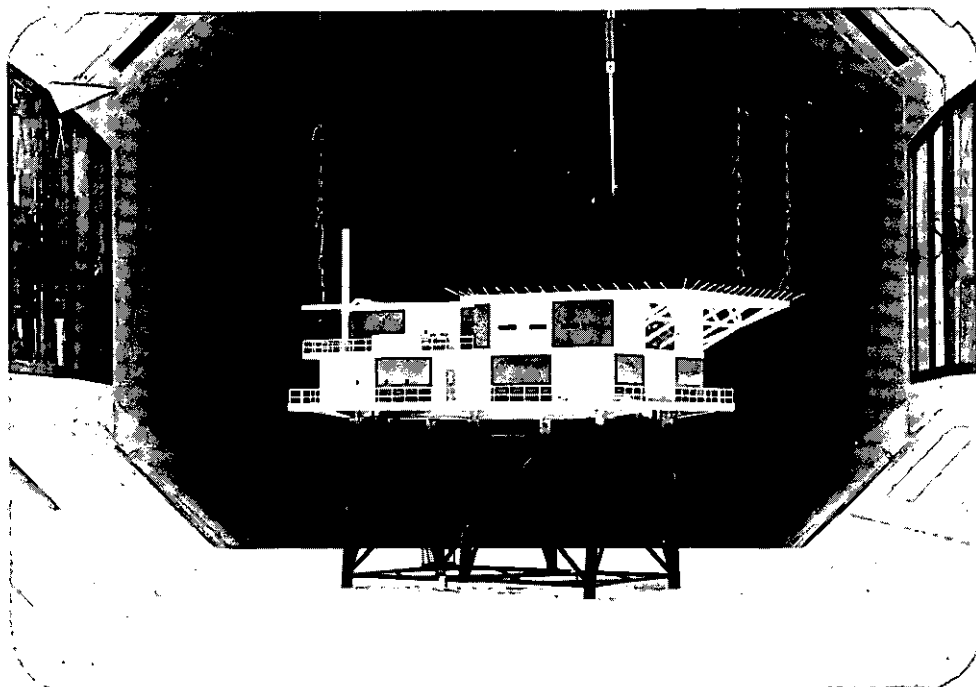
Diverse opdrachten werden ontvangen voor onderzoeken die weliswaar buiten het gebied van de lucht- en ruimtevaart liggen, maar waarbij het NLR door de speciale kennis, ervaring en apparatuur waarover het laboratorium beschikt, zinvolle bijdragen kan leveren. Een groot aantal van deze problemen heeft betrekking op windbelasting op gebouwen, gebouwencomplexen en hoogbouwwijken, en op de verspreiding van gasvormige afvalprodukten in de atmosfeer. De onderzoeken, vaak in de windtunnel verricht, hadden onder meer betrekking op:



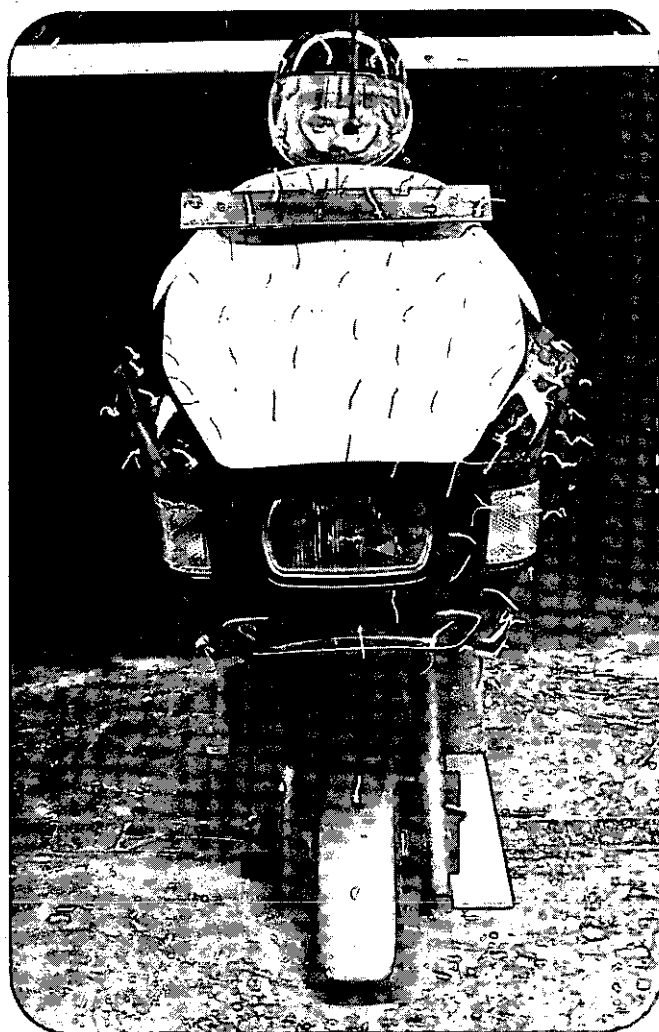
*Windhinderonderzoek in de lage-snelheidstunnel LST 2x1, 2 aan een model van het in aanbouw zijnde gerenoveerde Kurhauscomplex te Scheveningen.*



*Onderzoek in de lage-snelheidstunnel LST 2x1, 2 naar de verontreiniging door rook van de lucht die door het luchtverversingssysteem van het ziekenhuis Eudokia te Rotterdam wordt aangezogen. Op de voorgrond ziet men het station Bergweg.*



*Metingen voor de Rijkswaterstaat, in de LST 3x2, om het stromingsveld te bepalen rond de oceanografische meetpost Noordwijk (het voormalige REM-eiland), waarbij de geschikte positie van de anemometers boven deze meetpost wordt vastgelegd.*



*Beproeving in de windtunnel LST 2x1, 2 van een windscherm voor een motor. De coureur Jos Schurgers verleende hierbij zijn medewerking.*



- het windklimaat en de rookverspreiding rond een fregat van de Koninklijke Marine,
- het stromingsveld rond de oceanografische meetpost Noordwijk,
- de windhinder in een nieuwe stadswijk van de gemeente Uithoorn,
- de verontreiniging door rook van de inlaatlucht van het ziekenhuis Eudokia,
- de windbelasting op de schoorstenen van de NLR Centrale,
- de windhinder in het geplande Kurhauscomplex te Scheveningen,
- het luchtbehandelingssysteem van een nieuw kantoorgebouw in Rotterdam,
- de schoorsteenhoogte van de Oxystaalfabriek 1 van de Hoogovens,
- de windhinder in de 1e Centrumknoop in Lelystad,
- de ventilatie tussen een opslagtank en de bijbehorende beschermwand,
- de windbelasting op een richttoestel van HSA,
- de wind- en tocht-hinder in Hoog-Catharijne in Utrecht,
- de stroming rond een nieuw type windscherm voor motorfietsen.

Trillingsonderzoek werd verricht aan hangers van bruggen te Schalkwijk, Tholen, en Nieuw Vossemeer. Ook werden trillingsmetingen uitgevoerd aan een aantal bestaande verkeersportalen om aan de hand van die meetresultaten uitspraken te kunnen doen over het dynamische gedrag van een nieuw zeer groot verkeersportaal van RWS.

In samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium werd ondersteuning verleend in het kader van het door RWS uitgevoerde onderzoek naar afsluitmiddelen van de Oosterscheldedam.

Windtunnelmetingen werden verricht in de HST om informatie te verkrijgen over de belastingen op de roosterbalken van de Oosterscheldedam. Naast aërodynamische berekeningen (om de juiste profielvorm voor de kleppen te verkrijgen) werden flutterberekeningen uitgevoerd aan de tolkleppen.

Tevens werden berekeningen uitgevoerd om het stromingspatroon rond de pijlers van de Oosterscheldedam te leren kennen.

Onderzoek naar aanvullende vormen van energie

In dit verslagjaar is het door de Project Voorbereidingsgroep Wind opgestelde programma voor onderzoek op het gebied van windenergie via de Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO) aan de Overheid aangeboden. Nadat de goedkeuring door de Overheid was verkregen, werd met de eerste fase van het Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie begonnen. De NLR-bijdrage omvatte theoretische aërodynamische en aëro-elastische berekeningen. Verder werd voorbereidend werk verricht voor het meten aan een door Fokker-VFW te bouwen proefstand voor een 5 m diameter Darrieus windturbine.

Opdracht werd ontvangen van het AGARD Fluid Dynamics Panel om een AGARD-ograph op te stellen over de aërodynamische aspecten van het winnen van energie uit wind. Verschillende literatuurstudies hiervoor werden reeds verricht.

In het onderzoek m.b.t. de stromingsproblemen van magneto-hydrodynamische (MHD) generatoren heeft de samenwerking met de Vakgroep "Directe Energie-

Omzetting" van de TH Eindhoven tot verdere resultaten geleid: een systeemanalyse werd uitgewerkt ten behoeve van het oplossen van de globale vergelijkingen en de elektrongas-vergelijkingen tussen de elektrodenwanden. De elektrongas-vergelijkingen werden opgelost onder bepaalde vereenvoudigende veronderstellingen.

### 3.6 INFORMATICA

#### Toegepaste wiskunde en programmeertechnieken

De studies op het gebied van toegepaste wiskunde waren veelal gericht op het oplossen van problemen die verband houden met door het NLR verricht onderzoek.

Het gebruik van Monte Carlo technieken voor het oplossen van bepaalde meerdimensionale integralen is onderzocht. Ook werden de eigenschappen van een kryptografische techniek gebaseerd op "conditional recurring sequences" theoretisch onderzocht. Ten behoeve van de werkzaamheden voor het OCP is een interpolatieprogramma geschreven waarmee "obstacle clearance surfaces" kunnen worden gegenereerd voor andere waarden van de parameters dan tot nu toe zijn toegepast.

Veel aandacht werd besteed aan het ontwikkelen van een nieuw parameteroptimaliseringsalgoritme, waardoor het oplossen van tijdrovende lineaire-programmeringsproblemen kan worden vermeden. Het algoritme werd ingebouwd in het programma voor het berekenen van optimale vliegbanen.

Een programma is geschreven voor het optimaliseren van lesroosters. Proeven met dit programma leverden goede resultaten op. Een brochure is geschreven over de gebruiksmogelijkheden van dit programma voor beleidsfunctionarissen in en buiten het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen.

Er is een contactgroep opgericht van gebruikers van geavanceerde numerieke technieken op verschillende gebieden om ervaring te kunnen uitwisselen. Problemen zijn besproken die optreden bij het toepassen van deze technieken op gebieden van moderne systeem- en regeltheorie, optimale regeltheorie, discrete wiskunde, signaalbehandeling, e.d.

Contacten zijn gelegd met de TH te Twente voor uitwisseling van informatie over deze onderwerpen.

Ten behoeve van het "NLR Flight Test System" (NFT) werd een vergelijkend onderzoek verricht van twee Database Management Systemen voor de centrale computer, de CYBER-72. Ook werden de systeemspecificaties voor de software die nodig is voor het NFT opgesteld, waarbij vooral aandacht werd besteed aan het opzetten van een apparatuur- en ijkingsbestand. Bovendien vond een verdere standaardisering van parameternamen, -eenheden en -afkortingen plaats. De programmatuur voor het hanteren van de bestanden werd uitgebreid en verbeterd. De programmatuur voor de communicatie tussen CYBER en de CDC-1700 van het Dataverwerkingsstation-Vliegproeven (DVSF), via de MODCOMP (communicatie-

computer), werd geschreven en getest. De snelle lijnverbinding tussen het DVSV te Amsterdam en de CYBER in de NOP via de MODCOMP kwam voor gebruik gereed. Het conversieprogramma voor data in "ARINC"-formaat (een vorm gebruikt in de civiele luchtvaart voor serietransmissie van data) werd verbeterd. Onderhoudswerkzaamheden werden verricht aan algemeen-wiskundige standaardprogramma's; onder meer werden enige Algol-routines in Fortran vertaald.

Wat betreft het verwerken van resultaten van windtunnelmetingen werd gewerkt aan het reorganiseren van het programmapakket, met als doel de programma's op te delen in kleine functionele modules, die in een "function library" kunnen worden opgenomen.

Voor de LST is een aantal programma's geschreven ten behoeve van de verwerking en de presentatie van meetgegevens. In de meethal van de LST is een installatie voor het plotten van meetresultaten geplaatst en met goede resultaten getest. Een interactief programma is geschreven voor het corrigeren van stuurgegevens vanuit de meethal.

Over het specifieke Fortrangebruik op de hybride EAI-rekenmachine werden enkele memoranda opgesteld. Het oplossen van partiële differentiaalvergelijkingen met een hybride methode werd bestudeerd; de verworven inzichten werden toegepast bij het oplossen van een warmtetransportprobleem. Software werd ontwikkeld voor de communicatie tussen de EAI-640 en specifieke meetapparatuur via de koppeling EAI-640/ANS-On-Board-Computer. Het Assembler programmapakket van de ANS-computer werd hiervoor aangepast.

Het speurwerk op het gebied van elektronika was gericht op het ontwikkelen en vervaardigen van meetapparatuur voor de onderzoeken die door het NLR worden uitgevoerd, en van apparatuur voor het beproeven van vliegtuigen en ruimtevoertuigen.

In het Geluids-Analyse en -Registratie Systeem (GART) van de KAT werden enkele wijzigingen aangebracht; de stabiliteit van het analysecircuit werd onderzocht. Ten behoeve van het ARTISS-project werd de "Noise Level Raise" methode ontwikkeld voor geheimhouding van de beeldsignalen.

De prestaties van nieuw uitgekomen r. m. s.-meetcircuits zijn onderzocht, vooral in verband met het bepalen van r. m. s.-waarden bij geluidsmetingen.

Een onderzoek werd uitgevoerd naar de mogelijkheden van "high-density recording". Uitgangsgegevens hierbij waren de benodigde vluchtduur voor bepaalde typen luchtvaartonderzoeken, en de thans beschikbare uitrusting van het NLR. Een voorstel voor het uitvoeren van een programma van "high-density recording" werd opgesteld.

Het NLR kreeg de beschikking over een programmabeschrijving van het "Intra-system Electro Magnetic Compatibility Analysis Program" voor toepassing bij het oplossen van EMI-problemen bij diverse elektronische systemen.

## 4 Technische outillage

### 4.1 INLEIDING

Ook in 1976 vroeg de aanpassing, vernieuwing, en uitbreiding van de uitrusting van het NLR veel aandacht. Er werd begonnen met de bouw van de DNW, waarover in het verslag van de werkzaamheden van de Stichting DNW meer in detail wordt gerapporteerd. Voorts werd in 1976 begonnen met de uitbreiding van het Centrumgebouw in de vestiging Noordoostpolder. In de nieuwe vleugel zullen onder meer de bibliotheek, de fotografie- en reproductieafdeling en een vergader-ruimte worden ondergebracht.

In het volgende wordt een overzicht gegeven van de verbeteringen en uitbreidingen welke in 1976 werden gerealiseerd of voorbereid.

### 4.2 TECHNISCHE OUTILLAGE VOOR STROMINGSONDERZOEK

#### Lage-snelheidswindtunnels

Zoals eerder vermeld, werd op 1 juli de eerste paal geslagen van de *Duits-Nederlandse Windtunnel (DNW)*, die op het NLR-terrein in de Noordoostpolder wordt gebouwd. Het NLR en de DFVLR hebben samen een projectteam gevormd dat belast is met de bouw van de windtunnel. Ondersteunende werkzaamheden van het NLR zelf hadden onder meer betrekking op metingen in de modeltunnel en op ondersteuning bij het opstellen van de technische specificaties en bij het ontwerpen van het gegevensvergarings- en verwerkingssysteem.

Voor de *LST 3x2* is nagegaan hoe de stromingskwaliteit kan worden verbeterd voor metingen aan modellen met zeer hoge draagkrachten. Gebleken is dat een gaas in het onderkanaal een goede oplossing biedt. Dit gaas zal worden aangebracht. Een traverseringsmechanisme werd ontwikkeld voor het verrichten van grenslaagmetingen aan profielen. Een "Datastation LST 3x2" werd ingericht, voor de verwerking en presentatie van de meetresultaten.

#### Transsone en supersonische windtunnels

Goede ervaringen werden opgedaan met de recentelijk bij de *HST* tot stand gebrachte mogelijkheden voor het zogenaamde continu meten bij constant getal van Mach en de Quick-Look verwerking. De opdrachtgevers waren zeer tevreden met deze verbeteringen.

Een oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden tot verhoging van het getal van Reynolds in de *HST* bij hoog-subsonische snelheden door middel van rendementsver-

beteringen van schroefaggregaat en diffusor is gereedgekomen. Een aantrekkelijke winst in het getal van Reynolds lijkt te verwezenlijken. Daarom worden de realiseerbaarheid van deze mogelijkheden en de daaruit voortvloeiende consequenties verder onderzocht.

Het NLR nam deel aan een internationale Technische Werkgroep, waarvan de leiding berustte bij een medewerker van het NLR, en die tot doel had een concept te ontwikkelen voor een *grote Europese transsonische windtunnel* voor hoge getallen van Reynolds. De stromingskwaliteit van de diverse voorgestelde aandrijfsystemen werd nagegaan in Pilottunnels in Frankrijk, Groot-Brittannië, en W.-Duitsland. Voorts werd, in opdracht van deze Technische Werkgroep, door een Canadees ingenieursbureau een ontwerp-studie uitgevoerd voor een z.g. "cryogene tunnel". Fundamentele aspecten van het uitvoeren van aërodynamische metingen bij cryogene temperaturen werden bestudeerd door de Technische Werkgroep. Eveneens werd samenwerking tot stand gebracht met de NASA, waar reeds ervaring op dit gebied is opgedaan. De Technische Werkgroep heeft in 1976 haar werkzaamheden afgerond met een eindrapport waarin het cryogene aandrijfsysteem wordt gekozen.

Apparatuur voor  
aëro-akoestisch onderzoek

Het tot dusverre in opdracht van het NIVR uitgevoerde onderzoek aan geluidabsorberende bekleding werd verricht in een provisorische opstelling. Voor het toekomstig onderzoek aan geluidabsorberende bekleding bestemd voor inlaten en uitlaten van straalmotoren is evenwel een nieuwe installatie nodig die geschikt moet zijn om deze experimenten onder realistische omstandigheden uit te voeren. Gekozen werd daarbij voor de "dubbele nagalmkamertechniek", die onder meer reeds wordt toegepast bij diverse fabrikanten en laboratoria in Engeland, de V.S., en Frankrijk. Het ontwerp van de zogenaamde nagalmtunnel kwam in 1976 gereed, en met de bouw ervan werd eind 1976 begonnen.

Ten behoeve van de geluidsbronanalyse van straallawaai is voor de KAT een traverseringsmechanisme vervaardigd. Een hierbij behorende akoestische spiegel werd geleverd door de DFVLR.

Algemene apparatuur

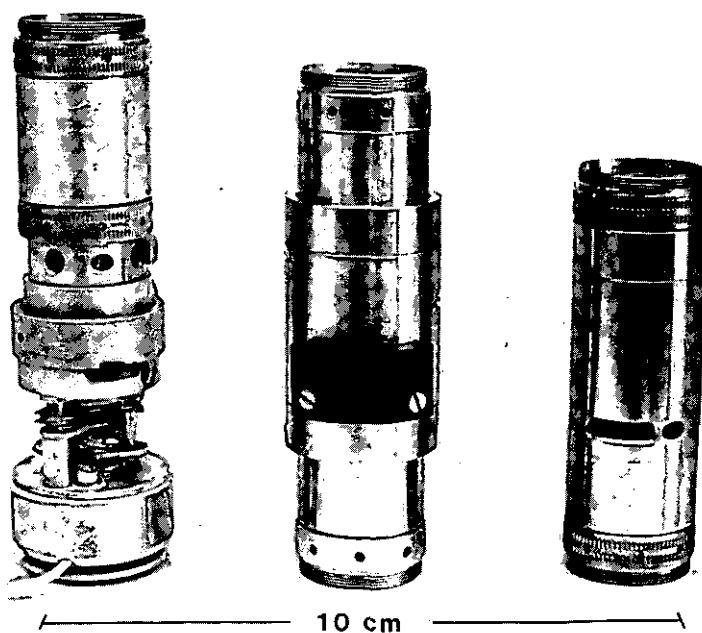
Een aantal voorzieningen werd getroffen op het gebied van algemene apparatuur. Zo werden de ontwikkeling en vervaardiging van de apparatuur voor het automatisch ijken van druktransducers (ATY) afgerond. Aan het ontwikkelen, ontwerpen, vervaardigen en ijken van nieuwe zes-componenten rekstrookbalansen werd veel aandacht besteed. Oriënterend onderzoek werd verricht met betrekking tot de constructie van grote uitwendige balansen ten behoeve van de DNW.

Ten behoeve van dynamische metingen is nieuwe Dynamische Drukregistratie Apparatuur (DYDRA) ontworpen, die o.m. een minicomputer zal bevatten voor een directe verwerking en presentatie van de meetresultaten. Het nieuwe systeem heet PHAROS (Processor for Harmonic Analysis of the Response of Oscillating Surfaces).

Experimentele opstelling voor het uitvoeren van metingen aan straallawaai in de Kleine Anechoïsche Tunnel (KAT). In deze opstelling wordt een ellipsoïde holle reflector gebruikt om te bepalen waar het straallawaai ontstaat.



Drie stadia in de ontwikkeling van drukscanners: van links naar rechts de Scanivalve, de NLR-duplex-drukscanner, en de NLR-mini-duplex-drukscanner. De mini-drukscanner is niet alleen kleiner, hetgeen van belang is bij het inbouwen in een windtunnelmodel, maar ook technisch belangrijk verbeterd t. o. v. de eerdere versie van de NLR-drukscanner.



#### 4.3 TECHNISCHE OUTILLAGE VOOR VliegMECHANISCH ONDERZOEK

##### Laboratoriumvliegtuigen

In het *Queen Air laboratoriumvliegtuig* werd een nieuwe transponder aangebracht. Kleine verbeteringen werden aangebracht in het instrumentenbord, en voorzieningen werden getroffen ten behoeve van signaalmetingen aan de navigatieapparatuur van het vliegtuig.

In het *Hunter laboratoriumvliegtuig* werden standaardvoorzieningen getroffen voor het gebruik van een "Flight Data Acquisition Unit" (FDAU).

Een uitgebreide studie werd verricht betreffende de eisen die aan de *opvolger van het Queen Air laboratoriumvliegtuig* moeten worden gesteld voor het uitvoeren van het NLR-werkpakket.

##### Apparatuur voor vliegproeven

Aan de modernisering van meet- en registratieapparatuur voor vliegproeven en het tot stand brengen van de daarbij behorende dataverwerkingsapparatuur werd in het verslagjaar veel aandacht geschonken. Een ARINC-klok werd ontworpen. Een prototype werd vervaardigd; dit prototype zal aan beproeving in het laboratorium en in de vlucht worden onderworpen. Diverse modificaties werden uitgevoerd aan de aanwezige meetapparatuur voor beproeving in de vlucht (FDAU, CODAS I, CODAS II).

Met de bouw van een meetsysteem voor het uitvoeren van metingen in niet-stationaire vlucht werd begonnen. In het kader hiervan is een onderzoek verricht betreffende zeer nauwkeurige absolute drukmeters en differentiaaldrukmetingen. Een prototype van de airborne cassetterecorder is vervaardigd, en wordt aan laboratoriumbeproeving onderworpen.

Een Pulse Code Modulatie (PCM) Quick-Look eenheid werd vervaardigd en, gekoppeld aan een UV-recorder, in gebruik genomen. Hiermee kunnen gegevens van een PCM-systeem gepresenteerd worden, hetzij direct, hetzij via een recorder. Het STALINS-meetsysteem, voor start- en landingsmetingen met behulp van een inertiaal platform (INS), werd vervaardigd en gemonteerd in het F28-A1 prototype vliegtuig. De beproeving verliep gunstig. Dit systeem bevat een LTN-58 traagheidsplatform, een FDAU-eenheid, een airborne recorder, een radiohoogtemeter, en het RASP-baanmarkeringsapparaat.

De ontwikkeling van het Queen Air Navigation System (QUANS) werd voortgezet.

##### Vluchtnabootsers

De werkzaamheden ten behoeve van de vluchtnabootser met bewegende stuurhut hadden onder meer betrekking op de vervaardiging van elektronische apparatuur voor de stuurkrachtsimulatie en voor de sturing van het bewegingsmechanisme. Toepassingsmogelijkheden voor het "head-up display" werden onderzocht. In het besturingssysteem van de éénpersoonsstuurhut werden verbeteringen aangebracht. Het TV/maquette-zichtsysteem werd gemonteerd, beproefd en opgeleverd. De koppeling ervan met de computer van de vluchtnabootser is vrijwel gereed. De programmatuur voor de sturing van het zichtsysteem werkt bevredigend. Voor het

nachtzichtsysteem werden het toe te passen computertype en de systeemconfiguratie geëvalueerd.

Er werd een mathematisch model voor de bewegingsvergelijkingen van een flexibel vliegtuig opgesteld zowel voor de symmetrische als voor de asymmetrische bewegingen. In het computerprogramma hiervoor zijn ook mogelijkheden aanwezig voor een nadere analyse van de bewegingsgrootheden. Het simulatieprogramma werd uitgebreid met de mogelijkheid voor het rijden over de grond en voor berekening van de eigenwaarden van de bewegingsvergelijkingen van het vliegtuig in willekeurige fasen van de vlucht.

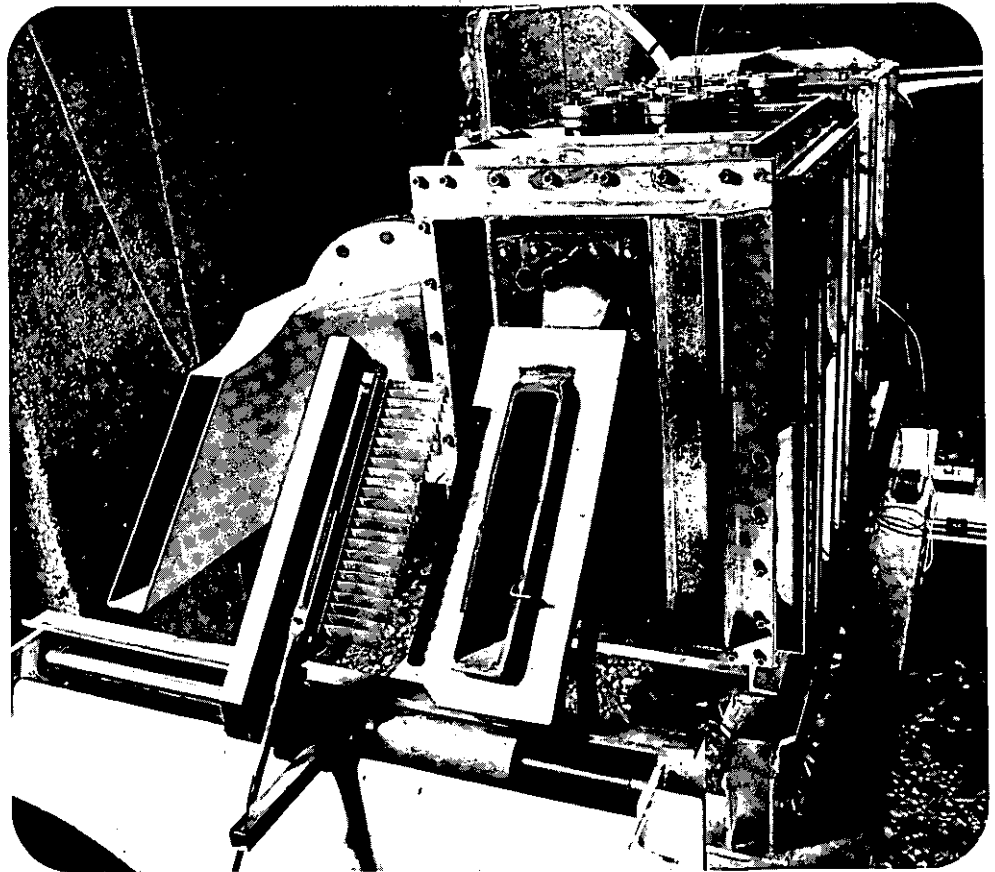
Teneinde de rekencapaciteit van de computer van de vluchtnabootser te kunnen vergroten, werd een tweede digitale processor besteld.

#### 4.4 TECHNISCHE OUTILLAGE VOOR ONDERZOEK OP HET GEBIED VAN CONSTRUCTIES EN MATERIALEN

Een servohydraulisch-gestuurde installatie voor programmeerbare belastingen werd besteld. De installatie wordt geschikt gemaakt voor het uitvoeren van vluchtsimulatieproeven.

De laser-rastermethode werd verder ontwikkeld.

Het meten van scheurinitiatie bij vermoeingsproeven werd geautomatiseerd door gebruik te maken van ultrasone apparatuur.



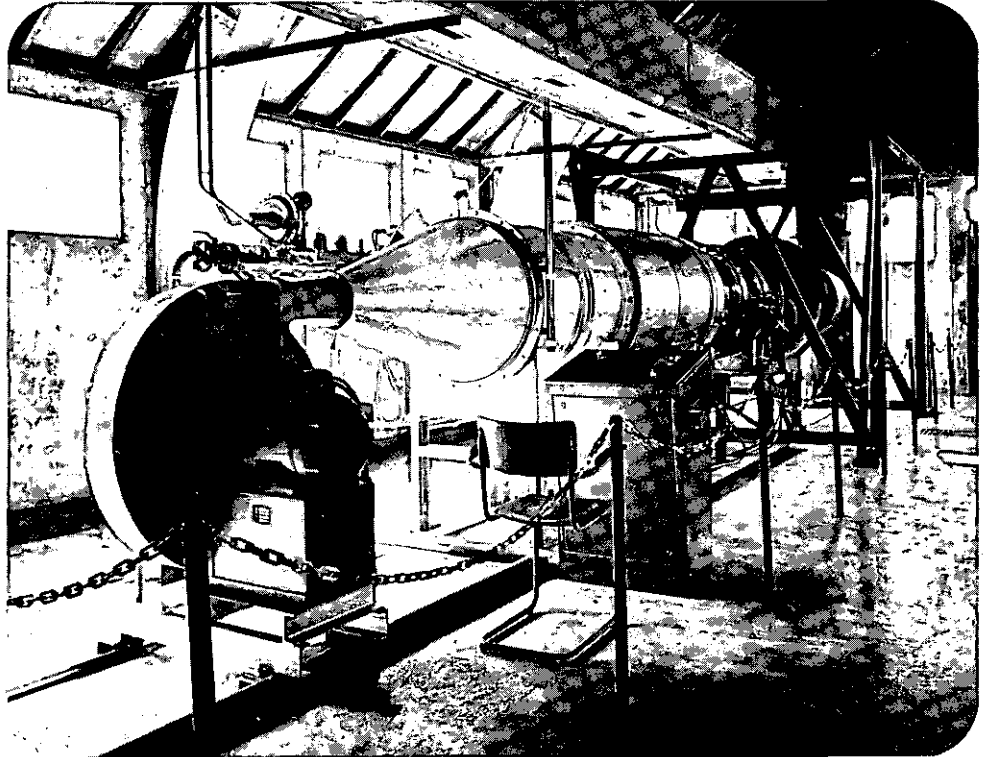
*Een "burner rig" voor het beproeven van turbine-materialen voor straalmotoren. Bij deze beproevingen werden de temperatuur (max. 1200°C) en het milieu zoals die tijdens het vliegen voorkomen nabootst. Een aantal turbineschoepen kunnen voor een koude of hete uitlaattuit bewogen worden.*



Een installatie voor de thermische beproeving van turbinebladen werd vervaardigd, waarin de hete gasstroom, met verontreinigingen, van straalmotoren wordt nagebootst. Het bleek dat de mengkamer van deze installatie verdere verbetering behoeft.

Een soortgelijke installatie werd gebouwd voor het beproeven van compressorbladen van straalmotoren.

*Een installatie voor het beproeven van materialen in compressoren van straalmotoren waarbij de temperaturen (max. 500°C) en het milieu zoals die tijdens het vliegen voorkomen worden nagebootst.*



#### 4.5 TECHNISCHE OUTILLAGE VOOR RUIMTEVAARTONDERZOEK

Diverse kleine verbeteringen en uitbreidingen van de bestaande apparatuur werden aangebracht, vooral op elektronisch gebied.

#### 4.6 TECHNISCHE OUTILLAGE VOOR ALGEMEEN GEBRUIK

In het kader van het met behulp van de CYBER-72 vervaardigen van werkstukken op de Numeriek Bestuurde werktuigmachine (NuBe) werd het IBM-APT-IV programma omgezet in een voor de CYBER geschikt programma. Ook werd een standaardprogramma voor het berekenen van regellijnen geschreven en getest. Oriënterende onderzoeken werden uitgevoerd in verband met het vervaardigen van grote windtunnelmodellen, zoals die zullen worden gebruikt bij onderzoek in de DNW.

## 5 Bibliotheek en documentatie

Het bibliotheekbestand werd 1976 uitgebreid met ruim 5000 titels, tegen gemiddeld 3000 titels in voorgaande jaren. Dit was mogelijk door de aanschaffing van ca. 2000 microfiches, waarvan de kosten laag zijn in verhouding tot die van boeken en rapporten in papiervorm.

Het gebruik van microfiches stelt de bibliotheek in staat de service aanzienlijk te vergroten en te versnellen. Bovendien kan door het gebruik van microfiches het bibliotheekbestand meer actueel gehouden worden. Zo werd in 1976 veel literatuur direct na aankondiging als microfiche besteld op grond van bij de bibliotheek bekende interessèprofielen van diverse projectleiders en aan de hand van het NLR Werkplan 1976.

Teneinde het gebruik van microfiches te bevorderen, werd een aantal draagbare microficheleesapparaten aangeschaft en over het laboratorium verspreid. Voorts werd een microfiche-duplicator aangeschaft, zodat snel een duplicaat van de microfiche kan worden verstrekt. In 1976 werden ca. 3500 microfiche-duplicaten uitgereikt.

In 1976 werden microfiches vervaardigd van alle sinds 1972 voor publikatie vrijgegeven NLR-rapporten. Begonnen werd met het vervaardigen van microfiches van de rapporten gepubliceerd tussen 1968 en 1972.

De aangeschafte en op ruilbasis verkregen literatuur wordt regelmatig ter kennis gebracht van de NLR-medewerkers en van 25 Nederlandse bibliotheken door middel van aanwinstenlijsten, waarvan er in 1976 een 40-tal verscheen.

Hierin werden tevens 2264 belangwekkende tijdschriftartikelen gesignaleerd, hetgeen resulteerde in 3000 aanvragen voor kopieën van deze artikelen.

Het aantal tijdschriftabonnementen bedraagt ca. 500. De stijgende abonnementskosten en de vraag naar nieuw verschenen tijdschriften noodzaakte tot een sanering van dit bestand.

In het kader van het interbibliothecaire leenverkeer werden door het NLR enige honderden titels in leen ontvangen. Bij andere instellingen bestond een grote belangstelling voor het gespecialiseerde NLR-bestand, hetgeen blijkt uit de ongeveer 5000 verzoeken om uitlening die het NLR bereikten.

Het aantal uitleningen uit het eigen bibliotheekbestand aan NLR-medewerkers bedroeg in 1976 ongeveer 6500.

Een aanzienlijk deel van de aanwinsten, merendeels rapporten, wordt verkregen op uitwisselingsbasis met zusterinstellingen over de gehele wereld. In het afgelopen jaar werden de contacten met een aantal buitenlandse instituten geïntensiveerd, waaronder het NASA, het ESA, het Defense Documentation Center (DDC - Verenigde Staten) en het Defence Research Information Centre (DRIC - Engeland).

Buiten de hierboven genoemde verspreiding van gepubliceerde NLR-rapporten in het kader van internationale uitwisselingsafspraken, bereikten uit het buitenland het NLR nog 325 aanvragen voor NLR-rapporten. Eenzelfde aantal aanvragen van rapporten die door het NLR werden ingediend bij instellingen over de gehele wereld, werd gehonoreerd.

Sinds 1976 werden alle voor publikatie vrijgegeven NLR-rapporten opgenomen in het computerbestand van het NASA, en geannonceerd in de IAA- en STAR-referaatbladen. Het NASA en het ESA verstrekken rechtstreeks kopieën van deze rapporten aan gebruikers van dit bestand.

Medio 1976 werd toegang verkregen tot de in de computer opgenomen literatuurbestanden van NASA (ESA), Lockheed en SDC, die ieder verschillende computer files beheren. In deze bestanden zijn bijna alle belangwekkende publikaties op luchtvaart- en ruimtevaartgebied en de randgebieden daarvan opgenomen. In de tweede helft van 1976 werden ongeveer 95 literatuuronderzoeken van enige omvang uitgevoerd met behulp van een terminal die bij het NLR te Amsterdam is geplaatst.

Met diverse bibliotheken van Nederlandse instituten vindt overleg plaats over de automatisering van bibliotheekwerkzaamheden. Om een efficiënte onderlinge uitwisseling van informatie in de toekomst mogelijk te maken, is een werkgroep opgericht, waarin het ECN, de Koninklijke Nederlandse Akademie, het TNO, het Waterloopkundig Laboratorium, het Mathematisch Centrum, en het NLR vertegenwoordigd zijn.

## STICHTING NATIONAAL LUCHT- EN RUIMTEVAARTLABORATORIUM

Rede, uitgesproken door de voorzitter, Prof. Dr. Ir. O.H. Gerlach, tijdens de 158e vergadering van het bestuur op dinsdag 14 juni 1977, ter herdenking van het feit dat veertig jaar geleden de toenmalige Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart werd omgezet in de Stichting Nationaal Luchtvaartlaboratorium, thans Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium.

## VEERTIG JAAR STICHTING

Veertig jaar geleden had de Stichting al enkele maanden gefunctioneerd als stichting-in-oprichting, maar op maandag 14 juni 1937 's middags om 15 uur heeft de toenmalige minister van Waterstaat, Jhr. Ir. O.C.A. van Lidth de Jeude te zijnen departemente het eerste bestuur van de Stichting "Nationaal Luchtvaartlaboratorium" geïnstalleerd en is aldaar op zijn verzoek de akte van oprichting getekend. Als voorzitter van de eerste bestuursvergadering die toen werd gehouden fungeerde de voorganger van Prof. Van der Maas, Ir. J. Blackstone, die voor en namens genoemde minister als eerste de akte tekende.

Na de constatering te hebben gedaan, dat de ondertekening van de akte van oprichting had plaatsgevonden en dat het stichtingskapitaal gestort was, sprak de minister een rede uit.

Ter herdenking van die in de thans 58-jarige geschiedenis van onze instelling zo belangrijke dag zal ik deze rede eerst in extenso citeren alvorens de daarin aan de orde gekomen onderwerpen vanuit de huidige optiek te bezien.

*"Mijnheer de Voorzitter, Mijne Heeren, Zoo juist heeft het bestuur der Stichting "Nationaal Luchtvaartlaboratorium" het praedicaat "voorlopig" afgelegd. Ik acht het een voorrecht de eerste te zijn, die U met dit heugelijke feit geluk mag wenschen. Een nieuwe phase in het technisch-wetenschappelijk onderzoek op luchtvaartgebied is ingetreden. Door samenwerking van alle daarbij betrokkenen is een organisatie tot stand gekomen, welke de beste waarborgen biedt voor deugdelijk wetenschappelijk onderzoek. Daarnaevens wordt de staf van den vroegeren Rijksstudiedienst, die op dit gebied zijn sporen heeft verdiend, gehandhaafd. Niet meer in beslag genomen door routinewerkzaamheden, welke aan de contrôle op luchtvaartmaterieel verbonden zijn, kan de Stichting haar technisch-wetenschappelijke taak ten volle tot haar recht doen komen. De Regeering verwacht, dat in de eerste plaats de particuliere lichamen, welke in het bestuur der Stichting zijn vertegenwoordigd, van de diensten van het laboratorium een ruim gebruik zullen maken, opdat versnippering van krachten worde voorkomen en het luchtvaartresearchwerk zooveel mogelijk worde geconcentreerd. Die lichamen kunnen dan het laboratorium als een aanvullend deel van hun eigen bedrijf beschouwen. Voldoet het researchwerk niet aan hun wenschen, dan is de vergadering van het bestuur der Stichting de plaats, waar zij hun desiderata ter sprake kunnen brengen en ik twijfel er niet aan - Uwe beproefde leiding Mijnheer de Voorzitter, staat daarvoor borg - dat alle gerechtvaardigde, op den bodem der werkelijkheid staande wenschen voor inwilliging zullen vatbaar blijken.*

Ook de Regeering stelt zich voor in belangrijke mate van de diensten der Stichting gebruik te maken. Weliswaar is sinds 1 Januari 1937 de contrôle op luchtvaartmaterieel in haar geheel aan een onafhankelijke instantie opgedragen, doch voor de technisch-wetenschappelijke vraagstukken, welke zich daarbij voordoen, zal die instantie op de Stichting steunen. Anderzijds komt het aan de onafhankelijkheid van de Stichting ten goede, dat contrôle op luchtvaartmaterieel en het geven van adviezen aan de gecontroleerden niet meer in één hand zijn vereenigd.

Het Departement van Defensie zal niet minder dan vroeger het geval was, van de diensten van het laboratorium blijven gebruik maken.

De omstandigheid, dat dit Departement, en nog wel door twee leden, in het bestuur is vertegenwoordigd, maakt het mogelijk zijn bijzondere belangen te behartigen. Bovendien heeft de Regeering thans de beschikking gekregen over een advies-instantie, waarin alle belang-

hebbenden zijn vertegenwoordigd en welke Haar van raad zal kunnen dienen, met betrekking tot vraagstukken van technisch-wetenschappelijke aard, welke bij de luchtvaartpolitiek zich voordoen.

*Mijne Heeren, ik behoef verder niet lang uit te wijden over de taak, welke U wacht. Die taak is U ten volle bekend, mede doordat reeds voor de eigenlijke totstandkoming der Stichting, sinds eenige maanden, voorzoover zulks mogelijk was, de nieuwe organisatie zich daarmede voorloopig belastte. Het volle vertrouwen, dat ik in Uw kennis en kunde stel, maakt het bovendien overbodig U op het hart te drukken om te waken voor de belangen, welke aan Uw bestuur zijn toevertrouwd. Slechts op één punt wil ik in het bijzonder wijzen, en wel op het groote belang van goede samenwerking met het Hooger Onderwijs, bepaaldelijk met de Technische Hoogeschool te Delft. Het is geenszins mijn bedoeling mij te begeven op het gebied van mijn ambtgenoot van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, noch op dat van zijn vertegenwoordiger, doch als Uw bestuur t. z. t. zal worden geplaatst voor de vraag, waar een nieuwe windtunnel of andere belangrijke apparaten zullen dienen te worden geplaatst, moge het zich er ter dege rekenschap van geven, dat door nauwe aanraking met de Technische Hoogeschool over en weer zoowel de belangen van het laboratorium als die van het Hooger Onderwijs worden gediend.*

In het vertrouwen, dat onder Uwe vaardige leiding, Mijnheer de Voorzitter, in nauwe samenwerking eenerzijds met Uwe medebestuurleden, anderzijds met den Directeur en den Staf der Stichting, het luchtvaartresearchwerk een gezonde ontwikkeling tegemoet moge gaan, verklaar ik Uw bestuur geïnstalleerd.

Hiermede heeft dus de Rijksstudiedienst, welke gedurende jaren zulk een nuttigen arbeid heeft verricht, zijn eindpaal bereikt. Hij is intusschen niet verdwenen, doch vervormd. De dienst moge zijn opgeheven, doch de diensten aan de luchtvaart bewezen, zijn niet verloren.

Ik moge deze gelegenheid aangrijpen om mede te deelen, dat het H.M. de Koningin heeft behaagt U, Dr. Wolff, die zoovele jaren den scepter over den Rijksstudiedienst hebt gezwaaid, te benoemen tot Ridder in de Orde van den Nederlandschen Leeuw.

Ik wensch U van harte met deze onderscheiding geluk en spreek de hoop uit, dat het U gegeven moge zijn ook aan de nieuwe organisatie gedurende vele jaren Uw volle werkkraft en kennis te wijden."

Tot zover Minister Van Lidth de Jeude.

Op de antwoordrede van de voorzitter en het vervolg van de vergadering waarin Dr. Wolff, die directeur was van het laboratorium, voor zijn onderscheiding dank betuigde, ga ik nu verder niet in. Ik stel voor, de zojuist voorgelezen rede te beschouwen als een momentopname van de verwachtingen die de penvoerende minister koesterde t. a. v. de toen zojuist opgerichte Stichting NLL. Naast die momentopname kunnen wij dan het beeld van het huidige NLR leggen en er mee vergelijken. Dan zal blijken, dat er veelszins reden tot dankbaarheid is maar ook dat het beeld van de huidige werkelijkheid belangrijke details vertoont, die in de momentopname van de verwachtingen van 40 jaar geleden niet voorkwamen.

Het eerste van een negental details die we in de oude momentopname opmerken, is de kwalificatie "een organisatie welke de beste waarborgen biedt voor deugdelijk wetenschappelijk onderzoek". Deze kwalificatie hield vooral verband met het inzicht dat het laboratorium verlost moest worden van ambtelijke routinewerkzaamheden, die door de wetenschapsmensen als storende besognes werden ervaren. Ik geloof, dat de geschiedenis de toenmalige overheid gelijk heeft

gegeven. De toespitsing van de taak op het verlenen van wetenschappelijke diensten is het wetenschappelijke peil van de instelling zeker ten goede gekomen.

Vervolgens de verwachting van de toenmalige regering inzake gebruik door particulieren opdat versnippering van krachten worde voorkomen en het luchtvaartresearchwerk zoveel mogelijk worde geconcentreerd. Dit anti-dupliceringsbeleid heeft goed gewerkt en is tot op de huidige dag een wezenlijk belang voor ons land.

Dan de kenschetsing van de vergadering van het bestuur als plaats waar de particuliere lichamen die daarin zijn vertegenwoordigd hun desiderata ter sprake kunnen brengen.

Die vergadering is daarvoor nog altijd de plaats en is bovendien het forum voor beleidsoverleg op het gebied van de luchtvaart- en ruimtevaartresearch tussen de overheid als subsidiant, de centrale overheid als opdrachtgever en belanghebbende private instellingen.

Dan het voornemen van de regering in belangrijke mate van de diensten der Stichting gebruik te maken. Aan dit voornemen is - en wordt nog altijd - in ruime mate gevolg gegeven. De "rolling budgets", die in de laatste jaren in zwang zijn gekomen bij de grote overheidsopdrachtgevers en bij het door de overheid gesubsidieerde Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR), kunnen in dit opzicht gezien worden als bewijs van de continuïteit van het destijds geformuleerde overheidsbeleid.

Vervolgens de opzet, dat de met de controle op luchtvaartmaterieel belaste onafhankelijke instantie - de huidige Rijksluchtvaartdienst (RLD) - t.a.v. technisch-wetenschappelijke vraagstukken op de Stichting zal steunen. Ook hierin vertoont het overheidsbeleid t.a.v. de Stichting continuïteit. Het gaat nog altijd zo!

De minister van Waterstaat sprak in zijn zojuist geciteerde installatieredevoort de verwachting uit, dat het Departement van Defensie niet minder dan vroeger het geval was van de diensten van het laboratorium gebruik zou blijven maken. Hij wees daarbij op de belangenbehartiging door twee bestuursleden van Defensie-zijde. De verwachting is uitgekomen en het is een verheugende ontwikkeling geweest, dat de contacten tussen in het bijzonder de Koninklijke Luchtmacht en het NLR in de opdrachtersfeer verstevigd zijn door de instelling en het voortreffelijk functioneren van de Contactcommissie KLu-NLR.

Zijne Excellentie constateerde, dat de regering thans - d.w.z. in 1937 - de beschikking heeft gekregen over een advies-instantie, waarin alle belanghebbenden zijn vertegenwoordigd en welke haar van raad zal kunnen dienen m.b.t. vraagstukken van technisch-wetenschappelijke aard welke zich bij de luchtvaartpolitiek voordoen. De hier bedoelde functie, die in het jargon van onze tijd "beleidsvoorbereidende of beleids-ondersteunende taak" wordt genoemd, is nog altijd actueel en zal wel altijd van belang blijven. Men kan daarbij aan zeer uiteenlopende onderwerpen denken, o.m. aan tal van werkzaamheden voor de Rijksluchtvaartdienst en de Koninklijke Luchtmacht.

Het laatste detail van de momentopname uit 1937 is de erkenning van het grote belang van goede samenwerking met het Hoger Onderwijs - men zou thans zeggen: het Wetenschappelijk Onderwijs -, bepaaldelijk met de Technische Hogeschool te Delft. Dit belang wordt, al ziet men de aangelegenheid van de keus van de plaats van windtunnels en andere grote apparatuur thans anders dan toen, nog steeds erkend en de samenwerking

is uitstekend, vooral - maar niet alleen! - die met de TH-Delft. Het is geen ongewone figuur, dat een voor-aanstaand medewerker van het NLR tevens buitengewoon hoogleraar is. Op verscheidene speciale gebieden, zoals op het gebied van de windtunneltechniek en de vluchtnabootsing, bestaat samenwerking met de wetenschappelijke staf van de TH-Delft. Ook bij de samenwerking tussen NLR en DFVLR op verschillende gebieden van luchtvaart-wetenschappelijk onderzoek is deze hogeschool ten nauwste betrokken.

Tenslotte zou men zich, wanneer men die oude momentopname van de toenmalige verwachtingen zorgvuldig heeft beschouwd, nog kunnen afvragen, of ons beeld van het huidige NLR en van de omstandigheden waarin dit nu functioneert trekken vertoont, die niet in de verwachtingen van toen besloten lagen of misschien zelfs niet in die verwachtingen besloten hebben kunnen liggen. Zonder naar volledigheid te streven zou ik in deze samenhang op enkele dingen willen wijzen.

Het NLR heeft een destijds waarschijnlijk door niemand vermoede groei meegemaakt, niet alleen in aantal medewerkers maar ook in beschikbare grond, gebouwen en outillage. Deze groei maakte in de administratieve sfeer modernisering van de boekhouding en invoering van project-administratie en -bewaking nodig en aan het eind van de zestiger jaren een reorganisatie van directie en afdelingen.

Deze laatste reorganisatie kwam neer op de instelling van een drie-hoofdige directie en op een bundeling van afdelingen en diensten in hoofdafdelingen en dienstengroepen, waardoor de reikwijdte van het directie-gezag - de z.g. "span of control" - werd beperkt en de directie doelmatig kon en kan functioneren in een inmiddels zoveel groter geworden laboratorium.

De democratisering die de laatste tientallen jaren allereerst heeft plaatsgevonden, is ook het NLR niet ongemerkt voorbijgegaan. Met volle medewerking van het bestuur is de ondernemingsraad opgericht en die vervult een nuttige functie.

De uit reeds enigermate vergeelde papieren nog blijkende vroegere spanning tussen - als ik me een lichte overdrijving mag veroorloven - "wetenschap om de wetenschap" en "bedrijfsmatige aanpak" is, vooral door de visie en de grote persoonlijke invloed van mijn voorganger, Prof. Dr. Ir. H. J. van der Maas, en door het goede samenspel tussen hem en de veelzijdig begaafde practicus én tacticus, Ir. A. J. Marx, opgelost in de huidige taakopvatting van het NLR als een geen winst beogende onderneming, die technisch-wetenschappelijke diensten verleent. Met deze opvatting hangt samen zowel het streven naar een hoog wetenschappelijk peil - men denke in dit verband ook aan de belangrijke functie van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR - als ook het streven om het werk in eigen beheer zoveel mogelijk te richten op praktische toepassing. Met het inzicht dat het NLR óók een onderneming is, hangt samen, dat het huidige NLR een grote variëteit in public-relations activiteiten kent. Daarbij kunnen we denken aan publicaties, aan reizen met tegelijk wetenschappelijke en commerciële aspecten, aan ontvangsten van groepen, aan presentaties, enz.

In 1937 heeft men de ellende niet voorzien van de zo kort daarna uitgebroken oorlog, waarin de NLR-activiteiten "op een laag pitje" moesten worden gezet en de nationale vliegtuigindustrie tenslotte uitgeteld was, noch de verheugende omstandigheid dat die industrie kort na de oorlog zou herrijzen. Dat werd mogelijk door de Commissie-Tromp en de steun van de overheid

via het toen opgerichte Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling (NIV). Het huidige NIVR is, zoals bekend, een van de belangrijkste opdrachtgevers van het NLR in de sfeer van de vliegtuigontwikkeling en de ruimtevaart. Het vertrouwen is gewettigd, dat dit zo zal blijven, dank zij de waarde die het ministerie van Economische Zaken toekent aan geavanceerde industriën en aan het speurwerk-potentieel bij het NLR. Zo'n veertig jaar geleden lag ook het samenstel van technische en economische ontwikkelingen dat ertoe heeft geleid, dat vliegtuigontwikkelingsprojecten normaliter een internationaal karakter dragen, niet binnen het blikveld van de overheid noch binnen dat van de wetenschappelijke wereld. Evenmin konden toen de ruimtevaart en de kansen die deze aan onze instelling zouden bieden, worden voorzien.

Zoals ik al heb gezegd, naar volledigheid streef ik niet. Deed ik dat wel, dan zou ik b.v. uitvoerig moeten stil staan bij de ontwikkelingen die zich hebben voorgedaan m.b.t. opdrachten uit het buitenland. Eén detail van de huidige situatie, dat in 1937 niet of ternauwernood zal zijn voorzien, verdient nog extra te worden belicht: de groei van de internationale samenwerking op het gebied van luchtvaart- en ruimtevaartspeurwerk. Die samenwerking bestaat weliswaar reeds geruime tijd en in verschillende vormen, zoals de "Advisory Group for Aerospace Research and Development" (AGARD) en de Brits-Nederlands-Noorse samenwerking. Ik overdrijf echter niet, als ik beweer, dat die internationale samenwerking de laatste jaren toch wel min of meer in een stroomversnelling is gekomen. Die stroomversnelling is overigens geen ontwikkeling die alleen maar "over ons komt": het NLR bevordert de internationale samenwerking op het gebied van luchtvaart- en ruimtevaartspeurwerk, en het tempo waarin die zich ontwikkelt, ook zelf! Dat geldt mede de internationale samenwerking op windtunnelgebied, een actueel onderwerp.

Enkele woorden moge ik nog wijden aan de onderwerpen:

- samenwerking in de ruimste zin
- stichtingsvorm
- de band met het penvoerende ministerie.

Ik hoop, dat de komende jaren gekenmerkt zullen zijn door blijvende goede samenwerking binnen het bestuur, binnen het NLR als geheel, met de overheid, met de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR, met andere speurwerkinstellingen in binnen- en buitenland en met alle opdrachtgevers. Al bestaat de instelling reeds sinds 1919, zodat er, als we het nauw nemen, vandaag geen jubileum gevierd kan worden, toch is het van wezenlijke betekenis er een ogenblik bij stil te staan, dat de voor onze middelgrote instelling gekozen vorm van een stichting met een - in beginsel - zelfstandige positie een historische proef van veertig jaren heeft doorstaan. Juist door die rechtsvorm zijn mogelijk geworden: de doelmatige bundeling van belangen op een gebied van geavanceerde techniek én de voor een onderneming commercieel wenselijke slagvaardigheid. Deze mogelijkheden zullen naar het mij vóórkomt ook in het nieuw ingetreden decennium van het NLR als stichting, in het belang van ons land, moeten worden benut.

Tenslotte zou ik - zonder welk dan ook van de bij het NLR betrokken ministeries ook maar enigszins tekort te doen - willen wijzen op de bijzondere banden van onze instelling met het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Vooral de nimmer aflatende steun van dit ministerie, waaruit het NLR veertig jaar geleden in zekere zin is voortgekomen - en dat dus in meer dan één betekenis ons "moederministerie" is! -, was steeds van het grootste gewicht. Ik meen dan ook namens het bestuur te mogen spreken, als ik ten besluite van deze overpeinzingen over "veertig jaar stichting" het ministerie van Verkeer en Waterstaat voor die steun erkentelijkheid betuig en vertrouwen uitspreek in de continuïteit van dat beleid.

## 6 Voorlichting

Evenals in voorgaande jaren heeft het NLR in 1976 door activiteiten van velerlei aard getracht zowel de "buitenwereld" als de NLR-medewerkers op de hoogte te brengen van de doelstellingen en achtergronden van het onderzoek dat door het NLR wordt verricht.

Voor zover deze activiteiten de uitwisseling van technisch-wetenschappelijke informatie betreffen, zijn zij elders vermeld (zie hoofdstuk 7 en de bijlagen).

In de eerste plaats dient genoemd te worden het verschijnen van de brochure "Wat is en doet het NLR?" (in het Nederlands en in het Engels), waarin een algemeen overzicht wordt gegeven van het NLR-onderzoek en van de aanwezige installaties.

In verschillende tijdschriften verschenen artikelen over het NLR.

Zo verscheen in het Maandblad voor Lucht- en Ruimtevaart AVIA een jaaroverzicht van het NLR, in een geheel geplaatst met jaaroverzichten van het NIVR, Fokker-VFW, en vele anderen. PT/Aktueel nam een stuk over uit het NLR-jaarverslag 1975. In het tijdschrift Mikroniek verscheen een artikel over de nieuwste NLR-duplex-drukscanners. In de dagbladpers werd het NLR veelvuldig genoemd in verband met ruimtevaartactiviteiten met betrekking tot de ANS, de IRAS, en SPACELAB.

Contacten werden gelegd met de afdeling Public Relations van Fokker-VFW, ten einde tot een betere samenwerking te komen in de berichtgeving van gemeenschappelijke ruimtevaartactiviteiten, met name met betrekking tot de IRAS.

Door middel van een persbericht werd melding gemaakt van de oprichting op 30 juni 1976 van de Stichting DNW, en van de doelstellingen die ten grondslag liggen aan de bouw van de Duits-Nederlandse Windtunnel. In het tijdschrift "De Ingenieur" werd de DNW - de achtergronden van het project, de technische details, en de stand van zaken van het project - behandeld.

Verschillende NLR-medewerkers leverden een bijdrage tot een grotere verspreiding van de kennis over het NLR. Zo hield Ir. F. J. Jaarsma een lezing voor de radio over de DNW.

Samen met Fokker-VFW en de ESTEC werkte het NLR mee aan het inrichten van twee ruimtevaarttentoonstellingen in Bergen op Zoom en Rotterdam. Deze tentoonstellingen trokken ruim 35000 bezoekers.

Vanzelfsprekend namen ook de excursies naar het NLR een belangrijke plaats in in het geheel van de voorlichting over de NLR-werkzaamheden. Groepen werden door middel van inleidingen door NLR-medewerkers en door bezichtigingen van



de grote installaties, zoals de vluchtsimulator, op de hoogte gebracht van de activiteiten van het NLR. Ontvangen werden, onder meer, groepen afkomstig van:

- HTS te Haarlem,
- DFVLR,
- ASV, afd. Modelvliegtuigbouw,
- Institut für Luft- und Raumfahrt van de Techn. Universität te Berlijn,
- Afd. Zwolle van de Nederlandse Ingenieursvereniging NIRIA,
- HTS te Haarlem, afd. Vliegtuigbouw,
- VKI te Rhode/St-Genese (België),
- NLRGC-bestuur en medewerkers,
- Subfaculteit Natuur- en Sterrekunde van de Universiteit van Amsterdam,
- Afd. Krijgskundige Techniek van het KIVI,
- Dispuut der Leidse Studenten Aéroclub,
- Afd. Werktuigbouwkunde van de Hendrick de Keyzerschool,
- Vliegtuigbouwkundige Studievereniging "Leonardo da Vinci" van de TH te Delft,
- Staf TH te Delft,
- Deelnemers 14e IUTAM congres,
- Voorbereidingscommissie Ordinariaat in de Elektrotechnische Instrumentatie van de TH te Delft.

Voor nieuwe NLR-medewerkers en bij het NLR werkzame praktikanten werden regelmatig inleidingen en bezoeken aan installaties georganiseerd.

## 7 Bezoekers

Onder de vele binnen- en buitenlandse bezoekers in wier belangstelling het NLR zich mocht verheugen dienen op de eerste plaats genoemd te worden de ministers Dr. H. Matthöfer van het Bundesministerium für Forschung und Technologie en Drs. T. E. Westerterp, die op 1 juli 1976 de eerste paal van de DNW hebben geslagen. Deze bijeenkomst werd door talrijke genodigden uit de Europese luchtvaartwereld bijgewoond, alsmede door de bestuursleden van de Stichting NLR en de Stichting DNW.

De heren F. G. Kordes, directeur van de Overheidsorganisatie en Automatisering van het Ministerie van Binnenlandse Zaken, en Ir. J. Blank, van de afdeling Automatische Informatiesystemen van hetzelfde Ministerie, oriënteerden zich op het NLR te Amsterdam over computernetwerken.

De Colleges van Burgemeester en Wethouders van de gemeente Noordoostpolder en van de gemeente Brederwiede (Vollenhove en omstreken) werden op het NLR in de Noordoostpolder ontvangen; enkele afdelingen werden daarbij bezocht. Vele malen mocht het NLR bezoek ontvangen van leden van het Bestuur van de Stichting NLR. Zo bezochten Drs. Ph. Leenman en Mr. A. L. Goedhart het NLR, waarbij zij contact hadden met leden van het Management Team van het NLR. Gen. Maj. H. Dieters, vergezeld van Kol. P. J. Wamstekker, Hoofd van de Afdeling Wetenschappelijk Onderzoek van de KLu, en enkele van diens stafmedewerkers, bracht een werkbezoek aan het NLR. Drs. F. Lagerwey werd, samen met Dr. L. B. J. Stuyt, voorzitter van de Centrale Organisatie TNO, op het NLR te Amsterdam ontvangen.

Voorts bezochten een aantal NLRGC-bestuursleden het NLR in Amsterdam, onder meer teneinde zich te oriënteren over het ergonomisch onderzoek dat bij het NLR wordt uitgevoerd.

Van het TNO werd bezoek ontvangen van Drs. Lagerwey met een aantal medewerkers voor een gedachtenwisseling over de organisatie en werkwijze van het NLR. Dr. J. Berghuis, directeur van ESTEC, vergezeld van de heren J. Hawkes en E. Slachmuylders, werden op het NLR in de Noordoostpolder ontvangen.

Besprekingen werden gehouden over mogelijkheden voor samenwerking in toekomstige ruimtevaartprojecten.

Ir. J. E. Prins, directeur van het Waterloopkundig Laboratorium, werd op het NLR in Amsterdam ontvangen.

De contacten van het NLR met buitenlandse laboratoria en instellingen resulteerden in een groot aantal bezoeken uit het buitenland.

In AGARD-verband (zie ook hoofdstuk 9) hielden Col. B. M. Parkinson (USAF, V. S.), Prof. K. Karamcheti (Stanford Univ., V. S.) en Dr. D. T. Gjessing (Defense Research, Noorwegen) een lezing op het NLR.

Van de buitenlandse zusterorganisaties DFVLR (W.-Duitsland), RAE (Engeland), en ONERA (Frankrijk) werd veelvuldig bezoek ontvangen, om de voortgang van de samenwerking met het NLR op verschillende gebieden van onderzoek te bespreken dan wel nieuwe mogelijkheden voor samenwerking na te gaan.

Dr. J. Martin, Assistant Secretary for Research and Development van de USAF, en Col. J. R. Dunbar, van het Pentagon te Washington, D. C., en Lt. Kol. R. L. Akers, Research and Development Coordinator van het SHAPE Technical Center, brachten een oriënterend bezoek aan het NLR te Amsterdam. De grote windtunnels en de vluchtnabootser werden bezichtigd.

De heer W. J. Charnley, Deputy Controller Research and Development Establishment van het Min. of Defence, Dr. E. W. E. Rogers, van het RAE, en de heer J. F. Barnes, van het Min. of Defence, allen uit Engeland, bezochten het NLR te Amsterdam en in de Noordoostpolder.

Ongeveer 130 bezoekers afkomstig van buitenlandse laboratoria, instellingen, en industrieën bezochten de NLR-laboratoria in Amsterdam en in de Noordoostpolder, waarbij belangstelling bleek te bestaan voor informatie-uitwisseling over aërodynamische berekeningen, computerprogramma's, resultaten van windtunnelmetingen, onderzoekresultaten van de KAT en de vluchtnabootser, resultaten van ergonomisch onderzoek, metingen met servogestuurde belastingssystemen, onderzoek aan coatings van motoronderdelen, e.d.

## 8 Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR

Het bestuur hecht grote waarde aan de functie en het werk van de Wetenschappelijke Commissie NLR-NIVR. Dit college adviseert het bestuur onder meer ten aanzien van het jaarlijkse werkplan en adviseert de directie met name terzake van de geschiktheid van wetenschappelijke rapporten voor publikatie. De adviezen die de Wetenschappelijke Commissie aan het bestuur uitbracht, hadden onder meer betrekking op onderzoeken die in 1975 door het NLR als speurwerk in eigen beheer zijn verricht en op het concept-werkplan voor 1977. Voorts zijn op verzoek van de directie wederom vele rapporten beoordeeld in de zin als bovenbedoeld. Voor de lijst van rapporten die gepubliceerd zijn, wordt verwezen naar blz. 107 e. v.

De voorzitter van de Wetenschappelijke Commissie, Prof. Dr. Ir. A. I. van de Vooren, woonde, zoals reeds is opgemerkt, de vergaderingen van het NLR-bestuur bij. De samenstelling van de Commissie onderging in het verslagjaar geen verandering. Zij was aan het eind van dat jaar als volgt:

Prof. Dr. Ir. A. I. van de Vooren, *voorzitter*

Prof. Dr. J. Borgman

Prof. Ir. P. Jongenburger

Prof. Dr. Ir. J. A. Steketee

Prof. Dipl. Ing. J. B. Westerdijk

Ir. H. J. Wennink trad op als secretaris der Commissie.

Het bestuur heeft grote waardering voor het werk van de subcommissies. De vergaderingen van de subcommissies waren voor een belangrijk deel gewijd aan de voorbereiding van door de Wetenschappelijke Commissie uit te brengen adviezen.

De samenstelling der subcommissies was aan het eind van het verslagjaar als volgt:

Prof. Dr. Ir. J. A. Steketee, *voorzitter*

Prof. J. H. D. Blom

Ir. E. Dobbinga

Prof. Dr. Ir. J. L. van Ingen

Ir. N. Voogt

Dr. Ir. P. Wesseling

Prof. Ir. H. Wittenberg

Subcommissie voor  
Aërodynamica

Subcommissie voor  
Aëro-elasticiteit

Prof. Dr. Ir. A. van der Neut, *voorzitter*  
Prof. J. H. D. Blom  
Dr. Ir. R. Coene  
Lt. Kol. Ir. H. Kreuning  
Ir. J. F. van der Spek

Subcommissie voor  
Ruimtevaarttechniek

Prof. Ir. H. Wittenberg, *voorzitter*  
Dr. Ir. J. A. M. Bleeker  
Prof. Drs. W. Bloemendal  
Prof. Ir. D. Bosman  
Ir. P. Ph. van den Broek  
Dr. R. J. van Duinen  
Dr. W. de Graaff  
Ir. H. T. Huele  
Ir. P. Kant

Subcommissie voor  
Sterkte en Materialen

Prof. Dr. Ir. A. van der Neut, *voorzitter*  
Prof. Ir. J. G. ten Asbroek  
Prof. Dr. Ir. J. F. Besseling  
Prof. Ir. P. Jongenburger  
Ir. R. J. Schliekelmann  
Ir. J. F. van der Spek  
Dr. Ir. W. A. Schultze

Subcommissie voor  
Toegepaste Wiskunde

Prof. Dr. Ir. P. J. Zandbergen, *voorzitter*  
Prof. Dr. Ir. L. Dekker  
Prof. Dr. Ir. A. J. W. Duyvestijn  
Ir. W. P. J. Fontein  
Dr. Ir. P. Wesseling

Subcommissie voor  
Vliegeigenschappen en  
Vliegtuiggebruik

Prof. J. H. D. Blom, *voorzitter*  
KLTZ (T) Ir. W. G. de Boer  
J. de Haas  
Ir. R. J. A. W. Hosman  
A. P. Moll  
Maj. vl. A. P. Okkerman  
Ir. C. H. Reede  
C. G. J. Reijers  
Ir. P. H. G. J. Spuybroek

Ten besluite van deze informatie over de Wetenschappelijke Commissie volgt hier nog het letterlijk citaat van de slotbeschouwing uit het verslag over 1976 van de Commissie zelve:

*"Opnieuw wil de Wetenschappelijke Commissie er haar voldoening over uitspreken, dat het bij het NLR verrichte onderzoek zeer waardevol is mede gezien de positieve beoordeling door de subcommissies van de verschenen rapporten en publicaties. Dit maakt het mogelijk dat het NLR, in samenwerking met de industrie, een actief aandeel heeft in de voorstudies, die moeten worden verricht ten behoeve van een nieuw vliegtuigproject. Dat het NLR ook internationaal in aanzien staat blijkt uit de samenwerking met verwante instellingen in andere landen en uit de vele uitnodigingen voor het houden van voordrachten op internationale congressen.*

*De Wetenschappelijke Commissie kan zich verenigen met het voor 1977 opgestelde werkplan. In dit werkplan nemen de onderzoeken, die ten behoeve van de Nederlandse vliegtuigindustrie worden verricht en die voor een groot deel in opdracht van het NIVR geschieden, een belangrijke plaats in.*

*Het lijkt de Commissie echter noodzakelijk, dat het NLR ook speurwerk waarvan de baten mogelijk pas op wat langere termijn duidelijk worden in voldoende mate blijft verrichten en dat het NLR eveneens aandacht besteedt aan verwante gebieden, die thans in opkomst zijn".*

## 9 De Nederlandse Delegatie bij de AGARD

### 9.1 SAMENSTELLING VAN DE NEDERLANDSE DELEGATIE AAN HET EIND VAN 1976

In de samenstelling van de Nederlandse Delegatie bij de "Advisory Group of Aerospace Research and Development (AGARD)" van de Noord-Atlantische Verdragsorganisatie (NAVO) kwam een wijziging, doordat Ir. A. J. Marx per 1 maart 1976, i. v. m. het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd, door de minister van Defensie op eervolle wijze werd ontheven van zijn functie van Nationale Gedelegeerde. In zijn plaats werd benoemd Ir. J. A. van der Blik, algemeen directeur NLR.

De Nederlandse gedelegeerden  
bij de AGARD

Prof. Dr. Ir. O. H. Gerlach  
Ir. J. A. van der Blik

Het secretariaat van de Nederlandse Delegatie werd vervuld door de heer A. H. Geudeker, die tevens als Nationaal Coördinator voor AGARD aangelegenheden optrad, met als plaatsvervanger de heer R. A. Jager.

De Nederlandse vertegen-  
woordiging in de AGARD  
commissies

Met ingang van 1 januari 1976 werden krachtens een beschikking van de minister van Defensie de Nederlandse leden van de vaste AGARD Commissies ("Panels") benoemd c. q. herbenoemd voor een periode van 3 jaar.

De Nederlandse vertegenwoordiging in de commissies bestond op 31 december uit:

Fluid Dynamics Panel  
(FDP)

Prof. Dr. Ir. J. A. Steketee, TH Delft, afd. der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek  
Prof. Dr. Ir. J. L. van Ingen, TH Delft, afd. der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek  
Ir. J. P. Hartzuiker, NLR  
Dr. Ir. B. M. Spee, NLR

Flight Mechanics Panel  
(FMP)

Prof. Dr. Ir. O. H. Gerlach, TH Delft, afd. der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek  
Prof. Ir. T. van Oosterom, NLR  
Drs. J. Buhrman, NLR

Aerospace Medical Panel  
(ASMP)

Kol.-vliegerarts C. A. Steendijk, KLu  
Dr. W. J. Oosterveld, Wilhelmina Gasthuis, Amsterdam

Propulsion and Energetics  
Panel

Prof. Ir. H. Wittenberg, TH Delft, afd. der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek  
Ir. F. Jaarsma, NLR

|                                                  |                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Structures and Materials Panel<br>(SMP)          | Dr. Ir. H. P. van Leeuwen, NLR<br>Ir. J. B. de Jonge, NLR                                                              |
| Technical Information Panel<br>(TIP)             | Lt. Kol. b. d. R. E. Panhuyzen, TDCK<br>Ir. A. S. T. Tan, NLR                                                          |
| Avionics Panel<br>(AVP)                          | Ir. H. A. T. Timmers, NLR<br>Prof. Ir. D. Bosman, TH Twente, afd. der Elektrotechniek                                  |
| Guidance and Control Panel<br>(GCP)              | Ir. P. Kant, NLR<br>Ir. P. Ph. van den Broek, TH Delft, afd. der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek                    |
| Electromagnetic Wave<br>Propagation Panel (EWPP) | Prof. Ir. B. van Dijl, TH Eindhoven, afd. der Elektrotechniek<br>Prof. Ir. L. Krul, TH Delft, afd. der Elektrotechniek |

## 9.2 VERGADERINGEN VAN DE NATIONALE GEDELEGEERDEN

De gebruikelijke voor- en najaarsvergaderingen van Nationale Gedelegeerden vonden plaats in maart te Parijs en in september te Istanbul, voorafgegaan door bijeenkomsten van het AGARD Steering Committee, waarin Prof. Dr. Ir. O. H. Gerlach m. i. v. maart 1976 zitting kreeg, van de voorzitters (resp. hun plaatsvervangers) van de AGARD Panels en (alleen in maart) van de Nationale Coördinatoren.

Tijdens de voorjaarsvergadering, die in hoofdzaak aan het programma en de begroting voor 1977 was gewijd, werden inleidingen gehouden over "The need for scientific and technological forecasting for NATO" (Admiral Sir Peter Hill-Norton RN, NATO); "Possibilités d'approche du domaine aérospatial militaire à l'horizon 2000" (Ingénieur-général J. Carpentier, Fr.) en "Outlook for Aeronautics 1980-2000" (dr. Roberts, NASA, USA).

Deze inleidingen hielden verband met een studie: "Project 2000", over voorspelling van technologische ontwikkelingen op lange termijn die door de AGARD wordt uitgevoerd. Bij deze studie zijn van Nederlandse zijde betrokken: Ir. A. J. Marx, oud algemeen directeur NLR en oud Nationaal Gedelegeerde, en Dr. Ir. B. M. Spee, adjunct-directeur NLR.

In de najaarsvergadering werden de lopende programma's en de voorbereidingen voor AGARD activiteiten in 1978 besproken.

## 9.3 AGARD JAARVERGADERING

De jaarvergadering, die in september te Istanbul werd gehouden, bood de Nationale Gedelegeerden gelegenheid d. m. v. een bezoek aan het laboratoriumcomplex Marmara kennis te nemen van de Turkse inspanning op het gebied van natuurwetenschappelijk onderzoek dat verband houdt met het Turkse aandeel in AGARD activiteiten.



#### 9.4 TECHNISCHE BIJENKOMSTEN VAN DE COMMISSIES VAN DE AGARD

Zoals gebruikelijk werden volgens het door de Raad van Nationale Gedelegeerden vastgestelde programma, dat in AGARD Bulletin 76-1 werd gepubliceerd, bijeenkomsten van velerlei aard zo goed mogelijk over de in de AGARD samenwerkende landen verdeeld. Vele medewerkers van het NLR leverden wetenschappelijke bijdragen voor bijeenkomsten, namen deel aan het werk van commissies en werkgroepen of waren op andere wijze betrokken bij voorbereiding en uitvoering van AGARD bijeenkomsten. Daarnaast leverden ook andere Nederlandse instellingen, werkzaam op het gebied van lucht- en ruimtevaart, waardevolle bijdragen. De belangstelling uit andere kringen van wetenschap en techniek voor de "spin-off" van de "speerpunt"-technologieën van lucht- en ruimtevaart bleef zich manifesteren, o.m. door deelneming aan bijeenkomsten en aanvragen voor AGARD publicaties.

De belangrijkste AGARD bijeenkomsten waarvoor van Nederlandse zijde belangstelling bestond, zijn hierna vermeld, waarbij tevens is aangegeven het nummer van de AGARD Conference Proceedings (CP) waarin het verslag van de bijeenkomst is (of wordt) gepubliceerd:

Fluid Dynamics Panel  
(voorzitter *Ir. J. P. Hartzuiker*,  
NLR)

3-5 mei, St. Louis

"Application of non-intrusive instrumentation in fluid flow research"  
(CP 193)

23-24 juni, Brussel

"Numerical methods in wind tunnel testing"  
(CP 210)

- één Nederlandse bijdrage, verzorgd door het NLR

27-29 september, Moffett Field

"Prediction of aerodynamic loading"  
(CP 204)

- één Nederlandse bijdrage, verzorgd door Fokker-VFW

Flight Mechanics Panel

31 mei-3 juni, Sandefjord

"Aircraft operational experience and its impact on safety and survivability"  
(CP 212)

- twee Nederlandse bijdragen, verzorgd door de Koninklijke Luchtmacht en de KLM

11-15 oktober, Porz-Wahn

"Flight test techniques"  
(CP. nr. nog niet bekend)

- twee Nederlandse bijdragen, verzorgd door de TH te Delft en het NLR

Aerospace Medical Panel

5-9 april, Kopenhagen

"The pathophysiology of high sustained +Gz acceleration, limitation to air combat manoeuvring and use of centrifuges in performance training"

(CP 189)

"The recent experience/advances in aviation pathology"

(CP 190)

"Visual aids and eye protection for the aviator"

(CP 191)

20-24 september, Athene

"Visual presentation of cockpit information including special devices used for particular conditions of flying"

(CP 201)

"Special aspects of aviation occupational and environmental medicine"

(CP 202)

"Recent advances in space medicine"

(CP 203)

- drie Nederlandse bijdragen, waarvan twee verzorgd door de Gem. Universiteit Amsterdam in samenwerking met een Amerikaans en een Duits instituut, en één verzorgd door het NLR

Propulsion and Energetics  
Panel

20-21 mei, Porz-Wahn

"Through flow calculations in axial turbomachinery"

(CP 195)

"Small solid propellant rockets for field use"

(CP 194)

- één Nederlandse bijdrage, verzorgd door Technologisch Laboratorium TNO

6-10 september, Parijs

"Variable geometry and multicycle engines"

(CP 205)

Structures and Materials Panel

4-9 april, Ottawa

"Advanced fabrication techniques in powder metallurgy and their economic implications"

(CP 200)

"Helicopter design mission load spectra"

(CP 206)

- één Nederlandse bijdrage, verzorgd door het NLR

29 september-1 oktober, Londen

"Fracture mechanics design methodology"

(CP nr. nog niet bekend)

"Acoustic fatigue review"

(CP nr. nog niet bekend)

- twee Nederlandse bijdragen, verzorgd door het NLR

|                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Avionics Panel<br/>(vice-voorzitter<br/>Ir. H. A. T. Timmers, NLR)</p>    | <p>10-18 juni, 's-Gravenhage<br/>"Avionic cooling and power supplies for advanced aircraft"<br/>(CP 195)<br/>- één Nederlandse bijdrage, verzorgd door het NLR<br/>"New devices, techniques and systems in radar"<br/>(CP 197)<br/>- twee bijdragen van Nederlandse deskundigen werkzaam bij het SHAPE Technical Centre te 's-Gravenhage en één bijdrage verzorgd door het Fysisch Laboratorium TNO</p> |
|                                                                              | <p>4-8 oktober, Florence<br/>"Avionics and guidance and control for remotely piloted vehicles"<br/>(in samenwerking met Guidance and Control Panel)<br/>(CP 213)</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>Electromagnetic Wave<br/>Propagation Panel</p>                            | <p>26-30 april, Brussel<br/>"Artificial modification of propagation media"<br/>(CP 192)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                              | <p>18-22 oktober, Istanbul<br/>"Electromagnetic propagation characteristics of surface materials and interface aspects"<br/>(CP 208)<br/>"Propagation limitations in navigation and positioning systems"<br/>(CP 209)</p>                                                                                                                                                                               |
| <p>Guidance and Control Panel<br/>(vice-voorzitter<br/>Ir. P. Kant, NLR)</p> | <p>3-7 mei, Cheltenham<br/>"Night and all weather guidance and control systems for fixed-wing aircraft"<br/>(CP 211)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                              | <p>4-8 oktober, Florence                      Zie onder Avionics Panel</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Technical Information Panel</p>                                           | <p>20-22 oktober, Arlington (USA)<br/>"Advancements in retrieval technology as related to information systems"<br/>(CP 207)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                              | <p>Nederlandse belanghebbenden werden d. m. v. convocaties en door aankondigingen in "De Ingenieur" geattendeerd op de mogelijkheden aan de AGARD bijeenkomsten deel te nemen.</p>                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                              | <p>Het totaal aantal Nederlandse deelnemers aan de in het verslagjaar gehouden technische bijeenkomsten van de AGARD commissies bedroeg 126.</p>                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 9.5 AGARD CONSULTANT AND EXCHANGE PROGRAM

Bezoeken van buitenlandse deskundigen aan Nederland

In het kader van het "AGARD Consultant and Exchange Program" brachten enige buitenlandse deskundigen bezoek aan Nederland voor het houden van lezingen en voor gedachtenwisselingen met Nederlandse deskundigen. Zoals gebruikelijk werden op ruime schaal uitnodigingen verspreid opdat zoveel mogelijk Nederlandse belanghebbenden van deze bezoeken konden profiteren.

De AGARD Consultants waren:

|           |                                                                         |                                                                                                    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| juni      | Prof. L. A. Gerhardt<br>(Rensselaer Polytechnic<br>Institute, New York) | "Digital signal processing"<br>"Adaptive systems"<br>'s-Gravenhage, SHAPE Technical Centre)        |
| augustus  | Col. B. W. Parkinson (USAF)                                             | "NAVSTAR" global positioning system"<br>(NLR)                                                      |
| september | Prof. K. Karamcheti<br>(Stanford University, USA)                       | Diverse onderwerpen op het gebied van<br>"Aeroacoustics"<br>(NLR Amsterdam en TH Delft)            |
| oktober   | Mr. E. J. Pollock (USAF)                                                | "Operational training, testing and<br>evaluation requirements"<br>( 's-Gravenhage, Luchtmachtstaf) |
| december  | Dr. D. T. Gjessing<br>(Defence Research, Noorwegen)                     | "Environmental surveillance by remote<br>probing"<br>(NLR Amsterdam)                               |

Het totaal aantal Nederlandse deelnemers aan de bovengenoemde lezingen bedroeg 195.

In verband met de aanwezigheid van enige AGARD Consultants in omringende landen, namen groepen Nederlandse belanghebbenden deel aan lezingenseries te Parijs, over "Digital flight control systems for manned aircraft" in mei en over "Computer-aided writing and editing systems" in juli.

Bezoek van Nederlandse deskundige aan de V. S.

Eveneens in het kader van het Consultant and Exchange Program bracht Dr. H. L. Jonkers, afd. Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek van de Technische Hogeschool Delft, in het najaar een bezoek aan de V. S. voor het houden van lezingen over "New developments and accuracy limits in aircraft flight testing" ten behoeve van NASA, USAF, en een tweetal universiteiten in Kansas.

AGARD Lecture Series

De reeks AGARD Lecture Series, die ten doel heeft bekendheid te geven aan nieuwe ontwikkelingen op de voor lucht- en ruimtevaart van belang zijnde gebieden van wetenschap en techniek, werd in het verslagjaar voortgezet.

De AGARD Lecture Series, waaraan in totaal door ruim 130 Nederlanders werd deelgenomen, waren:

- LS 80 (december, Brussel, in samenwerking met VKI)  
"Aerodynamic noise"
- LS 81 (april, München en Londen)  
"Avionics design for reliability"
- LS 82 (mei, Delft)  
"Practical aspects of Kalman filtering implementation"
- LS 83 (juni, Londen)  
"Modern prediction methods for turbomachine performance"
- LS 84 (oktober, Delft)  
"Prevention and combat of corrosion in aircraft structures"  
één spreker verbonden aan TH Delft
- LS 85 (oktober/november, Parijs en Londen)  
"Review of developments in computer output microfilm (COM) and micrographic technology, present and future".

De teksten van vorengenoemde lezingenseries zijn uitgegeven onder AGARD LS gevolgd door het nummer van de desbetreffende Lecture Series.

Von Kármán Institute for  
Fluid Dynamics (VKI)

In het bestuur van het VKI hebben Prof. Dr. Ir. H. J. van der Maas (emeritus hoogleraar THD en oud-voorzitter NLR), Ir. J. A. van der Blik (algemeen directeur NLR), en Ir. J. Boeker (THD) zitting. Laatstgenoemde is tevens lid van de "Board of Directors".

Tussen dit nabij Brussel gelegen instituut en de AGARD bestaat een samenwerking, waarbij in het kader van het AGARD Consultant Program zonodig deskundigen worden aangetrokken voor het geven van cursussen of het houden van lezingen. De in 1975 voor de cursus experimentele aërodynamica ingeschreven Nederlander behaalde in 1976 het diploma.

In het verslagjaar werden wederom cursussen gegeven, waarvoor - in tegenstelling tot AGARD bijeenkomsten - cursusgeld is verschuldigd.

De cursussen waarvoor van Nederlandse zijde belangstelling bestond waren:

- |          |                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|
| januari  | - Aerodynamic separation of gases and isotopes<br>- Turbine blade cooling  |
| februari | - Introduction to rheology                                                 |
| maart    | - Compressible turbulent boundary layers<br>- Computational fluid dynamics |
| april    | - Missile aerodynamics<br>- Wind effects on buildings and structures       |
| mei      | - Gas-solid suspensions<br>- Industrial compressors                        |

In totaal namen 46 Nederlanders aan deze cursussen deel.

## 9.6 AGARD PUBLIKATIES

De resultaten van bijeenkomsten en van andere activiteiten van de AGARD werden zoals gebruikelijk vastgelegd in AGARD publikaties, waarvan jaarlijks 90 à 100 nieuwe titels verschijnen.

In het verslagjaar kwamen de volgende publikaties gereed:

- 7 AGARDographs (AG)
- 27 Conference Proceedings (CP)
- 9 Advisory Reports (AR)
- 18 Technical Reports (R)
- 6 Lecture Series (LS)
- 2 Bulletins (BUL)

Daarnaast werden nog 6 publikaties van algemene aard, w.o. het AGARD Handboek 1976, uitgegeven.

Evenals in vorige jaren hadden medewerkers van het NLR door het schrijven van wetenschappelijke verhandelingen of het verzorgen van de redactie, een aandeel in het samenstellen van deze publikaties.

Aan zoveel mogelijk Nederlandse belanghebbenden, ook buiten de lucht- en ruimtevaart, werden hetzij gedrukte exemplaren, hetzij microfiches van AGARD publikaties verstrekt.

## BIJLAGEN

## Bijlage 1 - Bijdragen aan congressen, cursussen en tentoonstellingen

NLR-medewerkers leverden de volgende bijdragen aan congressen, in de vorm van voordrachten of ingezonden bijdragen:

Ir. J. H. van der Zwaan hield op de Meeting van de Supersonic Tunnel Association (V. S. ) de lezing over "Comparison of measured and calculated model support interference".

Ir. S. J. Boersen leverde aan de Euromech 74 bijeenkomst "Lifting wings and bodies at supersonic and hypersonic speeds" te Cambridge (U. K. ) de bijdrage "Study of the Reynolds number effects on pressure and normal force distribution along conically pointed circular cylinders at  $M = 2.3$ ".

Ir. J. M. J. Fray leverde aan de Euromech 75 bijeenkomst "The calculation of flow fields by means of panel methods" te Braunschweig (W. -Duitsland) de bijdrage "A source lattice method for wing thickness design".

Dr. Ir. R. Roos hield op deze bijeenkomst de lezing "Application of panel methods for unsteady subsonic flow".

Ir. J. W. Slooff hield op uitnodiging van het VKI op de AGARD-VKI bijeenkomst "Numerical methods and wind tunnel testing" te Rhode/St-Genese (België) een overzichtslezing "Wind tunnel tests and aerodynamic computations; thoughts on their use in aerodynamic design".

Ir. H. Tijdeman hield op uitnodiging op de ONR Conferentie "Transonic flow" te Los Angeles (V. S. ) de lezing "On the unsteady aerodynamic characteristics of oscillating airfoils in two-dimensional transonic flow".

Ir. J. W. Boerstool hield, eveneens op uitnodiging, op deze conferentie de lezing "Hodograph theory and shock-free airfoils".

Ir. R. Poestkoke leverde voor de 46th Semi-annual Meeting of the Supersonic Tunnel Association op de Batelle Columbus Laboratories te Columbus (Ohio, V. S. ) de bijdrage "Hydraulic test rig for oscillating wind tunnel models".

Ir. J. P. K. Vlegthert hield op het ICAS/DGLR Symposium "Air Breathing Engines" te München de lezing "Fuel consumption of civil jet transport aircraft".

Drs. J. Smit hield op het Intern. Symposium "Monitoring Behavior and Supervisory Control" van de NATO Scientific Affairs Div. te Berchtesgaden (W. -Duitsland) de lezing "Pilot workload analysis based upon in-flight physiological measurements and task analysis methods".



Drs. M. F. C. van Gool en Ir. H. A. Mooij leverden op de 12th Annual Conference on Manual Control van de NASA/USAF en de Universiteit van Illinois, te Urbana Champaign (V. S. ) de bijdrage "A comparison of in-flight and ground-based pitch-attitude tracking experiments".

Ir. P. H. Wewerinke hield op deze conferentie de voordracht "Human control and monitoring - models and experiments".

Ing. I. de Boer hield op de AGARD-ASMP Meeting on Avionic Cooling and Power Supplies for Advanced Aircraft te 's-Gravenhage de lezing "The cooling of a pod-mounted avionic system".

Ir. P. H. Wewerinke gaf op de 33e AGARD ASMP-Specialists Meeting te Athene de lezing "A theoretical framework to study the effect of cockpit information".

Ir. C. F. G. M. Hofman hield op de AIAA Aircraft Systems and Technology Meeting te Dallas (Texas, V. S. ) de voordracht "Investigation of decelerating approaches of a twin-engined jet transport".

Ir. J. M. ten Have hield op het 10e ICAS congres te Ottawa (Canada) de lezing "Conflict detection and resolution in the Netherlands ATC-system SARP II".  
Medeauteur : Dr. Ir. C. G. H. Scholten.

Dr. Ir. G. Bartelds hield op dit congres de lezing "Evaluation study of composite reinforced wing panel construction".

Ir. W. P. Koevermans gaf in het kader van de lezingencyclus "Modellen in de Ergonomie" voor de leden van de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie een lezing over de vluchtnabootser met bewegende stuurhut en uitzichtsimulatie.

Dr. R. J. H. Wanhill hield op de conferentie over "Fatigue Testing and Design" van de Society of Environmental Engineers te Londen de lezing "Environmental fatigue under gust spectrum loading for sheet and forging aircraft materials".

Dr. R. J. H. Wanhill en Ir. E. A. B. de Graaf gaven in het kader van een post-graduate seminarie over breukverschijnselen aan de Kath. Universiteit van Leuven lezingen over "Environmental fatigue" en over "Praktijkschade door vermoeiing".

Ir. G. M. van Dijk gaf op de 42e AGARD Structures and Materials Panel Meeting te Ottawa (Canada) een lezing over "Falstaff".

Dr. R. J. H. Wanhill hield op de Gordon Research Conference on Corrosion te New London (New Hampshire, V. S. ) een lezing over "Ambient temperature subcritical crack growth in titanium alloys - the significance for aircraft structures".

Dr. R. J. H. Wanhill leverde voor de 2nd Intern. Conference on Mechanical Behavior of Materials te Boston (V. S. ) de bijdrage "Fatigue striation mechanisms in metal".

Ir. H. Vlieger gaf op de AGARD Structures and Materials Panel Meeting on Fracture Mechanics Design Technology te Londen de voordracht "Application of fracture mechanics in designing built-up sheet structures".

Dr. R. J. H. Wanhill hield op deze bijeenkomst een voordracht over "Calculation of stress intensity factors for corner cracking in a lug".

Medeauteur: Ing. C. J. Lof.

Dr. R. J. H. Wanhill hield op de conferentie "Aluminium alloys in the aircraft industry" van de Ass. Italiana di Metallurgia en het Istituto Sperimentale di Metalli Leggeri te Turijn (Italië) de lezing "Aluminium alloy development and evaluation for aircraft structure performance".

Medeauteur: Ir. G. F. J. A. van Gestel.

Dr. Ir. E. Riks hield op het 14e IUTAM congres te Delft de voordracht "An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems in elastic stability".

Ir. A. U. de Koning hield op dit congres eveneens een lezing "A contribution to the analysis of slow stable crack growth".

Dr. Ir. H. P. van Leeuwen gaf op de CARTEur 3 bijeenkomst te Köln/Porz een presentatie "Microscopic study of stress corrosion crack growth in an AlZnMg alloy".

Medeauteur: Ing. L. Schra.

Dr. Ir. H. P. van Leeuwen gaf op de gecombineerde vergadering van de Commissies voor Kruip, voor Vermoeiing, en voor Breukmechanica, onder auspiciën van de Bond voor Materialenkennis, de lezing "De toepassing van breukmechanica op scheurvorming bij kruip".

Ir. W. Loeve hield op uitnodiging op het Symposium "Industriële Wiskunde" tijdens het 12e Nederlandse Mathematische Congres te Amsterdam een inleiding over "De wijze waarop wiskunde wordt gebruikt bij het onderzoek door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium".

Ir. W. Loeve hield op uitnodiging op het 5th Intern. Conference on "Numerical Methods in Fluid Dynamics" te Enschede de lezing "The calculation of aerodynamic characteristics of wing-body combinations at subsonic flight speeds".

Dr. C. R. Traas hield op het 27th Intern. Aeronautical Congress te Anaheim (Cal., V.S.) de voordracht "Estimation of modelling errors in satellite attitude determination".

Drs. F. J. van den Bosch en R. P. de Moel leverden voor de Eerste Conferentie van de European Cooperation in Informatics te Amsterdam de bijdrage "Aspects of the communication within a tri-level multisuppliers computer network".

Ir. O. B. M. Pietersen hield op het AGARD-FMP Symposium over "Flight Test Techniques" te Porz-Wahn de lezing "Determination of antenna radiation patterns, radar cross sections and jam-to-signal ratios by flight tests".

Ir. W. Loeve hield op uitnodiging op IWIS-TNO in 's-Gravenhage een lezing over mogelijke computer-infrastructuren.

Ir. J. W. G. van Nunen en Ir. G. J. Alders gaven te Washington en Eglin AFB (V.S.)

op uitnodiging van de USAF een presentatie van de mogelijkheden van het NLR op het gebied van certificatiwerkzaamheden voor gevechtsvliegtuigen.

Ir. H. W. Kleingeld hield voor de Nederlandse Vereniging voor Luchtvaarttechniek de lezing "Niet-stationaire prestatiemetingen met de Hunter".

Ir. G. J. Alders hield, eveneens voor deze vereniging, de lezing "Vliegtuig-wapencertificatie".

Voorts vergaderde de AGARD Werkgroep "Transonic Wall Interference" twee dagen bij het NLR te Amsterdam.

Voor de Vliegtuigbouwkundige Studievereniging "Leonardo da Vinci" werd op een zogeheten "Informatiedag" met betrekking tot een studiereis naar de V. S. een aantal inleidingen gehouden door medewerkers van Fokker-VFW en het NLR. Deelnemers aan de "Training Course on Human Engineering" (onder auspiciën van de Scientific Affairs Div. van de NATO) brachten een bezoek aan de vluchtna-bootser, waarbij NLR-medewerkers inleidingen gaven over simulatietechnieken en -methoden.

De afdeling Mechanica van het Koninklijke Instituut van Ingenieurs (KIVI) hield een door het NLR verzorgde bijeenkomst op het NLR te Amsterdam met als thema "flutteronderzoek". Inleidingen werden gegeven en de windtunnels werden bezocht.

Voor een aantal docenten, cadetten en studenten van de Koninklijke Militaire Academie werd gedurende een week in de beide laboratoria van het NLR een oriëntatiecursus gegeven.

Een bijeenkomst werd gehouden te Amsterdam, waar de stand van zaken van de ARIANE werd gepresenteerd voor vele deskundigen van binnen en buiten het NLR. Een "Corrosion Prevention Meeting" werd gehouden in Amsterdam en in de Noord-oostpolder, voor vertegenwoordigers van de luchtmachten uit binnen- en buitenland.

De docenten en deelnemers van de cursus Hogere Stafvorming 1976/78 van de Luchtmacht Stafschool brachten een werkbezoek aan Amsterdam.

De contactgroep Aero-Akoestiek hield een bijeenkomst op het NLR in de Noordoostpolder. Een aantal voordrachten werd gehouden.

## Bijlage 2 - Publikaties

In het verslagjaar zijn 177 rapporten verschenen; hiertoe behoren ook de niet voor publikatie bestemde rapporten, met uitzondering van de eenvoudige ijkings- en keuringsrapporten.

De volgende rapporten zijn als publikaties van het NLR verschenen:

|                |                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NLR TR 74084 U | A quantitative analysis of hydrogen-induced cracking. (thesis)<br>H. P. van Leeuwen                                                                                                             |
| NLR TR 74141 U | Handling quality criteria development for transport aircraft with fly-by-wire primary flight control systems.<br>H. A. Mooij                                                                    |
| NLR TR 74159 U | An ALGOL-program for the calculation of incompressible three-dimensional turbulent boundary layers.<br>J. P. F. Lindhout                                                                        |
| NLR TR 75014 U | Analysis of the NLR airports pollution dispersion model on sensitivity for meteorological parameters and on source modelling.<br>J. J. Tiggelaar                                                |
| NLR TR 75027 U | Start- en landingsprestatie metingen met het LN-3 traagheidsnavigatiesysteem.<br>J. Breeman                                                                                                     |
| NLR TR 75038 U | On the motion of shock waves on an airfoil with oscillating flap in two-dimensional transonic flow.<br>H. Tijdeman                                                                              |
| NLR TR 75060 U | Effort involved in single- and two-axis manual control systems.<br>P. H. Wewerinke                                                                                                              |
| NLR TR 75062 U | Human pilot describing function, remnant and associated information for pitch attitude control: Results from in-flight and ground-based tracking experiments.<br>M. F. C. van Gool, H. A. Mooij |
| NLR TR 75085 U | A model for the calculation of the properties of a jet in a three-dimensional non-uniform main flow.<br>H. Snel                                                                                 |
| NLR TR 75090 U | A program for the computation of a compressible turbulent boundary layer under infinite swept wing conditions.<br>J. P. F. Lindhout, E. de Boer                                                 |

- NLR TR 75114 U      Tensile failure of unidirectional composite materials.  
W. G. J. 't Hart, F. A. Jacobs, J. H. Nassette
- NLR TR 75115 U      Collection of supercritical aerofoils obtained with the NLR hodograph method.  
J. A. van Egmond, J. W. Boerstoeel
- NLR TR 75124 U      *Reynolds number effects on pressure and normal force distributions along conically pointed circular cylinder at free-stream Mach number of 2.3.*  
S. J. Boersen
- NLR TR 75129 U      Users manual of ARREST, a computer routine for prediction of residual strength of cracked stiffened panels.  
H. Vlieger, A. Sanderse
- NLR TR 75137 U      Calculation of acoustic modes in an infinite duct with shear flow and sound absorbing walls.  
J. J. Tiggelaar
- NLR TR 75140 U      Investigation on a passenger ride-comfort improvement system, with limited control surface actuator performance, for a flexible aircraft.  
L. J. Erkelens, J. Schuring
- NLR TR 75142 U      Fatigue fracture of aluminium alloy sheet materials at high growth rates.  
R. J. H. Wanhill, G. F. J. A. van Gestel
- NLR TR 75144 U      Sound transmission in and radiation from hard-walled annular ducts related to fan engine inlets.  
J. N. Laan
- NLR TR 75145 U      Influence of solid film lubricants on the fatigue strength of aluminium alloy lugs.  
A. Nederveen, H. P. van Leeuwen
- NLR TR 75158 U      Comparison between the statistical discrete gust method and the power-spectral density method.  
R. Noback
- NLR TR 75163 U      Toepassing van "active controls" voor de verlaging van vermoeiingsbelastingen.  
J. B. de Jonge
- NLR TR 75168 U      Fracture toughness and fatigue properties of the new aluminium alloy 7475-T76.  
W. G. J. 't Hart, A. Nederveen, E. Stoffels, J. Tromp
- NLR TR 75171 U      Exploratory investigation of decelerating approaches of a twin-engined jet transport. Volume 1: Fixed-base simulation.  
C. F. G. M. Hofman
- NLR TR 76001 U      Investigations of three-dimensional incompressible turbulent boundary layers. (thesis)  
B. van de Berg
- NLR TR 76003 U      Conditional recurring sequences. (thesis)  
J. L. Simons
- NLR TR 76004 U      Rate effects on residual strength of flawed structures and materials.  
H. P. van Leeuwen, L. Schra

|                |                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NLR TR 76008 U | Heat treatment studies of aluminium alloy type 7050 forgings. Interim report No. 2: The effect of heat treatment on a variety of engineering properties.<br>L. Schra, H. P. van Leeuwen                          |
| NLR TR 76018 U | A theoretical investigation of gas conduction effects on multilayer insulation performance.<br>A. A. M. Delil, J. F. Heemskerk                                                                                   |
| NLR TR 76033 U | Residual strength data of riveted panels with different stiffener configurations.<br>H. Vlieger                                                                                                                  |
| NLR TR 76039 U | Investigation of a cross-coupling drift compensation method on a single axis gyro stabilized platform.<br>J. A. Bosgra                                                                                           |
| NLR TR 76040 U | In-orbit experiment with an attitude control algorithm for ANS based on modern control principles.<br>J. J. M. Prins                                                                                             |
| NLR TR 76041 U | Survey of modern control and observation theory for disturbed target following aerospace systems. Part one: Basic theory.<br>P. T. L. M. van Woerkom                                                             |
| NLR TR 76042 U | Study of growth of stress corrosion cracks in the aluminium alloy 7075. Part III: Continuation of the investigation on the influence and the role of the corrosion potential and the halide anion.<br>A. Hartman |
| NLR TR 76048 U | Digital filtering methods, with applications to satellite attitude determination in the presence of modelling errors; Part I: Theory.<br>C. R. Traas                                                             |
| NLR TR 76056 U | Equations for the response of an airplane to non-stationary atmospheric turbulence patches.<br>R. Noback                                                                                                         |
| NLR TR 76065 U | The significance of cladding for fatigue of aluminium alloys in aircraft structures.<br>J. Schijve, F. A. Jacobs, P. J. Tromp                                                                                    |
| NLR TR 76076 U | Application of fracture mechanics to cleavage in highly textured titanium alloys.<br>R. J. H. Wanhill                                                                                                            |
| NLR TR 76095 U | Heat transfer experiments with liquid helium in Spacelab.<br>A. A. M. Delil, J. F. Heemskerk                                                                                                                     |
| NLR TR 76125 U | The need of stick force stability for attitude-stabilized aircraft; Part I.<br>H. A. Mooij, M. F. C. van Gool                                                                                                    |
| NLR MP 75032 U | The development of transonic airfoils for helicopters.<br>(Voordracht op de 31st Annual National Forum of the American Helicopter Society te Wash. D. C., mei 1975)<br>J. W. Slooff, F. X. Wortman, J. M. Dukon  |

- NLR MP 75033 U      Review of the application of hodograph theory to transonic aerofoil design and theoretical and experimental analysis of shock-free aerofoils.  
(Voordracht op het IUTAM Symposium Transsonicum II te Göttingen, 8-13 sept. 1975)  
J. W. Boerstoeel
- NLR MP 75035 U      A contribution to the analysis of slow stable crack growth.  
(Voordracht op het Euromech Colloquium te Stockholm, 20-22 aug. 1975)  
A. U. de Koning
- NLR MP 75036 U      The effect of finite test section length on wall interference in 2-D ventilated wind tunnels.  
(Voordracht op het AGARD FDP Symposium on "Wind tunnel Design and Testing Techniques" te Londen, U.K., 6-10 okt. 1975)  
J. W. Slooff, W. J. Piers
- NLR MP 75037 U      Environmental fatigue under gust spectrum loading for sheet and forging aircraft materials.  
(Voordracht op de Conference and Exhibition "Fatigue Testing and Design" te Londen, U.K., 5-9 april 1976)  
R. J. H. Wanhill, J. Schijve, F. A. Jacobs, L. Schra
- NLR MP 75039 U      Remarks on the suitability of various transonic small perturbation equations to describe three-dimensional transonic flow; examples of computations using a fully conservative rotated difference scheme.  
(Voordracht op het IUTAM Symposium Transsonicum II te Göttingen, 8-13 sept. 1975)  
J. van den Vooren, J. W. Slooff, G. H. Huizing, A. van Essen
- NLR MP 75040 U      Enige toepassingen van stochastische methodieken bij trillingsonderzoek.  
(Bijdrage aan het Symposium "Stochastische Trillingsverschijnselen" te Delft, 17 nov. 1975)  
J. W. G. van Nunen
- NLR MP 75041 U      The establishment of safe separations between aircraft in flight.  
(Voordracht op het 28th Internat. Air Safety Seminar, georganiseerd door de Flight Safety Foundation Inc. in Amsterdam, 3-5 nov. 1975)  
A. Pool
- NLR MP 76002 U      Hodograph theory and shock-free airfoils.  
(Voordracht op de ONR Conferentie "Transonic Flow" te Los Angeles, V.S., 30-31 maart 1976)  
J. W. Boerstoeel
- NLR MP 76003 U      On the unsteady aerodynamic characteristics of oscillating airfoils in two-dimensional transonic flow.  
(Voordracht op de ONR Conferentie "Transonic Flow" te Los Angeles, V.S., 30-31 maart 1976)  
H. Tijdeman

- NLR MP 76004 U      Fatigue striation mechanisms in metal.  
(Voorbereid voor de 2nd International Conf. on Mech. Behavior of Materials, te Boston, V.S., aug. 1976)  
R. J. H. Wanhill
- NLR MP 76005 U      De wijze waarop wiskunde wordt gebruikt bij het onderzoek door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium.  
(Voordracht op het Symposium Industriële Wiskunde tijdens het 12e Nederlandse Mathematische Congres te Amsterdam, 14-15 april 1976)  
W. Loeve
- NLR MP 76007 U      Aspects of the communication within a tri-level multisuppliers computer network.  
(Voorbereid voor de Eerste Conferentie van de European Cooperation in Informatics te Amsterdam, 9-12 aug. 1976)  
F. J. van de Bosch, R. P. de Moel
- NLR MP 76008 U      Ambient temperature crack growth in titanium alloys and its significance for aircraft structures.  
(Artikel te publiceren in de Journal of the Royal Aeronautical Society)  
R. J. H. Wanhill
- NLR MP 76009 U      Comparison of full scale wind climate around a high-rise building with wind tunnel tests on a model.  
R. Poestkoke, F. X. C. M. van Lindert, J. W. G. van Nunen, L. A. Conrads
- NLR MP 76010 U      Application of panel methods for unsteady subsonic flow.  
(Voordracht op het Euromech Colloquium 75 "The Calculation of Flow Fields by means of Panel Methods" te Braunschweig/Rhode, W.-Duitsland, 10-13 mei 1976)  
R. Roos
- NLR MP 76011 U      A comparison of in-flight and ground-based pitch attitude tracking experiments.  
M. F. C. van Gool, H. A. Mooij
- NLR MP 76012 U      The effect of environment on fatigue crack propagation under gust spectrum loading in aluminium alloy sheet, and the significance for realistic testing.  
(Voorbereid voor de Proceedings van de Conference on "The influence of environment on Fatigue" te Londen, U.K., 18-19 mei 1977)  
R. J. H. Wanhill, F. A. Jacobs, L. Schra
- NLR MP 76013 U      Wind tunnel tests and aerodynamic computations; thoughts on their use in aerodynamic design.  
(Voordracht op de AGARD-FDP Specialists Meeting on "Numerical Methods and Wind Tunnel Testing" te Rhode-St Genèse, 23-24 juni 1976)  
J. W. Slooff
- NLR MP 76016 U      Conflict detection and resolution in the Netherlands ATC-system SARP II.  
(Voordracht op het 10th ICAS Congress te Ottawa, Canada, 3-9 oktober 1976)  
J. M. ten Have, C. G. H. Scholten
- NLR MP 76017 U      The calculation of aerodynamic characteristics of wing-body combinations at subsonic flight speeds.



- (Voordracht op de 5th Internat. Conf. on "Numerical Methods in Fluid Dynamics" te Enschede, 28 juni-3 juli 1976)  
W. Loeve
- NLR MP 76019 U      Estimation of modelling errors in satellite attitude determination.  
(Voordracht op het 27th Congress of the IAF te Anaheim, Cal., V.S., 10-16 oktober 1976)  
C. R. Traas
- NLR MP 76020 U      Hydraulic test rig for oscillating wind tunnels models.  
(Voorbereid voor de 46th Semi-Annual Meeting of the Supersonic Tunnel Association op de Batelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, V.S., 30 sept. - 1 oktober 1976)  
R. Poestkoke
- NLR MP 76021 U      Calculation of stress intensity factors for corner cracking in a lug.  
(Voorbereid voor de AGARD Structures and Materials Meeting on "Fracture Mechanics Design Methodology" te Londen, U.K., 28-29 september 1976)  
R. J. H. Wanhill, C. J. Lof
- NLR MP 76022 U      *Aluminium alloy development and evaluation for aircraft structure performance.*  
(Voordracht op de Internat. Meeting on "Aluminium Alloys in Aircraft Industry" te Turijn, Italië, 1-2 oktober 1976)  
R. J. H. Wanhill, G. F. J. A. van Gestel
- NLR MP 76024 U      Application of fracture mechanics in designing built-up sheet structures.  
(Voordracht op de AGARD Specialists Meeting on "Fracture Mechanics Design Methodology" te Londen, U.K., 28-29 sept. 1976)  
H. Vlieger

## Bijlage 3 – Verklaring van een aantal van de gebruikte afkortingen

|         |                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------|
| AGARD   | Advisory Group for Aerospace Research and Development (NAVO)     |
| AIAA    | American Institute of Aeronautics and Astronautics               |
| AIDS    | Aircraft Integrated Data Systems                                 |
| ANC     | Air Navigation Conference                                        |
| ANP     | Aanloopfase Nieuw Project                                        |
| ANS     | Astronomische Nederlandse Satelliet                              |
| ARINC   | Aeronautical-Radio Inc.                                          |
| ARTISS  | Agricultural Real-Time Imaging Satellite System                  |
| ASKA    | Automatic System for Kinematic Analysis                          |
| ATC     | Air Traffic Control                                              |
| AWOP    | All Weather Operations Panel (ICAO)                              |
| BIRAP   | Balloon Infrared Astronomy Platform                              |
| CADAS   | Computer-controlled Avionics Data Acquisition System             |
| CCV     | Control-Configured Vehicles                                      |
| CFRP    | Carbon-Fibre Reinforced Plastic                                  |
| CNES    | Centre National d'Etudes Spatiales                               |
| CODAS   | Carry-On Data Acquisition System                                 |
| CSST    | Continue Supersone-snelheidstunnel                               |
| CTOL    | Conventional Take-off and Landing                                |
| DAISY   | Direct-Access Interface System                                   |
| DBMS    | Database Management System                                       |
| DFVLR   | Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt |
| DLC     | Direct Lift Control                                              |
| DME     | Distance-Measuring Equipment                                     |
| DNW     | Duits-Nederlandse Windtunnel                                     |
| DVSV    | Dataverwerkingsstation-Vliegproeven                              |
| DYDRA   | Dynamische Drukregistratie Apparatuur                            |
| ECN     | Energie-onderzoek Centrum Nederland                              |
| ESA     | European Space Agency                                            |
| ESOC    | European Space Operations Centre                                 |
| ESTEC   | European Space Research and Technology Centre                    |
| EZ      | Ministerie van Economische Zaken                                 |
| FAA     | Federal Aviation Administration                                  |
| FDAU    | Flight Data Acquisition Unit                                     |
| GART    | Geluidsanalyse en -Registratie Systeem                           |
| GARTEur | Group for Aeronautical Research and Technology in Europe         |
| HSA     | Hollandse Signaalapparaten                                       |

|         |                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HST     | Hoge-snelheidswindtunnel                                                                                    |
| IAF     | International Astronautical Federation                                                                      |
| ICAF    | International Committee on Aeronautical Fatigue                                                             |
| ICAO    | International Civil Aviation Organization                                                                   |
| ICAS    | International Council of the Aeronautical Sciences                                                          |
| ICIRAS  | Industrieel Consortium IRAS                                                                                 |
| IEEE    | Institute of Electrical and Electronic Engineers                                                            |
| ILS     | Instrument Landing System                                                                                   |
| INS     | Inertial Navigation System                                                                                  |
| IR      | Infrarood                                                                                                   |
| IRAS    | Infrarood Astronomische Satelliet                                                                           |
| IUTAM   | International Union of Theoretical and Applied Mechanics                                                    |
| KAT     | Kleine Anechoïsche Tunnel                                                                                   |
| KLM     | Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V.                                                                    |
| KLu     | Koninklijke Luchtmacht                                                                                      |
| KM      | Koninklijke Marine                                                                                          |
| KMA     | Koninklijke Militaire Academie                                                                              |
| KNMI    | Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut                                                              |
| KNVvL   | Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart                                                          |
| LSEO    | Landelijke Stuurgroep Energie-onderzoek                                                                     |
| LST     | Lage-snelheidstunnel                                                                                        |
| LVB     | Luchtverkeersbeveiliging (RLD)                                                                              |
| MHD     | Magnetohydrodynamica                                                                                        |
| MLS     | Microwave Landing System                                                                                    |
| MPA     | Maritieme Patrouille Versie van de Fokker F27                                                               |
| NASA    | National Aeronautics and Space Administration                                                               |
| NAT/SPG | North Atlantic Systems Planning Group                                                                       |
| NAVO    | Noord-Atlantische Verdragsorganisatie                                                                       |
| NAV/SEP | Eurocontrol Panel of Experts on Navigation and Separation                                                   |
| NFT     | NLR Flight Test System                                                                                      |
| NIVR    | Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart                                              |
| NIWARS  | Nederlandse Interdepartementale Werkgemeenschap voor het Applicatie-onderzoek van Remote Sensing technieken |
| NLR     | Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium                                                                 |
| NLRGC   | Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Geneeskundig Centrum                                                        |
| NLRI    | Instationaire NLR-panelenmethode                                                                            |
| NOP     | Noordoostpolder                                                                                             |
| NT      | Nagalmtunnel                                                                                                |
| NuBe    | Numerieke Besturing                                                                                         |
| OBC     | On-Board Computer                                                                                           |
| OCP     | Obstacle Clearance Panel (ICAO)                                                                             |
| ONERA   | Office National d'Etudes et des Recherches Aérospatiales                                                    |
| ONR     | Office of Naval Research                                                                                    |
| O en W  | Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen                                                                   |
| PCM     | Puls Code Modulatie                                                                                         |

|         |                                                                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|
| PHAROS  | Processor for Harmonic Analysis of the Response of Oscillating Surfaces |
| PROGEL  | Programmasysteem Elementenmethode                                       |
| PT      | Pilottunnel                                                             |
| QUANS   | Queen Air Navigation System                                             |
| RAE     | Royal Aircraft Establishment                                            |
| RASP    | Radio Altimeter-based System for Positioning                            |
| RGCS    | Review of the General Concept of Separation Panel (ICAO)                |
| RLD     | Rijksluchtvaartdienst                                                   |
| RWS     | Rijkswaterstaat                                                         |
| SARP    | Signaal Automatic Radar Processing                                      |
| SATCO   | Signaal Automatic Air Traffic Control                                   |
| SLAR    | Side-looking Airborne Radar                                             |
| SNIAS   | Société Nationale Industrielle Aérospatiale                             |
| SST     | Supersone-snelheidstunnel                                               |
| STALINS | Start- en landingsmeetsysteem met INS                                   |
| STOL    | Short Take-off and Landing                                              |
| TAK     | Terminal Area Radar                                                     |
| TH      | Technische Hogeschool                                                   |
| TNO     | Centrale Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek    |
| TPD     | Technisch Fysische Dienst (TNO-TH Delft)                                |
| USAF    | United States Air Force                                                 |
| VFR     | Visual Flight Rules                                                     |
| VFW     | Vereinigte Flugtechnische Werke                                         |
| VHF     | Very High Frequency                                                     |
| VKI     | Von Kármán Institute for Fluid Dynamics                                 |
| VOR     | VHF Omnidirectional Range                                               |
| V/STOL  | Vertical/Short Take-off and Landing                                     |
| V en W  | Ministerie van Verkeer en Waterstaat                                    |

## SUMMARIES

# 1 Capita selecta

In this chapter, the hydrogen embrittlement of high-strength steel is described. Furthermore, an outline is given of the application of Numerical Control (NC) in manufacturing wind tunnel models.

## 1.1 HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF HIGH-STRENGTH STEEL (figs. 1-5, pp. 27-35)

### Introduction

Two forms of hydrogen embrittlement can be distinguished. In the case of internal hydrogen embrittlement, the embrittlement is caused by the hydrogen dissolved in the metal. In the case of external hydrogen embrittlement, it is caused by hydrogen at the metal surface, which is present as such at the surface or is liberated there from hydrogen compounds.

Moreover, it has been shown that for a number of metals stress corrosion is a hydrogen-embrittlement phenomenon.

Not all metals are equally susceptible to hydrogen embrittlement. A number of very important materials used in structures, however (steel, and nickel-, titanium-, and zirconium-alloys), are very susceptible and the more so as the alloy has a higher tensile strength.

Internal hydrogen embrittlement has the following characteristics (see fig. 1):

- the failure is delayed;
- below a certain threshold value of the stress, no failure occurs;
- the crack growth is step-wise.

External hydrogen embrittlement has the following characteristics (see fig. 2):

- crack initiation and crack growth occur at unexpectedly low values of the stress and the stress intensity;
- the toughness is strongly reduced.

### Problems caused by hydrogen embrittlement

Internal hydrogen embrittlement causes damage to aeronautical, mechanical, and naval structures. Internal and external hydrogen embrittlement occur in (petro)-chemical installations. In hydrogen fuel tanks in spacecraft and in hydrogen storage tanks, many problems with embrittlement had to be solved. In the future, hydrogen may be used as fuel for aircraft and for other vehicles.

In contemporary aircraft, hydrogen-embrittlement problems occur in several important structural parts, which often have been made of high-strength steel.

Because the tensile strength of these steel parts is about four times as high as for conventional structures, the susceptibility to hydrogen embrittlement is roughly a factor ten higher. The hydrogen causing these problems is thought to originate from de-icing fluids, and from chemicals for de-greasing, paint stripping, etching and galvanic treatments.

Theoretical models for the description of hydrogen embrittlement

A number of models has been developed to predict hydrogen embrittlement. Each of these models has its own physical basis, and appears to have a limited applicability.

At the NLR, a theory in which the "planar pressure model" and the "lattice-decohesion model" are combined has been developed to describe the behaviour of high-strength steel for aeronautical purposes with respect to internal hydrogen embrittlement. This theory also gives an analytical basis to the lattice-decohesion model and it yields a quantitative description of both external and internal hydrogen embrittlement.

A quantitative theory to describe hydrogen embrittlement

It can be shown that the hydrogen concentration in the metal is higher in those places where the hydrostatic tensile stress is high: at dislocations and at tips of cracks and notches (fig. 3). A maximum in the tensile stress is then reached at a certain location just before the tip. First, the exact location and the height of the maximum are calculated with existing semi-analytical and numerical methods based on plasticity theories. Then, formulas are derived to calculate the hydrogen concentration at the same location. Now, the assumption is made that decohesion of small inclusions (carbides, oxides) occurs, promoted by the dissolved hydrogen, which causes a microcrack at grain boundary precipitates and inclusions (fig. 4). The hydrogen adjacent to the void cannot remain in solution (the tensile stress being much lower there) and precipitates into the microcrack. From the hydrogen concentration at the stress maximum, the hydrogen pressure in the microcrack can be calculated.

*This calculated pressure, however, is far too low to explain crack propagation from purely mechanical causes. When experimental data on external embrittlement are inserted in this model (hydrogen pressure at an external crack as a function of the minimal tensile stress causing crack propagation), acceptable predictions can be made for internal-crack propagation.*

Further, calculations have been performed to predict the shape of the experimental curve for external embrittlement, by a derivation - in the lattice-decohesion model - of an analytical expression for the relation between the stress intensity factor, the hydrogen concentration at the crack tip, and the hydrogen pressure. The results of these calculations agreed with the experimental results (fig. 2).

The critical hydrogen concentration (above which fracture occurs) could be predicted reasonably well in the case of internal microcracks, when this relation is applied.

This quantitative picture is also used to describe stress corrosion. A relation can be derived between the stress intensity factor and the crack propagation velocity

under stress corrosion, when it is taken into account that the crack propagation velocity, in this model, is directly dependent on the hydrogen diffusion velocity and on the distance from the crack tip to the decohesion enclave (i.e. the stress maximum). In fig. 5, it is shown that the theoretical results agree with the experimental results.

## 1.2 THE APPLICATION OF NUMERICAL CONTROL (NC) IN MANUFACTURING WIND TUNNEL MODELS (figs. 6-11, pp. 36-43)

### Introduction

An important aspect in the manufacture of wind tunnel models is the construction of the outside shape, which is often doubly curved, and which is determined by a number of fixed points. Curves and surfaces have to be fitted through these points. Until recently, the fitting of curves through these points was performed by hand, and its quality was determined by the skill of the technician. Nowadays, metal models are mostly manufactured by machinery, which is easy for plane or axially symmetric surfaces, but which is much more complicated for curved surfaces.

In the past, copying machines were often used to transfer the data of the shape from a master to the final model by means of a feeler controlled by the machine mechanism. The construction of the master, however, is time-consuming and expensive (it has to be done by hand). Often, the final model had to be corrected extensively by hand.

Nowadays, the data on the shape are numerically recorded on tape; this tape is fed into a milling machine and controls the milling process (numerical control - NC).

The development of numerical control, together with developments in the construction of machinery, made it possible to machine workpieces with complicated shapes without corrections by hand afterwards. For each workpiece, the advantages of numerical control (speed, no corrections by hand afterwards) and the disadvantages (higher manufacture costs, the extra costs of making the control tape) with respect to conventional methods have to be weighed carefully. In the design of wind tunnel models for instance, manufacturing time can be of overriding importance.

### Some aspects of the NC-process as applied at NLR

All data on shape and dimension of the workpiece, together with machine instructions (r.p.m., etc.), are recorded on the control tape. An electronic control unit reads the control tape, and controls the milling machine. Four machine movements can be controlled with a closed position-servomechanism (see fig. 6).

The surface fitting through the points is performed numerically with an interpolator generating those points between the given points which are necessary for the milling process. The milling paths are calculated starting from the final shape of the model and the geometrical shape of the milling cutter. In fig. 7, several milling fields can be distinguished, where the milling paths are defined in various ways.



The computer programs for the calculation of milling paths are often developed at the NLR. A workpiece programmer chooses the computer programs he needs, adds the data concerning the shape and dimensions (from drawings and tables), and writes down the subsequent machine instructions. By means of a special workpiece computer program, these data are recorded on a tape. Plotters are used to control the intermediate calculated results (fig. 8). A machine operator may overrule the machine instructions from the control tape ("feed-rate overriding") if necessary.

#### Equipment and computer programs

Since 1969, the NLR has a numerically controlled milling machine at its disposal in the Noordoostpolder laboratory. The machine is specially adapted to the manufacture of wind tunnel models. It has a high stability. Its table dimensions are 1400x800 mm<sup>2</sup>; the vertical freedom of movement of the milling cutter is 450 mm. A numerically controlled turning table of 420 mm diam. can be installed on the table, with horizontal or vertical rotary axis (fig. 9).

Several measures have been taken to guarantee a maximum precision (air-conditioned room, direct drive by a d.c. motor, constant-temperature spindle, etc.). The accuracy over the whole workpiece is 0.01-0.02 mm, dependent on the nature of the process.

On a special three-axis measuring machine (fig. 10), models or model parts can be measured quickly and accurately. This machine is adapted to the same workpieces as the NC milling machine. Its accuracy is 0.01 mm; its resolution is 0.005 mm.

#### Results and experience

The precision of the workpiece is determined not only by the quality of the computer programs, the resolution of the control unit, and the accuracy of the milling machine, but also by other factors, which have to be controlled by the machine operator (such as the wear of the milling cutter, the deformation of the workpiece as a result of the milling process, stress in the material, temperature influences, etc.).

The only finishing process still necessary is the polishing by hand of the edges between the milling paths. No further corrections are necessary.

Models of wings can be machined with 0.05 mm accuracy over a length of 1.5 m.

A special procedure has been developed to manufacture model parts for which the data cannot be given numerically. When, for instance, wing/fuselage fairings have to be made, first the numerically defined wing and fuselage are constructed without fairing. Then the fairing is modelled by hand with plasticine, strengthened with lacquer, and measured on the measuring machine with a feeler of the same shape as the milling cutter (fig. 11). Then these coordinates are fed into the milling machine, with which a metal fairing is produced.

In the development of new aircraft shapes, the possibility of manufacturing wind tunnel models quickly and efficiently with NC-machines has proved to be very valuable.

## 2 Research

### 2.1 AERODYNAMICS

#### Pre-project studies

Much effort was spent on the further development of new technologies to be applied to the next generation of aircraft. The activities directed towards the development of a new aircraft project (in close cooperation with Fokker-VFW) were intensified, including the aerodynamic design of supercritical wings, configuration studies (location of engines and flaps), and aero-elastic and aero-acoustic aspects.

The theoretical investigations concerning the design of supercritical wings were continued. High-speed wind tunnel measurements were performed on wing/fuse – large configurations. The capabilities of the computer programs for the design of supercritical wings were extended. The aerodynamic properties of various configurations of supercritical wings with flaps were determined in the low-speed wind tunnel. Calculations were made to study the aerodynamic consequences of various possible configurations of high-bypass engines.

The development of a computer program for the calculation of the high-bypass fan noise was continued. The thrust losses at take-off conditions for several jet-noise suppressor nozzles were measured in the small anechoic wind tunnel KAT.

#### Aircraft development

Fokker-VFW was assisted in the research program to minimize the engine jet noise of the F28 aircraft. The small anechoic wind tunnel KAT was used extensively for these investigations.

Wind tunnel measurements were carried out for the European aircraft industry in support of their aircraft development programs: for SNIAS, Dassault, and CNES (ARIANE-launcher).

#### Steady flow fields

The possibilities were investigated for the development of a method for the calculation of airfoil shapes resulting in a prescribed pressure distribution in incompressible flow, under certain geometrical conditions.

Wind tunnel measurements were performed to measure the pressure distribution over a swept wing with part-span flap, connected to the fuselage, in order to compare these experimental results with results from calculations with the NLR panel method for the same configuration.

Calculations were performed of three-dimensional boundary layers on a swept wing, with a turbulent boundary layer on the upper side and a laminar boundary layer on the lower side of the wing. Subsequently, the effect of the presence of

the boundary layers on the pressure distribution on the wing was calculated and compared with experimental results from wind tunnel investigations.

The development and testing of methods for the calculation of the influence of the jet stream on the flow around an aircraft were continued.

#### Steady transonic flow over airfoils

The approximate method for the calculation of the nonviscous flow with shock waves around lifting wings was further developed and programmed.

Two methods were investigated on their applicability in the calculation of transonic flow with shock waves around given airfoils: the finite-element method and the singularity method.

The results of the experimental investigation on the influence of the pressure distribution after the shock and the Mach number before the shock on the interaction between shock waves and boundary layers were analysed and reported.

#### Unsteady flow

The investigations on the unsteady behaviour of supercritical airfoils were continued.

Wind tunnel measurements on an oscillating airfoil were analysed and preparations were made for measurements on a supercritical airfoil with flap.

Parallel to these experiments, a method is being developed for the calculation of two-dimensional unsteady transonic flows.

In the HST, a flutter investigation was carried out on a model of a wing with stores, to verify the calculation method for unsteady aerodynamic loads on oscillating wing-fuselage configurations with or without external stores.

#### Viscous effects

A program was developed to calculate the viscous flow around airfoils with flaps.

The first aim is the calculation of the attached viscous flow around airfoils with flaps, under the assumption that no mixing of wakes and boundary layers occurs.

Wind tunnel measurements of the boundary layer on an airfoil with flap were performed in the LST 3x2, to verify this computer program.

The experiment on the mixing of wakes and boundary layers has been completed.

The velocity and turbulence measurements in the wake/boundary-layer mixing region were analysed.

The computer programs for the calculation of three-dimensional laminar and turbulent boundary layers were successfully applied in the design of supercritical wings. A new program is being written to meet the requirements for routine use (shorter calculation time, larger versatility).

#### Improvement of wind tunnel testing

The method for the calculation of the influence of wind tunnel walls in the two-dimensional case, based on the improved version of the "homogeneous equivalent boundary condition", was investigated further. The finite test section length and the representation of the last part of the walls appeared to be very important.

A three-dimensional version of the method was tested with success by a comparison of its results for a quasi-two-dimensional case with the results of the two-dimensional calculational method.

A program was written with which the two-dimensional wall influence can be calculated from the measured pressure distribution near the wall.

The NLR and the DFVLR developed a common research program concerning wall interference in the case of three-dimensional models with high lift in slotted-wall tunnels. The DFVLR will perform the experimental part of the program (with an NLR-manufactured model) and the NLR the theoretical part.

#### Aero-acoustic studies and propulsion aerodynamics

The testing techniques for hot-jet simulation (with air and decomposed hydrogen peroxide) were evaluated for their use in aerodynamic (thrust losses) and acoustic (noise reduction) measurements in the small anechoic wind tunnel (KAT). Methods were developed further for the calculation of the propagation of sound through finite-length ducts with non-uniform flow and sound-absorbing walls. A flow duct connected to a small reverberation chamber was designed and manufactured, for the purpose of acoustic liner testing to be applied in wind tunnel models.

Experiments were performed with high-intensity sound sources (Hartmann whistles), which will be used in a flow-duct facility for acoustic liner testing.

## 2.2 AIRCRAFT

#### Aircraft development

Considerable support was given to Fokker-VFW in the evaluation and certification flight testing of new versions of the F28 and F27 aircraft and of new systems in these aircraft. A special NLR-developed Carry-On Data Acquisition System (CODAS) was used in these tests.

More in particular, assistance was rendered in:

- performance measurements in flight with the Fokker F28 Mk4000 aircraft;
- system evaluation of the "ground proximity warning system";
- measurements of load spectra of the F28-A1 prototype aircraft;
- flight tests of the F27 Maritime Patrol Aircraft (in which the CODAS-system was used).

The pilot actions and instrument readings were filmed in a F28 series aircraft, to obtain data for the development of a Fokker F28 flight simulator.

Under contract with NIVR and in cooperation with Fokker-VFW, the study of advanced stability and control systems was continued. Particularly, an investigation of a possible gain in performance by applying these systems was carried out, by a determination of the relation between the position of the centre-of-gravity range and the minimal area of the horizontal tail plane.

Furthermore, a theoretical study was made of the possibilities to improve the flying qualities of a medium-size jet transport aircraft during approach and landing by using a combined control of elevator, spoilers, and airbrakes.

## Flight mechanics

The investigations concerning the design of criteria for aircraft fitted with modern control systems were continued. In this context, flight tests were performed with the F28-A1 prototype to investigate the need of positive stick-force stability in attitude-stabilized aircraft. The development of criteria for the handling qualities of aircraft with Direct Lift Control (DLC) is subject of a joint program of DFVLR and NLR.

As a continuation of flight tests in the DFVLR HFB 320 Hansa aircraft, the applicability of decelerating approaches for transport aircraft was examined in the moving-base flight simulator.

As part of the study of the concept of automatic approach and landing, the "Auto-throttle Speed Control System" of the DC10 was analysed.

The flight mechanics of helicopters were experimentally investigated. The data were compared with theoretical estimates, in particular of the stability derivatives.

## Measuring, recording, and display techniques

In cooperation with the DFVLR and the Technical University Delft, a research program is in progress to develop a system for the determination of flying qualities and performance of aircraft (for symmetric and asymmetric movements) by means of measurements in nonsteady flight. An associated computer program for the reconstruction of aircraft trajectories was completed. Studies were made of the specific requirements as to hardware and software for the application of this method to a medium-size transport aircraft, such as the F28-A1 prototype.

The system for measuring the flight path during take-off and landing with an inertial platform (STALINS) was tested on the flight simulator. The accuracy of the measurements of the auxiliary Radio Altimeter-based System for Positioning (RASP) was tested in flight with the Queen Air laboratory aircraft. Finally, the STALINS and the RASP system were successfully tested in flight in the F28-A1 prototype. The flight path of a DFVLR laboratory aircraft was recorded with the Terminal Area Radar (TAR 2) at Schiphol, in order to be used as a reference in the determination of the accuracy of inertial navigation platforms.

AGARD Volume 8 of AGARDograph 160 "Linear and angular position measurement of aircraft components" of the "AGARD Flight Test Instrumentation Series" was completed by NLR staff members.

## Aircraft equipment

Under contract with the RLD, a new measurement and recording system is being developed for the inspection and calibration of ground-based navigation systems. This system provides an accurate aircraft-position determination at any moment of the flight, derived from the combined readings of several DME-distances and the data from an inertial navigation system. The whole data acquisition and the preliminary processing take place during the flight, by means of a Computer-controlled Avionics Data Acquisition System (CADAS). Several flight tests were performed with the Queen Air laboratory aircraft to test the various subsystems. In the framework of measuring aircraft trajectories, the short-term accuracy of the LTN-58 inertial platform and the use of filter techniques to improve the photo-position accuracy were investigated.

## Aircraft operation

The computer programs for the mathematical analysis of aircraft operations were updated and documented. The available simulation models appear to have a broad range of application.

The performance and work load of the pilot during automatic and manual approaches of a DC8 aircraft were measured in the flight simulator. These experimental data appeared to compare very well with theoretical predictions.

A computer program was written for the statistical analysis of physiological-measurement data, in order to investigate whether these measurements can be applied for the determination of the work load as well.

For the ICAO Working Groups: the All Weather Operations Panel (AWOP) and the Obstacle Clearance Panel (OCP), several activities took place under contract with the RLD.

For the AWOP, NLR staff members participated actively in a Working Group evaluating several Microwave Landing Systems (MLS).

The data from wind measurements at Cabauw were statistically analysed. A method was developed to determine the deviations of aircraft from the nominal glide path during approach under influence of the wind profiles measured.

The low-altitude wind shear was measured with AIDS-equipment in KLM-aircraft. Measurement of a head-wind variation appeared to be feasible; for the measurement of the cross-wind variation, the recording of the slip angle appeared to be necessary.

As part of the activities for the OCP, several OCP-meetings were attended by NLR staff members. New tables were made for the calculation of Obstacle Assessment Surfaces.

## Air-traffic control

Assistance was rendered to the RLD in the further development of the air-traffic control system SARP at Schiphol. In the development of the flight-path model for SARP II, results of flight-path measurements of Eurocontrol were used; the model will be further evaluated with the help of the available "legal records". Preparations were made for the static and dynamic testing of the conflict-detection program during the acceptance tests by the RLD.

Meetings of the "Specialist Panel on Automatic Conflict Detection and Resolution" of Eurocontrol were attended.

In order to optimize the fuel consumption of transport aircraft, a computer program was prepared that permits to compare the fuel required for various flight procedures during climb, cruise and descent.

The NLR assisted the RLD extensively in the evaluation of the Terminal Area Radar TAR 2 and in the preparation for the purchase of TAR 3.

As in previous years, the SATCO-data on flight plans were statistically evaluated and reported.

An investigation was made of the air-traffic capacity of Schiphol Airport, in relation to the prognoses on the growth of air transport in the future.

International Working Groups formulated proposals to change ICAO-documents on safe separation standards. These proposals were discussed at ICAO-meetings attended by an NLR staff member as advisor of the RLD-delegation.

As a first step in a possible development of an operational tip-vortex detection system, measurements were made on the four main runways at Schiphol Airport with windmill anemometers; the first results were promising.

## 2.3 STRUCTURES AND MATERIALS

### Development projects

In the framework of the development of the new aircraft project, advanced wing box structures were selected and evaluated, and properties of advanced materials were determined.

The buckling behaviour of stiffened panels (with, a.o., composite materials) was theoretically investigated. Mixed-laminate specimens of titanium and aluminium sheet material were subjected to flight-simulation tests.

The results of compression tests on mixed-laminate panels were compared with the theoretical results for aluminium panels. Static tests and fatigue tests were performed on a specimen, to investigate the behaviour of a tension skin joint for a mixed-laminate structure.

### Aircraft loads

New methods for the determination of gust loading on aircraft were investigated. A mathematical model for the gust phenomenon is being constructed.

A statistical analysis was made of a large number of flights of a specific type of aircraft with the help of AIDS-recordings (Aircraft Integrated Data System), in order to derive operational and load statistics for this type of aircraft.

Comparative fatigue tests were performed on plane notched sheet specimens to determine experimentally the gain in lifetime or the reduction in the weight of the structure when the gust loading is lower.

The RLD was assisted in the evaluation of new damage tolerance regulations.

### Dynamic behaviour of structures

The available methods for the calculation of vibrations in structures were examined on their application in more extreme cases.

The flutter and vibration calculations were used to support HST experiments.

### Strength and stiffness of structures

In the framework of the activities for the Association Progel (Programming system Element methods), the part of the programming system for the calculation of the strength and stiffness of structures was successfully tested.

A new incremental procedure for the calculation of critical states in elastic equilibrium was examined.

### Fracture toughness and residual strength

The critical crack-tip opening angle was measured for a number of advanced materials (7475-T76 and 2024-T3), as part of the study of plastic deformation. The load versus crack-length curves were also measured for several materials. The computer program for the calculation of plastic deformation PLASTIC was improved.

The theoretical prediction of crack-closure behaviour during unloading of a specimen became more realistic after the possibility of crack growth during the

loading was introduced in these calculations. Experimental results of crack-closure behaviour agreed with results of earlier calculations.

The fracture behaviour of adhesive bonds was investigated with tension tests of the usual type in fracture investigation of metals.

In the program for the calculation of the stress intensity in the case of cracks in lugs, the distribution of elements was changed to obtain a higher accuracy. Results of these calculations agreed very well with results from data obtained from fatigue experiments.

#### Fatigue

The influence of the plate-edge finishing on the fatigue lifetime of light-metal specimens was determined in flight-simulation experiments. In this way, also the influence of the environment on the lifetime of 2024-T3 and 7075-T6 aluminium specimens was investigated, and the - negative - influence of the anti-corrosion coating LPS-3 on the lifetime of specimens with single lap joints.

Reference specimens and lugs of the 2024-T3 aluminium alloy were investigated on their crack growth at bolt-hole edges.

#### Stress corrosion

As part of the study on electrochemical aspects of stress corrosion for aluminium alloys, stress corrosion experiments were performed under bending on notched specimens of the aluminium alloy 7075, to determine the lifetime and crack propagation curves in various corrosive environments and for varying electrode potentials.

The relation between the microstructure and the technical properties was investigated for the aluminium alloy AZ-74.61.

In stress corrosion experiments, the crack length was measured directly, and was also calculated from experimental results for the displacement of the crack opening, in order to evaluate the indirect method and to obtain a calibration.

#### Evaluation of modern structural materials

The properties of modern structural materials were examined, in order to reach a lower structural weight while the strength and crack-tolerance properties are conserved.

The effect of previous corrosion on fatigue crack initiation was investigated for the 7050 and AZ-74.61 aluminium alloys. The crack initiation time and crack propagation rate were also measured as a function of the heat treatment applied.

Various titanium alloy specimens were subjected to specific heat treatments to determine the effect of the heat treatment on crack propagation.

The fracture surface of carbon composites was investigated with the scanning electron microscope. The fatigue lifetimes of unidirectional carbon composites were determined. The mean fibre strength was measured to predict the tensile strength of composite specimens, and the functional dependence of fibre strength and fibre length was experimentally determined.

The residual strength of 7475-T6 aluminium alloy panels was examined. The low-temperature dependence of the residual strength was also investigated.



## 2.4 SPACEFLIGHT TECHNOLOGY

### International projects

The NLR participated in studies and investigations that are part of the research program of the European Space Agency (ESA). In this category, an attitude determination system is being investigated with a star mapper as star sensor, in cooperation with TPD-TNO. The NLR developed a program for the calculation of the attitude data starting from the sensor signals.

The atmospheric effects on the ESRO 1A satellite were calculated.

Wind tunnel measurements were performed in the HST to determine the dynamic wind loads on the ARIANE-launcher in its starting position. (In the HST, the high Reynolds number can be adequately simulated.)

Deformation studies of the "Interstage 2-3" of the ARIANE were carried out.

### National projects

The activities of the NLR project team that successfully performed the ground operations for the ANS at the ESOC at Darmstadt were ended after the last operational period of ANS.

In the Project Definition Study for the Infrared Astronomical Satellite IRAS, those subsystems that will be under NLR responsibility were defined and specified. Since the IRAS project was approved by the Government, the development of the IRAS was started.

For the Agricultural Real Time Imaging Satellite System ARTISS, a study was made for an electronic key system to safeguard the data signals of the satellite against reception by non-users.

The University of Groningen was assisted in the study of the improvement of the attitude control system of the BIRAP platform.

The national Working Group on Cosmic Rays was assisted in the EMI-studies of the LEINAX IV rocket.

*Under contract with the NIVR, a study was made of boiling-cooling techniques, as a possible future SPACELAB experiment. The ESA accepted the NLR-proposal to study fluid behaviour in space; this experiment will be performed in the first SPACELAB flight.*

### Technological research

After the completion of the theoretical study on the heat conductance in superisolation material, experiments were prepared for the examination of superisolation blankets. Specimens were made, and the equipment was constructed.

The apparatus for measuring the heat-conduction coefficient of composite materials parallel to the sheet was improved; the apparatus for measuring this quantity perpendicular to the sheet is almost operational.

The program for the calculation of the heat transport was modified. A heat-transport computer program of ESTEC was adapted for the CYBER-72.

Advanced control techniques were evaluated on their usage in attitude control of satellites; both theoretical aspects and realistic attitude-control problems were considered.

The applicability of filter techniques in inertial/optical attitude determination systems was theoretically investigated. An adaptation mechanism was developed

and tested, for two models of attitude control: satellite with horizon sensor or with gyro and star sensor.

Several programs were adapted to the EAI-computer. The EAI-computer is adapted for conversation with the on-board computer of the ANS.

A study was made to determine the specific properties of a launcher which have to be simulated to achieve better results in dynamic vibration tests of satellites.

Experiments were carried out with the ANS attitude control system to determine the effect of the application of advanced control theories.

## 2.5 ENVIRONMENT, EARTH SURVEYS, ENERGY SUPPLY

### Environmental aspects of air traffic

Considerable attention was given to the determination of the noise nuisance around civil and military airports. With an improved theoretical model, in which more detailed aircraft-performance data are incorporated, the noise exposure around Schiphol, Rotterdam, and several military airports was calculated. Noise exposure for possible future usage patterns was theoretically investigated for several airports.

Take-off trajectories at Schiphol were measured with radar, in order to examine whether deviations from normal take-off procedures can result in an unnecessary noise load. A method is being developed, to extract the necessary flight-path data on a regular basis from the operational TAR 2 radar.

The NLR regularly analysed the sets of recordings of the RLD sound-measurement equipment and the associated operational data.

With regard to expected governmental regulations concerning noise exposure, preparative studies were executed.

A study is made of developments in the aircraft industry, in order to predict the noise production of possible future generations of aircraft.

The contours of the air pollution from aircraft and cars around Schiphol were calculated; the results compared well with experimental data.

### Earth surveys

Under contract with NIWARS and RWS, earth-survey remote-sensing techniques were further developed. IR and SLAR measurements were performed on a variety of subjects. The equipment was improved.

### Wind problems, air pollution, and flutter phenomena

The aerodynamic load and wind hindrance on and the vibrational behaviour of buildings, urban areas, ships, bridges, etc., were investigated by means of measurements on models in wind tunnels.

### Energy supply

In the framework of a National Project on Wind Energy, the NLR performed theoretical aerodynamic and aero-elastic calculations for windmill designs.

For the AGARD Fluid Dynamics Panel, an AGARDograph is being written on the aerodynamic aspects of wind energy systems.

In the investigation of flow problems in MHD-generators, executed in cooperation with the Technical University Eindhoven, a system analysis was made for the solution of the global equations and the electron gas equations between the electrode walls. The electron gas equations were solved under certain restrictive conditions.

## 2.6 INFORMATICS

### Applied mathematics and programming

The applicability of Monte Carlo techniques for the solution of more-dimensional integrals was investigated. A theoretical study was made of the properties of a cryptographic technique based on conditional recurring sequences. For the OCP, an interpolation program was written for the generation of obstacle clearance surfaces for parameter values different from those used thus far. A new parameter-optimisation algorithm was developed; it was used in the program for the calculation of optimal flight paths.

A successful program was written for the optimisation of timetables.

A comparative evaluation was made of two Database Management Systems for the NLR Flight Test System (NFT), on the CYBER-72. System specifications were made for the software for the NFT.

Programs for the communication between the CYBER and the CDC-1700 of DVSU were written. The wide-band connection between DVSU and the CYBER via the MODCOMP became operational.

The programs for the processing of wind tunnel data were reorganized; they are being rewritten in modules.

A number of programs was written for the processing and presentation of LST data. The solution of partial differential equations with a hybrid method was studied. Software was written for the communication between the EAI-640 computer and specific measurement equipment via the connection EAI-640/ANS-on-board-computer.

### Electronics

Various pieces of measurement equipment were developed for use at NLR including equipment for flight certification testing and spacecraft testing.

In the KAT, the data-analysis and -recording system for measurements of sound was improved.

For the ARTISS-project the Noise Level Raise method was developed for an electronic safeguarding of the imaging signals.

The possibilities of high-density recording were analysed. A proposal was made to execute a research program on high-density recording.

## 3 Equipment

### 3.1 INTRODUCTION

Much attention was given to the adaptation, updating, and extension of the NLR-equipment.

The construction of the DNW was started in July 1976 (see the annual report of the Foundation DNW).

The extension of the Central Building in the Noordoostpolder with facilities for the library, and the photography- and reproduction-department was initiated and construction was started.

### 3.2 EQUIPMENT FOR AERODYNAMICS

#### Low-speed wind tunnels

The construction of the DNW was started. The construction is supervised by a project team of NLR and DFVLR. The NLR supported this project with the execution of measurements in the model tunnel, and was involved in the technical specifications and the design of the data-acquisition and -processing system.

An investigation was made of the possibilities of improving the flow quality in the LST 3x2.

A traversing mechanism was developed for boundary-layer measurements on airfoils.

The "Datastation LST 3x2" was installed.

#### Transonic and supersonic wind tunnels

In the HST, modifications rendered it possible to measure continuously at constant Mach number, and the data can be processed in a quick-look system. An investigation was started of the possibilities of modifying the HST such that measurements can be performed at higher Reynolds number at high-subsonic speeds.

In an international Project Group, the decision was made to propose a large European Transonic Wind Tunnel with a cryogenic system. Theoretical and technical preparative studies were performed by a Technical Working Group, under the leadership of an NLR staff member.

#### Equipment for aero-acoustics

A duct flow facility for the testing of acoustic liners was designed. The construction was started.

A traversing mechanism was constructed for the KAT, which includes an acoustic elliptic mirror, obtained from the DFVLR, for the measurement of the location of jet noise.

#### General equipment

The equipment for the automatic calibration of pressure transducers was constructed.

Advanced six-component strain gauge balances were developed, designed, and constructed.

The construction of large balances for the DNW is being studied.

A new dynamic pressure recording system is developed, which contains a mini-computer: the Processor for Harmonic Analysis of the Response of Oscillating Surfaces (PHAROS).

### 3.3 EQUIPMENT FOR FLIGHT TESTING

#### Laboratory aircraft

In the Queen Air laboratory aircraft, a new transponder was installed. The electronics were further improved.

The Hunter laboratory aircraft was adapted for the use of a Flight Data Acquisition Unit (FDAU).

Studies were made of the requirements for the successor of the Queen Air laboratory aircraft.

#### Equipment for flight tests

The measurement and recording equipment and the data-processing equipment for flight tests were updated.

An ARINC timing device was designed. A prototype was constructed, which will be tested in the laboratory and in flight.

A system for the execution of measurements in nonsteady flight is being built.

An airborne cassette recorder was constructed as a prototype; it will be subjected to flight tests.

A Quick-Look unit was constructed for the Pulse Code Modulation (PCM) system and put into operation.

The STALINS system for flight-path measurements in take-off and landing with an inertial platform was constructed and installed in the F28-A1 prototype aircraft, where it was subjected successfully to flight tests. The system contains an LTN-58 inertial platform, an FDAU unit, an airborne recorder, a radio altimeter, and a RASP fan marker.

The Queen Air Navigation System (QUANS) was further developed.

#### Flight simulators

For the moving-base flight simulator, electronics were made for the stick-force simulation and for the control of the movement mechanism. The applicability of a head-up display was investigated.

The control system of the single-seat cockpit was improved. The TV/maquette visual display system was installed, tested, and delivered; it is being connected to the computer of the simulator.

An evaluation was made of the type of computer to be applied for the night visual display system.

For the symmetric and asymmetric movements of a flexible aircraft, a mathematical model for the equations of motion was constructed. The simulation program was significantly extended.

A second digital processor was purchased to enlarge the capacity of the flight-simulator computer.

#### 3.4 EQUIPMENT FOR STRUCTURES AND MATERIALS

The servo hydraulic controlled installation for programmable loads was ordered; it will be adapted for the execution of flight-simulation tests.

The laser-raster-scanning method was further developed.

The measurement of crack initiation in fatigue tests was automatized by the use of ultrasonic equipment.

An installation for thermal testing of jet engine turbine blades was constructed, in which the hot jet stream is simulated. A similar installation was built for tests of compressor blades of jet engines.

#### 3.5 EQUIPMENT FOR SPACEFLIGHT TECHNOLOGY

Several improvements were made of the existing equipment.

#### 3.6 EQUIPMENT FOR GENERAL USE

In the framework of the manufacture of workpieces with the numerically controlled milling machine, the IBM-APT-IV program was adapted for use on the CYBER, in order to use the CYBER-72 in the manufacturing process.

An orientation was made concerning the construction of large wind tunnel models, of the size to be used in the DNW.

## 4 Scientific Committee NLR-NIVR

A scientific committee of independent experts advises both the Board of the NLR and the Netherlands Agency for Aerospace Programs (NIVR) in problems of a scientific or technical nature.

This committee, which has 6 subcommittees (for aerodynamics, aeroelasticity, spaceflight technology, structures and materials, applied mathematics, flight mechanics and aircraft operations) gives advice and comments on scientific programs, on proposals for research projects, and on the result of investigations as reported in NLR documents (reports, memoranda, etc.).

The membership of the scientific committee and of the subcommittees is listed and details are given of the meetings held (p. 89 ff.).