



Managementsamenvatting

Geluidscertificatie van kleine luchtvaart

Probleemstelling

Het NLR is van plan ieder jaar een of meerdere meetcampagnes te organiseren ten behoeve van geluidscertificatie van kleine propellervliegtuigen (tot 8616 kg) en helikopters (tot 3175 kg). Deze metingen worden uitgevoerd in het kader van nieuwe Europese regelgeving, waarbij ieder luchtvaartuig verplicht is, een geluidscertificaat aan boord te hebben. Vliegtuigen in standaardconfiguratie, d.w.z. af fabriek, hebben al een geluidscertificaat. Alleen vliegtuigen met aanpassingen, zoals bv. een andere propeller, moeten opnieuw worden gemeten. Het uitvoeren van dit soort metingen past in de dienstverlening van het NLR aan de kleine luchtvaartsector, en het sluit direct aan bij de expertise en middelen die het NLR heeft op het gebied van geluidsregistratie.

Beschrijving van de werkzaamheden

Bij dit type metingen moeten geluidsdata, meteodata, vliegtuigpositie- en -prestatiedata synchroon worden geregistreerd, conform de meetvoorschriften,

zoals omschreven in de hoofdstukken 6, 10 en 11 van “Annex 16 to the convention on international civil aviation, volume 1, aircraft noise” (ICAO). Het meetresultaat van een geluidsmeting is de gemiddelde waarde van $L_{A,max}$ (het maximum geluidsniveau in dB(A) tijdens een passage) dan wel L_{AX} (het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau in dB(A) over een passage) over een aantal passages, gecorrigeerd voor atmosferische invloeden en vliegtuigparameters, voor zover die niet overeenkomen met de referentiewaarden. In de publikatie worden de meetmethoden uiteengezet, en worden de ervaringen bij een uitgevoerde testmeting besproken.

Resultaten en conclusies

Het NLR heeft een (voorlopige) erkenning voor het uitvoeren van geluidscertificatiemetingen aan kleine luchtvaart, conform de ICAO hoofdstukken 6, 10 en 11.

Toepasbaarheid

Voor eigenaren van een luchtvaartuig uit een van deze klassen, waarvoor een nieuw geluidscertificaat nodig is, kan het NLR een geluidsmeting uitvoeren.

Rapportnummer

NLR-TP-2007-737

Auteur(s)

H.M.M. van der Wal

Rubricering rapport

ONGERUBRICEERD

Datum

november 2007

Kennisgebied(en)

Aeroacoustic & Experimental Aerodynamics

Trefwoord(en)

Vliegtuiggeluid
Kleine luchtvaart
Geluidscertificatie



NLR-TP-2007-737

Geluidscertificatie van kleine luchtvaart

H.M.M. van der Wal


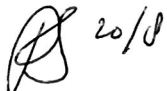

Dit rapport is gebaseerd op een presentatie gehouden bij het congres Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit, Nieuwegein, 6-7 november 2007.

Uit dit rapport mag worden geciteerd onder de voorwaarde dat volledige bronvermelding plaatsvindt.

Deze publicatie is beoordeeld door de Adviescommissie Aerospace Systemen & Applicaties.

Opdrachtgever Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium NLR (Eigen Werk)
Eigenaar Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium NLR
Divisie Aerospace Vehicles
Verspreiding Onbeperkt
Rubricering titel Ongerubriceerd
 juli 2008

Goedgekeurd door:

Auteur 	Reviewer  20/8	Beherende afdeling 
---	--	---

Inhoud

Samenvatting	3
Inleiding	3
Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 10	3
Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 6	6
Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 11	6
Praktijkmeting	6
Verdere informatie	10
Referenties	10

Geluidscertificatie van kleine luchtvaart

Henk van der Wal

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)

Afdeling Helikopters & Aëro-akoestiek

Voorsterweg 31, 8316 PR MARKNESSE

Tel: 0527 24 8644; email: vdwal@nlr.nl

Samenvatting

Het NLR is van plan, ieder jaar een of meerdere meetcampagnes te organiseren ten behoeve van geluidscertificatie van kleine propellervliegtuigen (tot 8616 kg) en helikopters (tot 3175 kg). Deze metingen worden uitgevoerd in het kader van nieuwe Europese regelgeving, waarbij ieder luchtvaartuig verplicht is, een geluidscertificaat aan boord te hebben.

Vliegtuigen in standaardconfiguratie, d.w.z. af fabriek, hebben al een geluidscertificaat.

Alleen vliegtuigen met aanpassingen, zoals bv. een andere propeller, moeten opnieuw worden gemeten.

Het uitvoeren van dit soort metingen past in de dienstverlening van het NLR aan kleine luchtvaartoperators of aan fabrikanten van vliegtuigonderdelen die invloed hebben op de geluidsemissie, en het sluit direct aan bij de expertise en middelen die het NLR heeft op het gebied van geluidsregistratie.

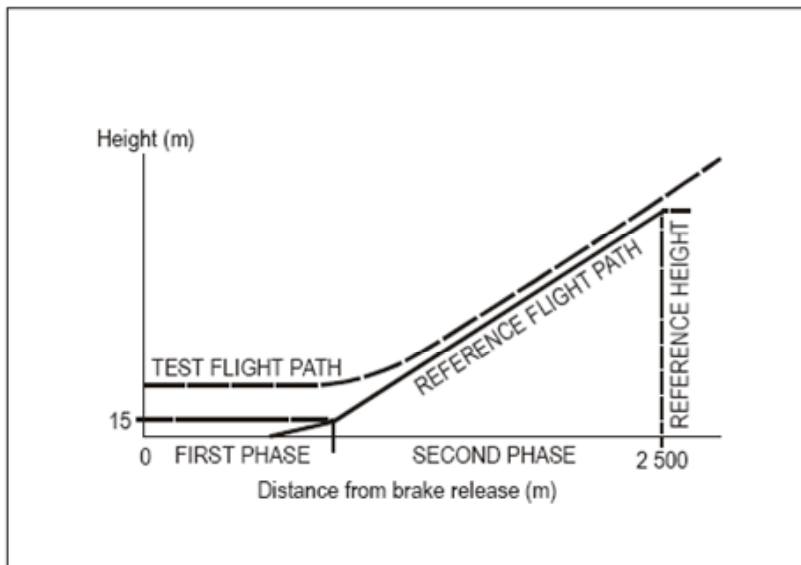
Bij dit type metingen moeten geluidsdata, vliegtuigpositie- en -prestatiedata synchroon worden geregistreerd, conform de meetvoorschriften, zoals omschreven in de hoofdstukken 6, 10 en 11 van ICAO Annex 16¹. In de lezing worden de meetmethoden uiteengezet, en zullen ervaringen bij een reeds uitgevoerde testmeting worden besproken.

Inleiding

In het kader van nieuwe Europese regelgeving is ieder luchtvaartuig verplicht, een geluidscertificaat aan boord te hebben. Vliegtuigen in standaardconfiguratie, d.w.z. af fabriek, hebben al een geluidscertificaat. Alleen vliegtuigen met aanpassingen, zoals bv. een andere propeller, moeten opnieuw worden gemeten. Het uitvoeren van dit soort metingen past in de dienstverlening van het NLR aan kleine luchtvaartoperators of fabrikanten van “geluidskritische” onderdelen en het sluit direct aan bij de expertise en middelen die het NLR heeft op het gebied van geluidsregistratie. Bij dit type metingen moeten geluidsdata, vliegtuigpositie- en -prestatiedata synchroon worden geregistreerd. Onderstaand worden de meetmethoden uiteengezet, en zullen ervaringen bij een reeds uitgevoerde testmeting worden besproken.

Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 10

Hoofdstuk 10 van ICAO¹ geldt voor propellervliegtuigen met een massa tot 8616 kg, waarvoor het prototype op of na 17 november 1988 is gecertificeerd (zie Ref. 1 voor een meer nauwkeurige definitie). Het meetresultaat van de geluidsmeting conform ICAO hoofdstuk 10 is $L_{A,max}$, de gemiddelde waarde van $L_{A,max}$ over een aantal passages, en gecorrigeerd voor



Figuur 1. Typerend vlieg- en referentieprofiel

van de klimvlucht, zoals weergegeven in Fig. 1. Het $L_{A,max}$ wordt gemeten op 2,5 km van het (virtuele) startpunt. Ook worden de relevante meteorologische parameters geregistreerd, en voor iedere passage de vliegbaan en een aantal prestatieparameters van het vliegtuig. Het $L_{A,max}$ wordt gemeten met een ½-inch microfoon van het type “pressure-sensitive”, die ondersteboven op een metalen bodemplaat wordt gemonteerd, zie Fig. 2. De laag wit zand op de foto is gebruikt om de bodemplaat vlak passend (“flush”) in het omringende grondoppervlak te plaatsen, teneinde diffractie-effecten aan de rand van de plaat te minimaliseren.



Figuur 2. Microfoon, gemonteerd op een bodemplaat



Figuur 3. Laser afstand- en richtingsmeter

atmosferische invloeden en vliegtuigparameters, voor zover die niet overeenkomen met de referentiewaarden, o.a. zeeniveau en ISA (standaard atmosfeer). Met $L_{A,max}$ wordt hier bedoeld: het maximum geluidsniveau over een passage, in dB(A), gemeten op meterstand “slow”. Er worden 6 starts uitgevoerd, of meer, afhankelijk van de spreiding in de resultaten. De vliegbaan na de start wordt hierbij gesimuleerd door middel van interceptie

Er mogen zich geen geluidsreflecterende of -afschermende objecten bevinden in de buurt van de microfoon, en de bodem mag niet een zeer hoge geluidsabsorptie hebben.

Voor geldige resultaten moeten de atmosferische condities, te meten op een hoogte tussen 1,2m en 10m, binnen bepaalde toleranties liggen: de relatieve vochtigheid tussen de 20% en 95%, de temperatuur tussen 2°C en 35°C, de windsnelheid maximaal 5 m/s en geen neerslag. De vliegbaan en de snelheid worden gemeten met een afstand- en richtingsmeter, zie Fig. 3.



Figuur 4. Mobiel Akoestisch MeetSysteem van het NLR

De microfoon wordt aangesloten op een mobiele meetpost, die draadloos is verbonden met een desktop computer in een aanhanger, zie Fig. 4. Ook de laser afstand- en richtingsmeter en de meteopost zijn aangesloten op deze computer, zodat de geregistreerde data zijn gesynchroniseerd. Een tweede mobiele meetpost wordt geplaatst in het vliegtuig. Hierop wordt een laser opnemer aangesloten voor het meten van het propellertoerental, en een videocamera voor het

registreren van de vliegsnelheid (de zg. “indicated airspeed”¹⁾, verder aangeduid met IAS) en de inlaatdruk (door middel van beelden van de betreffende boordinstrumenten). Omdat de mobiele meetposten zijn voorzien van een GPS-ontvanger, kunnen deze data eenvoudig worden gesynchroniseerd met de op de grond gemeten data. De draadloze verbinding tussen de meetpost in het vliegtuig en het grondstation werkt (nog) niet. Daarom worden, direct na iedere passage, de waarde van IAS, propellertoerental en inlaatdruk via de boordradio doorgegeven. Hiervoor is het meestal nodig dat er een waarnemer meevliegt als passagier.

De vliegtuigconfiguratie, alsmede de motor- en propellerinstellingen, moeten overeenkomen met die voor een normale klim, zie Ref. 1. De vliegtuigmassa mag niet te ver onder de massa liggen, waarvoor certificatie wordt aangevraagd, in het algemeen de maximum startmassa. Om die reden moet een passage plaatsvinden binnen 1 uur na het tijdstip waarop het vliegtuig is opgestegen. De vliegrichting tijdens de passage is tegen de wind in waarbij, op 5 m hoogte, een dwarswindcomponent is toegestaan van maximaal 2,5 m/s.

Een geldige passage moet voldoen aan de volgende voorwaarden:

- de $L_{A,max}$ -waarde moet tenminste 10 dB(A) boven het achtergrondgeluidsniveau liggen,
- de vliegsnelheid op het klimtraject mag niet meer dan ± 9 km/u afwijken van de snelheid V_y , dit is de snelheid (IAS) waarbij de verticale snelheid maximaal is,

¹⁾ De indicated airspeed (IAS) is de snelheid t.o.v. de omringende lucht, en verschilt van de op de grond gemeten snelheid door de invloed van hoogte, temperatuur en wind.

- ☑ de vlieghoogte boven de microfoon mag maximaal $\pm 20\%$ afwijken van de referentiehoogte, zie Fig. 1,
- ☑ de laterale afwijking moet zodanig zijn dat het vliegtuig de microfoon passeert binnen een hoek van $\pm 10^\circ$ ten opzichte van de verticaal.

Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 6

Hoofdstuk 6 van ICAO ¹ geldt voor propellervliegtuigen vliegtuigen met een massa tot 8616 kg, waarvoor het prototype voor 17 november 1988 is gecertificeerd (zie Ref. 1 voor een meer nauwkeurige definitie). De belangrijkste verschillen met hoofdstuk 10 zijn:

- geen klimpassages (simulatie van een start) maar minimaal 4 horizontale passages op 300 m hoogte (kruisvlucht), gelijkelijk verdeeld over meewind en tegenwind,
- microfoon van type “vrije veld”, op een hoogte van 1,2 m, gemonteerd op een statief, en gericht naar boven (in plaats van “pressure-type” microfoon op een bodemplaat),
- andere procedures voor correctie van gemeten data, wanneer atmosferische invloeden en vliegtuigparameters niet overeenkomen met de referentiewaarden.

Meetmethode conform ICAO hoofdstuk 11

Hoofdstuk 11 van ICAO ¹ geldt voor helikopters met een massa tot 3175 kg, waarvoor het prototype op of na 11 november 1993 is gecertificeerd (zie Ref. 1 voor een meer nauwkeurige definitie). De belangrijkste verschillen met hoofdstuk 10 zijn:

- geen klimpassages (simulatie van een start) maar minimaal 6 horizontale passages op 150 m hoogte (kruisvlucht bij het maximaal toegestane toerental), gelijkelijk verdeeld over meewind en tegenwind,
- “pressure-type” microfoon, op een hoogte van 1,2 m, gemonteerd op een statief, gericht horizontaal en loodrecht op de vliegbaan,
- in plaats van het maximale geluidsniveau $L_{A,max}$ wordt het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau L_{AX} gemeten in dB(A), over een periode, die niet kleiner is dan het tijdsinterval, waarin $L_A(t)$ eerst met 10 dB(A) toeneemt tot de maximale waarde ($L_{A,max}$) en daarna weer met minimaal 10 dB(A) afneemt,
- andere procedures voor correctie van gemeten data.

Praktijkmeting

Een hoofdstuk 10-(test)meting ¹ is uitgevoerd aan een Super Dimona motorglider, zie Fig. 5.



Figuur 5. Super Dimona motorglider, met dank aan Zweefvliegclub Hoogeveen

Onderstaande gegevens zijn bepaald uit het handboek van het testvliegtuig:

- fabrikant: Diamond Aircraft, type Super Dimona TTC115, bouwjaar 1997,
- motor: Rotax, type 914F3,
- propeller: MT propeller, type MTV-21-A-C-F/CF175-05,
- maximaal toegestane startmassa (MTOM) waarvoor de geluidsmeting geldig is: 770 kg,
- referentiehoogte: 951.5 ft (290 m, zie Fig. 1),
- V_y : 59.4 kts (30,6 m/s, 110 km/u),
- stijgsnelheid: 5,4 m/s,
- propeller toerental (referentiewaarde): 2260 RPM,
- inlaatdruk (referentiewaarde): 34 In Hg (115 kPa).

Onderstaande meteogegevens op vlieghoogte zijn geschat op basis van de beschikbare meetgegevens van het KNMI:

- lucht temperatuur: 2 °C,
- luchtdruk: 1002 hPa,
- windrichting: 240° (ongeveer ZW),
- windsnelheid: 2,8 m/s.

Passage	$L_{A,max}$ dB(A)	Hoogte ft	Laterale afwijking graden	V_y kts	Propeller toerental RPM	Inlaatdruk In Hg
1	71.4	967.9	7	59.4	2400	38
2	69.7	1020.4	9	56.7	2350	40
3	70.4	1013.8	5	59.4	2350	40
4	70.6	1076.2	10	59.4	2350	40
5	69.5	1076.2	5	56.7	2350	40
6	69.4	1063	10	59.4	2350	40
7	70.6	1010.5	4	59.4	2400	40
8	70.5	1033.5	0	56.7	2350	40
9	69.7	1135.2	0	59.4	2350	40
10	70.2	1040.0	14	59.4	2350	40
11	70.4	1013.8	7	59.4	2350	40

Voor een geldige passage zijn de toelaatbare marges voor onderstaande parameters:

- hoogte: tussen 761 ft en 1142 ft,
- V_y : tussen 54.4 kts en 64.4 kts,
- laterale afwijking t.o.v. de verticaal: tussen -10° en $+10^\circ$.

Er zijn in totaal 10 geldige passages uitgevoerd. In de tabellen 1 en 2 zijn de geregistreerde vliegtuig- resp. meteodata weergegeven. Bij passage 10 was de laterale afwijking (14°) groter dan de maximaal toelaatbare waarde (10°). Daarom is deze passage bij de verdere verwerking buiten beschouwing gelaten. De overige data in de tabellen 1 en 2 liggen binnen de toegestane marges.

Tabel 2. Geregistreerde meteodata.

Passage [-]	Lucht- temperatuur [° C]	Lucht- druk [hPa]	Relatieve vochtigheid [%]	Windrichting [graden]	Windsnelheid [m/s]	Dwarswind component [m/s]
1	4.0	1001.2	70.3	225	3.5	0.6
2	4.0	1001.2	71.5	247.5	1.8	0.3
3	4.0	1001.2	70.3	247.5	2.4	0.4
4	4.0	1001.2	71.5	225	2	0.3
5	4.1	1001.2	67	247.5	1.5	0.3
6	4.3	1001.4	71.5	225	2.9	0.5
7	4.1	1001.2	72.5	202.5	2.7	0.5
8	4.0	1001.4	72.9	225	3	0.5
9	4.0	1001.4	73.4	225	2.7	0.5
10	4.0	1001.4	72.5	202.5	1.5	0.3
11	4.0	1001.2	72.5	247.5	2.5	0.4

Uit de bovenstaande data worden, voor iedere passage, de volgende correctiefactoren berekend:

- $\Delta(M)$: de correctieterm voor de atmosferische absorptie,
- Δ_1 : de correctieterm voor de geluidspadlengte,
- Δ_2 : de correctieterm voor het propellertoerental,
- Δ_3 : de correctieterm voor het motorvermogen.

Voor de definitie van deze correctiefactoren en verdere details wordt verwezen naar Ref. 1.

De gecorrigeerde waarden van $L_{A,max}$ per passage, die worden verkregen door deze correctiefactoren op te tellen bij de gemeten waarden van $L_{A,max}$, staan vermeld in tabel 3, evenals de waarden van de correctiefactoren. Uit deze gecorrigeerde waarden van $L_{A,max}$ voor iedere geldige passage wordt het (algebraïsch) gemiddelde $\overline{L_{A,max}}$ bepaald, en het bijbehorende 90% betrouwbaarheidsinterval (zie Ref.

2, Appendix 1) dat een maximale breedte mag hebben van $\pm 1,5$ dB(A):

$$\overline{L_{A,max}} = 69,6 \text{ dB(A)}$$

$$90\% \text{ betrouwbaarheidsinterval} = 69,6 \pm 0,3 \text{ dB(A)}$$

Tabel 3. Gecorrigeerde geluidsdata met correctiefactoren.

Passage	$L_{A,max}$ gecorrigeerd	$\Delta(M)$	Δ_1	Δ_2	Δ_3
[-]	[dB(A)]	dB	dB	dB	dB
1	70.1	0.01	0.2	0	-1.6
2	68.8	0.04	0.6	0	-1.6
3	69.7	0.04	0.6	0	-1.3
4	70.3	0.08	1.1	0	-1.5
5	69.2	0.08	1.1	0	-1.5
6	69.0	0.07	1.0	0	-1.5
7	69.7	0.04	0.6	0	-1.5
8	69.8	0.05	0.8	0	-1.5
9	69.9	0.11	1.6	0	-1.5
11	69.6	0.04	0.6	0	-1.5

In de praktijk blijken er soms beperkingen op te treden ten aanzien van het exact volgen van het meetvoorschrift. In voorkomende gevallen moet dan met de luchtvaartautoriteit worden onderhandeld over een vereenvoudiging van de meetprocedure. Enkele voorbeelden:

- meting van meteodata op vlieghoogte is niet haalbaar (te duur) voor geluidscertificatiemetingen aan kleine vliegtuigen,
- boordinstrumenten kunnen soms een lage afleesnauwkeurigheid (“resolutie”) hebben, bv. de IAS kon niet nauwkeuriger worden afgelezen dan ± 5 km/u.

Tijdens een test moet na iedere passage (boven het minimum aantal) worden beslist of er inmiddels voldoende passages zijn uitgevoerd om de waarde van $\overline{L_{A,max}}$ met voldoende nauwkeurigheid te bepalen. Hiervoor moet de data-acquisitie en het daarop volgende verwerkingsproces verregaand geautomatiseerd zijn. Omdat bij de uitgevoerde testmeting de betreffende software nog niet klaar was, zijn er een aantal extra passages uitgevoerd.

Conclusies

Het NLR heeft een (voorlopige) erkenning van IVW (Inspectie Verkeer en Waterstaat) voor het uitvoeren van geluidscertificatiemetingen aan kleine luchtvaart, conform de ICAO hoofdstukken 6, 10 en 11. Voor eigenaren van een luchtvaartuig uit een van deze klassen, die een geluidscertificaat nodig hebben, kan het NLR een geluidsmeting uitvoeren.

Verdere informatie

Voordat een test kan worden uitgevoerd moet door de aanvrager op een aanvraagformulier een aantal gegevens worden ingevuld over de eigenaar, de vlieger tijdens de test, het testvliegtuig, de motor(en), de propeller(s), de vliegprestaties en eventuele wijzigingen op de basisconfiguratie. De testvluchten worden uitgevoerd vanaf vliegveld Lelystad. De eigenlijke meetlocatie bevindt zich op Artillerie Schietkamp Oldebroek. Op vliegveld Lelystad krijgen de vliegers een gedetailleerde briefing met betrekking tot de gang van zaken tijdens de meetdag. Ook krijgt de vlieger een checklijst mee voor tijdens de vlucht uit te voeren vlieg- en radioprocedures, en de door te geven instrumentgegevens. Het uitvoeren van de klimvluchtprocedure niet eenvoudig, met name het voorkomen van te grote hoogte- en laterale afwijkingen. Voor minder geoefende vliegers verdient het daarom aanbeveling, deze procedure van te voren te oefenen. Verdere informatie over dit onderwerp is te vinden op de NLR web site: www.nlr.nl.

Referenties

1. International standards and recommended practices, “Environmental protection” Annex 16 to the convention on international civil aviation, volume 1 “Aircraft noise” third edition July 1993, International Civil Aviation Organization (ICAO).
2. “Environmental technical manual on the use of procedures in the noise certification of aircraft”, Third edition 2004, doc 9501-AN/929, International Civil Aviation Organization (ICAO).