

# Validatie van geluidreductie Geilenkirchen

Beschrijving en uitkomsten van validatie met behulp van metingen

Opdrachtgever

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

NLR-CR-2013-198 - Mei 2013



**Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium**

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam

Nederland

Tel 088 511 31 13

[www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)



# Validatie van geluidreductie Geilenkirchen

Beschrijving en uitkomsten van validatie met behulp van metingen

R.H. Hogenhuis

Opdrachtgever  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

*Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar.*

Opdrachtgever            Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Contractnummer        31072065  
Eigenaar                    Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
NLR Divisie                Air Transport  
Verspreiding              Beperkt  
Rubricering titel         Ongerubriceerd  
Datum                        Mei 2013

Goedgekeurd door:

Auteur R.H. Hogenhuis	Reviewer H.W. Veerbeek	Beherende afdeling R.W.A. Vercammen
Datum 16/5/2013	Datum 15/5 2013	Datum 15/5/'13

## Samenvatting

De Tweede Kamer heeft de regering verzocht om de geluidsoverlast van AWACS vluchten van en naar vliegbasis Geilenkirchen met tenminste 35% te verminderen. Tevens heeft de Tweede Kamer verzocht om met behulp van een validatieprocedure aan te tonen dat de beloofde reductie ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt. Door de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu is een voorstel voor een validatieprocedure aan de Tweede Kamer aangeboden. Dit rapport beschrijft deze validatieprocedure en laat de uitkomsten van de validatie zien. Geconcludeerd wordt dat de geluidbelasting op basis van geluidmetingen dezelfde trends vertoont als de geluidbelasting op basis van berekeningen. Hiermee is bevestigd dat de methodiek om op basis van berekeningen de geluidbelasting in kaart te brengen geschikt is om een geluidreductie te bepalen.

Deze rapportage beschrijft de validatie, waarbij zowel de validatieprocedure als de resultaten van de validatie worden besproken. Hiermee worden de uitkomsten gevalideerd van het rekenmodel waarmee de geluidbelasting rondom vliegbasis Geilenkirchen wordt berekend. Deze validatie is uitgevoerd door trends in de jaarlijkse berekende geluidbelasting te vergelijken met trends in de jaarlijkse geluidbelasting op basis van geluidmetingen.

De berekende geluidbelasting is bepaald volgens een wettelijk voorgeschreven methode. De geluidbelasting op basis van geluidmetingen is bepaald met behulp van meetgegevens van zes meetposten van Geluidnet op Nederlands grondgebied in de omgeving van de vliegbasis. Alvorens de meetgegevens te gebruiken voor de validatie is gecontroleerd of de meetgegevens daadwerkelijk zijn bepaald tijdens vliegtuigpassages en of de metingen niet verstoord zijn door 'slecht weer'-condities. De geluidbelasting op basis van metingen is op een zodanige manier bepaald dat deze is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als de berekende geluidbelasting zodat beide geluidbelastingen eerlijk onderling vergeleken kunnen worden.

## Validatie van geluidreductie Geilenkirchen

Uit de resultaten blijkt dat de geluidbelasting op basis van metingen dezelfde trends volgt als de berekende geluidbelasting. Deze conclusie wordt ondersteund door het feit dat de geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting sterk gecorreleerd zijn.

# Inhoud

Afkortingen	6
1 Introductie	7
2 Aanpak validatie	8
2.1 Gebruik geluidmetingen	8
2.2 Analyse bruikbaarheid meetposten	9
2.3 Gebruikte gegevens	11
2.4 Bepaling van de geluidbelasting op basis van meetgegevens	13
3 Resultaten validatie	16
3.1 Vergelijking berekende en gemeten geluidbelasting	16
3.2 Statistische analyse resultaten	20
4 Conclusies	22
5 Referenties	23
Appendix A Motie Neppérus en Jansen	24
Appendix B Achtergrondinformatie bij verwerking meetgegevens	25
Appendix C Aantallen vliegbewegingen	28

## Afkortingen

Afkorting	Omschrijving
AWACS	Airborne Warning And Control System
dB(A)	A-gewogen Decibel
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System
IenM	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Ke	Kosteneenheid
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
$L_{Aeq}$	Equivalent geluidniveau; uitgedrukt in dB(A)
$L_{Amax}$	Maximaal geluidniveau of Piekniveau; uitgedrukt in dB(A)
MP	Meetpost
NAVO	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
TCA	Trainer Cargo Aircraft



# 1 Introductie

Op verzoek van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) heeft het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) in maart 2013 gerapporteerd over de reductie in de geluidbelasting in het gebied nabij de vliegbasis Geilenkirchen. Het betreft de reductie op Nederlands grondgebied over de periode 2008 tot en met 2012 (Ref. 1). De rapportage betreft de berekening van de geluidbelasting op basis van gegevens over het daadwerkelijk gebruik van de vliegbasis. De betreffende rapportage is opgesteld naar aanleiding van de motie van de Kamerleden Neppérus en Samsom (Ref. 2). De conclusie van deze rapportage is dat de Ke geluidbelasting ter plaatse van 13 van de 16 geluidmeetposten in 2012 met minimaal 35% afgenomen is ten opzichte van 2008 opgeschaald tot 3.600 vliegbewegingen. Ook de oppervlaktes van de 35 Ke-contour en de aantallen daarbinnen gelegen woningen zijn met meer dan 35% afgenomen.

Op 19 mei 2010 hebben de Kamerleden Neppérus en Jansen een motie ingediend waarin onder andere geconstateerd wordt dat *de regering inzet op een geluidsreductie van 35% in 2012 van vliegveld Geilenkirchen* en waarin de regering verzocht wordt *een voorstel aan de Kamer voor te leggen voor een validatieprocedure die gebouwd is op een fundament van zo veel mogelijk meten* (zie Appendix A). Deze validatieprocedure heeft tot doel *om te verzekeren dat de beloofde reductie ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt*. In reactie op dit verzoek is een voorstel voor de validatieprocedure naar de Tweede Kamer gestuurd (bijlage iv van Ref. 3). Hierin is voorgesteld om de validatie te verrichten door over de periode 2008 tot en met 2012 de trends in de jaarlijkse geluidbelasting op basis van berekeningen te vergelijken met trends in de jaarlijkse geluidbelasting op basis van metingen.

Om de validatie te verrichten heeft het Ministerie van IenM het NLR verzocht om de voorgestelde vergelijking uit te voeren. Het Ministerie heeft aangegeven dat de bruikbaarheid van de meetwaarden, zoals geanalyseerd ten behoeve van de contra-expertise van het meetsysteem van Geluidsnet, in acht genomen moet worden.

In hoofdstuk 2 wordt de aanpak van de validatie toegelicht, waarbij wordt ingegaan op het gebruik van meetgegevens, de gebruikte invoergegevens en de bepaling van de geluidbelasting op basis van meetgegevens. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de validatie en in hoofdstuk 4 staan de conclusies op basis van deze resultaten.

## 2 Aanpak validatie

De motie Neppérus-Jansen verzoekt om een validatieprocedure die gebouwd is op een fundament van zo veel mogelijk meten (zie Appendix A). Zoals reeds in de inleiding beschreven, is in november 2011 een voorstel voor een validatieprocedure naar de Tweede Kamer gestuurd (bijlage iv van Ref. 3). In dit hoofdstuk zal de aanpak van de validatie worden toegelicht.

Bij de validatie worden meetgegevens gebruikt om de *trend* in jaarlijkse Ke-waarden op basis van metingen te bepalen voor de periode van 2008 tot en met 2012. Deze trend wordt vergeleken met de trend in berekende jaarlijkse Ke-waarden. Het is hiervoor niet van belang dat de *absolute* waarden op basis van metingen overeenkomen met berekende waarden. Ter ondersteuning van de vergelijking van deze trends zullen de resultaten met een statistische analyse nader worden onderzocht.

Dit hoofdstuk geeft eerst informatie over het gebruik van metingen gevolgd door een analyse van de bruikbaarheid van de beschikbare meetposten ten behoeve van de validatie. Vervolgens wordt ingegaan op de gebruikte invoergegevens en wordt beschreven hoe deze gegevens zijn verwerkt om de geluidbelasting op basis van metingen te bepalen.

### 2.1 Gebruik geluidmetingen

Indien metingen van vliegtuiggeluid worden geanalyseerd, dient rekening gehouden te worden met de beperkingen van geluidmetingen. De volgende beperkingen zijn het meest relevant voor de validatie:

- Metingen geven inzicht in de geluidniveaus en/of geluidbelasting op één of een beperkt aantal locaties.
- Het is niet mogelijk om met terugwerkende kracht metingen uit te voeren, waardoor geen meetgegevens beschikbaar zullen zijn over de periode voor installatie van een meetpost.
- Metingen kunnen niet altijd (betrouwbaar) worden uitgevoerd; bijvoorbeeld vanwege storingen of slechte weersomstandigheden.
- Reflecties van geluid kunnen leiden tot hogere meetwaarden.
- Afscherming van geluid kan leiden tot lagere meetwaarden.
- Weersomstandigheden hebben invloed op het gemeten geluidniveau. Indien een vliegtuig met een gelijke geluidproductie op gelijke afstand van de meetpost passeert, kan het gemeten geluidniveau toch variëren indien de temperatuur en luchtvochtigheid verschillen.

- Indien een microfoon dicht bij de grond staat kan het gemeten geluidniveau worden beïnvloed door grondreflecties. Hierbij heeft ook het type ondergrond invloed op de hoeveelheid geluid die via de grond weerkaatst.
- Indien geluid onder een vlakke elevatiehoek bij de microfoon aankomt, neemt de meetonzekerheid toe door reflecties via de grond (Ref. 7). De elevatie hoek wordt vlakker naarmate een vliegtuig lager aan de horizon vliegt vanuit de meetpost gezien.
- Metingen kunnen betrekking hebben op andere geluidbronnen dan vliegtuigen.
- Metingen kunnen verstoord worden door andere geluidbronnen dan vliegtuigen.

De contra-expertise op het meetsysteem van Geluidsnet (Ref. 7) geeft aan dat de meeste bovengenoemde zaken ook kunnen spelen bij de metingen die in de regio nabij de vliegbasis worden verricht. De invloed van deze zaken op de gemeten geluidniveaus verschilt per meetpost en per vliegbeweging.

Het bovenstaande impliceert dat als metingen worden gebruikt om een vergelijking te maken met berekende waarden, rekening gehouden dient te worden met het feit dat er nagenoeg altijd verschillen zullen optreden. Over het algemeen zullen de eerder beschreven effecten leiden tot meetwaarden die hoger zijn dan berekende waarden.

Bij het opstellen van de validatiemethode is zoveel mogelijk rekening gehouden met de hierboven genoemde zaken en zijn waar mogelijk stappen genomen om te zorgen dat deze beperkingen geen invloed hebben op de resultaten van de validatie. Zo wordt de geluidbelasting op basis van metingen bijvoorbeeld gecorrigeerd voor niet gemeten vliegbewegingen en worden vliegbewegingen in onvoldoende goede weerscondities niet gebruikt. In paragraaf 2.4 wordt meer uitleg gegeven over de bepaling van de geluidbelasting op basis van metingen.

## 2.2 Analyse bruikbaarheid meetposten

In de voorgestelde validatieprocedure (bijlage iv van ref. 3) staat informatie over alle beschikbare meetposten in Zuid-Limburg. In de notitie *toepasbaarheid meetgegevens Geluidsnet voor validatieprocedure* die werd meegezonden als bijlage bij referentie 8 is onderzocht welke van deze meetposten gebruikt kunnen worden ten behoeve van de validatie. Op basis van meetgegevens van 2008 tot en met 2011 bleek dat zes meetposten voldeden aan de gestelde eisen. Deze paragraaf onderzoekt in hoeverre deze zes meetposten ook bruikbaar zijn voor 2012 en daarmee voor de gehele validatieperiode van 2008 tot en met 2012. Hieruit blijkt dat de zes meetposten in 2012 ook voldoen aan de gestelde normen.

## Validatie van geluidreductie Geilenkirchen

In de notitie wordt geconcludeerd dat meetposten 172, 173, 175, 184, 187 en 188 bruikbaar zijn voor de validatie. Dit is gebaseerd op de volgende eisen:

1. Dat ze van 2008 tot heden actief zijn en
2. Dat ze voldoen aan de richtlijnen zoals beschreven in de rapportage van de contra-expertise (Ref. 7):
  - a. De door NEN-ISO 20906 vereiste 67% geldige metingen.
  - b. Het percentage vliegtuigpassages dat correct door het systeem wordt gedetecteerd moet voldoen aan de NEN-ISO 20906 norm van 50%.

Alle bruikbare meetposten waren ook in 2012 beschikbaar, waarmee ze voldoen aan de eerste eis. Onderstaande twee tabellen beschrijven de beschikbaarheid van meetgegevens (voorwaarde 2a) en het percentage correct gedetecteerde vliegtuigpassages (voorwaarde 2b). Bij dit laatste zijn ook voldoende goede weerscondities van belang, zodat de metingen niet worden verstoord. De gegevens voor 2008 tot en met 2011 in Tabel 1 zijn gebaseerd op de achterliggende gegevens van Figuur 2 van referentie 7. De aanvullende gegevens met betrekking tot 2012 zijn afkomstig van Geluidsnet.

*Tabel 1: Beschikbaarheid meetgegevens in de periode van 2008 tot en met 2012*

meetpost	2008	2009	2010	2011	2012
172	96%	98%	89%	80%	97%
173	96%	97%	88%	94%	100%
175	90%	98%	86%	92%	99%
184	77%	98%	87%	95%	100%
187	30%	97%	93%	81%	100%
188	51%	90%	85%	80%	99%

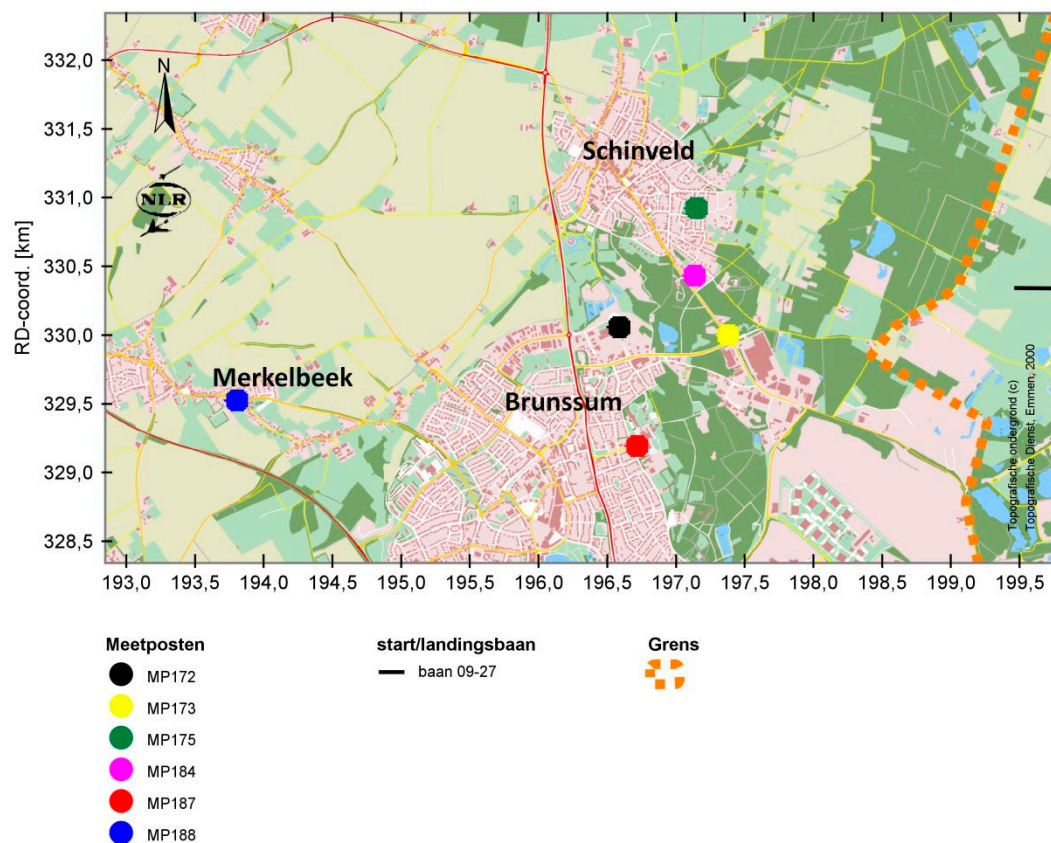
*Tabel 2: Correct gedetecteerde vliegtuigpassages in voldoende goede weerscondities*

meetpost	2008	2009	2010	2011	2012
172	73%	87%	77%	61%	79%
173	74%	85%	80%	77%	88%
175	70%	89%	76%	71%	83%
184	50%	90%	79%	81%	87%
187	21%	79%	78%	64%	82%
188	37%	66%	64%	57%	56%

Aangezien alle meetposten ook in 2012 voldoen aan de gestelde eisen, wordt geconcludeerd dat alle zes meetposten bruikbaar zijn voor de validatie.

### 2.3 Gebruikte gegevens

Ten behoeve van de validatie zijn door Geluidsnet gecorrigeerde meetgegevens (zie contra-expertise, Ref. 7) aangeleverd voor de periode van 2008 tot en met 2012. Zoals in de vorige paragraaf beschreven, worden meetgegevens van zes meetposten gebruikt voor de validatie. Figuur 1 toont de ligging van deze meetposten (afgekort met MP). Uiterst rechts in het midden van de figuur is het uiteinde van de startbaan van de vliegbasis Geilenkirchen te zien.



Figuur 1: Ligging van de gebruikte meetposten

Figuur 1 laat zien dat de meetposten in drie verschillende woonkernen liggen (Schinveld, Brunssum en Merkelbeek). Daardoor wordt de validatie uitgevoerd op locaties met een verschillende ligging ten opzichte van de basis en op locaties met een sterk verschillende geluidbelasting zodat de validatie inzicht geeft in de bruikbaarheid van het rekenmodel in een groot gebied in de omgeving van de basis en voor een groot bereik van Ke-waarden.

De zes gebruikte meetposten zijn sinds 2008 operationeel. De meetgegevens die van 2008 tot en met 2012 zijn verzameld op deze locaties zullen voor de validatie worden gebruikt, waarbij opgemerkt dient te worden dat MP187 en MP188 pas in de loop van dat jaar operationeel werden waardoor voor 2008 relatief weinig meetgegevens beschikbaar zijn.

De meetposten leveren voor alle gemeten vliegtuigpassages een piekniveau ( $L_{Amax}$ ). Dit is het hoogste geluidniveau dat wordt gemeten gedurende een vliegtuigpassage. Het piekniveau wordt uitgedrukt in A-gewogen decibellen (dB(A)) en kan gebruikt worden om de geluidbelasting te bepalen. De gemeten piekniveaus worden hiertoe met behulp van een berekening omgezet naar een Ke-waarde per meetpost en per jaar. Deze Ke-waarden kunnen vervolgens vergeleken worden met berekende Ke-waarden.

De geluidbelasting in Ke dient bepaald te worden met behulp van de  $L_{Amax}$  per vliegbeweging (zie Ref. 4). In referentie 7 wordt toegelicht dat het meetsysteem van Geluidsnet per passage het hoogste equivalente geluidniveau gedurende één seconde ( $L_{Aeq, 1s}$ ) bepaalt in plaats van de gebruikelijke  $L_{Amax}$  met een slow meetinstelling. Omdat geen  $L_{Amax}$  waarden worden gemeten, zullen de  $L_{Aeq, 1s}$  waarden gebruikt worden voor de validatie. Indien in het vervolg van dit document over gemeten piekniveaus gesproken wordt, betreffen dit dus  $L_{Aeq, 1s}$  waarden. Hierdoor zijn de door Geluidsnet bepaalde piekniveaus 0,1 tot 0,3 dB(A) hoger dan wanneer de in Nederland gebruikelijke systematiek zou zijn gehanteerd. Doordat de  $L_{Aeq, 1s}$  waarden 0,1 tot 0,3 dB(A) hoger zijn dan de  $L_{Amax}$  waarden, zal de geluidbelasting op basis van metingen 0,1 tot maximaal 0,4 Ke hoger uitvallen.

Voor de validatie zijn behalve meetgegevens ook de volgende gegevens nodig bij het bepalen van de geluidbelasting op basis van metingen:

- Vliegplangegevens; hierin is informatie gespecificeerd voor iedere individuele vliegbeweging. De vliegplannen bevatten onder andere informatie over het vliegtuigtype en de gevlogen procedure (bijvoorbeeld start of landing). In Appendix C staat een overzicht van het jaarlijkse aantal vliegbewegingen met een aantal relevante vliegtuigtypes.
- Radargegevens; de vliegroute wordt bepaald met behulp van radargegevens, waardoor voor iedere individuele vliegbeweging bekend is waar deze gevlogen heeft.

De vliegplan- en radargegevens zullen niet alleen worden gebruikt bij het bepalen van de geluidbelasting, maar ook om te controleren of er tijdens een meting ook daadwerkelijk een vliegtuig in de buurt was. Hierdoor kan worden voorkomen dat metingen worden meegenomen die niet door een vliegtuig maar door een andere geluidbron veroorzaakt werden.

## 2.4 Bepaling van de geluidbelasting op basis van meetgegevens

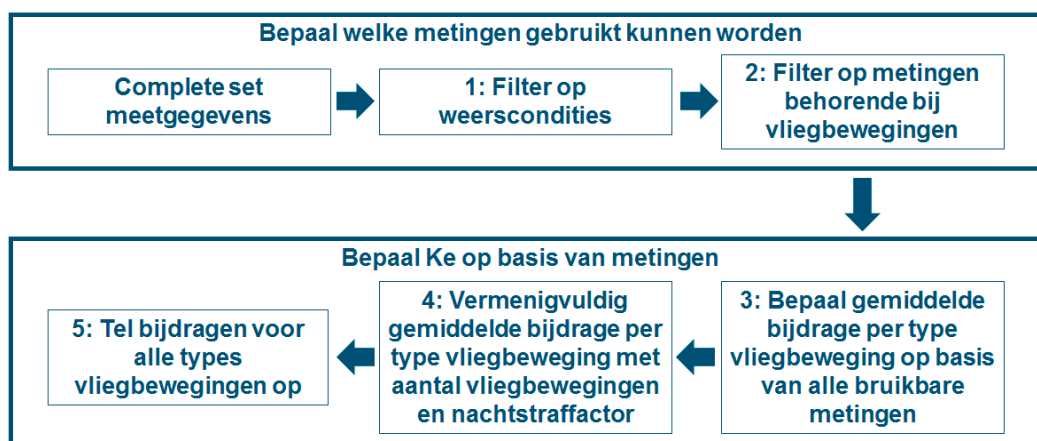
De geluidbelasting in Kosteneenheden (Ke) kan niet direct gemeten worden. Geluidmetingen kunnen gebruikt worden om een overzicht te krijgen van door vliegtuigen veroorzaakte piekniveaus en vervolgens kan door middel van een aanvullende berekening de Ke geluidbelasting worden bepaald op basis van de gemeten piekniveaus. Deze paragraaf beschrijft het proces waarmee de geluidbelasting op basis van metingen wordt bepaald. In Appendix B staat aanvullende informatie over dit verwerkingsproces.

Voor de bepaling van de geluidbelasting op basis van metingen is geen wettelijk voorschrift beschikbaar. Dit in tegenstelling tot de berekende geluidbelasting waarvoor een wettelijk voorgeschreven rekenmethode bestaat (Ref. 4). Getracht is om bij de bepaling van de geluidbelasting op basis van metingen de methode die is voorgeschreven voor de berekende geluidbelasting zo goed mogelijk te volgen. Ook is getracht om de beperkingen van de geluidmetingen zoveel mogelijk in acht te nemen.

Voor de validatie is het essentieel dat trends in de berekende geluidbelasting op een eerlijke manier vergeleken kunnen worden met trends in de geluidbelasting op basis van metingen. Daarbij is het vooral van belang dat beide geluidbelastingen gebaseerd zijn op dezelfde uitgangspunten.

Uitgangspunt voor de berekening van de geluidbelasting in Ke is dat deze op jaarbasis wordt bepaald door piekniveaus van vliegbeweging op te tellen, rekening houdend met het tijdstip van de vliegbeweging. Het tijdstip is relevant aangezien vliegbewegingen gedurende avond en nacht zwaarder meewegen bij het bepalen van de geluidbelasting. Zo heeft bijvoorbeeld een vliegbeweging om 23:30u een zogeheten nachtstraffactor van 10, wat wil zeggen dat deze vliegbeweging 10 maal wordt meegenomen in de berekening van de geluidbelasting, terwijl een vliegbeweging om 11:30u een nachtstraffactor van 1 heeft en als één vliegbeweging wordt meegenomen.

Om er voor te zorgen dat de geluidbelasting op basis van metingen eerlijk vergeleken kan worden met de berekende geluidbelasting, worden een aantal bewerkingen uitgevoerd. Deze bewerkingen zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Overzicht bepaling geluidbelasting op basis van metingen

De in Figuur 2 getoonde bewerkingen worden hieronder toegelicht:

1. Meetgegevens kunnen worden beïnvloed door weersomstandigheden. Daarom is met behulp van weersgegevens van het KNMI bepaald welke metingen werden verricht bij een windsnelheid van meer dan 10 m/s (zie de notitie *toepasbaarheid meetgegevens Geluidsnet voor validatieprocedure* die werd meegezonden als bijlage bij referentie 8). Deze metingen zijn niet meegenomen bij het bepalen van de geluidbelasting op basis van metingen. Indien de meting van een vliegtuigpassage niet wordt gebruikt, zal een gemiddeld geluidniveau worden aangenomen voor deze passage (zie stap 4).
2. De meetgegevens worden gecorrigeerd met radartracks en vliegplannen. Hiermee wordt bepaald welke metingen toegeschreven kunnen worden aan een vliegtuigpassage. Indien een meting niet door een vliegtuig veroorzaakt is, wordt deze niet meegenomen bij het bepalen van de geluidbelasting.
3. Niet van iedere individuele vliegbeweging is een meting beschikbaar. Daarom wordt op basis van de bruikbare gemeten piekniveaus per type vliegbeweging (combinatie van vliegtuigcategorie<sup>1</sup> en vliegprocedure) een gemiddelde bijdrage bepaald. Indien een type vliegbeweging slechts een beperkt aantal keren voorkomt gedurende een jaar, kan het voorkomen dat in een of meerdere meetposten geen enkele meting is gedaan. In dit geval wordt het berekende piekniveau gebruikt in plaats van een gemeten piekniveau. Dit komt slechts voor in enkele gevallen en alleen bij types vliegbewegingen met een laag aantal vliegbewegingen, die daardoor een beperkte bijdrage hebben aan de totale geluidbelasting.

<sup>1</sup> Bij geluidberekeningen worden verschillende categorieën vliegtuigen onderscheiden met een vergelijkbare geluidproductie en met vergelijkbare vliegprestaties. Het kan voorkomen dat twee verschillende vliegtuigtypes tot dezelfde categorie behoren. Dit betekent dat ze in de geluidberekening op dezelfde manier worden doorgerekend.



4. De bijdrage per type vliegbeweging wordt bepaald. Eerst wordt de gemiddelde bijdrage vermenigvuldigd met het totale aantal vliegbewegingen per type vliegbeweging. Hierdoor wordt voor ontbrekende metingen de gemiddelde bijdrage ingevuld. Hierdoor is de geluidbelasting op basis van metingen gebaseerd op hetzelfde aantal vliegbewegingen als de berekende geluidbelasting zodat ze eerlijk onderling vergeleken kunnen worden. Vervolgens wordt de bijdrage per type vliegbeweging opgehoogd met een gemiddelde nachtstraffactor die bepaald is op basis van de verdeling van vliegbewegingen over verschillende perioden van de dag.
5. De totale geluidbelasting wordt bepaald door de bijdragen van alle afzonderlijke types vliegbewegingen bij elkaar op te tellen.

Het eindresultaat van deze bewerkingen is de Ke geluidbelasting op basis van metingen. Deze geluidbelasting is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als de berekende geluidbelasting (bijvoorbeeld hetzelfde aantal vliegbewegingen en dezelfde verdeling van bewegingen over de verschillende perioden van de dag). Hierdoor kunnen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen eerlijk onderling vergeleken worden.

## 3 Resultaten validatie

Volgens de in hoofdstuk 2 beschreven methode is de geluidbelasting van 2008 tot en met 2012 bepaald op basis van metingen voor de zes onderzochte meetposten en vergeleken met de eerder berekende geluidbelasting, zoals gerapporteerd in referentie 1. Dit hoofdstuk gaat in op deze vergelijking (paragraaf 3.1) en geeft daarnaast een statistische analyse van de resultaten (paragraaf 3.2).

### 3.1 Vergelijking berekende en gemeten geluidbelasting

Tabel 3 geeft per meetpost een overzicht van zowel de geluidbelasting op basis van metingen als de berekende geluidbelasting.

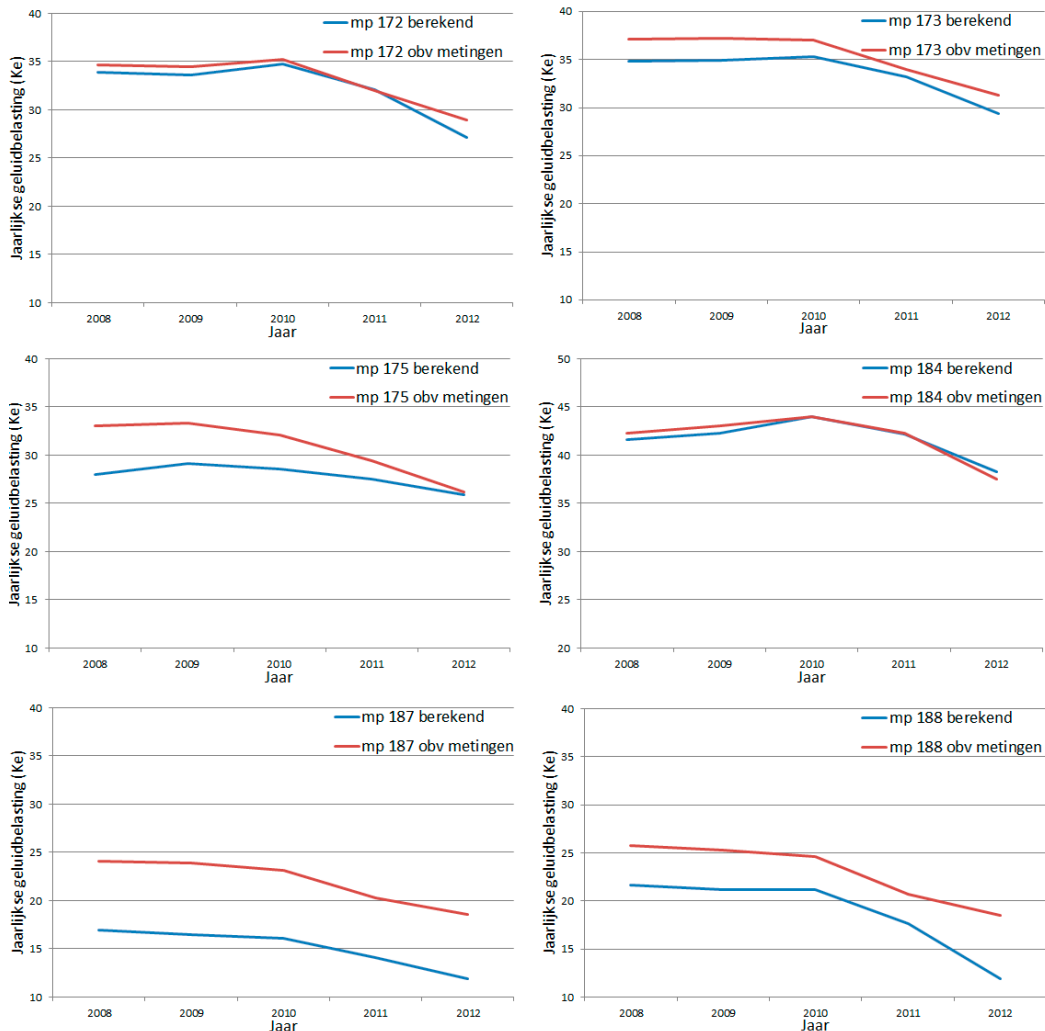
*Tabel 3: Geluidbelasting in Ke, zowel op basis van metingen als op basis van berekeningen*

Geluidbelasting in Kosteneenheden							
Scenario resp. jaar			jaar 2008	jaar 2009	jaar 2010	jaar 2011	jaar 2012
Aantal vliegbewegingen			2.883	2.943	2.788	2.127	1.973
Waarvan starts			2.266	2.203	1.986	1.554	1.531
Waarvan landingen			617	740	802	573	442
Brunssum	MP 172	berekend	33,9	33,6	34,7	32,1	27,1
		obv metingen	34,7	34,5	35,2	32,0	28,9
	MP 173	berekend	34,8	34,9	35,3	33,2	29,4
		obv metingen	37,1	37,2	37,0	34,0	31,3
	MP 187	berekend	16,9	16,4	16,0	14,1	11,9
		obv metingen	24,0	23,9	23,1	20,3	18,6
Schinveld	MP 175	berekend	28,0	29,2	28,5	27,5	25,9
		obv metingen	33,0	33,4	32,1	29,4	26,1
	MP 184	berekend	41,6	42,2	44,0	42,1	38,3
		obv metingen	42,3	43,0	43,9	42,3	37,5
Merkelbeek	MP 188	berekend	21,7	21,1	21,2	17,7	11,9
		obv metingen	25,7	25,3	24,6	20,7	18,5

De waarden van de geluidbelasting op basis van metingen in Tabel 3 verschillen ten opzichte van de eerder gepresenteerde resultaten in bijlage iv van referentie 3. Dit komt doordat na oplevering van de eerdere resultaten bleek dat de toen gehanteerde meetgegevens gecorrigeerd zijn (zie Ref. 7 voor een nadere toelichting over deze correctie).

Om de trends in de geluidbelasting in de loop van de jaren inzichtelijk te maken zijn de waarden van de gemeten en berekende geluidbelasting uit Tabel 3 grafisch weergegeven in Figuur 3. In

deze figuur staat voor iedere onderzochte meetpost een grafiek met daarin voor ieder jaar de geluidbelasting.



Figuur 3: Trends in de geluidbelasting op basis van berekeningen en metingen

Op basis van Figuur 3 kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken:

- De grafieken laten in het algemeen een gelijkmatig verloop in trends zien van de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen.
- In 2012 zijn zowel de geluidbelasting op basis van metingen als de berekende geluidbelasting afgenomen ten opzichte van 2008.
- Er bestaan zoals verwacht verschillen tussen meten en rekenen. Deze verschillen wisselen per meetpost. In vrijwel alle gevallen ligt de geluidbelasting op basis van metingen zoals verwacht boven de berekende geluidbelasting.

De belangrijkste conclusie is dat de geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting dezelfde trends volgen. Indien de berekende geluidbelasting afneemt, dan wordt dat bevestigd door de geluidbelasting op basis van metingen. Dit wil zeggen dat het rekenmodel goed in staat is om toe- en afnames van de geluidbelasting in kaart te brengen.

Tevens blijkt dat de geluidbelasting op basis van metingen in vrijwel alle gevallen hoger is dan de berekende geluidbelasting. Hiervoor bestaan meerdere redenen die ook per meetpost kunnen verschillen. In paragraaf 2.1 staat een overzicht van beperkingen van geluidmetingen. Een aantal van deze beperkingen vormen de verklaring voor de gevonden verschillen. Hierbij spelen onder andere de volgende aspecten een rol: reflecties en afscherming van geluid nabij meetposten, grondreflecties en het feit dat niet iedere vliegbeweging gemeten kan worden. Ook het feit dat het meetsysteem van Geluidsnet  $L_{Aeq, 1s}$  waarden bepaalt in plaats van slow gemeten  $L_{Amax}$  waarden (zie paragraaf 2.3), resulteert in een hogere geluidbelasting op basis van metingen.

Voor de individuele meetposten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In meetposten 172, 173 en 184 ligt de berekende geluidbelasting dicht bij de geluidbelasting op basis van metingen.
- Meetposten 187 en 188 laten, vergeleken met de andere meetposten, een groter verschil zien tussen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen.
- In meetpost 175 is een duidelijke afname van het verschil tussen meten en rekenen gedurende de jaren te zien. De berekende geluidbelasting is tussen 2008 en 2012 minder afgenomen dan de geluidbelasting op basis van metingen.

De verschillen tussen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen zijn het kleinst voor meetposten dicht bij de basis en in het verlengde van de baan (MP172, MP173 en MP184). De grootste verschillen tussen de geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting worden gevonden in MP187 en MP188, dit zijn meetposten die op grotere afstand van de vliegbasis liggen. Ook in MP175, die ten noorden van de vliegroutes ligt, worden grote verschillen gevonden, behalve in 2011 en met name 2012. Deze grote verschillen kunnen ontstaan door verschillende redenen:

- De meeste vliegpaden liggen niet in de buurt van deze meetposten, waardoor geluid in veel gevallen onder een vlakke elevatiehoek bij de meetposten aankomt. Hierdoor kunnen reflecties van geluid via de grond een groter effect hebben, waardoor de meetonzekerheden toenemen.

- De kans dat afscherming en reflecties in deze meetposten de meetwaarden beïnvloeden is groter dan bij meetposten dichterbij de vliegbaan.
- Door de grotere afstand tot de passerende vliegtuigen kan het voorkomen dat de geproduceerde geluidniveaus onder de meetdrempel blijven (het laagste geluidniveau dat kan worden gemeten; zie de beschrijving van het meetsysteem in de rapportage over de contra-expertise, ref. 7) waardoor geen meting beschikbaar is van sommige passages. Dit soort bewegingen wordt alsnog meegenomen in de geluidbelasting op basis van metingen (zie stap 3 van het in paragraaf 2.4 beschreven proces) waardoor deze geluidbelasting overschat kan worden.

MP187 en MP188 zijn pas in de loop van 2008 actief geworden waardoor ze gedurende het eerste deel van het jaar 2008 geen meetresultaten hebben gegenereerd. Daardoor is de betrouwbaarheid van de resultaten voor het gehele jaar 2008 lager door het beperkte aantal bruikbare metingen (zie ook paragraaf 2.2).

Bij de resultaten voor met name MP188 dient te worden opgemerkt dat deze meetpost relatief ver van de vliegbasis ligt. Zoals eerder beschreven kan dit tot een overschatting van de geluidbelasting leiden. Uit een analyse bleek echter dat slechts een klein deel van de vliegbewegingen leidt tot geluidniveaus die te laag zijn om te worden gemeten, waardoor de overschatting van de geluidbelasting beperkt is. Zeker als de resultaten gebruikt worden om naar trends te kijken is een kleine overschatting geen probleem. Op basis hiervan is besloten om de berekening niet aan te passen.

Ook voor andere meetposten kunnen in enkele gevallen vliegroutes voorkomen die leiden tot zodanig lage geluidniveaus dat deze niet gemeten kunnen worden. Omdat dit verschijnsel niet vaak voorkomt, zal het effect op de totale geluidbelasting beperkt zijn. Dit zal relatief gezien het meeste voorkomen voor MP175 en MP187 aangezien het grootste deel van de vliegroutes ver van deze meetposten ligt.

De oorzaak voor het teruglopen van het verschil tussen meten en rekenen in MP175 is niet met zekerheid vast te stellen. In deze meetpost leiden startende AWACS toestellen tot de hoogste piekniveaus en hebben deze vliegbewegingen de grootste bijdrage aan de geluidbelasting. Een nadere analyse leert dat de gemiddelde *gemeten* piekwaarde van startende AWACS toestellen in MP175 in 2012 lager ligt dan in voorgaande jaren, terwijl het gemiddelde van de *berekende* piekniveaus juist hoger ligt dan in voorgaande jaren.

Er bestaan meerdere mogelijke oorzaken voor het verschijnsel dat de gemiddelde waarde van berekende piekniveaus toeneemt terwijl de gemiddelde waarde van gemeten piekniveaus afneemt. Twee voorbeelden hiervan zijn:

- Zowel bij berekeningen als bij metingen is voor een deel van de vliegbewegingen geen piekniveau bepaald. Het is derhalve mogelijk dat een aantal relatief luidruchtige bewegingen niet gemeten is of dat een aantal relatief stille bewegingen niet berekend is.
- Er kunnen veranderingen zijn opgetreden in de omgeving die de gemeten piekniveaus in MP175 beïnvloeden.

Doordat er meerdere mogelijke oorzaken bestaan, is het niet zonder meer mogelijk exact vast te stellen hoe dit verschijnsel verklaard kan worden.

### 3.2 Statistische analyse resultaten

Uit de grafieken in Figuur 3 blijkt dat de geluidbelasting op basis van metingen dezelfde trends volgen als de berekende geluidbelasting. Ter ondersteuning van deze constatering is gekeken naar de mate van correlatie tussen beide geluidbelastingen. Dit is zowel voor iedere individuele meetpost, als ook voor alle meetposten gezamenlijk onderzocht. Aangezien de grafieken in Figuur 3 al laten zien dat beide geluidbelastingen dezelfde trends volgen is een uitgebreidere statistische analyse achterwege gelaten. De statistische analyses tonen aan dat de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen een lineaire samenhang vertonen.

Tabel 4 geeft een overzicht van de berekende correlatiecoëfficiënten. Deze coëfficiënten geven inzicht in de mate waarin de berekende geluidbelasting is gecorreleerd met de geluidbelasting op basis van metingen, oftewel de mate waarin beide variabelen samenhangen (zie Ref. 9). Hoe dichter de waarde van de correlatiecoëfficiënt bij 1 ligt, hoe sterker de positieve correlatie is. Wanneer het verschil tussen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen gedurende alle jaren precies constant zou zijn, volgen beide variabele precies dezelfde trend en is de correlatiecoëfficiënt gelijk aan 1.

*Tabel 4: Resultaten correlatie analyse*

	correlatiecoëfficiënt
MP 172	0,98
MP 173	0,98
MP 175	0,94
MP 184	0,98
MP 187	0,99
MP 188	0,96
Totaal	0,98

De coëfficiënten in Tabel 4 liggen zeer dicht bij 1 wat wil zeggen dat de geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting sterk gecorreleerd zijn. Dit impliceert een (nagenoeg) lineair verband tussen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting op basis van metingen.

De resultaten bieden derhalve een aanvullende indicatie dat de trends in de berekende geluidbelasting en in de geluidbelasting op basis van metingen sterk samenhangen. Bij deze conclusie dient opgemerkt te worden dat de correlatiecoëfficiënten bepaald zijn op basis van een beperkt aantal jaren en dat de betrouwbaarheid van deze conclusie verder zou toenemen indien een langere periode zou zijn onderzocht.

## 4 Conclusies

Het doel van de validatie is om de trends in de jaarlijkse berekende geluidbelasting te vergelijken met trends in de jaarlijkse geluidbelasting op basis van metingen. Dit is gedaan voor zes meetposten in de jaren 2008 tot en met 2012.

Uit de validatie blijkt dat de geluidbelasting op basis van metingen dezelfde trends vertoont als de geluidbelasting op basis van berekeningen. Hiermee is bevestigd dat de methodiek om op basis van berekeningen de geluidbelasting in kaart te brengen geschikt is om een geluidreductie te bepalen.

Buiten deze conclusie is ook het volgende geconstateerd:

- De verschillen tussen de geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting blijven in alle meetposten vrijwel gelijk, behalve in meetpost 175.
- In 2012 zijn zowel de geluidbelasting op basis van metingen als de berekende geluidbelasting afgenomen ten opzichte van 2008.
- Er bestaan zoals verwacht verschillen tussen meten en rekenen. Deze verschillen wisselen per meetpost en kunnen meerdere oorzaken hebben. In vrijwel alle gevallen ligt de geluidbelasting op basis van metingen boven de berekende geluidbelasting.
- De geluidbelasting op basis van metingen en de berekende geluidbelasting zijn sterk gecorreleerd.



## 5 Referenties

1. *Nadere analyse geluidbelasting 2012 vliegbasis Geilenkirchen*, NLR-CR-2013-125, R.H. Hogenhuis, maart 2013.
2. *Motie van de leden Neppérus en Samsom*, Kamerstuk 31700 XI, nr. 78, 3 maart 2009.
3. *Brief van de Minister van Defensie en de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu*, Voortgangsrapportage AWACS, Kamerstuk 33000 XII, Nr. 6, 9 november 2011.
4. *Voorschrift voor de berekening van de geluidsbelasting in Kosteneenheden (Ke) ten gevolge van het vliegverkeer*, RLD uitgave RLD/BV-01.
5. *Berekening van de geluidbelasting op Nederlands grondgebied nabij de vliegbasis Geilenkirchen in 2012*, NLR-CR-2013-055, M. den Boer en R.H. Hogenhuis, februari 2013.
6. *Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, nr. 66, Geluidsreductie AWACS Geilenkirchen*, Kamerstuk 33 400 XII, Nr. 58, 3 april 2013.
7. *Contra-expertise meetsysteem Geluidsnet in Zuid-Limburg*, bijlage bij Kamerstuk 33400 XII, Nr. 10, 14 november 2012.
8. *Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, betreffende Contra-expertise meetsysteem Geluidsnet*, Kamerstuk 33400 XII, Nr. 10, 14 november 2012.
9. *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*, 4th Edition, D.J. Sheskin, Chapman & Hall/CRC, 2007.

## Appendix A Motie Neppérus en Jansen

Kamerstuk 32 123 XI

Vergaderjaar 2009-2010

Nr. 70

Motie van de leden Neppérus en Jansen

Voorgesteld 19 mei 2010

De Kamer,

gehoord de beraadslaging,

constaterende, dat de regering inzet op een geluidsreductie van 35% in 2012 van vliegveld Geilenkirchen voor de omwonenden in Nederland;

constaterende, dat een zuivere validatieprocedure nodig is om te verzekeren dat de beloofde reductie ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt;

verzoekt de regering om binnen zes maanden een voorstel aan de Kamer voor te leggen voor een validatieprocedure die gebouwd is op een fundament van zo veel mogelijk meten, en gaat over tot de orde van de dag.

Neppérus

Jansen

## Appendix B Achtergrondinformatie bij verwerking meetgegevens

In paragraaf 2.4 staat uitgelegd hoe meetgegevens worden verwerkt om de geluidbelasting op basis van metingen te bepalen. Deze appendix geeft aanvullende informatie over dit verwerkingsproces en licht in meer detail toe waarom bepaalde keuzes gemaakt zijn. Alvorens deze informatie te verschaffen worden de verwerkingsstappen kort herhaald:

1. Meetgegevens filteren voor weersomstandigheden.
2. Correleren van de meetgegevens met radartracks en vliegplannen.
3. Correctie voor niet gemeten vliegbewegingen.
4. De geluidbelasting ophogen met een gemiddelde nachtstraffactor.
5. Correctie voor niet gemeten combinaties van categorie en procedure.
6. Bepalen totale geluidbelasting door bijdragen van alle combinaties van categorie en procedure op te tellen.

Indien geluidmetingen worden gebruikt, zal niet van iedere vliegbeweging een (bruikbare) geluidmeting beschikbaar zijn. Daarom wordt een rekenslag uitgevoerd om alsnog een Ke-waarde te kunnen bepalen op basis van het totale aantal vliegbewegingen (stap 3). Hiertoe wordt een gemiddeld geluidniveau bepaald voor ieder type vliegbeweging (voor iedere combinatie van vliegtuigcategorie en procedure). Daarna wordt de totale geluidbelasting voor iedere niet gemeten vliegbeweging opgehoogd met de gemiddelde bijdrage van dit type vliegbeweging.

Om het type vliegbeweging te bepalen wordt een vliegtuig op basis van het vliegtuigtype ingedeeld in een categorie. Vergelijkbare vliegtuigtypes worden in dezelfde categorie ingedeeld en op dezelfde manier doorgerekend in een geluidberekening. De vliegprocedure maakt niet alleen onderscheid tussen starts en landingen, maar ook tussen verschillende soorten starts. Zo wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt tussen een operationele start, waarbij een vliegtuig vanuit stilstand vertrekt en een trainingsstart waarbij het vliegtuig een doorstart maakt. Meer informatie over de invoergegevens voor geluidberekeningen en de verwerking van deze gegevens is te vinden in referentie 5.

Bij het bepalen van de gemiddelde bijdrage voor een type vliegbeweging wordt op basis van afzonderlijke piekniveaus in dB(A) de gemiddelde bijdrage aan de Ke-waarde, de hindersom, bepaald. De hindersom is een maat voor de hoeveelheid geluidenergie en wordt per vliegbeweging bepaald met de volgende formule:

$$H = 10^{\left(\frac{LA_{max}}{15}\right)} \quad (\text{Ref. 4})$$

De keuze voor de gemiddelde hindersom in plaats van het gemiddelde piekniveau wordt toegelicht in het volgende rekenvoorbeeld. Indien 600 vliegbewegingen plaatsvinden met een piekniveau van 80 dB(A), resulteert dit in een geluidbelasting van 5,2 Ke. Wanneer 200 vliegbewegingen met een piekniveau van 60 dB(A), 200 vliegbewegingen met een piekniveau van 80 dB(A) en 200 vliegbewegingen met een piekniveau van 100 dB(A) plaatsvinden, is het gemiddelde piekniveau ook gelijk aan 80 dB(A), maar bedraagt de geluidbelasting 22,8 Ke.

Uit dit voorbeeld blijkt dat het gemiddelde piekniveau in beide gevallen gelijk is (80 dB(A)), maar dat de geluidbelasting sterk verschilt (17,5 Ke). Dit komt doordat de events met een piekniveau van 100 dB(A) een veel grotere bijdrage hebben aan de geluidbelasting dan events van 60 en 80 dB(A). De bijdrage van één vliegbeweging van 100 dB(A) aan de geluidbelasting is namelijk gelijk aan de bijdrage van 464,2 en 21,5 vliegbewegingen van respectievelijk 60 en 80 dB(A). Door gebruik te maken van de gemiddelde hindersom per vliegbeweging, wordt rekening gehouden met dit verschijnsel.

Bij het uitvoeren van stap 3 wordt gecorrigeerd voor niet gemeten vliegbewegingen. Hierbij wordt aangenomen dat alle vliegbewegingen meetbaar zijn. De aanname dat iedere vliegbeweging meetbaar is, zal voor de meetposten dicht bij de gemiddelde vliegroutes in het verlengde van de baan nagenoeg voor iedere vliegbeweging gelden. Voor meetposten waar vliegtuigen op grotere afstand passeren zullen relatief vaker vliegbewegingen voorkomen die niet gemeten kunnen worden. Doordat aangenomen wordt dat iedere beweging gemeten kan worden en doordat het gemiddelde piekniveau bepaald wordt met alle beschikbare metingen, zal het gemiddelde piekniveau overschat worden, waardoor de geluidbelasting op basis van metingen iets te hoog zal zijn. Uit een analyse blijkt echter dat dit verschijnsel slechts een beperkt effect heeft op de totale geluidbelasting en dit effect zal in alle onderzochte jaren in vergelijkbare mate optreden. Daardoor zullen de trends niet beïnvloed worden.

Indien een vliegbeweging niet tussen 8 en 18 uur plaatsvindt, wordt een vliegbeweging zwaarder meegewogen in een Ke berekening door een zogenoemde nachtstraffactor toe te kennen aan de vliegbeweging. De nachtstraffactor die in stap 4 wordt toegepast kan op twee manieren worden bepaald:

- Per meting een nachtstraffactor bepalen op basis van het tijdstip van de meting en deze toepassen.
- Op basis van de verkeersverdeling (inclusief de tijden waarop gevlogen wordt) gedurende het gehele jaar per combinatie van procedure en categorie een

nachtstraffactor toepassen op de gemiddelde geluidbelasting voor de betreffende combinatie van procedure en categorie.

Indien de eerste methode wordt toegepast, kan een beperkt aantal onnauwkeurige metingen in de nacht (bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een stoorbron) een zeer grote invloed hebben op het eindresultaat. Door de tweede methode toe te passen zullen dit soort onnauwkeurigheden een minder groot effect op het eindresultaat hebben.

In stap 4 wordt de gemiddelde nachtstraffactor bepaald voor combinaties van categorie en procedure. Dit wordt gedaan op basis van vliegplangegevens. In de vliegplannen staat de starttijd of landingstijd van een vliegbeweging en die tijd wordt gebruikt om te bepalen welke nachtstraffactor toegepast dient te worden. Dit is in lijn met de berekeningen en dus met de wettelijk voorgeschreven methodiek. Doordat er kleine verschillen zullen optreden tussen deze tijden en de tijdstippen waarop wordt gemeten, kan dit resulteren in een andere nachtstraffactor.

Het kan voorkomen dat een bepaald type vliegbeweging een beperkt aantal keer voorkomt gedurende een jaar, maar niet is gemeten in een of meerdere meetposten. In paragraaf 2.4 is reeds toegelicht dat dit wordt opgelost door in dat geval een berekende waarde te gebruiken.

Andere opties om dit probleem op te lossen waren:

- Gebruik maken van gemeten waarden van bewegingen met de vliegtuigcategorie en een vergelijkbare procedure.
- Meetgegevens uit andere jaren gebruiken.

De eerste optie is lang niet altijd bruikbaar omdat in een aantal gevallen geen metingen voor vergelijkbare procedures beschikbaar zijn, waardoor alsnog een andere methode gebruikt moet worden. De tweede optie zal ook niet altijd tot resultaat leiden en indien in de loop van de tijd veranderingen plaatsvinden in een bepaalde procedure of in de geluidproductie van een bepaalde vliegtuigcategorie, dan wordt dit niet meer meegenomen in de bepaling van de geluidbelasting op basis van metingen.

Tot slot dient te worden opgemerkt dat slechts in enkele gevallen geen meting beschikbaar is voor een combinatie van procedure en categorie waardoor het effect van de gekozen correctie op de totale geluidbelasting beperkt is.

## Appendix C Aantallen vliegbewegingen

Deze appendix geeft een overzicht van aantallen vliegbewegingen met verschillende vliegtuigtypes gedurende de jaren 2008 tot en met 2012 (zie Tabel C 1). Een aantal relevante types staat los benoemd.

*Tabel C 1: Overzicht aantallen vliegbewegingen per vliegtuigtype*

Type	2008	2009	2010	2011	2012
AWACS (met oude generatie motoren)	1.847	2.183	1.979	1.495	1.423
AWACS (met huidige generatie motoren)	33	11	18	1	1
Tanker (met oude generatie motoren)	33	1	2	0	0
Tanker (met huidige generatie motoren)	271	302	275	296	250
Trainer Cargo Aircraft (TCA)	415	219	299	221	0
Ilyushin-76	44	40	22	10	7
B737, B757 en B767	0	3	2	0	108
Overige vliegtuigtypes	240	184	191	104	184
<b>Totaal aantal vliegbewegingen</b>	<b>2.883</b>	<b>2.943</b>	<b>2.788</b>	<b>2.127</b>	<b>1.973</b>

De TCA is een Boeing 707 transporttoestel dat qua geluidproductie vergelijkbaar is met een AWACS met oude generatie motoren. Ook tankervliegtuigen met oude generatie motoren en de Ilyushin-76 produceren geluidniveaus vergelijkbaar met de AWACS met oude generatie motoren. Toestellen van het type Boeing 737, 757 en 767 worden sinds 2012 gebruikt voor transportvluchten en vervangen daarmee de TCA. Deze toestellen produceren minder geluid dan de TCA en deze vervanging is een van de maatregelen die is genomen om de geluidbelasting terug te dringen.

## WAT IS HET NLR?

Het NLR is de Nederlandse organisatie voor het identificeren, ontwikkelen en toepasbaar maken van hoogwaardige technologische kennis op het gebied van lucht- en ruimtevaart. De activiteiten van het NLR zijn maatschappelijk relevant, marktgericht en worden zonder winst oogmerk uitgevoerd. Hiermee versterkt het NLR het innovatieve en slagvaardig karakter van de overheid en bevordert het NLR het innoverende en concurrerend vermogen van het bedrijfsleven.

Het NLR kenmerkt zich door toonaangevende deskundigheid, professioneel optreden en onafhankelijke advisering. Medewerkers zijn goed opgeleid, werken klantgericht en werken voortdurend aan de ontwikkeling van hun competenties. Om zijn taken te verrichten houdt het NLR hoogwaardige faciliteiten beschikbaar



**NLR** – Dedicated to innovation in aerospace

[www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)