



4 | AFDELING Vliegtuiginstrumentatie

Deel 4: Aanloop naar een nieuw vliegtuigproject

8 | HYPERSONE TESTFACILITEIT

Deel 4: De rol van Prof. Erdmann

13 | NLR EN AËROELASTICITEIT

Deel 2: Voorspelling en kenmerkende verschijnselen van flutter

VAN DE VOORZITTER

Het jaar loopt alweer ten einde en we kijken terug op een succesvol jaar waarin we tien nieuwe donateurs hebben mogen verwelkomen. Daarnaast heeft Roel Houwink zich als nieuwe vrijwilliger bij ons aangesloten. In deze nieuwsbrief kunt u zijn tweede bijdrage lezen over de ontwikkelingen op het gebied van aëroelasticiteit bij het NLR. Ook bevat deze editie het vierde artikel van een andere nieuwe vrijwilliger, Anton de Bruin, over de hypersonische testfaciliteit bij het NLR, evenals het vierde deel uit de memoires van Rob van der Velde over vliegproeven in de periode 1964–1994.

Helaas moeten we ook een verdrietig bericht delen: we hebben afscheid moeten nemen van donateur Henk van Tubergen. In deze nieuwsbrief vindt u een In Memoriam ter nagedachtenis aan hem. Verder heeft Kees Bakker onlangs, zoals eerder aangekondigd tijdens de donateursbijeenkomst in oktober, zijn vrijwilligerswerk neergelegd vanwege persoonlijke omstandigheden. We zijn hem enorm dankbaar voor zijn inzet sinds 2003 en voor zijn rol in de herstart na de Covid-19-periode; samen met Dirk Jan Rozema en Jan van Doorn. Gelukkig blijft Kees betrokken als lid van de redactiecommissie voor het aankomende boek over Professor Van der Maas.

We kijken met voldoening terug op de donateursbijeenkomst van 12 oktober in Amsterdam, waar we genoten van een boeiende presentatie over het F-16 MLU-testvliegtuig *J-066 Orange Jumper: Behoefte, realisatie en inzet*, verzorgd door Gert Jan Kobus van Defensie en Paul Koks van het NLR. Een uitgebreid verslag vindt u verderop in deze nieuwsbrief. De eerste donateursbijeenkomst van volgend jaar staat gepland op zaterdag 12 april in Amsterdam. Meer details over het programma volgen.

Goed nieuws: de expositie van ons windtunnelmodel van de ELDO-draagraket en bijbehorende lanceertoren in het Rijksmuseum is verlengd tot eind 2026. U kunt deze bezichtigen in zaal 3.4 op de derde verdieping.



Presentatie over de Orange Jumper

Onze vrijwilligers werken ondertussen hard aan de activiteiten uit het werkplan 2024-2025. Eind november hebben we een speciale bijeenkomst gehouden om de voortgang te bespreken. Hierin werd ook besproken dat we in gesprek zijn met oud-NLR-collega's over twee bijzondere onderwerpen: de geluidsmetingen die het NLR in het verleden uitvoerde en de samenwerking tussen het NLR en de Nederlandse luchtvaartsector met Indonesië. Het doel is om deze kennis en ervaringen vast te leggen via interviews en verder onderzoek met de mogelijkheid om deze uiteindelijk te publiceren. Dit in het kader om naast objecten en beeldmateriaal ook de verhalen die horen bij het onderzoek en activiteiten door het NLR vast te leggen.



Kees Bakker

Sprekend over verhalende publicaties kan ik ook melden dat het boek van Bram Elsenaar, getiteld *Onder de vleugels van Göttingen*, recentelijk is vertaald naar het Duits door Sigrid Pokörn. Het is uitgegeven door de Göttingen Universiteitsuitgeverij onder de titel *Unter den Fittichen von Göttingen - Das Niederländische Luftfahrtlaboratorium im Zweiten Weltkrieg*. Een felicitatie waard!

Ik wens u veel leesplezier met deze nieuwsbrief! ■

JAAP LAMÉRIS

TERUGBLIK OP DE DONATEURSBIJEENKOMST, ZATERDAG 12 OKTOBER

Met 44 aanwezigen (waaronder zeven dames) kunnen we terugkijken op een goed bezochte en zeer geslaagde donateursbijeenkomst in het auditorium van het NLR in Amsterdam. Zoals gebruikelijk werd de dag geopend door voorzitter Jaap Laméris. Hij begon met een kort overzicht van een paar interessante activiteiten van de vrijwilligers in het afgelopen half jaar: het digitaliseren van zeer oude NLR-rapporten (tot nu toe alleen bewaard op microfiches) en de plaatsing van het F-16 windtunnelmodel in een vitrine bij de ingang van het HST-gebouw.



Het afgelopen jaar hebben we vier nieuwe vrijwilligers mogen verwelkomen: Roel Houwink, Anneke Donker, Anton de Bruin en Wim Bonnee. Helaas heeft Kees Bakker, vele jaren o.a. de voorzitter van de Stichting, zich als vrijwilliger moeten afmelden vanwege problemen met de gezondheid. Tot slot stond Jaap stil bij de dit jaar overleden (oud-)donateurs Louis Erkelens, Freerk Jaarsma en H.J. van der Maas (zoon van professor van der Maas, die een belangrijke rol speelde in de beginjaren van het NLR).

De lezing met als titel “Het F-16 MLU testvliegtuig de J-066 Orange Jumper: Behoefte, realisatie en inzet” begon met de introductie van de twee sprekers Gert Jan Kobus (tot aan zijn pensioen werkzaam bij Ministerie van Defensie) en Paul Koks (voorheen projectleider Orange Jumper, tegenwoordig afdelingsleider van de NLR-afdeling Flight Test and Certification).

Voor de pauze sprak Gert Jan Kobus, regelmatig bijgegaan en aangevuld door Paul Koks, over de ontwikkeling van een F-16-testvliegtuig voor de Koninklijke Luchtmacht (KLu). De noodzaak van een ‘KLu-eigen’ testvliegtuig bleek al snel na de ingebruikname van

het F-16-jachtvliegtuig in 1979. De oorspronkelijke gedachte, de KLu gaat helemaal mee met de Amerikanen in de verdere ontwikkeling van het vliegtuig, bleek praktisch gezien niet uitvoerbaar, o.a. vanwege de afwijkende F-16-versies, de betaalbaarheid en de duur van nieuwe ontwikkelingen (modificaties) voor de KLu-versie. Dit leidde tot de ontwikkeling van het F-16 OCU testvliegtuig met staartnummer J-653 [OCU: Operational Capability Upgrade, een F-16- versie/configuratie]. De J-653 was voorzien van o.a. een (omvangrijke) spoelenrecorder (voor testdataregistratie) en een instrumentatiepakket, dat was geplaatst in de ruimte bedoeld voor het kanon met ammunisie. Mede hierdoor was dit vliegtuig niet meer operationeel inzetbaar. De J-653 heeft ongeveer tien jaar dienstgedaan, maar kon niet meer mee in de modernisering naar de F-16 MLU versie/configuratie [MLU: Mid-Life Update]. In 1996 werd daarom besloten tot de ontwikkeling van een testversie van de F-16 MLU.

Belangrijke eisen opgenomen in de behoeftestelling van de KLu voor een F-16 MLU-testvliegtuig betroffen o.a. dat het vliegtuig operationeel inzetbaar moest blijven, flexibel in instrumentatie moest zijn, de KLu

met Fokker/MSG verantwoordelijk was voor de integratie en dat bij het NLR het ontwerp van de instrumentatie en de verantwoordelijkheid voor de integratie lag. Gekozen werd voor een F-16B (tweezitter), de J-066, zodat achter de piloot een test specialist [FTE: Flight Test Engineer] voor o.a. bediening en monitoring van de testapparatuur tijdens de testvluchten kon meevliegen. Al met al was het een ‘speciaal vliegtuig’ met als uitgangspunt een volledig luchtwaardig en inzetbaar vliegtuig, dat door regulier KLu-personeel te onderhouden en te opereren was. Bijna al de aan het vliegtuig toegevoegde testapparatuur met bijbehorende bedrading werd ter onderscheiding



De Orange Jumper met onderdelen in de kleur oranje

van de originele onderdelen in de kleur oranje uitgevoerd; vandaar de naam Oranje Jumper (OJ).

Rondom het testvliegtuig werd een speciale organisatie opgetuigd, het Oranje Jumper Overleg (OJO), met hierin o.a. de projectleiders van KLu en NLR, een testvlieger en een FTE met personeel van Kantoor Testvliegen (in samenwerking met het 323 Squadron op Vliegbasis Leeuwarden), engineers van de KLu -afdelingen Operationele Research en Evaluatie en Jachtvliegtuigen aangevuld met een kwaliteitsfunctionaris en een Contract Manager. De oprichting van OJO bleek cruciaal bij het veilig, flexibel en efficiënt afstemmen van projecten, contracten, onderhoud en de inzet van het vliegtuig.

Na de pauze sprak Paul, regelmatig bijgestaan en aangevuld door Gert Jan, over de bijdrage van het NLR bij de ontwikkeling en het gebruik van het F-16-testvliegtuig. In 1997 werd door het NLR tezamen met KLu-DMO [Directie Materieel Organisatie] de 'F-16 MLU J-066 Orange Jumper' voorzien van de testinstrumentatie [FTI: Flight Test Instrumentation]. Het NLR droeg hierna zorg voor onderhoud, ontwikkeling, uitbreiding en ondersteuning van de FTI en de testprogramma's. In 2014 werd er nog een modificatie/upgrade van de OJ-testinstrumentatie uitgevoerd. Deze was na 15 jaar gebruik enigszins 'versleten' en bepaalde onderdelen bleken niet meer leverbaar.

Door de 'korte lijntjes', goede KLu/NLR-samenwerking en de afwezigheid van hinderlijk hiërarchie kon heel snel, desnoods in enkele weken, een testprogramma worden uitgewerkt en uitgevoerd. Dit in tegenstelling tot de Amerikanen, die met hun testvliegtuigen van het testcentrum op vliegbasis Edwards doorgaans jaren bezig waren met een testprogramma (en dus enigszins jaloers waren op dat eigenzinnige landje met hun unieke testvliegtuig).



Jaap Lameris bedankt de sprekers Gert Jan Kobus en Paul Koks



NLR-medewerkers in 2014 bezig met modificatie/upgrade op de vliegbasis Leeuwarden

Hierna volgde een aantal voorbeelden, doorspekt met (soms zeer lachwekkende) anekdotes van Paul over de vele (honderden) testvluchten uitgevoerd met de OJ:

- Aanleveren van het bewijs, dat er fouten zaten in het door de F-16 gevoerde GBU49-wapen (een bom met stuurmiddelen).
- Integratie van het RecceLite-systeem in de F-16 (een extern opgehangen systeem met camera's voor verkenningdoeleinden).
- Ontwikkeling van een IR-licht [IR: Infrarood] met unieke 'knippercodering', die het voor de piloten met nachtkijkers [NVG: Night Vision Goggles] mogelijk maakt om elkaar in het donker te zien en te herkennen.
- Onderzoek naar de mate waarin de vleugel beweegt onder hoge g-krachten en dat bleek met meer dan 50 cm indrukwekkend en verontrustend veel te zijn.
- Onderzoek naar de juistheid van nieuwe software voor de F-16-vluchtcomputers (updates), die na eerste levering meestal vol met fouten bleek.

Uiteindelijk heeft de OJ gemiddeld ongeveer 80 uur aan testvluchten per jaar gevlogen (de overige 120 uur betrof operationele vluchten door het squadron) totdat deze vorig jaar uit dienst werd genomen. Op dit moment is het vliegtuig in het Nationaal Militair Museum te Soesterberg alwaar het behouden blijft voor (toekomstige) tentoonstellingen en presentaties.

Tijdens de presentaties werden er vele vragen gesteld en opmerkingen geplaatst. Velen onder het aanwezige publiek waren immers betrokken bij de testwerkzaamheden met de OJ en zijn voorlopers (waaronder de Northrop NF-5A "Freedom Fighter" met staartnummer K-3001) en wisten nog veel details hierover te vertellen. Tot slot en i.v.m. tijdgebrek na wat aandringen door de voorzitter, werden er nog snel twee video's getoond over de OJ en de uitvoering van testvluchten. Om een uur of vijf eindigden de interessante lezingen, waarna de voorzitter de sprekers bedankte en beide een boekenbon overhandigde. De bijeenkomst werd afgesloten met een drankje en een hapje waarna de laatste aanwezigen iets voor zes uur het NLR-auditorium verlieten. ■

DE AFDELING Vliegtuiginstrumentatie van het NLR en de Fokker Vliegproeven in de jaren 1964 tot 1994



Door **Rob van der Velde**, afdeling Vliegtuiginstrumentatie (VA)

DEEL 4 vervolg op deel 3 uit Nieuwsbrief 91

Ten geleide

Rob van der Velde heeft op verzoek van Jan te Boekhorst, voormalig bestuurslid van de Stichting Historisch Museum NLR, in 2005 zijn memoires geschreven over bovenvermeld onderwerp, die zijn opgenomen in de reeks Museumnotities (onder nummer MN-175). Robs memoires beslaan tientallen pagina's. Reden om die op te knippen in delen voor plaatsing in deze nieuwsbrief (deel 1) en de volgende edities.

Rob werkte van 1964 - 1994 bij het NLR en overleed op 23 november 2023.

Over hem is een "In memoriam" geplaatst in nieuwsbrief 88.

Vervolg op het hoofdstuk:

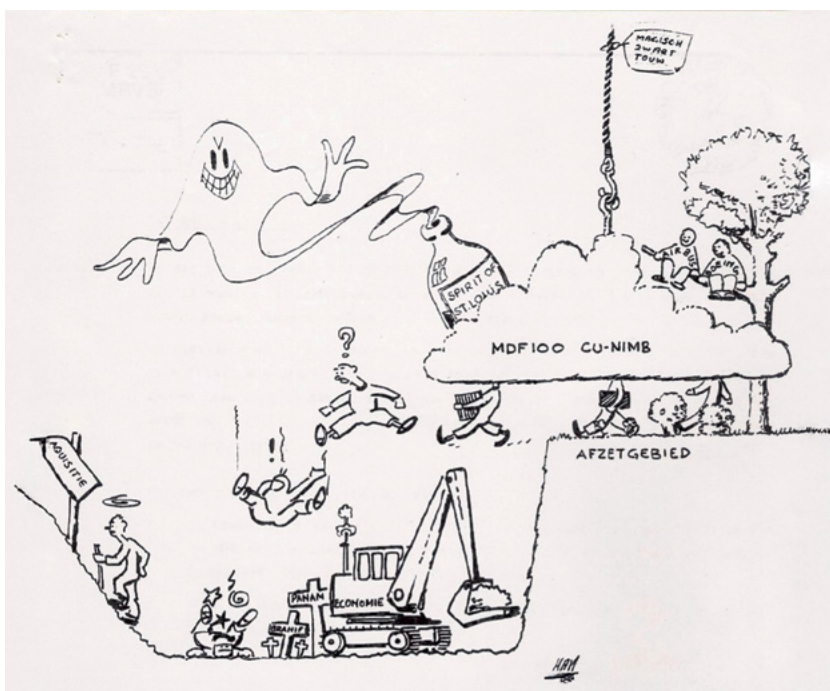
1976-1984, DE AANLOOP NAAR EEN NIEUW PROJECT EN DE PROJECTDEFINITIE

Formalisering van de MRVS Projectorganisatie

In 1980 werd de organisatie voor de ontwikkeling van MRVS¹ verder vormgegeven en geformaliseerd. Het organigram zou bij een flinke multinational niet hebben misstaan. Jan van Doorn was en bleef de Projectleider (PL). Hij had vier *Local Managers* (LM) onder zich, drie van het NLR en één van Fokker, die gezamenlijk verantwoordelijk waren voor de ontwikkeling van ca. 35 subsystemen, ruwweg onder te verdelen in een aantal data acquisitie subsystemen aan boord van de testvliegtuigen en een aantal dataverwerkingssubsystemen op de grond. De drie NLRers waren John Simons voor de dataverwerkingssubsystemen en de Centrale Data Base (CDB) in de centrale NLR-computer, Fred Abbink voor de On-Board Computer (OBC) en de *preprocessing*, het Data Verwerkings Station Vliegproeven (DVSV) en ikzelf voor het Digitale Meet- en Registratiesysteem, inclusief transducers (DMR), de Bedienings- en Waarnemers Consoles (BNC/WNC), het centrale Tijd Codesysteem (TCG) en nog enkele kleinere subsystemen. De Fokker LM Bert Voskes was verantwoordelijk voor het Analoge Meet- en Registratiesysteem (MRA) aan boord, het Telemetrie Grond Station (TGS) en de Fokker Data Verwerkings Systemen (FDVS). Iedere Local Manager had weer een aantal Substelsysteem Managers (SM) onder zijn hoede. De PL werd ondersteund door vijf staffunctionarissen,

c.q. groepen voor kwaliteitsbewaking, documentatie, voortgangs- en budgetbewaking, inkoop en configuratiebeheer. Voor de communicatie met de Fokker datagebruikers en Fokker Vliegdienst was Wim Dijkshoorn, chef van de afdeling Vliegproeven van de Vliegdienst, de Gebruikerscoördinator. Het voornaamste projectvoortgangsoverleg vond plaats in de Project Coördinatievergadering (PCV), bestaande uit de PL en de LM's. De eerste PCV vond plaats op 17 april 1980 en was er een van een lange reeks die zou voortduren tot in 1993, zij het in een geregeld veranderende samenstelling.

De Projectleider rapporteerde aan de Supervisie Commissie (SC), die bestond uit vertegenwoordigers van het NIVR als financier, het Fokker F29 Program Ma-



De visie van Henk Mensink op het einde van de samenwerking tussen Fokker en MDD.

¹ Meet-, Registratie- en Verwerkingssysteem

nagement (de hoogste leiding van het F29 project) en het NLR-management, vertegenwoordigd door Harold Mooij, hoofdafdelingsleider van V. Verder was er de Project Advies Commissie (PAC) waarin de datagebruikers waren vertegenwoordigd. De PAC kon gevraagd en ongevraagd advies verlenen.

De hierboven beschreven structuur en de werkwijze ervan werd vastgelegd in het Project Handboek.

In mei 1981 werd in het kader van de AGARD 4th Special Course on Flight Test Instrumentation in Delft een aantal lezingen over MRVS-zaken gegeven door MRVS-medewerkers, die ook in rapportvorm werden uitgegeven (Ref. 1 t/m 6).

Samenwerking Fokker en McDonnell Douglas

In 1981 werden er door Fokker plannen gemaakt om samen met McDonnell Douglas een nieuw vliegtuig, de MDF100, te ontwikkelen. Hiermede werd in feite het F29 project gestopt. In juli 1981 hield Jan van Doorn een presentatie voor een tweetal hoge McDonnell Douglas (MDD)-officials over de mogelijkheden van het MRVS (Ref. 7). Het mocht helaas geen doorgang vinden. De investeringen en ontwikkelingen waren in volle gang toen in februari 1982 het MDF100-project werd gestaakt en de samenwerking met MDD werd afgebroken. De marktsituatie was verslechterd en Fokker was bang dat dit te hoog gegrepen was.

Al spoedig werd duidelijk dat de ontwikkeling van MRVS moest worden voortgezet, zij het beperkter van omvang en niet meer gericht op één bepaald project. De MRVS-faciliteiten moesten van dien aard zijn dat zij met relatief geringe inspanningen geschikt gemaakt zouden kunnen worden voor de vliegproefprojecten in de komende 10 á 15 jaar. Er werd besloten om in plaats van de geplande twee grote meetsystemen voor de MDF100-prototypen een zestal kleinere, z.g. standaardmeetsystemen te gaan realiseren, die universeel ingezet zouden kunnen worden in komende projecten.

Reorganisatie MRVS en heroriëntatie op de toekomst

Eind 1982 werd het MRVS-project gereorganiseerd en ging de projectleiding over van het NLR naar Fokker. Henk Riebeek van de Afdeling Prestaties van het Fokker Constructie Bureau werd de nieuwe projectleider. De toekomstige Fokkerprojecten begonnen allengs duidelijker gestalte te krijgen. Aanvankelijk was er sprake van het F27-Re-engining-project, maar in de loop van 1983 werden de P335- en de P332-projecten gelanceerd, die in 1984 werden omgedoopt tot Fokker 50-, resp. Fokker 100-projecten. De omvang en fasering van deze projecten was zodanig, dat hetgeen geproduceerd was in de aanloop naar het MDF100 project kwalitatief en kwantitatief onvoldoende was. Nieuwe inzichten noodzaakten tot nieuwe deelontwikkelingen en een drastische uitbreiding van de apparatuur was geboden. De eerste gebruikersinterviews die specifiek op de nieuwe projecten waren gericht, vingen eerst in de loop van 1984 aan. Dit betekende dat de MRVS-staf

in de jaren 1983 en 1984 slechts kon anticiperen op de komende wensen van de gebruikers. In 1984 werd de ontwikkeling van MRVS met kracht voortgezet. De ontwikkeling van de meetinstrumentatie voor gebruik aan boord kwam in het eindstadium en er werd begonnen met de aanmaak en het testen ervan. Er werden een aantal samenhangende MRVS-projecten gedefinieerd: MRVS-ATB (zie hierna), MRVS-50 en MRVS-100 voor de verschillende vliegtuigtypen.

Vliegproeven

In 1982 vonden vliegproeven plaats met de F27 met serienummer F83 voor de beproeving van de nieuwe Sperry Autopilot SPZ 600 (Maritieme versie). Voor dit project hadden we een meetsysteem ontworpen met de naam FLEDAS (*Flexible Data Acquisition System*) wat het eerste meetsysteem met een RMDU volgens het MRVS-concept was bij een externe opdracht (Ref. 8).

Er vonden in 1984 diverse vliegproeven plaats met een F27 t.b.v. de ontwikkeling van de Fokker 50. Het eerste F28-prototype, de A1, dat nog steeds werd gebruikt voor diverse testdoeleinden, werd vanaf 1 augustus 1984 omgebouwd naar een *Avionics Test Bed* (ATB), waarmee de nieuwe avionica voor de Fokker 100 zou worden beproefd. Tevens werd begonnen met het gereedmaken van de benodigde instrumentatie daarvoor. Daarnaast vonden nog vliegproeven plaats met een F27 met nieuwe motoren, het F27 re-engining project. In 1983 was begonnen met een militaire versie van het F27 (serienummer F555) *Maritime Patrol Aircraft* (MPA) voor de Royal Thai Navy. Hiervoor was een uitgebreide instrumentatie nodig. De vliegproeven met dit vliegtuig duurden voort tot aan het einde van 1985.

1985-1987, DE HEEL DRUKKE JAREN

Meerdere grote projecten tegelijkertijd

Zoals gezegd lanceerde Fokker in 1983 twee projecten die elkaar voor een groot deel zouden overlappen, eerst de Fokker 50, de opvolger van de F27 en even later de Fokker 100, de opvolger van de F28. Verder zou in deze periode het *Avionics Test Bed* (ATB) gaan vliegen. Dit pakket aan plannen zou voor grote problemen bij de afdeling VA gaan zorgen. De op dat moment beschikbare meetapparatuur was bij lange na niet voldoende om ten minste vier prototypen, de A1-ATB en wellicht nog enige seriemachines, te bemeten. Bovendien waren nog niet alle subsystemen voldoende uitontwikkeld. De eerste vluchten van de A1-ATB en de F50 waren voorzien tegen eind 1985 en de eerste vlucht van de Fokker 100 kort daarna, zodat we nog ruim twee jaar de tijd hadden voor de verdere ontwikkeling en beproeving van de meetapparatuur.

Capaciteitsproblemen en de groeiende personeelsbezetting van VA

Het betekende ook dat de aanwezige mancapaciteit binnen de afdeling veel te gering was om een project van deze omvang te behappen. Binnen korte tijd werd er veel capaciteit van buiten de afdeling aangetrokken, ➤

Vervolg De Afdeling Vliegtuiginstrumentatie van het NLR en de Fokker Vliegproeven in de jaren 1964 tot 1994

van IE, TW, TP, A, VG, VV en van buiten het NLR op contractbasis. Deze medewerkers kregen een tweejarig contract. Verder werden diverse uitzendkrachten aangetrokken. Van het MARIN (Marine Research Institute) te Wageningen werden twee instrumentatiemedewerkers geleend. Zelfs gingen we naar MBB (Messerschmitt Bölkow Blohm) in Manching, Duitsland, om van daar vier ervaren technici te lenen. Eén en ander resulteerde in een aantal categorieën werknemers binnen de afdeling, zo waren er de “vasten”, waaronder nieuwe “vasten” en oude “vasten”, de medewerkers met tijdelijke contracten, de gedetacheerden, de ingehuurd, de ingeleenden en de tijdelijken. Verder zou het beslag van VA op andere NLR-afdelingen aanzienlijk toenemen. De medewerkers van andere afdelingen die bij VA werden gedetacheerd, hadden het daarmee soms behoorlijk moeilijk. Zij hadden bij het NLR gesolliciteerd voor een bepaalde baan en nu werden zij zo maar bij een andere afdeling geplaatst om werk te doen dat misschien helemaal niet in hun interessesfeer lag. Bovendien vond men dat zij door deze onderbreking een achterstand zou oplopen in hun geplande ontwikkeling. Toch heeft iedereen zich goed van zijn taak gekwet.

Leverde VA in 1977 nog een capaciteit van 35 manjaar, in 1984 was dit al gestegen tot 58 manjaar, in 1985 tot ca 76 manjaar en in 1987 tot 81 manjaar. In de jaren 1985 t/m 1987 was het budget onder beheer van VA ca. 20 miljoen gulden, ca. 20% van het totale NLR-budget. In het piekjaar v.w.b. aanschaffingen, 1985, werd voor 12 miljoen gulden inkopen gedaan. Het is duidelijk dat we het toen erg druk hadden, de leiding met o.a. het aantrekken van nieuw personeel, sollicitatiegesprekken e.d., het aanschaffen van apparatuur en de technici met het ontwikkelen en beproeven van de apparatuur.

Begin 1985 werd een bijeenkomst gehouden voor alle VA-medewerkers en andere rechtstreeks betrokken NLR-medewerkers waarin de directie, bij monde van de heer van der Blik, de noodzaak van gestructureerd overwerk en vakantiebeperking meedeelde. Hij lichtte tevens de overwerkregeling toe, die ook zou gelden voor medewerkers boven de overwerkgrens. Ook kortstondig verlof kon slechts mondjesmaat worden opgenomen.

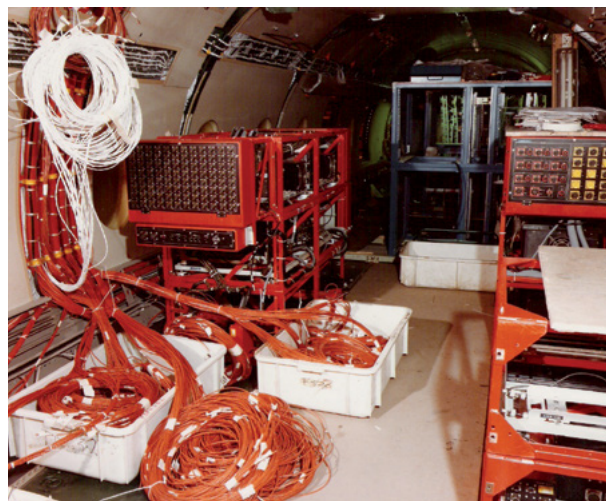
Vliegproeven voor de Fokker 50 en Fokker 100 certificatie

In 1985 werd de samenbouw en lab-eindtest van de Fokker 50-meetsystemen voltooid en werden er goede vorderingen gemaakt met de realisering van de Fokker 100-meetsystemen. Begin 1985 werd begonnen met de inbouw van de instrumentatie in de A1-ATB, waarna op 1 september van dat jaar de eerste vlucht plaats vond. De vliegproeven met dit vliegtuig zouden voortduren tot begin 1987. Daarna werd het toestel omgebouwd tot passagierstoestel en verkocht aan het Franse TAT.

In augustus werd begonnen met de inbouw van de meetsystemen in het eerste Fokker 50 prototype, de P001. De eerste vlucht van dit toestel vond plaats op 28 december 1985, maar slechts met een klein deel van de instrumentatie in bedrijf, zo veel belang had Fokker bij het tijdig kunnen aankondigen van deze mijlpaal. Op de volgende vlucht op 12 maart 1986 (!) werkte de instrumentatie wel. Op 29 april maakte het tweede Fokker 50-prototype zijn eerste vlucht. Nu startte het intensieve vliegproevenprogramma wat zou moeten leiden tot de certificatie van de Fokker 50 twaalf maanden later.

In maart 1986 was de samenbouw en lab-eindtest van het meetsysteem voor het eerste Fokker 100-prototype, de Q1, voltooid, kort daarop gevolgd door het meetsysteem voor het tweede prototype, de Q2. In augustus begon de inbouw in de Q1 en in december in de Q2.

Op 30 november 1986 maakte de Q1 zijn eerste vlucht. Vanaf 17 februari 1987 was de Q2 beschikbaar voor vliegproeven.



Inbouwapparatuur in Fokker 100-prototype. In oranje de “VA Standaard Instrumentatie Rekken” (VASIR). In blauw de bedienings- en waarnemersconsoles. De testbekabeling was ook oranje. Het moet gezegd dat de cabine er tijdens de inbouw niet altijd zo ordelijk uitzag.



De start voor de eerste vlucht van het eerste Fokker 100-prototype. De A1 ATB als pacer erachter. Een emotioneel moment, zowel voor de Fokker- als de NLR-medewerkers.

Door de overlapping van de Fokker 50- en Fokker 100-vliegproeven was het een hectische periode. Er werd veel structureel overgewerkt, vakanties en verlof konden niet altijd worden opgenomen. De NLR-teams bij Fokker werkten geruime tijd in tweeploegendienst. Het Data Verwerkings Station Vliegproeven (DVS), waar de magneetbanden uit de vliegtuigen werden ingelezen en waar de “preprocessing” plaatsvond, werkte in drieploegendienst om het grote data-aanbod op tijd te kunnen verwerken.

In deze drukke periode was Jan van Doorn om privéredenen drie maanden afwezig. Als zijn plaatsvervanger nam ik de leiding over de afdeling waar. Dat dit geen problemen opleverde was niet zo zeer mijn verdienste als wel een blijk van het feit dat de organisatie van de afdeling en van de Fokkerprojecten goed op de rails stond. ■

Referenties

1. A method for measuring take-off and landing performance of aircraft, using an inertial reference system, NLR rapport MP 80036U, Pool, Simons, Wensink, Willekens, 25-9-1980.
2. The digital data acquisition system for the flight testing of the Fokker F29 aircraft, NLR Rapport MP 81019 U, R.L. van der Velde, 24-2-1981.
3. Transducer Selection, NLR Rapport MP 81028U, F.J. van Schaik, S. Storm van Leeuwen, 28-4-1981.
4. Calibration facilities for flight test equipment, NLR rapport MP 81029U, A.W.B. Kalshoven, 1-5-1981.
5. Preprocessing of flight test data, NLR Rapport MP 81033U, H.A.Tuinenburg, 13-5-1981.
6. The F29 Flight Test Instrumentation and Data Processing System, NLR rapport MP 81035U, R. Krijn, 18-5-1981.
7. Presentation on the measurement, recording and data reduction system for the flight tests of the Fokker F29, Memo VA81-039L, J.T.M. van Doorn et al, 14-7-1981.
8. F27 F83 Sperry SPZ-600 Automatic Flight Control System (AFCS) FLEDAS (Flexibel Data Acquisition System), NLR TR 82030 L, 11-1981. computer display terminal voor het Super F28 meet- en registratiesysteem, F.J. Abbink, 11-1977.



DUITSTALIGE VERSIE VAN 'ONDER DE VLEUGELS VAN GÖTTINGEN'

De afgelopen jaren was één van de belangrijkste activiteiten van onze vrijwilliger Bram Elsenaar het vastleggen van de historie van het NLL gedurende de Tweede Wereldoorlog. Nadat in 2020 het boek van zijn hand verscheen getiteld: 'Onder de vleugels van Göttingen' is eind 2024 een Duitstalige versie van dat boek uitgebracht, getiteld 'Unter den Fittichen von Göttingen'. Het boek is verschenen als Band 11 in de serie 'Göttinger Klassiker der Strömungsmechanik'. Uitgever is Universitätsverlag Göttingen. Sigrid Pokörn, voormalig secretaresse bij DNW, vertaalde het boek in het Duits. ■

Dit boek is ook beschikbaar als gratis online versie via de website van de uitgever en via de Universiteitscatalogus van Göttingen (GUK) in de Nedersaksische Staats- en Universiteitsbibliotheek Göttingen (<https://www.sub.uni-goettingen.de>). De licentievoorwaarden van de online versie zijn van toepassing.

DE ONTWIKKELING VAN EEN HYPERSONE TESTFACILITEIT

Door **Anton de Bruin**

DEEL 4 vervolg op deel 3 uit Nieuwsbrief 91

In de voorgaande drie nieuwsbrieven heeft u kunnen lezen over de allereerste hypersonen testen die al in 1951 met het kleine $3 \times 3 \text{ cm}^2$ supersonen windtunneltje bij het NLR werden uitgevoerd. Vanaf 1964 begon men in de NOP met de bouw van een schokbuis, welke vanaf 1967 wordt uitgebouwd tot een schoktunnel. Hiermee werden verkenningen uitgevoerd als voorbereiding op plannen voor de bouw van een grote hypersonen faciliteit. Er werd uiteindelijk gekozen voor een guntunnel-faciliteit en die werd tot in detail ontworpen (zie bijvoorbeeld figuur 1 t/m 4). Het vol-

ledige ontwerp is moeilijk weer te geven vanwege de grote lengte, in totaal 70 m, van de installatie. Doordat het in 1972 niet mogelijk bleek om een gecombineerde opdracht voor eindontwerp en bouw bij Werkspoor te plaatsen, werd de bouw vertraagd en werd kort daarna om budgettaire redenen besloten de faciliteit niet te gaan bouwen, mede gezien de prioriteit die werd toegekend aan het bouwen van de LST 8x6 (de latere DNW). De drie nieuwsbriefbijdragen gaven slechts een beknopte weergave van wat er in de archieven over deze periode te vinden was. Inmiddels beslaat mijn meer volledige beschrijving meer dan 100 blz. Mogelijk verschijnt hiervan uiteindelijk een SBEN-uitgave. In ieder geval zal dit document samen met de nieuw verkregen rapporten uit deze periode worden opge-

slagen in het SBEN-archief om zo de geschiedenis van die interessante periode vast te leggen.

Een onverwachts vervolg

De zoektocht naar het hypersonen verleden van het NLR kreeg een onverwacht vervolg, omdat ik geïnteresseerd raakte in de rol die prof. S.F. Erdmann (zie ingevoegde kader) kort na de oorlog had bij het tot stand komen van de supersonen tunnels van en de eerste hypersonen verkenningen bij het NLR (zie Nieuwsbrief #90). Bij het lezen van zijn biografie [1] en het boek van zijn medewerker in Peenemünde, Peter Wegener [2], kwam ik erachter dat Erdmann in Peenemünde de **allereerste hypersonen test ter wereld** had uitgevoerd. Men spreekt van hypersonen als het Machgetal groter is dan 5. De test in april 1944 werd bij Mach 8,8 uitgevoerd, terwijl daarvoor nog maar tot Mach 4,4 gemeten was.

Omdat in de literatuur geen verwijzing te vinden was naar het originele testrapport en die test alleen wordt genoemd in de biografie van Erdmann en het boek van Wegener was er verder niet veel over bekend. Bram Elsenaar suggereerde vervolgens om contact op te nemen met ir. Willem Bannink (zie ingevoegde kader), een vroegere medewerker van Prof. Erdmann bij het Hoge Snelheidslab van L&R in Delft, welke Erdmann in de laatste fase van het schrijven van zijn biografie geholpen had. Toen ik Willem belde met de vraag of hij meer wist van die door Erdmann uitgevoerde test, was zijn reactie: "Ja ik

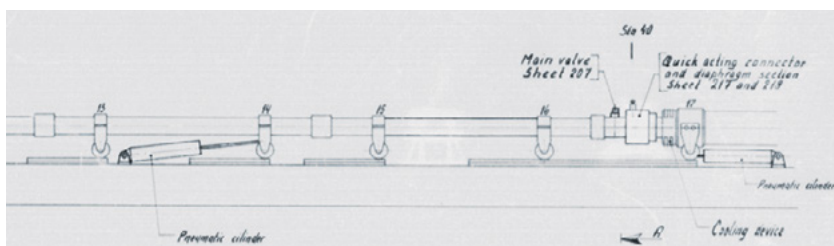


Fig 1: Het uiteinde van de drijversectie met remsysteem en overgang naar de geïsoleerde, voorverwarmde loop van de guntunnel. Uit tekening 4330-201b, getekend 04-11-1969.

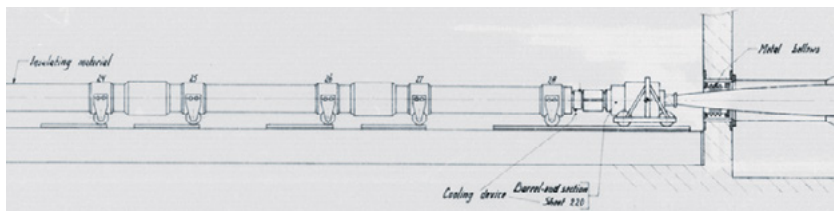


Fig 2: Uiteinde van de geïsoleerde, voorverwarmde loop en aansluiting op het keelstuk. Uit tekening 4330-201b, getekend 04-11-1969.

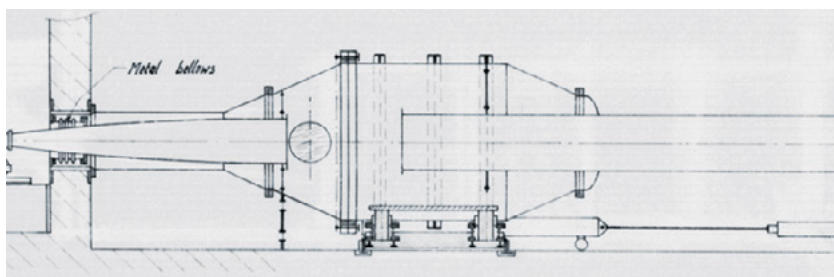


Fig 3: Meetsectie met keel, stroomtuit en diffusor. Uit tekening 4330-351, getekend 03-08-1972.

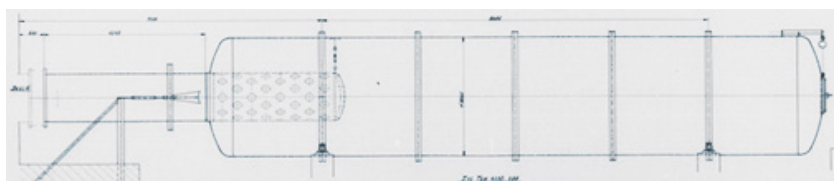


Fig 4: De aansluiting op de 14 m lange vacuümtank. Uit tekening 4330-351, getekend 03-08-1972

heb het manuscript van het rapport nog in mijn bezit". Kort daarna ben ik bij hem op bezoek gegaan en kon het handgeschreven manuscript met originele Schlieren foto's en meettabellen bewonderd worden (zie foto in het ingekaderde stukje over Willem Bannink).

De test was in april 1944 met de laatste supersone tunnel in Peenemünde uitgevoerd. De andere tunnel was al naar Kochel in Zuid-Duitsland afgevoerd. Om die test mogelijk te maken had Erdmann een nieuwe Mach 8,8-keel ontworpen en lucht onder hoge druk als toevoer gebruikt. Dit handgeschreven rapport telt 32 tekstbladzijden en geeft een goede beschrijving van hoe de laatste in Peenemünde achtergebleven supersone windtunnel, met een meetplaats doorsnede van $40 \times 40 \text{ cm}^2$, werd voorzien van een speciaal ontworpen Mach 8,83-keelinzetstuk en een hogedruk-luchttoevoer. Bij alle voorgaande testen in Peenemünde was nog een vrije luchttoevoer vanuit de atmosfeer via een drooginstallatie, dan door de keel en meetplaats en tenslotte uitstromend in een 1000 m^3 vacuümvat toegepast. Er werden naast pitot-drukmetingen ook diverse simpele modelvormen getest, zoals een scherp 2D-plaatje, een kegel, twee soorten wigvormige modellen en een bol. Er werden zowel drukverdelingen gemeten als Schlieren opnamen gemaakt.

Omdat Erdmann na zijn test verantwoordelijk was voor de verhuizing van de laatste supersone tunnel naar Kochel had hij dit conceptraapport met bijlagen en foto's [3] pas in augustus 1944 geschreven. Door een conflict met zijn baas Rudolf Hermann had hij het meteen moeten afgeven aan zijn onderschikte Peter Wegener en was daarna meteen ontslagen. Figuur 5 toont de inhoudsopgave van het in Kochel (Zuid-Duitsland) geschreven rapport. Figuur 6 toont als voorbeeld een van de bijlagen: een meetblad voor pitot-drukmetingen in de lege meetplaats bij Mach 8,83. Figuur 7a toont een Schlieren-opname van een wig met een tophoek van 87° en figuur 7b van een scherp 2D-plaatje. Met potlood zijn diverse hoeken opgemeten en vervolgens vermeld in de meettabellen.

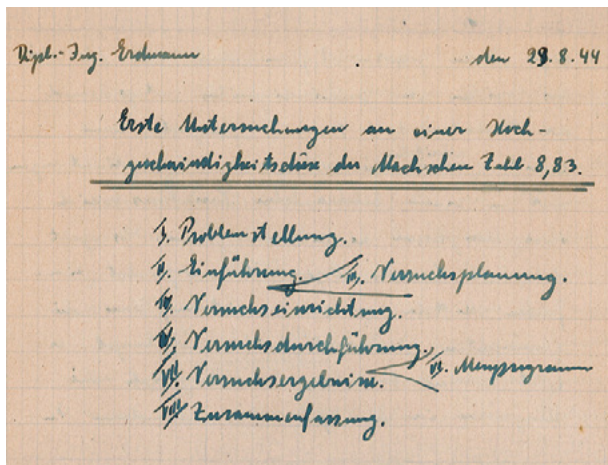


Fig 5: Inhoudsopgave van het 32 pagina's handgeschreven document ([3] 28-08-1944, test werd in april 1944 uitgevoerd)



Prof. Siegfried F. Erdmann

Ontmoeting van Erdmann (rechts) met Wernher von Braun op het NLL Amsterdam, 1958

Siegfried F. Erdmann werd in 1916 in Spandau-Berlijn geboren en overleed op 3 oktober 2002 in Pijnacker. Hij was direct na zijn afstuderen aan de TU-Berlin gevraagd om bij het *Aerodynamisches Institut*, behorend bij het *Heeresversuchsanstalt*, in Peenemünde te gaan werken. Toen hij daar aankwam (13 oktober 1939), was de eerste supersone windtunnel nog niet geheel operationeel, later zou er nog een 2^e identieke tunnel gebouwd worden. Beide tunnels hadden een meetplaats doorsnede van $40 \times 40 \text{ cm}^2$ en uiteindelijk diverse keelstukken voor een bereik tot Mach 4.4. Het waren op dat moment wereldwijd verreweg de grootste supersone windtunnels. Erdmann werd betrokken bij het aerodynamische onderzoek voor de V-2 raket en werd Hauptgruppenleiter voor het aerodynamisch onderzoek t.b.v. de Wasserfall luchtdoelraket en het voorbereiden en uitvoeren van 's werelds eerste hyperson test, welke in april 1944 werd uitgevoerd. In augustus 1944 werd hij door een conflict met zijn baas Rudolph Hermann ontslagen.

Al in de zomer van 1945 zocht de Nederlands Militaire Missie in Duitsland contact met hem en op 12 april 1946 werd hij geïntroduceerd bij het NLL waar hij kort daarna in dienst trad en een pionier was voor supersoon en hyperson testen. Na een korte onderbreking in Zweden werd hij vanaf 1955 de leider van de nieuwe afdeling Gasdynamica en verantwoordelijk voor het ontwerp en de bouw van de supersone tunnels SST en CSST van het NLR. In Nieuwsbrief #90 is hierover meer te vinden. Van 1961 tot 1969 was hij buitengewoon hoogleraar en daarna tot zijn emeritaat in 1983 gewoon hoogleraar supersone aerodynamica bij de afd. Vliegtuigbouwkunde (later de faculteit Luchtvaart - en Ruimtevaarttechniek) van de TU-Delft.

Terwijl Wegener in het kader van Operatie Paperclip (overbrengen van belangrijke Duitse technici van Duitsland naar Amerika) op het Naval Ordnance Laboratory in White Oak het werk van Erdmann voortzette, begon Erdmann ongeveer tegelijkertijd zijn carrière bij het NLR. Pas in oktober 1991 ontmoetten beiden elkaar bij Erdmann thuis in Pijnacker [1] en [2]. ➤



Fig 8: Fleet admiral W. Nimitz inspecteert bij het Naval Ordnance Lab de zojuist gearriveerde maquette van de geplande 1x1 m² hypersonic testfaciliteit van Kochel (foto waarschijnlijk uit 1946).

De belangrijkste uitkomst van de test in Peenemünde was dat door de enorme expansie na de keel en het daardoor afkoelen van de stroming tot temperaturen beneden 70°K, er condensatie van luchtbestanddelen kan optreden. Of dat inderdaad nodig was, was niet bekend. De test maakte duidelijk dat men in die omstandigheden niet te veel op *supersaturation* (uitstel van condensatie) kan vertrouwen en dat de lucht dus moet worden voorverwarmd. Peter Wegener heeft dit gegeven in zijn eerste jaren in Amerika vervolgens uitvoerig onderzocht en daarbij, naar het tot nu toe lijkt, nooit gerefereerd aan de test van Erdmann, waarvan hij de meetgegevens en het rapport in zijn bezit had.

Figuur 8 toont tenslotte Admiral Nimitz (de latere nucleair aangedreven vliegdekschepen van de VS werden de Nimitz klasse genoemd) bij de Naval Ordnance Laboratory gebogen over een maquette van de 1x1 m² hypersonic tunnel die in Kochel gebouwd zou gaan worden. Ook die maquette werd, net als de tunnels, kort na de oorlog verhuisd naar het Naval Ordnance Lab in White Oak.

Hoewel deze “bijvangst” van mijn onderzoek naar hypersonic testen bij het NLR (het nog ongepubliceerde experimentele hypersonic onderzoek uit 1944) strikt genomen niets met het NLR te maken heeft, behalve dat Erdmann zijn kennis hierover meenam naar het NLR, wou ik jullie dit interessante vervolg niet onthouden. ■

Geraadpleegde literatuur

1. S.F. Erdmann: Deutsch-Niederländische Odyssee im Anlauf der Raumfahrt, Delft University Press, ISBN 90-407-2156-4.
2. Peter P. Wegener: The Peenemünde Wind Tunnels, A Memoir, Yale University press, ISBN 0-300-06367-9.
3. S.F. Erdmann: Erste Untersuchungen an einer Hochgeschwindigkeitsduse der machsen Zahl 8.83, aug 1944 (waarschijnlijk nooit gepubliceerd manuscript, nu beschikbaar bij SBEN).
4. Ferry F.J. Schrijer and Willem J. Bannink; Description and Flow Assessment of the Delft Hypersonic Ludwig Tube, 26th AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference, 23 - 26 June 2008. See also: Journal of Spacecraft and Rockets: devoted to astronautical science and technology. 47, 1 (125-133)

VRIJWILLIGERSUITJE NAAR HET LOUWMAN MUSEUM: EEN GESLAAGDE DAG

Op woensdag 23 oktober vertrokken 16 vrijwilligers voor het jaarlijkse vrijwilligersuitje naar het Louwman Museum in Den Haag. Bij aankomst verzamelden ze zich in het museumrestaurant, waar koffie of thee werd geserveerd. Helaas kon niet iedereen aanwezig zijn vanwege andere verplichtingen of ziekte.

Het Louwman Museum staat bekend om zijn indrukwekkende collectie automobielen, maar biedt daarnaast ook een verrassend aanbod van andere vervoermiddelen, zoals fietsen en vliegtuigen. Terwijl de groep in het restaurant zat, bevonden ze zich al onder een oude Britse tweedekker en keken ze uit op de gondels van een Zeppelin en een luchtballon.

Na te hebben genoten van koffie met gebak, werden de vrijwilligers in twee groepen verdeeld en begeleid door twee enthousiaste museumgidsen. Zij leidden hen langs de verschillende exposities verspreid over drie verdiepingen. Het museum herbergt meer dan 275

auto's en motorfietsen in allerlei soorten en uitvoeringen. Daarnaast is er een uitgebreide collectie automobielgerelateerde kunst, zoals posters, ornamenten en andere bijzondere objecten.

Een van de highlights voor ons als luchtvaart enthousiasten waren de replica's van een Blériot-vliegtuig en van een Spyker Farman FH-20. Het laatste vliegtuig werd gebouwd onder licentie van Farman. Ook indrukwekkend was de Breguet A2: een elektrische auto geproduceerd door de Franse vliegtuigfabriek tijdens de Tweede Wereldoorlog om de fabrieksarbeiders in deze tijd zonder vliegtuigproductie aan het werk te houden. Deze objecten benadrukten de historische link tussen de luchtvaart en de automobiellindustrie.

Na een rondleiding van bijna anderhalf uur kon de groep genieten van een heerlijke broodmaaltijd met soep in het restaurant. Daarna kregen de vrijwilligers de gelegenheid om op eigen tempo de overige ➤

Vervolg Vrijwilligersuitje naar het Louwman Museum

tentoonstellingen van het museum te verkennen. Door de omvangrijke collectie was het onmogelijk om alles uitgebreid te bekijken. Gelukkig biedt de website van het museum (louvmanmuseum.nl) een schat aan interessante video's en foto's om thuis verder van te genieten.

Het was een geslaagde dag die in het teken stond van ontdekking, bewondering en gezelligheid. Een mooie waardering voor het harde werk van onze vrijwilligers! ■



IN MEMORIAM

HENK VAN TUBERGEN (11 AUGUSTUS 1930–5 NOVEMBER 2024)

Vliegproefinstrumentatietechnicus bij de Afd. Vliegproefapparatuur VA.

Henk van Tubergen, “Tub” in de wandelgangen, was weliswaar geboren in Brabant, maar groeide op in Amsterdam en werd door iedereen gezien als een “echte” Amsterdammer. Dat betekende amsterdamse humor, maar ook amsterdamse koppigheid en eigenwijsheid.

Op 22 september 1947, pas 17 jaar oud, kwam hij al in dienst bij het (toen nog) NLL als technicus, met een puur mechanische opleiding. Maar hij was nieuwsgierig en leergierig, liet zich niet wegsturen en wilde alles weten.

Met name z'n toenmalige chef, Gijs van Munster, had veel schik in hem en onderkende zijn potentieel. Zo klom hij weg uit het werk op het instrumentenlaboratorium en veroverde zich een plek bij Dijkman, die namens het NLL de instrumentatie in de vliegtuigen van Fokker verzorgde.

Henk was dan ook de laatst overgeblevene van het NLL-team dat met de Fokker F27 Friendship prototype tests heeft uitgevoerd op Torrejon, Spanje (1959). Het volgende verhaal zal altijd aan hem blijven kleven. Torrejon was toen feitelijk een puur Amerikaanse basis en dat stelletje rare Nederlanders werd nauwlettend in de gaten gehouden door bewapende militairen. Tub vond dat maar niks, omdat er ook wel wat zenuwachtige jongelieden rondliepen met hun doorgeladen wapens. Dus in een onbewaakt ogenblik heeft hij de munitie maar uit de stengun van zo'n jongmens gehaald, dan konden daar tenminste geen ongelukken meer mee gebeuren.



Hij voegde de nodige elektrische en later elektronische kennis toe aan zijn repertoire en kon zo volwaardig meedraaien met het instrumenteren en de daaropvolgende tests met Fokker vliegtuigen, zoals de F28 (met de eerste digitale recorder DR-28) en later de Fokker 50 en Fokker 100. Ook bij de laboratoriumvliegtuigen van het NLR is hij talloze malen ingeschakeld, vooral ook als er apparatuur werd beproefd die later in Fokker vliegtuigen werd toegepast.

Op 29 september 1987 vierde hij zowel zijn 40-jarig jubileum als zijn afscheid: hij was toen met 40 dienstjaren tevens VUT-gerechtigd. Bijgaande foto is gemaakt bij dat afscheid. Hij vertrouwde me toe dat de toenemende digitalisering van het vak voor hem een brug te ver werd. En het laatste wat hij wilde was fouten maken. Dat kon je bij vliegproeven niet maken!

Tub was ook een “kleurrijke” figuur, had humor, was geliefd bij al zijn collega's en kon verrekke eigenwijs zijn, zij het dat hij daarmee altijd wel de anderen nog eens aan het denken zette, vaak niet ten onrechte. Je kon veel met hem argumenteren, maar nog meer met hem lachen. Ik heb beide met hem gedaan en zal hem mij altijd zo blijven herinneren. ■

JAN VAN DOORN



HET NLR EN AËROELASTICITEIT

Door **Roel Houwink**, vrijwilliger van de SBEN

DEEL 2 vervolg op deel 1 uit Nieuwsbrief 91

Over de schrijver

Roel Houwink is vanaf mei 2024 vrijwilliger van de SBEN. Na zijn studie Vliegtuigbouwkunde aan de TH Delft werkte hij vanaf 1975 als medewerker van de afdeling AE in Amsterdam. Hij hield zich vooral bezig met onderzoek van instationaire luchtcrachten op trillende transsone profielen. Van 1993-1996 werkte hij bij Fokker Aircraft als chef van de aëroelastische groep. Na het faillissement kwam hij terug naar het

NLR om daar de taak als afdelingschef van de afdeling AE op zich te nemen. Vanaf 1999 was hij werkzaam in de NOP, waar hij zich achtereenvolgens bij de afdelingen SB en AVFP tot aan zijn pensioen in 2013 vooral bezig hield met vliegtuigbelastingen. Tussentijds nam hij op verzoek van Fokker Aerostructures rond 2008 een jaar lang de functie van kwalificatie manager voor Fokker voor het NH90 project op zich.

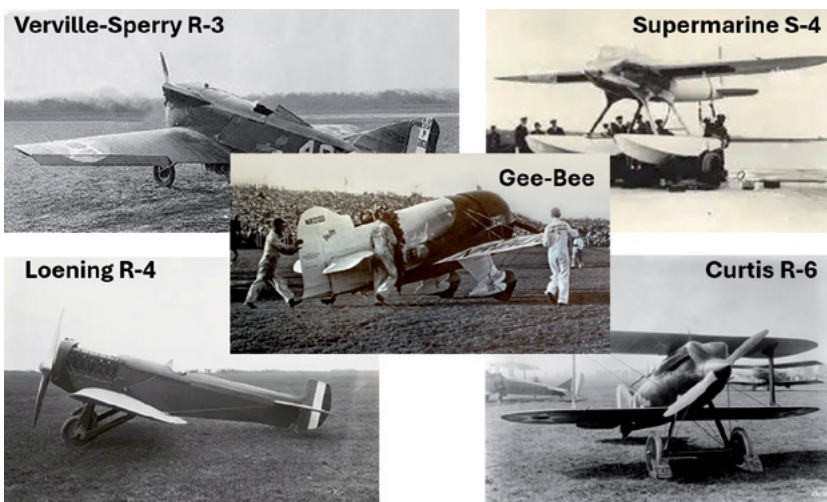


Fig.1 Enkele racevliegtuigen na WO I met flutterproblemen (Ref. 1)

In het eerste deel is besproken hoe het vakgebied aëroelasticiteit is ontstaan: uit een aantal aanvangs- en onbegrepen ongevallen in het begin van de luchtvaart begin 20e eeuw. Met als overwegend kenmerk het plotseling, bij toenemende vliegsnelheid, optreden van heftige trillingen, vaak leidend tot breuk en erger. Bij de RSL en later het NLL, de voorloper van het huidige NLR, werd al in 1923 door Von Baumhauer en Koning een adequate analyse gerapporteerd van een watervliegtuig met trillend aileron. Na WO I deed zich dit soort problemen met trillende draagvlakken in toenemende mate voor bij het streven naar het behalen van snelheidsrecords (Fig. 1). Dit verhoogde de druk op fabrikanten en overheden om de oorzaken van aëroelastische problemen op te sporen en deze tijdig op te lossen, als onderdeel van een veiliger luchtvaart.

In dit deel wordt ingegaan op de theoretische voorspelling en de kenmerkende verschijnselen van flutter; aansluitend bij de eerste onderzoeken in de 20'er jaren van de vorige eeuw met daarbij beelden van moderne reken- en visualisatiemethoden.

Zoals aangegeven in het zeer informatieve boek van Bram Elsenaar "Onder de vleugels van Göttingen" (Ref. 2) werden belangrijke ontwikkelingen bij RSL en haar opvolgers vlak voor en tijdens de Tweede Wereldoorlog aangepakt. Daaronder het plan om een nieuw gebouw te laten bouwen aan de Sloterweg met onder andere twee windtunnels: de Kleine en Grote LST. Bij het uitbreken van WO II was het gebouw nog niet klaar, maar werd al wel in gebruik genomen.

Tijdens WO II werd werk uitgevoerd in opdracht van het instituut AVA in Göttingen. Dit paste in het beleid van

het NLL, ondanks de moeilijke omstandigheden en de ethische vragen die dit met zich meebracht. Uiteindelijk betrof ruim 40% van het werk aeroelastisch onderzoek. ➤

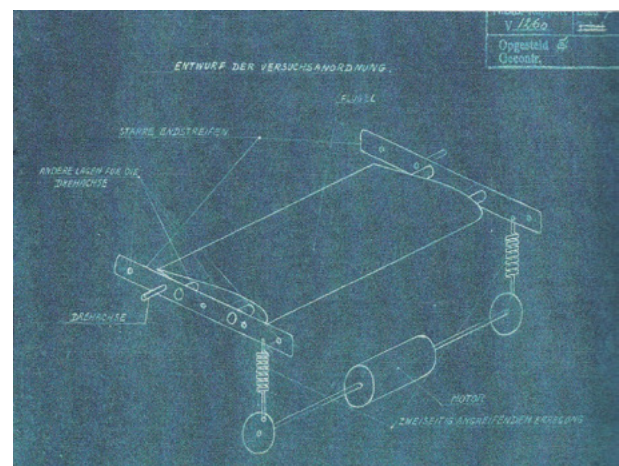


Fig. 2 Model van trillende vleugel in de kleine LST van het NLL

Vervolg Het NLR en aëroelasticiteit

Voor aeroelasticiteit ging het vooral om een drietal onderzoeken, gericht op methodiek: het ontwikkelen van een rekenmethode voor oplossing van de flutter-determinant in het frequentiedomein, de bepaling van de trillingseigenschappen van een Messerschmitt Me-109 en onderzoek in de kleine windtunnel van het NLL aan luchtkrachten op een trillende rechte “2D” vleugel (fig. 2). Dit zijn de drie pijlers onder praktisch gericht aeroelastisch onderzoek en daarom van groot belang de voorspelling van flutter in de praktijk.

Het NLL beschikte daarvoor over bij uitstek deskundigen, zoals ir. J. H. Greidanus, in dienst getreden in 1937. Hij ontwikkelde zich al snel tot specialist op aeroelastisch gebied. Vlak voor WO II deed hij al theoretisch flutteronderzoek aan een aantal vliegtuigen. Hij voerde onder meer de berekening uit van instationaire luchtkrachten zoals gemeten bij het windtunnelexperiment. De resultaten, in de vorm van het voor flutter relevante faseverschil tussen de beweging van de vleugel en de aerodynamische kracht als functie van de aandrijffrequentie, waren voor die tijd van ongekend hoge kwaliteit.

Tijdens WO II beschreef hij zijn aanpak van de flutterproblematiek in twee rapporten in opdracht van het NLL (Ref. 3, 4). Die aanpak was gebaseerd op de formulering van de bewegingsvergelijkingen voor het vliegtuig in de vorm van slechts enkele belangrijke trillingsvormen en eigenfrequenties: slagbeweging, torsiebeweging en rolroeruitslag. Daarmee kon de omvang van de rekeninspanning binnen haalbare grenzen worden gehouden. Gegevens voor de trillingsvormen waren destijds afgeleid van gemeten gegevens over geometrie, massa en stijfheid van het vliegtuig en de trillingseigenschappen zoals bekend uit standtrillingsmetingen. Voor de modellering van luchtkrachten

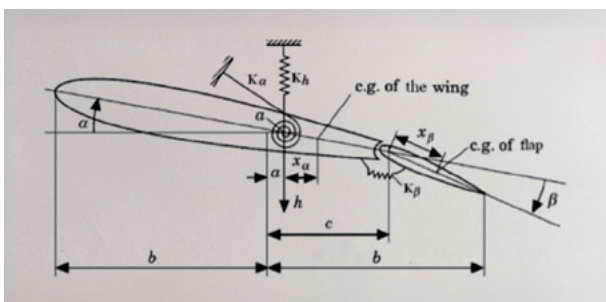
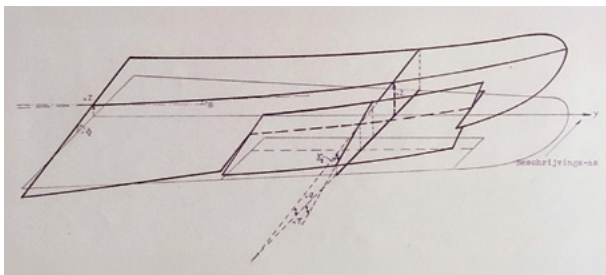


Fig. 3 2D-sectie voor luchtkrachten in het aeroelastisch rekenmodel

maakte hij gebruik van de resultaten van theoretisch onderzoek van Küssner en Schwarz voor instationaire luchtkrachten op tweedimensionale strippen van een vleugel. Hij gaf zelf aan dat het 2D-model de belangrijkste resterende beperking in nauwkeurigheid van de resultaten was. De relatie van het rekenmodel met het werkelijke vliegtuig is geschetst in fig. 3.

Hij gaf aan dat de karakteristieke vergelijking ten hoogste van de derde graad mocht zijn (drie trillingsvormen). Dan zou de berekening ongeveer 2-8 weken rekenwerk kosten.



Fig. 4 Rekendames aan het werk

Hij zette daarvoor een groep meest vrouwelijke rekenaars in (fig. 4). Zij bedienden de mechanische rekenmachines om de oplossing van de fluttervraagstukken te bepalen. Dit gebeurde met meerdere groepen met dezelfde opdracht, waarbij de uitkomsten hetzelfde moesten zijn op straffe van het moeten herhalen van de berekeningen.

De aanpak van Greidanus vloeit voort uit het inzicht dat flutter het gevolg is van instationaire luchtkrachten opgewekt door een van de trillingsvormen, die energie toevoegen door arbeid in een of meer andere trillingsvormen. De toename van de energie van het systeem gebeurt boven een bepaalde grens: de kritieke fluttersnelheid. De kritieke fluttersnelheid kon worden gevonden uit de determinant van de bewegingsvergelijkingen voor de trillingsvormen, met de eis dat de oplossing voor de bewegingen zuiver harmonisch is en dus $damping = 0$ heeft. Om toch ook bij andere condities harmonische resultaten te kunnen vinden besloot hij om kunstmatig structurele damping toe te voegen om het “probleem” van teveel of te weinig damping te compenseren. Daardoor kon zinvolle informatie over de flutterstabiliteit van het vliegtuig ook buiten het flutterpunt worden verkregen. Een bekende manier om dit weer te geven zijn de zogenaamde flutterdiagrammen, die het verloop van frequentie en damping weergeven als functie van de vliegsnelheid.

Dergelijke diagrammen zijn nog steeds gemeengoed bij de uitvoering van flutteronderzoek, en vormen een belangrijk onderdeel van de fluttercertificatie om vrijheid van flutter aan te tonen binnen de beoogde

vluchtenvelope. Fig. 5 toont een voorbeeld van een flutterdiagram voor een twee graden van vrijheid tweedimensionaal fluttermodel (translatie en rotatie), berekend middels een Matlab programma aangepast uit Ref. 5. Daaronder enkele bijpassende tijdsignalen.

In het flutterdiagram zien we rechts het verloop van de demping van de trillingsvormen met de vliegsnelheid. De kritieke fluttersnelheid ligt bij de eerste doorsnijding met de lijn demping = 0.

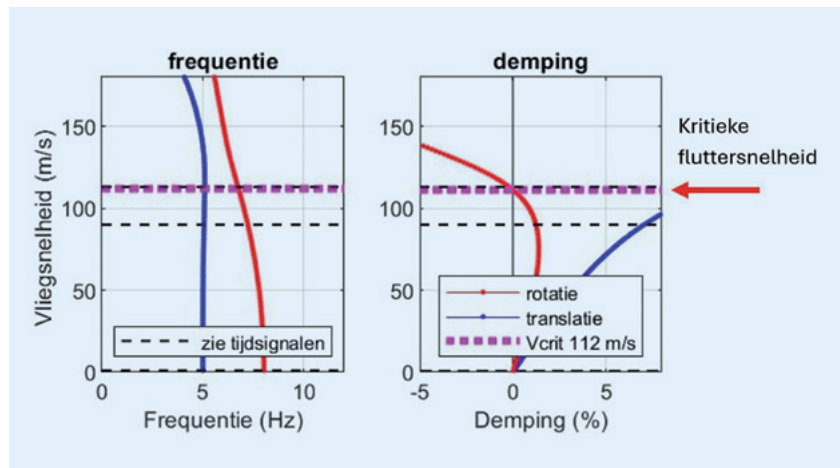


Fig. 5 Flutterdiagram

Links zien we het verloop van de bijbehorende frequenties. Bij $V = 0$ zijn er geen luchtkrachten en zien we de eigenfrequenties, als bij een standtrillingsproef. Bij toenemend snelheid worden de frequenties beïnvloed door de luchtkrachten en groeien naar elkaar toe. Onder de kritieke fluttersnelheid zijn de trillingen gedempt, daar boven is de demping negatief en neemt de amplitude toe. Voor een model met drie graden van vrijheid zoals dat van Greidanus zouden er links en rechts drie curves zichtbaar zijn, één voor elke vrijheidsgraad.

Fig. 6 geeft een beeld van de dominante rotatietrilling met de berekende frequenties en demping bij de aangegeven vliegsnelheden voor dezelfde begin amplitude. Bij flutter flight tests wordt met name dit soort informatie gebruikt bij planning van de vlucht.

Greidanus heeft de opstelling van de bewegingsvergelijkingen en het oplossingsproces van de flutterdeterminant uitgebreid beschreven in Ref. 3 en 4 tot op de details van alle (destijds handmatig) te maken berekeningen. Dat maakt deze documenten tot een belangrijk erfgoed van het NLR.

Het is interessant om te zien hoe Greidanus daarin zijn matrices volledig beschreef; klaar voor handmatige berekening. In de bovengenoemde twee documenten zijn overigens geen flutterdiagrammen te vinden. Mogelijk omdat er alleen een methodiek werd beschreven en niet de toepassing ervan voor een concreet vliegtuig. Wellicht dat in de vele rapporten van Greidanus met toepassingen dergelijke diagrammen wel zijn gebruikt. In de loop van WO II heeft hij diverse flutteranalyses uitgevoerd, zoals voor het zweefvliegtuig Gö4 als voor het transportvliegtuig Ju 2.

Ter illustratie van flutter met roer zoals onderzocht door Greidanus wordt verwezen naar een video op Youtube met een Cessna Twin Comanche staart flutter flight test (ref. 6). ■

In een volgend deel zal aandacht worden besteed aan aeroelastisch onderzoek bij het NLR ten behoeve van Fokker.

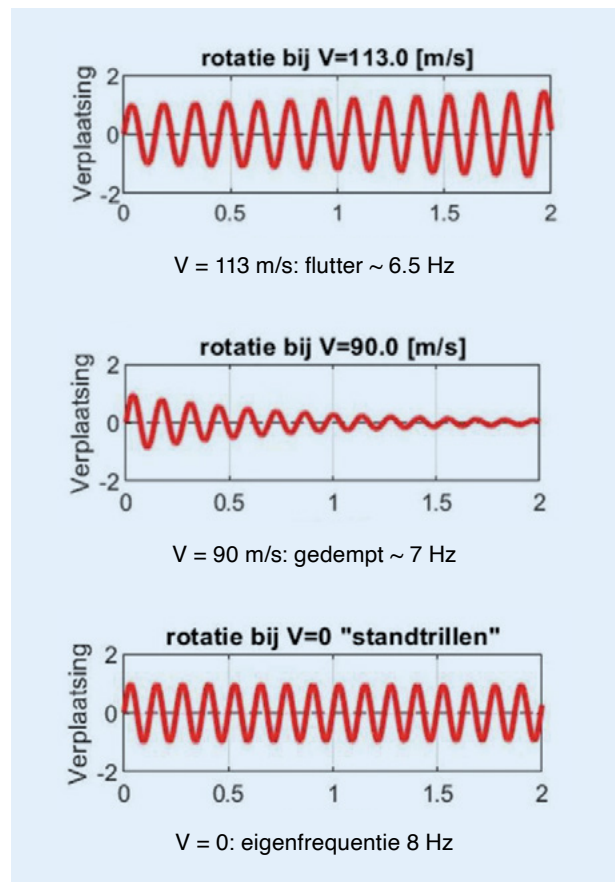


Fig. 6 Tijdsignalen van rotatietrilling bij in fig. 5 aangegeven snelheden

Literatuur

1. Garrick, I.E., Reed III, Wilmer H. , "Historical Development of Aircraft Flutter", AIAA 81-0491R, november 1981.
2. Elsenaar, Bram, "Onder de vleugels van Gottingen", 2020 Uitgeverij Aspekt.
3. Greidanus, J.H., NLL Rapport V-1252 (1940).
4. Greidanus, J.H., NLL Rapport V-1304 (1944).
5. Wright, J.R., Cooper, J.E., "Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads". Wiley, Kindle Edition, 2015
6. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pEOmCkZyXzk>

UW DONATIE OVER 2025 – HERINNERING AAN ONZE DONATEURS

De erfgoedstichting ontvangt van onze donateurs ieder jaar donaties waarmee onze onkosten worden gedekt, naast een donatie van het NLR.

Voor 2025 rekenen wij weer op uw financiële steun in de vorm van een donatie. Uw donatie is fiscaal aftrekbaar omdat onze stichting de status heeft van een culturele Algemeen Nut Beogende Instelling (ANBI).

Rectificatie

In Nieuwsbrief 91 zijn in de rubriek “In memoriam” abusievelijk de geboorte- en overlijdensdata van Corry van der Bliek-Van der Pijl foutief vermeld. De juiste data zijn 15 oktober 1927 en 9 augustus 2024.

Met uw bijdragen zijn wij in staat onze activiteiten voort te zetten, ons erfgoed te beschrijven en digitaal beschikbaar te stellen en ook te werken aan toekomstige nieuwe exposities.

De minimale donatie (per jaar) is € 12,50. Pensioenge-rechtigden kunnen donateur voor het leven worden voor eenmalig minimaal € 125,-

Wij stellen het op prijs dat u uw donatie tijdig betaalt, dat wil zeggen uiterlijk eind februari. Mocht u afzien van voortzetting van het donateurschap wilt u ons dat laten weten via het email adres museum@nlr.nl dan hoeven we niet te rappelleren. ■

Onze bankgegevens zijn: IBAN: NL27 ABNA 0578 8272 04
Stichting Behoud Erfgoed NLR te Amsterdam



Bestuursleden en vrijwilligers van de Stichting Behoud Erfgoed NLR wensen u prettige feestdagen en een voorspoedig 2025

DE NIEUWSBRIEF wordt uitgegeven onder de verantwoordelijkheid van het bestuur van de Stichting Behoud Erfgoed NLR. De Nieuwsbrief verschijnt viermaal per jaar en wordt toegezonden aan de donateurs van de stichting.

Jaardonateurs betalen € 12,50 (kalenderjaar). Donateurs voor het leven (alleen vutters en gepensioneerden) betalen eenmalig € 125,00. Met uw donatie steunt u onze stichting bij het bewaren en toegankelijk maken van het NLR-erfgoed.

Vormgeving: C10 Ontwerp, Den Haag

Naast de nieuwsbrieven ontvangen donateurs het jaarverslag van de stichting. Tweemaal per jaar organiseert het bestuur een donateursbijeenkomst. Donateurs krijgen korting bij de aankoop van museum-publicaties.

Culturele ANBI (RSIN: 813320409)

IBAN: NL27 ABNA 0578 8272 04
t.n.v. Stichting Behoud Erfgoed NLR te Amsterdam.

Stichting Behoud Erfgoed NLR, Postbus 90502, 1006 BM Amsterdam
Tel. 088-511 31 13, E-mail museum@nlr.nl, www.erfgoednlr.nl