



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Geluid en hinder door AWACS Geilenkirchen

Verdieping relatie geluidbelasting en ernstige hinder

RIVM briefrapport 680555006/2011

E.N.G. Verheijen | D.J.M. Houthuijs | J. Jabben



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Geluid en hinder door AWACS Geilenkirchen

Verdieping relatie geluidbelasting en ernstige hinder

RIVM Briefrapport 680555006/2011

E.N.G. Verheijen| D.J.M. Houthuijs| J.Jabben

Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Edwin Verheijen
Danny Houthuijs
Jan Jabben

Contact:
Jan Jabben
Centrum voor Milieumonitoring
jan.jabben@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van M/680555/11/AW

Rapport in het kort

Factoren van invloed op hinderbeleving door AWACS vliegtuigen

Dit onderzoek is een verkenning van de factoren die een rol kunnen spelen bij de hinderbeleving in Onderbanken door AWACS-toestellen van vliegbasis Geilenkirchen. Uit enquêtes onder bewoners blijkt dat het percentage ernstige hinder door AWACS-toestellen bij een gelijke jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}) hoger is dan eerder rond Schiphol is gevonden. Het onderzoek kijkt naar mogelijke oorzaken hiervan op basis van beschikbare geluid- en enquêtegegevens.

Kenmerkend voor de geluidbelasting door AWACS rondom Geilenkirchen ten opzichte van die door civiel verkeer rondom Schiphol is dat bij Geilenkirchen de vliegtuigen tijdens passages een piekniveau veroorzaken dat 10 tot 15 dB hoger ligt. Maar omdat er per jaar veel minder AWACS passages zijn dan civiele vliegtuigpassages is de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}) op veel locaties in de omgeving vergelijkbaar.

Naast de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}) waren voor dit onderzoek twee aanvullende geluidindicatoren beschikbaar: het aantal maal dat passages een piekniveau boven 60 of 70 dB(A) veroorzaken (NA60 en NA70). Deze indicatoren laten echter geen significant betere correlatie met hinderbeleving zien dan de L_{den} . Het toepassen van een niveau-afhankelijke, spectrale weging ten opzichte van de gebruikelijke A-weging levert evenmin een significante verklaring op. Er is daarom geen aanleiding te veronderstellen dat waar de piekniveaus door AWACS beneden 70 dB(A) blijven, alternatieve geluidindicatoren een betere verklaring van hinderbeleving geven dan de L_{den} . Op een aanzienlijk deel van het aantal belaste aantal woningen bij Onderbanken veroorzaken de meeste AWACS passages echter piekniveau's van meer dan 80 dB(A). Rondom Schiphol zijn piekniveaus boven 80 dB(A) incidenteel van aard, omdat moderne verkeersvliegtuigen veel stiller zijn dan de AWACS en doordat optimalisaties van routes en baangebruik zijn doorgevoerd. Dit kan betekenen dat in woningen bij Onderbanken binnenshuis vaker verstoring van communicatie optreedt dan in woningen rond Schiphol, hetgeen een deel van de sterkere hinderbeleving zou kunnen verklaren. Een nadere bevestiging en gedegen kwantificatie van dit aspect valt echter buiten het kader van deze verkenning en zou meer gegevens en aanvullend onderzoek vragen.

Naast akoestische factoren zijn contextuele factoren, zoals bezorgdheid over het wonen nabij een vliegveld en de houding van omwonenden ten opzichte van het vliegveld, mede bepalend voor de hinderbeleving. Bij Geilenkirchen is men vaker bezorgd en is de houding ten opzichte van het vliegveld negatiever dan bij Schiphol. Deze contextuele factoren lijken het verschil in de ligging van de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en van Schiphol mede te verklaren.

Trefwoorden:

geluid, vliegtuigen, militaire luchtvaart, hinder, hinderbeleving, AWACS, piekgeluid, spraakverstoring

Abstract

Factors determining annoyance from AWACS airplanes

This study explores the factors that may play a role in the annoyance by the AWACS Air Base in Geilenkirchen. Noise surveys around the airbase Geilenkirchen show that the percentage severe annoyance related to AWACS aircrafts at comparable yearly average noise levels (L_{den}) is higher than observed for Schiphol airport. The study examines possible causes using available noise and survey data.

Typical for the noise exposure from AWACS at Geilenkirchen as compared to civil traffic around Schiphol airport is that peak levels from AWACS passages are 10 to 15 dB higher. However, since the number of AWACS passages is much less than for civil aircraft at Schiphol, at many locations the annual average noise levels (L_{den}) is comparable.

In addition to the yearly average noise level (L_{den}), for this study two additional noise indicators were available. These are the number of passages at which a peak level above 60 or 70 dB (A) occurs (NA60 and NA70). These indicators do not show a significantly improved correlation with annoyance. Neither does the use of a level-dependent, spectral weighting relative to the usual A-weighting. Therefore there is no evidence that for dwellings, where peak levels by AWACS remain below 70 dB (A), alternative noise indicators give a better explanation of the annoyance than L_{den} . However, at a significant proportion of the number of exposed dwellings at Onderbanken, AWACS cause peak levels of more than 80 dB(A). Around Schiphol, peak levels above 80 dB (A) are more incidental in nature, because modern aircraft are much quieter than the AWACS and because optimizations of flight routes and runway use have been made. This could mean that in homes within Onderbanken, indoor disruption of communication occurs more frequently than in homes around Schiphol, which could explain part of the stronger annoyance. A further confirmation and proper quantification of this aspect is beyond the scope of this study and would require more data and additional research.

Besides acoustic factors, contextual factors such as concern about living near an airport and the attitude of residents towards the airport, also determine the percentage of severe annoyance. For Geilenkirchen residents are more often concerned or have a negative attitude towards the airport than is the case for residents living around Schiphol. These contextual factors also seem to partly explain the difference between the dose-response relationships for Geilenkirchen and Schiphol.

Keywords:

noise, aircraft, military aircraft, annoyance, annoyance perception, AWACS, peak level, speech disturbance

Inhoud

Samenvatting—7

1 Inleiding—9

- 1.1 Aanleiding—9
- 1.2 Vraagstelling—10
- 1.3 Aanpak—10
- 1.4 Opbouw rapportage—11

2 Geluidindicatoren AWACS versus Schiphol—12

- 2.1 Geluidindicatoren—12
- 2.2 Beschrijving geluidsituaties bij Schiphol en bij Geilenkirchen—14
 - 2.2.1 Aantal passages (geluidevents) en L_{Amax} —14
 - 2.2.2 Hoogst voorkomende waarden L_{Amax} —18
 - 2.2.3 Spreiding van events in de tijd—19
 - 2.2.4 Tijdsverloop AWACS-passages—19
 - 2.2.5 Stijgtijden vliegtuigpassages—20
 - 2.2.6 Spectra—21
- 2.3 Conclusies—22

3 Geluidindicatoren in relatie tot hinder, gehoorgevoeligheid, spraakverstaanbaarheid—23

- 3.1 Nadere analyses belevingsonderzoeken Geilenkirchen en Schiphol—23
 - 3.1.1 NA60 en NA70 als verklaring van de ernstige hinder door AWACS—23
 - 3.1.2 Vergelijking relatie NA60/70 en L_{den} tussen de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol—25
- 3.2 Mogelijke gevolgen van de fysische kenmerken van de blootstelling voor gehoorgevoeligheid, spraakverstaanbaarheid—27
 - 3.2.1 Gehoorgevoeligheid bij hoge geluidniveaus—27
 - 3.2.2 Spraakverstoring binnenshuis—28
- 3.3 Conclusie—30

4 Invloed van persoonlijke en contextuele factoren—31

- 4.1 Inleiding—31
- 4.2 Persoonlijke en contextuele kenmerken op Geilenkirchen vs Schiphol—32
- 4.3 Persoonlijke en contextuele kenmerken in relatie tot geluidhinder—34
- 4.4 Discussie—36
- 4.5 Conclusies—37

5 Conclusies en aanbevelingen—38

Referenties—40

Bijlage 1 Metingen aan AWACS passages—42

Bijlage 2 INM-modellering van pieken—48

Bijlage 3 De verklarende werking van L_{den} , NA60 en NA70 bij de ernstige hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen—53

Bijlage 4 Geluidindicatoren in relatie tot verschillen in blootstelling-respons relaties—58

Bijlage 5 Invloed van hoge geluidsniveaus op laagfrequente gehoorgevoeligheid—
61

Samenvatting

Dit onderzoek gaat in op mogelijke oorzaken voor verschillen in het percentage ernstige hinder door militair vliegverkeer afkomstig van Geilenkirchen ten opzichte van de ernstige hinder die door civiel vliegverkeer rond Schiphol wordt veroorzaakt. Aanleiding voor het onderzoek zijn enquêtes in en rondom Schinveld en Brunssum naar geluidhinder door AWACS-toestellen afkomstig van de NAVO vliegbasis in Geilenkirchen (van Poll et al, 2008). Uit dat onderzoek blijkt dat bij een gelijke L_{den} -geluidbelasting het percentage ernstige hinder door vliegtuiggeluid in die regio aanmerkelijk hoger uitvalt dan rond Schiphol. Het voorliggende onderzoek gaat in op mogelijke oorzaken voor dit verschil.

Statistische analyse van beschikbare enquêtegegevens

Er is een nadere statistische analyse gemaakt van nu beschikbare gegevens uit het belevingsonderzoek en over de geluidbelasting. Uit de resultaten komt niet niet voren dat rond vliegvelden waarbij de vliegpassages hoge geluidpieken veroorzaken, aantalsindicatoren als de NA60 en de NA70 een betere of toegevoegde verklarende waarde voor de ernstige hinder bieden dan de L_{den} ¹. Wanneer Geilenkirchen en Schiphol samen worden beschouwd beschrijft de NA70 de relatie tussen de geluidbelasting en de ernstige hinder iets beter dan de L_{den} en veel beter dan de NA60. Desondanks blijft er na toepassing van de NA70 een verschil bestaan in de ligging van beide blootstelling-repons relaties. Zodoende lijkt de aanvullende waarde van de NA70 beperkt. De vergelijking bleef beperkt tot twee vliegvelden en er is sterke samenhang tussen de verschillende geluidindicatoren, hetgeen het trekken van duidelijke conclusies bemoeilijkt. Om meer zekerheid in te verkrijgen en specifiekere uitspraken te kunnen doen over de kenmerken van vliegtuigpassages die een rol spelen, zouden meer vliegvelden met elkaar moeten worden vergeleken, waarbij de vlootsamenstelling verschilt van die van Geilenkirchen en Schiphol en zouden meer aanvullende geluidindicatoren in het onderzoek betrokken moeten worden.

Fysische kenmerken van de blootstelling aan relatief hoge geluidniveaus

Er is een vergelijking gemaakt tussen de akoestische situatie rond Geilenkirchen en Schiphol. Deze laat op locaties met gelijke L_{den} -geluidbelasting de volgende verschillen zien:

- Bij woningen rondom Schiphol zijn er veel meer vliegtuigpassages maar per passage veroorzaken de AWACS op woningen rond de vliegbasis Geilenkirchen gemiddeld 10 tot 15 dB hogere piekniveaus dan de moderne civiele verkeersvliegtuigen rondom Schiphol.
- Op relatief veel woningen veroorzaken de AWACS geluidmaxima van meer dan 80 dB(A). Deze komen bij woningen rondom Schiphol veel minder voor, door de sterke geluidreductie die de civiele luchtvaartvloot de afgelopen decennia heeft ondergaan en door optimalisatie van routes en baangebruik.
- Dit kan betekenen dat AWACS-passages binnenshuis meer en vaker verstoring van de communicatie (bijv. spraak) veroorzaken dan bij woningen in de omgeving van Schiphol. Dit is een potentiële bron van hinder die voor de meeste woningen rondom Schiphol veel minder speelt

¹ Met de indicatoren NA60 en NA70 wordt bedoeld: het aantal malen per dag dat een vliegtuigpassage een piekbelasting van meer dan 60 resp. 70 dB(A) veroorzaakt. De L_{den} is een maat voor de gemiddelde geluidbelasting, waarbij het geluid gedurende de gehele passage van alle vliegtuigen wordt meegenomen.

omdat de piekbelasting van de civiele verkeersvliegtuigen overwegend onder 80 dB(A) blijft.

- Er zijn geen duidelijke verschillen in spectrale inhoud van AWACS ten opzichte van civiele verkeersvliegtuigen aan te wijzen die een rol kunnen spelen bij hinderbeleving.
- Onderschatting van het belang van het aandeel laagfrequent geluid door A-weging van de hoge piekbelasting kan enige invloed hebben op hinder, maar het effect is naar verwachting zeer gering.

Een nadere onderbouwing en gedegen kwantificatie van de mate waarin spraakverstoring binnenshuis werkelijk verschillen in blootstellings-responsrelaties veroorzaken valt buiten dit onderzoek. Dit zou kunnen blijken uit aanvullend onderzoek, waarbij rond verschillende luchthavens binnenshuis geluidmetingen, nadere zorgvuldige modellering en validatie van piekbelasting (bijvoorbeeld via NA80) en onderzoek naar spraakverstoring worden gedaan.

Contextuele factoren

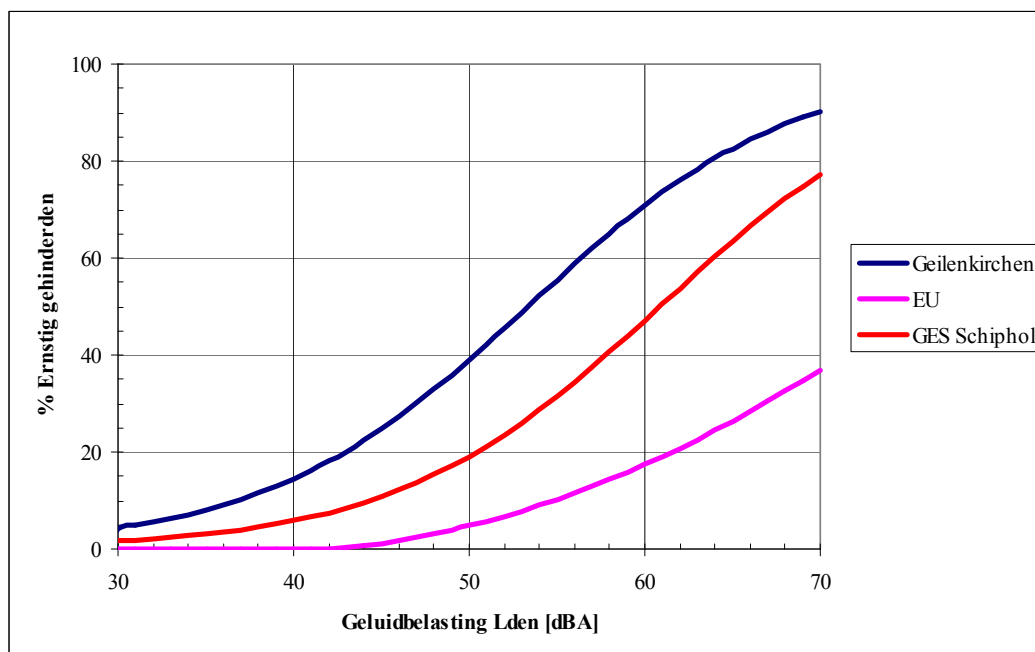
Bovengenoemde factoren kunnen het grote verschil in blootstelling-responsrelatie voor Geilenkirchen en Schiphol waarschijnlijk niet volledig verklaren. Contextuele factoren zoals bezorgdheid over het wonen nabij een vliegveld en over de effecten van de uitstoot en van het geluid en de houding ten opzichte van de bron hebben eveneens een grote invloed op hinderbeleving.

De belevingsenquêtes rondom Geilenkirchen en Schiphol laten duidelijk verschillen zien in de mate waarin bezorgdheid en een negatieve houding ten opzichte van het vliegveld optreden. Schiphol onderscheidt zich hierbij in positieve zin van Geilenkirchen. Bezorgdheid en houding ten opzichte van het vliegveld lijken daarom het verschil in de ligging van de blootstelling-responsrelaties van Geilenkirchen en van Schiphol mede te kunnen verklaren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit de resultaten van een belevingsonderzoek onder Nederlandse inwoners rond de vliegbasis Geilenkirchen (van Poll et al, 2008) kwam naar voren dat de blootstelling-response relatie tussen de geluidbelasting in L_{den} en het percentage ernstige hinder in deze regio hoger ligt dan de relatie die rond de luchthaven Schiphol in 2002 is gevonden (Breugelmans et al., 2004) of die (tot voor kort) wel in de Europese Unie wordt gehanteerd (zie Figuur 1).



Figuur 1 Relatie tussen de blootstelling aan geluid (in L_{den}) van militair vliegverkeer gevonden rond Geilenkirchen en het aandeel ernstig geluidgehinderden (blauw 'Geilenkirchen-curve') en de voorgestelde 'EU-curve' (rood) voor geluidhinder door vliegverkeer. Bron (van Poll 2010)

De relaties tussen de geluidbelasting (L_{den}) van weg-, vlieg- of railverkeer en het percentage ernstige hinder die veelal in de Europese Unie wordt toegepast (Europese Commissie 2002) is afgeleid door Miedema en Oudshoorn (2001) op basis van 55 surveys die in de periode 1967-1993 in Europa, Noord-Amerika en Australië zijn uitgevoerd. Guski (2004) suggereerde op basis van de gegevens van Miedema en Oudshoorn dat er voor vliegtuiggeluid sprake was van een trend in de tijd: recentere studies rapporteerden een hoger percentage ernstige hinder bij een gegeven L_{den} dan oudere studies. Van Kempen en Van Kamp (2005) betrokken ook studies rondom vliegvelden na 1993 in hun analyse en kwamen tot een vergelijkbare conclusie als Guski. Als mogelijke verklaring voor de trend werd aangedragen dat het maximale geluidniveau van vliegtuigpassages is afgenomen, zodat bij dezelfde L_{den} het aantal passages in de loop der jaren is toegenomen. Deze veronderstelling kon echter niet worden

aangetoond. In een Europees onderzoek naar de effecten van vliegtuiggeluid werd op een vergelijkbare wijze de hinder rond internationale vliegvelden in 6 landen vastgesteld (Babisch et al., 2009). Voor vliegtuiggeluid lag de blootstelling-respons relatie tussen L_{den} en ernstige hinder duidelijk boven die van Miedema en Oudshoorn; dit was niet het geval voor die van wegverkeersgeluid. Janssen et al. (2011) breidden de dataset van Miedema en Oudshoorn uit tot 34 vliegvelden. Uit hun resultaten bleek dat er sprake van een significante toename van het percentage ernstige hinder bij een gegeven L_{den} in de loop van de tijd. Verder bleken van enkele onderzoekskenmerken de schaal van de antwoordcategorieën van de gestelde vraag over hinder, de wijze waarop de hindervraag werd gesteld (schriftelijk, telefonisch of “face-to-face” interview) en het percentage respondenten van invloed op verschillen tussen vliegvelden. Van deze factoren was alleen de schaal van invloed op de trend. Naar aanleiding van de resultaten van bovenstaande studies beveelt het Europees Milieuagentschap (EEA, 2010) aan om een blootstelling-response relatie voor vliegverkeersgeluid te gebruiken gebaseerd op studies na 1990. De relatie waarnaar de EEA verwijst is gebaseerd op zeven studies waarvan er drie rond Schiphol plaatsvonden. Het resultaat is een relatie die sterk lijkt op de relatie voor Schiphol uit Figuur 1.

1.2 Vraagstelling

De resultaten gevonden in het onderzoek bij de vliegbasis Geilenkirchen en de recente ontwikkelingen in de inzichten over de blootstelling-response relatie voor vliegtuiggeluid roept de volgende vraagstelling op:

“Zijn er kenmerken van de geluidbelasting en/of van de populatie in de omgeving van de vliegbasis Geilenkirchen die het verschil met de blootstelling-response relatie voor ernstige hinder van de luchthaven Schiphol kunnen verklaren”.

Uitgangspunt bij de beantwoording van de vraagstelling was dat deze met al beschikbare onderzoeksgegevens kon worden beantwoord. Het onderzoek heeft hiermee een verkennend karakter. De bevindingen kunnen mogelijk leidend zijn bij het formuleren van nader onderzoek waarin nieuwe gegevens worden verzameld.

1.3 Aanpak

In het belevingsonderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen werden door sleutelfiguren en door deelnemers van de focusgroepen drie redenen genoemd waarom het vliegtuiggeluid als hinderlijk ervaren wordt (van Poll et al, 2008):

1. het geluid van AWACS is scherp en anders dan dat van bijvoorbeeld vrachtvliegtuigen die ook op Geilenkirchen vliegen;
2. de timing van de vluchten. De vluchten zijn vaak niet te voorspellen en ze komen op ongewenste tijden over;
3. men kan niets tegen het geluid doen: isolatie helpt onvoldoende en men moet even stoppen met praten.

De laatste twee observaties worden overigens ook door bewoners rond Schiphol gemaakt. Het betreft hier beschrijvingen van individuele passages die erop duiden dat akoestische factoren als het specifieke geluidspectrum en de

geluidsterkte per event belangrijk zijn. Deze akoestische factoren worden reeds meegewogen in het bepalen van de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}), maar de uitlatingen van de omwonenden geven aanleiding om deze en andere kenmerken van de geluidbelasting nader te beschouwen, omdat dit mogelijk anders uitwerkt dan bij andere luchthavens. In dit onderzoek wordt eerst ingegaan op de fysische (akoestische) beschrijving van de geluidssituatie en daarna op de hinderbeleving.

1.4 Opbouw rapportage

In hoofdstuk 2 wordt de geluidssituatie rond vliegbasis Geilenkirchen en luchthaven Schiphol nader in kaart gebracht waarbij verschillende karakteristieken van (gemeten) vliegtuigpassages (aantal geluidgebeurtenissen, maximale geluidniveau, geluidspectrum, tijdsduur, stijgtijd en spreiding over de dag) worden beschreven en de mogelijke betekenis van individuele geluidgebeurtenissen voor hoorbaarheid, spraakverstoring en auditieve aandacht wordt verkend.

In hoofdstuk 3 is de ernstige hinder gerelateerd aan het jaargemiddeld aantal vliegtuigpassages per dag met een maximum geluidniveau van 60 of 70 decibel (dB). Hiermee wordt de vraag beantwoord of er een relatie tussen het aantal passages en het percentage ernstige hinder is, en of, er sprake is van een additionele invloed van het aantal passages op de hinderbeleving ten opzichte van het jaargemiddelde geluidniveau (L_{den}). Daar er sprake is van een relatie tussen het aantal passages en de ernstige hinder is vervolgens in hoofdstuk 4 nagegaan of het gebruik van een andere geluidindicator het verschil tussen Geilenkirchen en Schiphol kan verklaren.

Uit het belevingsonderzoek rond Geilenkirchen is ook naar voren gekomen dat het geluidsniveau niet de enige verklaring is voor de hinder die mensen ervaren. Ook kenmerken zoals een negatieve verwachting over de geluidssituatie in de toekomst en bezorgdheid dragen bij aan de ervaren hinder. De invloed van deze persoonlijke en contextuele factoren op de ligging van de blootstelling-respons relatie wordt in hoofdstuk 5 beschreven.

In de hoofdstukken 2 t/m 4 hebben we, gezien de vraagstelling, gefocust op ernstige hinder.

2 Geluidindicatoren AWACS versus Schiphol

De dosis-responsrelatie voor ernstige hinder, gebaseerd op de standaard geluidmaat (L_{den}), is voor de omgeving van Geilenkirchen hoger van die voor Schiphol. Dit onderzoek is een verkenning van de mogelijke oorzaken. Als eerste stap is het van belang om na te gaan of er een verschil tussen de akoestische situatie rondom beide luchthavens bestaat. Dit hoofdstuk gaat in op verschillen in andere geluidindicatoren dan de L_{den} die van belang kunnen zijn als verklaring van het verschil tussen Geilenkirchen en Schiphol.

2.1 Geluidindicatoren

Geluidindicatoren zijn meetbare fysische grootheden die de blootstelling aan geluid kunnen karakteriseren. Deze indicatoren trachten uiteenlopende kenmerken van geluid zoals spectrale inhoud, piekniveau of tijdsduur, periode van de dag, etc. mee te wegen en in één getal uit te drukken. De meest basale indicator is het tijdsafhankelijke geluiddrukkniveau $L_p(t)$. Dit is een momentopname van de geluiddruk, waarin overigens ook al sprake kan zijn van een weging (naar frequentie). Daarvan afgeleid zijn al dan niet gestandaardiseerde indicatoren die veelal een (gewogen) middeling van het geluiddrukkniveau over een bepaalde beoordelingsperiode uitdrukken. De belangrijkste zijn:

- de Europese geharmoniseerde geluidmaat L_{den} . Deze wordt in Nederland gebruikt als maat gehanteerd voor de wettelijke geluidbelasting rondom civiele vliegvelden. De L_{den} wordt zowel bepaald door de gemiddelde belasting per vliegtuig en het aantal passages dat in de dag, avond en nachtperiode voorkomt. In Europees verband is voor de L_{den} gekozen omdat het optreden van hinder een duidelijke relatie heeft de hoogte van de L_{den} ;
- de Kosteneenheid (Ke). In Nederland wordt deze nog steeds gebruikt als wettelijke maat voor de geluidbelasting vanwege militaire vliegvelden (waaronder ook Geilenkirchen).

Deze indicatoren geven een bepaalde middeling over een beoordelingsperiode zonder dat daarin het dynamische tijdverloop of spectrale inhoud van het geluidniveau nog verder tot uiting komen. De situatie rondom Geilenkirchen wordt gekenschetst door een relatief beperkt aantal passages per dag, waarbij hoge piekniveaus kunnen optreden².

Er kunnen dan ook aanvullende indicatoren van belang zijn. Bijvoorbeeld indicatoren die elk individueel geluidevent karakteriseren of indicatoren die het aantal specifieke events aangeven. Bekende voorbeelden van aanvullende indicatoren zijn:

- het maximum geluidniveau (L_{Amax}), dit is het maximum van geluidniveau $L_p(t)$ gedurende een passage;
- de SEL-waarde (Sound Energy Level), een maat voor hoeveelheid geluid die over de gehele passage wordt ontvangen;
- het aantal vliegtuigpassages dat een L_{Amax} boven 60, 70 of 80 dB (Number Above: NA60, NA70, NA80), veroorzaakt, al dan niet onderscheiden naar dag/avond/nacht;
- de tijdsperiode dat een L_{Amax} van passages boven 60, 70 of 80 dB is (Time Above: TA60, TA70, TA80), al dan niet met onderscheiden dag/avond/nacht.

Deze indicatoren zijn aanvullend ten opzichte van de L_{den} . De aanvullende indicatoren worden niet in wettelijke toetsingskaders gebruikt, maar bijv. voor communicatieve doeleinden of voor berekeningen van de omvang van effecten gebruikt:

- De L_{Amax} wordt wel gebruikt om de "footprint" van één passage op de grond af te beelden waarmee een vergelijking tussen diverse toestellen of routes inzichtelijk kan worden gemaakt. Nadelen zijn dat de L_{Amax} geen informatie geeft over de tijdduur van de passage of over de frequentie waarin dergelijke passages optreden.
- Ook de SEL kan voor een "footprint" worden gebruikt. De SEL wordt ook wel gebruikt om het aantal ontwaakreacties in de bevolking te berekenen.
- De "Time Above (TA)" geeft inzicht hoelang passages met (hoge) piekniveaus bijdragen aan de L_{den} . De TA kan zowel betrekking hebben op één passage als op een tijdperiode (24-uur, jaar, etc.) waarin de invloed van meerdere passages kan worden beschreven. De TA verschaft geen inzicht in het maximale niveau dat tijdens de passage

² De trade-off (uitwisseling) tussen het aantal passages(events) en het geluidniveau van de events is een terugkerend thema bij de discussie over welke geluidindicator het beste de hinder beschrijft. Indicatoren gebaseerd op het equivalente geluidniveau, zoals de L_{den} hebben een trade-off factor van 10, dat wil zeggen dat 1 event vervangen kan worden door 10 events die elk 10 dB lager liggen dan dit eerste event zonder dat hierdoor het equivalente geluidniveau wijzigt. De KE (Kosten-eenheid) kent een grotere trade-off. Er wordt in de KE meer waarde gehecht aan het aantal events dan in de L_{den} .

Miedema et al. (2000) leidde uit gegevens verzameld in 1996 onder 10.505 responden rond Schiphol een trade-off af die varieerde tussen de 8,1 en 11,7 afhankelijk van de analyse die werd toegepast. Dit resultaat komt goed overeen met de trade-off van 10 in de L_{den} . Eerder re-analyseerde Field (1983) de gegevens van verschillende internationale onderzoeken uitgevoerd in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw. Geen van de trade-offs was significant groter dan 10. De gemiddelde trade-off bedroeg 5; een toename van het aantal events met een factor 10 zou kunnen worden gecompenseerd met een 5 dB vermindering van het geluidniveau. De variatie in de trade-factor was echter zo groot, zodat een factor 10 niet kon worden verworpen. Voor de vliegbasis Geilenkirchen bestonden de aanwezige geluidindicatoren voor de respondenten uit het belevingsonderzoek uit de L_{den} , NA60 en NA70. Hiermee is het niet mogelijk de precieze uitwisseling tussen events en geluidniveau van de events vast te stellen. Zou de trade-off voor Geilenkirchen hoger liggen dan een factor 10, dan is de verwachting dat het aantal pieken belangrijker is dan de L_{den} . Dit komt niet in de resultaten van de NA60 en NA70 tot uiting.

- optreedt. Dit kan worden ondervangen door de TA voor verschillende niveaus van de L_{Amax} te berekenen. De informatie wordt dan niet langer in één getal uitgedrukt, hetgeen de interpretatie kan bemoeilijken.
- De "Number Above (NA)" geeft over een tijdperiode (24-uur, jaar, etc.) het aantal passages weer dat een bepaald geluidniveau (meestal in L_{Amax}) overschrijdt. Deze indicator wordt in Australië in de vorm van de NA70 als aanvullende indicator gebruikt. Er is anekdotisch bewijs dat de NA70 goed overeenkomt met de perceptie van vliegtuiggeluid door omwonenden.

In het algemeen bestaat een sterke correlatie tussen de L_{den} en andere geluidindicatoren en het is daarom moeilijk aan te tonen dat een bepaalde indicator effecten beter voorspelt dan andere indicatoren.

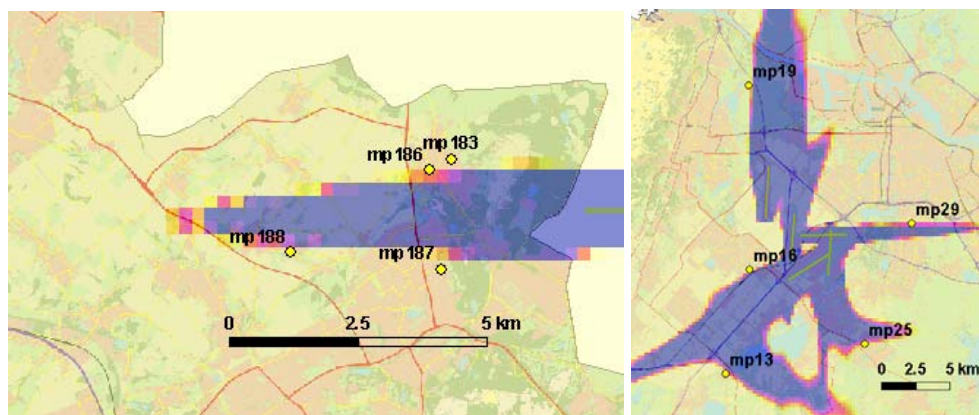
In het gebied rond een luchthaven variëren deze aanvullende factoren van plaats tot plaats. Bij een vergelijking van akoestische factoren tussen Schiphol en Geilenkirchen is het van belang hiermee rekening te houden. Ook als een bepaalde geluidcontour in dat gebied (een lijn met een vaste L_{den} -waarde) wordt gevolgd, zullen deze aanvullende indicatoren doorgaans variëren. Zo kan op een locatie met veel overvluchten die een lage SEL-waarde hebben toch dezelfde jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}) optreden als een locatie met weinig overvluchten met elk een hoge SEL-waarde. Anders gezegd, hoewel twee locaties met eenzelfde L_{den} -waarde belast kunnen zijn, kunnen er verschillen bestaan in andere kenmerken van het geluid die hun weerslag kunnen hebben op de perceptie.

Navolgend wordt een vergelijking gemaakt tussen de geluidssituatie bij vliegbasis Geilenkirchen in vergelijking met de geluidssituatie rondom Schiphol. Hierbij wordt onder meer gebruik gemaakt van openbare bronnen: de websites van Geluidsnet en NOMOS. Voor de Geluidsnet-gegevens voor vliegbasis Geilenkirchen geldt dat lange meetreeksen beschikbaar zijn van relatief hoogbelaste locaties van 53 dB L_{den} en hoger. De conclusies zijn hierdoor niet noodzakelijk geldig voor gebieden met een lagere geluidbelasting.

2.2 Beschrijving geluidssituaties bij Schiphol en bij Geilenkirchen

2.2.1 Aantal passages (geluidevents) en L_{Amax}

Het aantal passages dat rond Schiphol bijdraagt aan de gemiddelde belasting L_{den} varieert, omdat er vijf banen zijn die een verschillend (en wisselend) gebruik kennen. In Onderbanken en Brunssum is er daarentegen relatief weinig variatie in het aantal passages. Hoewel de AWACS-vluchten drie verschillende standaard vertrekroutes volgen, dragen vrijwel alle vluchten (circa 3.500 per jaar) bij aan de L_{den} -waarden in deze twee gemeenten. Alleen bij L_{den} -waarden onder 50 dB is de invloed van de vertrekroutes zichtbaar, en is er dus meer variatie in het aantal vluchten dat bijdraagt aan de L_{den} .



Figuur 2 Het gebied in Zuid-Limburg (links) en de Randstad (rechts) waar de L_{den} -waarde vanwege Geilenkirchen respectievelijk Schiphol groter is dan 55 dB (blauw).

Aan de hand van meetgegevens van Geluidsnet (Geilenkirchen) en NOMOS (Schiphol), aangevuld met elders gepubliceerde kentallen over het gebruik van de banen, is een vergelijking gemaakt van aantallen geluidevents en de optredende L_{Amax} -waarden tussen Geilenkirchen en Schiphol. Dit is in Tabel 1 gedaan voor 4 meetpunten in Limburg en 5 meetpunten rond Schiphol, elk met een L_{den} van omstreeks 53 dB. Deze meetpunten zijn tevens aangegeven in Figuur 2.

Tabel 1 Vergelijking tussen Geilenkirchen (meetdata van Geluidsnet) en Schiphol (meetdata van NOMOS) van een aantal akoestische factoren.

Meetpunt en Plaats ^a	L_{den} meting 2009 ^b	L_{den} bereik. ^c	#events per etmaal ^d	NA- 60, 70, 80 ^e per etmaal			typisch bereik ^f L_{Amax}	L_{Amax} gem. ^g
mp183 Schinveld noord	55 dB	52-53 dB	7,9	7	6	4	63-92	80 dB
mp186 Schinveld centrum	56 dB	52-53 dB	7,9	7	6	4	63-96	79 dB
mp187 Brunssum	53 dB	52-53 dB	7,9	9	7	4	62-90	78 dB
mp188 Merkelbeek	54 dB	53-54 dB	7,9	7	7	4	64-94	79 dB
mp13 Leimuiden (Kaagbn)	-	53-54 dB	390	110		0	60-84	67 dB
mp16 Hoofddorp (Kaagbn)	-	53 dB	390	220	33	0	60-82	67 dB
mp19 Spaarndam (Polderb.)	-	53 dB	334	110	11	0	60-85	66 dB
mp29 Buitenveldert (Buit.b.)	-	54-55 dB	88	97	50	2	60-90	71 dB
mp25 Uithoorn (Aalsmeerb.)	-	54-55 dB	151	70	17	3	60-88	71 dB

a. Bij de meetpunten van Schiphol is tussen haakjes de dominante baan genoemd.

b. L_{den} zoals opgegeven door Geluidsnet voor het jaar 2009.

c. L_{den} zoals berekend door NLR. Bij vliegbasis Geilenkirchen voor 2007, bij Schiphol voor 2008.

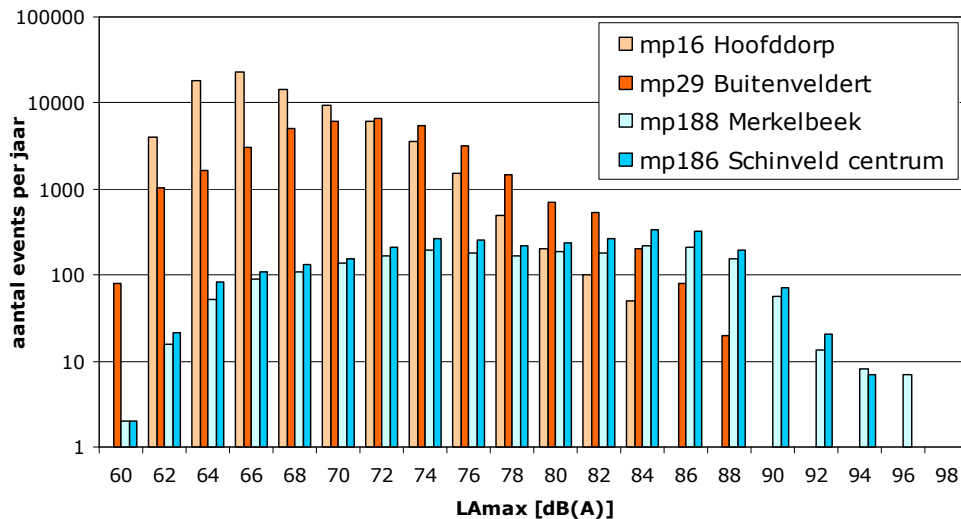
d. Het aantal vluchten per etmaal voor de genoemde baan (Schiphol: Traffic Review 2008.). Dit aantal kan hoger zijn dan de NA60 vanwege verkeer van de overige banen (in Limburg ligt ook Luchthaven Maastricht).

e. NA60, NA70 en NA80 per etmaal ter plaatse van het meetpunt. Deze zijn berekend door RIVM op basis van meetreeksen van de websites van Geluidsnet (Geilenkirchen) 2009 en NOMOS (Schiphol) 2008.

f. Dit is het bereik dat vrijwel maandelijks optreedt, dus zonder extreme situaties.

g. Dit is de gemiddelde L_{Amax} op jaarbasis, berekend uit Geluidsnet data van 2009 en NOMOS-data van 2008.

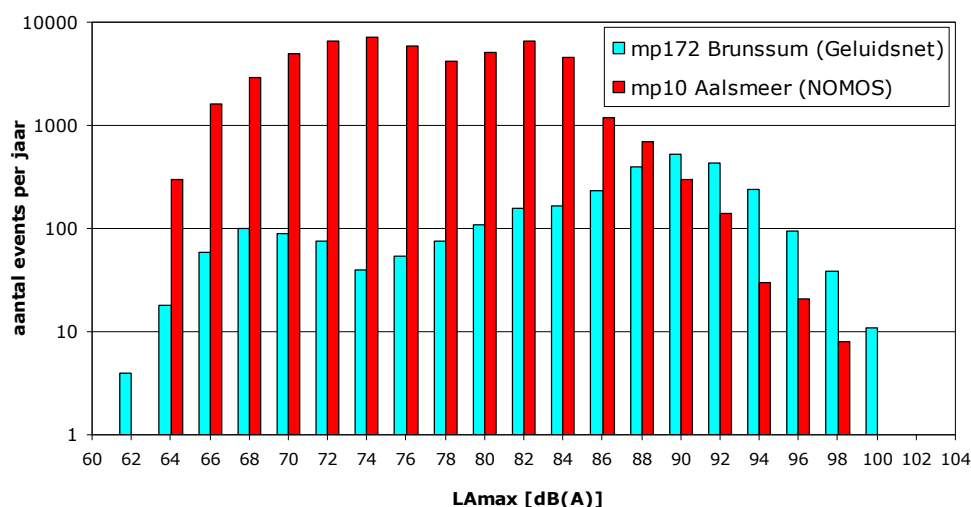
Zoals in de vorige paragraaf reeds opgemerkt, is het aantal events bij gelijke L_{den} -waarde bij Schiphol groter dan bij Geilenkirchen, zo'n 15 tot 50 keer. Mogelijk liggen ook bij Schiphol gebieden met een vergelijkbaar aantal geluidevents als bij vliegbasis Geilenkirchen, maar hiervan zijn geen meetgegevens beschikbaar bij NOMOS of Geluidsnet. Verder dient opgemerkt te worden dat de meetsystemen van Geluidsnet en NOMOS onderling verschillen, onder andere in hoe zij geluidevents als vluchten aanmerken.



Figuur 3 Verdeling van het aantal events met een bepaalde L_{Amax} -waarde ($L_{den} = 53$ dB op al deze meetpunten). Bron: websites Geluidsnet en NOMOS.

De verdelingen van twee van deze meetpunten bij Schiphol en twee meetpunten bij vliegbasis Geilenkirchen zijn in Figuur 3 uitgezet. Het gaat om de events uit kalenderjaar 2008. Voor de verticale as is gekozen voor een logaritmische schaal, omdat bij een lineaire schaal het relatief geringe aantallen vluchten bij de meetpunten van vliegbasis Geilenkirchen nauwelijks zichtbaar zouden zijn.

Deze statistieken hebben betrekking op een L_{den} van 53 dB. De statistieken voor gebieden met hogere of lagere geluidbelastingen zullen hiervan afwijken. Voor gebieden met een hogere geluidbelasting wordt hieronder een beperkte vergelijking gemaakt aan de hand van NOMOS-meetpost 10 en Geluidsnet-meetpost 172. Deze meetlocaties hebben beide een L_{den} van circa 61 dB. In Figuur 4 zijn de optredende maxima in Brunssum-Noord (Geluidsnet mp172) en Aalsmeer (NOMOS mp10) weergegeven uit de periode 1 maart 2009 t/m 28 februari 2010.



Figuur 4 Histogram van L_{Amax} -waarden bij meetpunten in Brunssum-Noord en Aalsmeer, 1 maart 2009 – 28 februari 2010 ($L_{den} = 61$ dB) Bron: websites Geluidsnet en NOMOS.

In Aalsmeer gaat het in totaal om ruim 50.000 events, in Brunssum-Noord om 3.000 events (ruim 15 keer zo weinig). Uit de tellingen blijkt dat maxima van meer dan 90 dB veel vaker voorkomen op de meetlocaties in Brunssum-Noord (820 events) dan in Aalsmeer (200 events). De hoogste L_{Amax} -waarden die op beide locaties gemeten worden ontlopen elkaar echter niet veel: 100 dB in Brunssum-Noord en 98 dB in Aalsmeer.

Voor gebieden met een lagere geluidbelasting dan 53 dB zijn (nog) geen meetreeksen beschikbaar in Limburg. Wel blijkt bij twee nieuwe meetlocaties³ met een L_{den} van 47 dB, waarvan de momentane niveaus op internet gevolgd kunnen worden (zie Bijlage 1.1) dat ook daar maxima van meer dan 80 dB kunnen optreden.

Door het NLR is in 2007 een beperkte vergelijking van piekniveaus gemaakt tussen Schiphol en Limburg [NLR 2007]. De onderzoeksvraag, 'Komen vergelijkbare piekniveaus als rond vliegbasis Geilenkirchen ook voor rond Schiphol?' werd daarbij bevestigend beantwoord. De voorliggende analyse bevestigt deze conclusie voor zover het de meest extreme waarden betreft. Zeer hoge L_{Amax} -waarden worden inderdaad ook in woongebieden rond Schiphol aangetroffen. Van belang is echter hun relatieve aantal in het totaal aantal overvluichten en dan niet beperkt tot één locatie, maar over het geheel aan omliggende woongebieden. Als daarmee rekening wordt gehouden dan lijken events met hoge pieken in woongebieden rond vliegbasis Geilenkirchen bij een vergelijkbare jaargemiddelde geluidbelasting veel vaker op te treden. Om dit nader kwantitatief te onderbouwen voor alle woningen in de omgeving van Geilenkirchen en Schiphol zijn de beschikbare meetpunten (Geluidsnet en NOMOS) door hun ruimtelijke beperking onvoldoende. Een verkenning van de totale omvang is gemaakt door middel van geluidkaarten voor het L_{Amax} aan de hand van het INM model voor luchtvaartgeluid. De methodiek, aannamen en resultaten worden toegelicht in Bijlage 2. Deze verkenning wijst erop dat L_{Amax} -waarden boven de 80 dB(A) in de omgeving van Geilenkirchen veel vaker

³ In februari 2011 zijn Geluidsnet-metingen gestart in de kernen Schinnen en Puth, ten westen van Onderbanken. Hiervan waren ten tijde van deze studie nog geen meetreeksen beschikbaar, zie ook Bijlage 1.1.

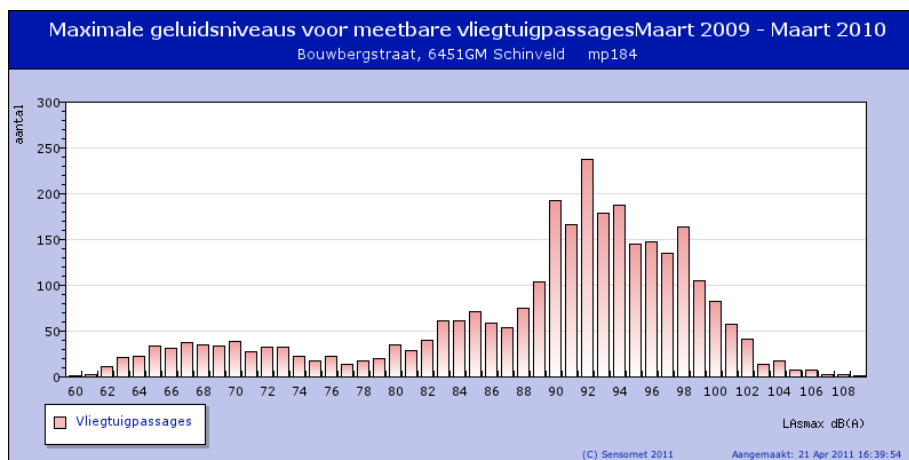
voorkomen dan in de omgeving van Schiphol. De kaartbeelden in Bijlage 2 geven aan dat, hoewel het invloedsgebied van Schiphol veel groter is dan voor Geilenkirchen, er zich in de omgeving van Schiphol relatief weinig bebouwing binnen de 80 dB-grens bevindt. Dit komt doordat de vliegtuigen er veel stiller zijn en doordat optimalisatie van vertrekroutes en baangebruik zijn doorgevoerd [Jabben 2009]. Het betreft echter een ruwe verkenning op basis van een beperkte invoerset en aanvullende validatie kan hierin meer zekerheid brengen.

2.2.2 Hoogst voorkomende waarden L_{Amax}

De meetposten van Geluidsnet staan op verschillende plaatsen in de gemeenten Onderbanken en Brunssum (zie Bijlage 1.1). De hoogste maxima die Geluidsnet rond vliegbasis Geilenkirchen registreert worden gemeten bij meetpunt 184 dat in het verlengde van de startbaan ligt op 3 km afstand.

De maxima (L_{Amax}) die bij AWACS-passages worden geregistreerd liggen bij dit meetpunt meestal tussen 88 en 100 dB, met uitschieters tot 110 dB. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 5.

Het meetpunt ligt aan de rand van de bebouwing en de gemeten maxima zijn duidelijk hoger dan elders in Onderbanken en Brunssum (zie Tabel 1). De L_{den} bedroeg hier in 2007 volgens de geluidkaart van het NLR circa 64 dB.



Figuur 5 Histogram van L_{Amax} -geluidsniveaus gemeten op meetpunt 184 in Schinveld 1 maart 2009 – 28 februari 2010. Bron: www.geluidsnet.nl

De meetposten van NOMOS staan op verschillende plaatsen rondom Schiphol. De hoogste maxima die NOMOS rond luchthaven Schiphol registreert worden gemeten bij meetpunt 10 dat vrijwel in het verlengde van de Aalsmeerbaan ligt op ruim 3 km afstand. Jaarlijks komen er een of twee events met een L_{Amax} van 100 dB voor. Figuur 4 geeft een histogram van de maxima voor deze locatie.

Het percentage geluidevents boven 80 dB ten opzichte van het totale aantal events per locatie is opgenomen in Tabel 2. Hieruit blijkt dat het percentage pieken boven 80 dB bij Geilenkirchen groter is dan bij Schiphol, wanneer locaties met gelijke L_{den} worden vergeleken.

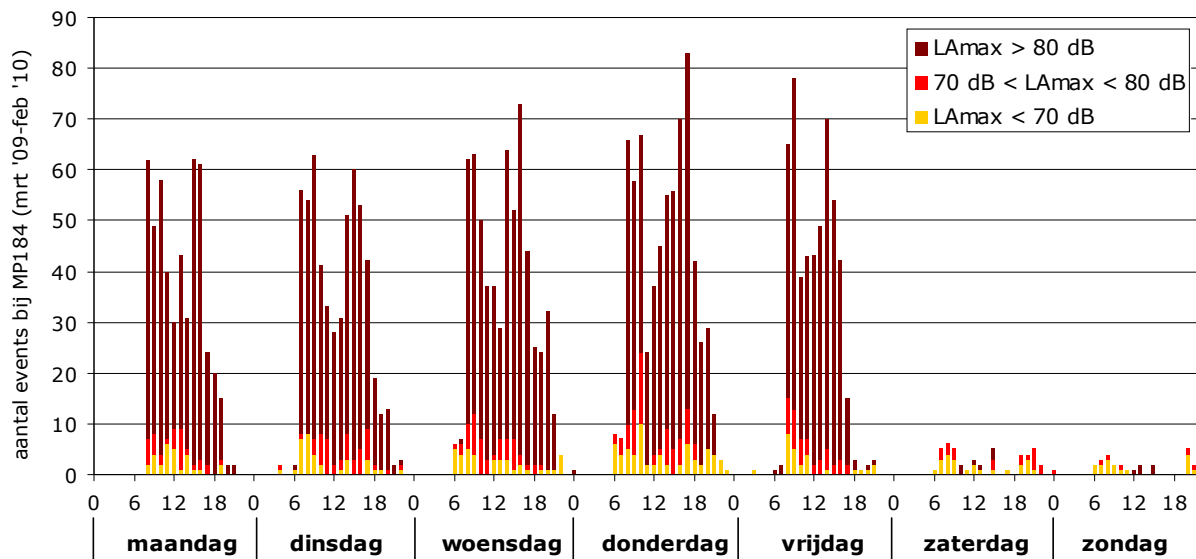
Tabel 2 Vergelijking geluidpieken boven 80 dB tussen Geilenkirchen en Schiphol.

Luchthaven	Meetpunt en Plaats ^a	L _{den}	#events	#events boven 80 dB	percentage
Schiphol	NOMOS mp16 Hoofddorp	ca. 53 dB	80.000	150	0.2%
	NOMOS mp29 Buitenveldert	ca. 54 dB	35.000	830	2.3%
	NOMOS mp10 Aalsmeer	ca. 61 dB	52.000	13.400	26%
Geilenkirchen	G'net mp188 Merkelbeek	ca. 53 dB	2.200	840	39%
	G'net mp186 Schinveld centrum	ca. 52 dB	2.900	1.200	42%
	G'net mp172 Brunssum	ca. 61 dB	2.900	2.300	79%

2.2.3 Spreiding van events in de tijd

Voor meetpunt 184 in Schinveld is een analyse gemaakt van de spreiding van events over de dag en over de week, zie Figuur 6. De meeste AWACS-vluchten worden op weekdays tussen 8.00 en 22.00 uur afgehandeld. Buiten dit tijdsvenster worden sporadisch events met lagere niveaus geregistreerd, maar dit betreft waarschijnlijk geen AWACS-vluchten, maar civiel vliegverkeer afkomstig van Maastricht Airport.

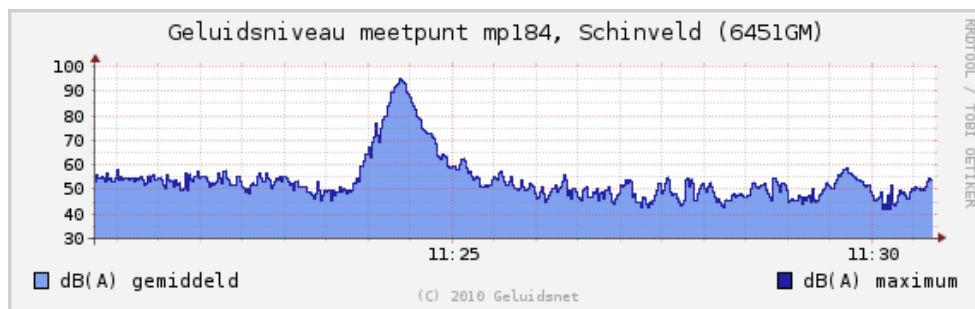
Bij Schiphol wordt dagelijks, dus ook in het weekeinde, tussen 6.00 en 23.00 uur gevlogen en daarnaast ook 's nachts, zij het met beperkingen in aantal, baangebruik en aanvliegeroute.



Figuur 6 Spreiding van events over de week bij MP184 in Schinveld. Periode van 1 maart 2009 – 28 februari 2010. Bron: www.geluidsnet.nl

2.2.4 Tijdsverloop AWACS-passages

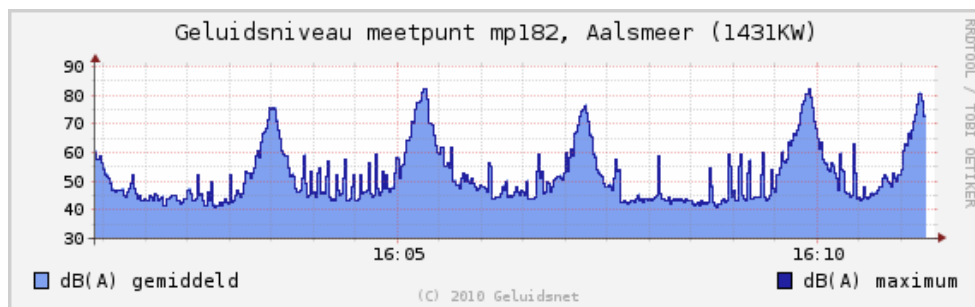
Figuur 7 toont een karakteristiek verloop van het geluidniveau bij een AWACS-passage gemeten op meetpunt 184, dat direct in het verlengde van de baan ligt in Schinveld ($L_{den} = 64$ dB).



Figuur 7 Tijdverloop van het geluidniveau in Schinveld. Bron: www.geluidsnet.nl

Tijdens een passage stijgt het geluid op dit meetpunt gedurende 30 tot 40 seconden en daalt dan gedurende 40 tot 60 seconden. De totale tijd dat de vliegtuigpassage boven het achtergrondniveau uitkomt bedraagt hier zo'n 1 tot 1,5 minuten. Vergelijkbare tijdsduren worden gevonden op meetlocaties in de woonkernen van Onderbanken en Brunssum, zie ook Bijlage 1.

Rond Schiphol is er meer variatie in de tijdsduur dat het geluidniveau van passages boven het achtergrondniveau uitstijgt. Deze tijdsduren zijn doorgaans korter dan in Limburg vanwege de (gemiddeld) lagere geluidemissie, hogere vluchtsnelheid en/of sterkere stijghoek. Figuur 8 geeft het tijdverloop van het geluidniveau van een aantal Schipholvluchten in Aalsmeer op Geluidsnet-meetpunt 182. De L_{den} bedroeg hier in 2008 volgens de geluidkaart van het NLR 61 dB. De hoogste maxima in de getoonde tijdreeks liggen tussen 80 en 85 dB. Het geluid stijgt hier circa een minuut boven het achtergrondniveau uit.



Figuur 8 Tijdverloop van het geluidniveau in Aalsmeer. Bron: Geluidsnet

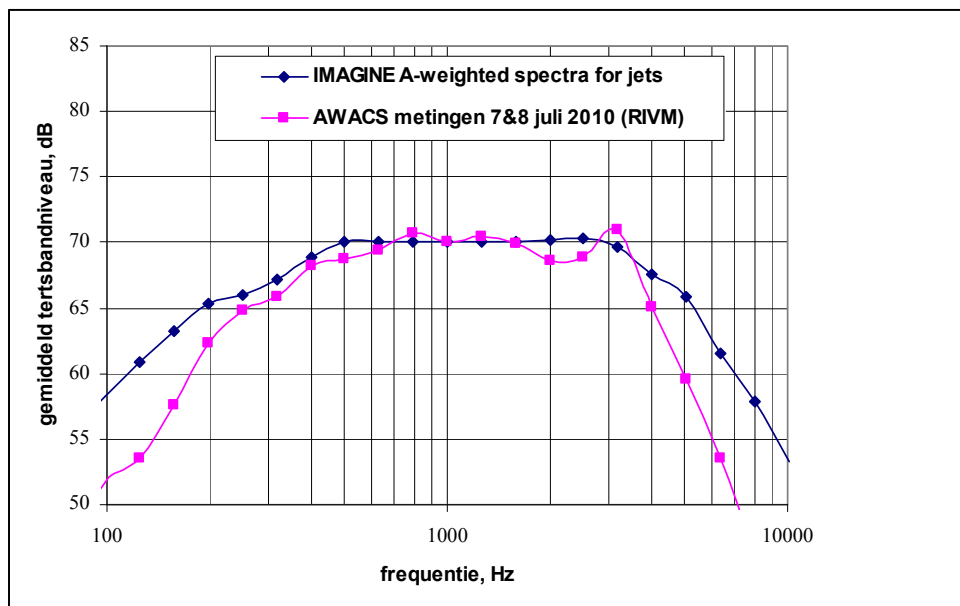
2.2.5 Stijgtijden vliegtuigpassages

Uit het tijdsverloop kan ook de stijgtijd van het geluid in decibel per seconde worden afgeleid. Bij gebruikelijke stijgtijden van minder dan 15 dB/s is er geen extra invloed op hinderbeleving te verwachten. In een beperkt (laboratorium) onderzoek werd bij stijgtijden van minder dan 15 dB/s geen extra invloed op de hinder gevonden[Nierop2003]. Bij stijgtijden van meer dan 15 dB/s kan meer hinder gaan optreden. Bij een analyse van een beperkt aantal events bij Geilenkirchen en Schiphol, zie Bijlage 1.2, zijn geen stijgtijden groter dan 3 dB/s gevonden. De stijgtijden bij Geilenkirchen en Schiphol zijn vergelijkbaar van grootte. Wel kan verwacht worden dat rond Schiphol meer variatie optreedt vanwege de variatie in de vloot en vluchtroutes. Hoewel deze analyse betrekking heeft op enkele passages op een beperkt aantal locaties, is er geen aanleiding om te verwachten dat stijgtijden groter dan 15 dB/s zullen optreden.

2.2.6 Spectra

Naast een verschil in de dynamiek van het geluid kan ook de spectrale inhoud de hinderbeleving bij eenzelfde L_{den} -waarde beïnvloeden. Laagfrequent geluid wordt soms als meer hinderlijk ervaren, overigens zonder dat dit in algemene zin tot nu toe is aangetoond. Onderzocht is of de passages door AWACS-toestellen een hoger laagfrequent aandeel in het spectrum hebben dan vliegtuigpassages die rondom Schiphol optreden. Beantwoording van deze vraag is lastig omdat, in tegenstelling tot de situatie bij Geilenkirchen, de gemiddelde vloot die Schiphol aandoet uit een zeer groot en divers aantal verschillende toestellen bestaat. In Figuur 9 zijn de gemiddelde spectra van AWACS-toestellen, door het RIVM gemeten op 8 en 9 juli 2010, vergeleken met die van civiele toestellen. Een beschrijving van de metingen is opgenomen in Bijlage 1.3.

Uit Figuur 9 blijkt dat er geen groot verschil bestaat in de spectra tussen de AWACS en civiele toestellen. De lichte verhoging bij 3 kHz in het geluid spectrum van de AWACS-toestellen verklaart mogelijk waarom bewoners bij Geilenkirchen het geluid van deze toestellen als 'scherp' aanduiden, zie paragraaf 1.3. Soortgelijke hoogfrequente pieken zijn in het gemiddelde jet spectrum niet meer zichtbaar, hoewel ze wel in dat van sommige van de samenstellende bronspectra voor civiele jets voorkomen, zie [Bütikofer 2006]. De gehoorgevoeligheid voor deze frequentie is hier het hoogst, maar daar wordt in de standaard A-weging tot op zekere hoogte rekening mee gehouden. De laagfrequente tertsbandwaarden onder 100 Hz van de AWACS-toestellen zijn lager dan het gemiddelde spectrum van civiel vliegverkeer. Enige invloed op de hinderbeleving door spectrale verschillen tussen AWACS en civiele toestellen is niet uit te sluiten, maar het is niet waarschijnlijk dit het verschil tussen de dosis-responsrelaties van Geilenkirchen en Schiphol kan verklaren.



Figuur 9 Vergelijking van spectra, gemiddelde waarde van gemeten spectra aan startende AWACS gemeten op 7 en 8 juli 2010 en gemiddelde jet spectra IMAGINE project voor A320, A321, A310-300, B707F, B737(-300, -400, -500), B757-200, B767(-200, -300), DC10, RJ100, MD11 (Bütikofer 2006)

2.3 Conclusies

Over de geluidssituatie rond Geilenkirchen kan in vergelijking met die rond Schiphol het volgende worden geconcludeerd:

- Ten opzichte van woningen in de omgeving van Schiphol is het aantal geluidevents rondom de vliegbasis Geilenkirchen aanzienlijk kleiner: op locaties met gelijke L_{den} is het aantal events zo'n 15 tot 50 keer geringer dan bij Schiphol.
- Op locaties met een vergelijkbare gemiddelde geluidbelasting komen vliegtuigpassages, waarbij op woningen hoge pieken (L_{Amax} 80 dB(A) of meer) worden veroorzaakt, in Onderbanken veel vaker voor dan bij Schiphol
- De gemiddelde geluidspectra, het tijdverloop en de stijgsnelheid van de events verschillen niet wezenlijk tussen Schiphol en Geilenkirchen. Enige De geringe verschillen kunnen het verschil tussen de dosis-responsrelaties niet verklaren.
- Op Schiphol wordt in vergelijking met Geilenkirchen in een ruimer tijdvenster gevlogen: ook in het weekeinde en ook vroeger dan 8.00 uur en later dan 22.00 uur.

3 Geluidindicatoren in relatie tot hinder, gehoorgevoeligheid, spraakverstaanbaarheid

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de verschillen in aantallen en sterkte van de events en hun rol bij het ervaren van geluidhinder. Uit Hoofdstuk 2, waarin de akoestische situatie bij Geilenkirchen ten opzichte van Schiphol is vergeleken, komen uit de verkenning als belangrijkste verschillen de geringere aantallen passages en de gemiddeld hogere geluidmaxima bij Geilenkirchen naar voren. Dit werpt de vraag op of:

- de gerapporteerde hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen beter kan worden gerelateerd aan het *aantal* vliegtuigpassages, in plaats van aan de L_{den} ;
- zo ja, of er sprake is van een additionele invloed van het aantal passages ten opzichte van de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}).

Bij de beantwoording volgen we twee benaderingen. Allereerst gaan we in op de resultaten van nadere statistische analyse op de gegevens verzameld in het belevingsonderzoeken rond Geilenkirchen (van Poll et al, 2008) en rond de luchthaven Schiphol in 2002 (Breugelmans et al., 2004). Uitgangspunt bij deze analyses is de ernstige hinder zoals gerapporteerd door omwonenden. Daarna wordt ingegaan op de mogelijke gevolgen van de blootstelling aan relatief hoge geluidniveaus voor gehoorgevoeligheid, spraakverstaanbaarheid en auditieve aandacht. Bij deze analyses worden de mogelijke consequenties gemodelleerd.

3.1 Nadere analyses belevingsonderzoeken Geilenkirchen en Schiphol

3.1.1 NA60 en NA70 als verklaring van de ernstige hinder door AWACS

Het doel van de nadere analyses op het belevingsonderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen was de volgende vragen te beantwoorden.

- Kan de gerapporteerde hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen worden gerelateerd aan het *aantal* vliegtuigpassages.
- Zo ja, of er sprake is van een additionele invloed van het aantal passages ten opzichte van de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}).

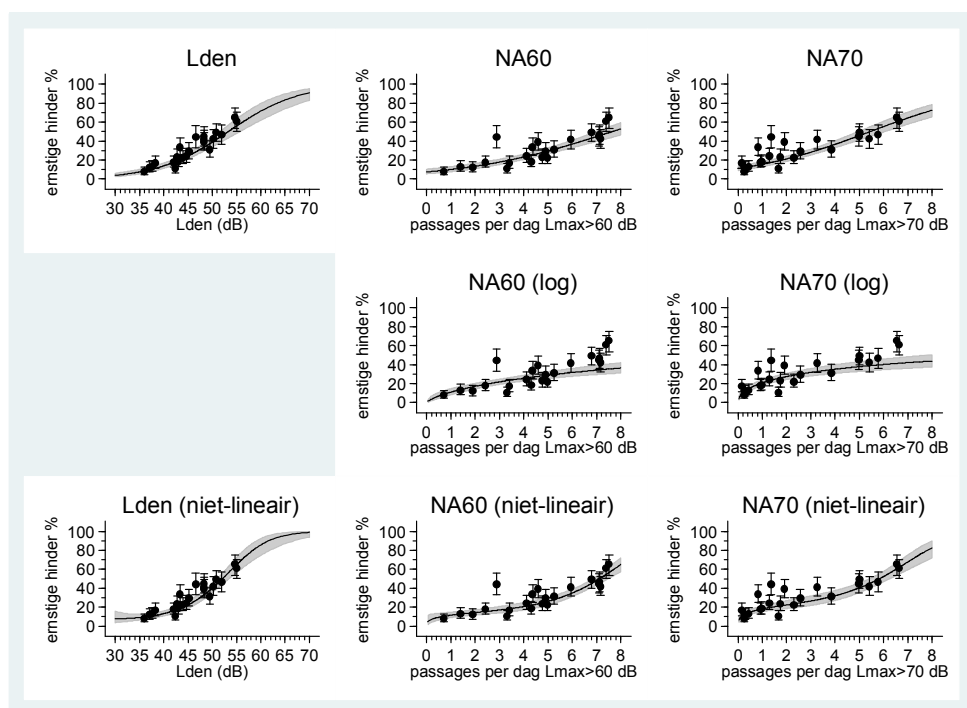
In het belevingsonderzoek rondom de vliegbasis Geilenkirchen is gebruik gemaakt van een gestandaardiseerde hindervraag (NPR-ISO, 2003). De gestandaardiseerde vraag is erop gericht de algemene en blijvende reactie op geluid vast te leggen waarbij de hinderbeleving op verschillende tijdstippen en op verschillende plaatsen in en rondom het huis over een langere periode wordt geïntegreerd. De gegevens van het belevingsonderzoek zijn daarom niet geschikt om aan kenmerken van afzonderlijke passages te relateren. In de regel worden zij aan een jaarsgemiddelde geluidbelasting gekoppeld. Voor de vliegbasis Geilenkirchen waren voor de deelnemers aan het belevingsonderzoek, naast de L_{den} belasting tevens gegevens beschikbaar over de NA60 en NA70 (het jaargemiddeld aantal passages per dag dat een L_{Amax} veroorzaakt boven respectievelijk 60 en 70 dB(A), zie hoofdstuk 2). Vanwege de ervaringen in Australië is er in Nederland met name belangstelling voor deze aanvullende geluidindicatoren. Dit heeft ondermeer geleid tot het in kaart brengen van de

ontwikkeling van de NA60 en NA70 rond Schiphol (Balke, 2006). Een uitgebreider verslag van de statistische analyses is opgenomen in Bijlage 3.

Uit de resultaten van de statistische analyses in Bijlage 3 blijkt dat de onderlinge samenhang tussen de jaargemiddelde L_{den} en indicatoren die de frequentie van hoge geluidpassages weergeven (NA60 en NA70) in het onderzoeksgebied rond vliegbasis Geilenkirchen hoog is. De correlatie ligt boven de 0,85 (Tabel B3-2); bij een correlatie van 1 spreken we van een perfecte samenhang.

De consequentie van deze hoge correlatie is dat het rond vliegbasis Geilenkirchen moeilijk is te onderscheiden welke van de geluidindicatoren nu het beste de ernstige hinder kan verklaren. De samenhang tussen de diverse geluidindicatoren en het percentage ernstige hinder ontloopt elkaar dan ook nauwelijks (zie Bijlage 3).

De L_{den} en de geluidindicatoren NA60, NA70 vertonen onderling sterke correlatie. Dit geldt in de regel ook voor veel andere geluidindicatoren. Voor de L_{den} en de NA60 en NA70 is een blootstelling-responsrelatie voor ernstige hinder afgeleid uit de beschikbare surveydata voor Onderbanken. De relaties zijn weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10 Blootstelling-respons relatie voor L_{den} , NA60 en NA70 en ernstige hinder voor militair vliegverkeer

Getracht is het effect van de L_{den} , NA60 en NA70 op ernstige hinder verder te ontrafelen door het effect van een combinatie van twee geluidindicatoren te onderzoeken. We hebben hiertoe de range van de blootstellingsindicatoren in kleinere stukjes "opgeknijpt" en vervolgens gekeken of binnen een veel smallere range van bijvoorbeeld de L_{den} (over 2,5 dB) er een relatie was tussen het aantal passages en het percentage ernstige hinder. Of andersom, of binnen een smalle range van de NA60 (bijv. tussen 2 en 3 passages per etmaal), er nog een samenhang tussen de L_{den} en het percentage ernstige hinder aanwezig is (zie Bijlage 3). Uit de resultaten komt naar voren dat wanneer de L_{den} voor inwoners

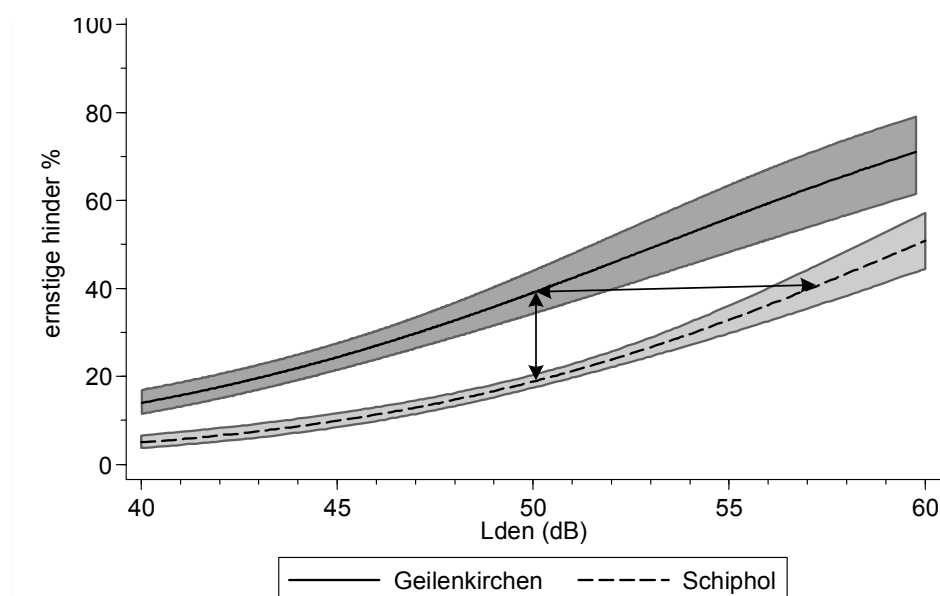
rond vliegbasis Geilenkirchen bekend is, de informatie over de NA60 of NA70 statistisch gezien geen toegevoegde waarde voor de beschrijving van de ernstige hinder. Of andersom geformuleerd: wanneer alleen de NA60 of NA70 bekend zou zijn, dan zou informatie over de L_{den} nog toegevoegde waarde hebben om het percentage ernstige hinder te beschrijven.

3.1.2 *Vergelijking relatie NA60/70 en L_{den} tussen de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol*

Door verschillen in vlootsamenstelling kan de relatie tussen de L_{den} en de NA60/70 voor andere vliegvelden mogelijk verschillen van die voor vliegbasis Geilenkirchen. Dit verschil in vlootsamenstelling kan mogelijk worden gebruikt om het probleem te overwinnen dat wanneer slechts één vliegveld wordt bestudeerd de onderlinge samenhang tussen de L_{den} en de NA60/70 te hoog is om de afzonderlijke invloeden goed te kunnen onderscheiden. Zodoende zijn er gezamenlijke analyses uitgevoerd op de gegevens verzameld rond de vliegbasis Geilenkirchen en, in dit geval, rond de luchthaven Schiphol (Bijlage 4). Getracht is het verschil in blootstelling-respons relatie voor ernstige hinder tussen de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol te verklaren aan de hand van het gebruik van verschillende geluidindicatoren.

Uit de vergelijking van de geluidbelasting rondom beide vliegvelden blijkt dat het jaargemiddelde geluidniveau (L_{den}) in een straal van 25 km rondom de luchthaven Schiphol circa 5 dB hoger is dan in het gekozen onderzoeksgebied rond de vliegbasis Geilenkirchen (zie Bijlage 4). Ook de NA60 en de NA70 zijn in dit gebied rondom de luchthaven Schiphol beduidend hoger dan in het onderzoeksgebied bij de vliegbasis Geilenkirchen. De NA60 is gemiddeld 9 maal en de NA70 gemiddeld 2,5 maal zo hoog.

In *Figuur 11* zijn de blootstelling-respons relaties van het percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in L_{den} voor de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol weergegeven. Het verschil tussen beide relaties kan worden uitgedrukt als een verticale (a) of als een horizontale verschuiving (b) van de blootstelling-respons relatie.



Figuur 11 Blootstelling-respons relatie tussen percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in L_{den} .

Het verschil in verticale richting (a) drukken we uit als een Odds-ratio⁴. Dit is in benadering de verhouding tussen het percentage ernstige hinder bij Geilenkirchen en het percentage bij Schiphol bij blootstelling aan dezelfde L_{den} . Deze verhouding is bij een L_{den} van 50 dB ongeveer een factor 3.

We kunnen het verschil ook als een verschuiving in decibel over de geluidas uitdrukken (b). Uit de figuur is af te lezen dat de verschuiving ongeveer 7 dB bedraagt. Ook voor de NA60 en NA70 is op een vergelijkbare wijze het verschil tussen de blootstelling-respons relaties van de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol in kaart gebracht (zie Bijlage 4). De verschuiving over de geluidas (b) is dan niet als decibel maar als verhouding in het aantal geluidspassages uitgedrukt. De resultaten zijn in Tabel 3 samengevat.

Tabel 3 Verschil tussen blootstelling-respons relaties rond de vliegbasis Geilenkirchen en rond de luchthaven Schiphol voor verschillende geluidindicatoren als Odds ratio en in decibel of als ratio.

Indicator	Odds ratio	decibel	NAx ratio
L_{den}	2,9	7,4	-
NA60	6,0	-	15
NA70	1,9	-	4,2

De verhouding bij een gegeven L_{den} tussen het percentage ernstige gehinderden rond de vliegbasis Geilenkirchen en dat rond Schiphol bedraagt 2,9 (Odds ratio). Dit komt voor de vliegbasis Geilenkirchen komt over een met een verschuiving

⁴ Het woord Odds ratio is afgeleid van het Engelse woord Odds. Met Odds wordt op een bepaalde manier de kans van het optreden van een gebeurtenis beschreven. Het bekendste gebruik van Odds is die bij weddenschappen. De Odds drukt dan de kans uit op winst, gedeeld door de kans op verlies. Bijv. drie tegen twee dat een wedstrijd door een bepaalde partij wordt gewonnen. In Nederland zeggen we veelal niet drie tegen twee, maar 60% kans op winst ($=3/(3+2)$). De Odds ratio wordt vooral in gezondheidskundige literatuur gebruikt.

van 7,4 dB L_{den} . Voor de NA60 neemt de verhouding tussen het percentage ernstige gehinderden toe; de blootstelling-respons relaties liggen bij een gegeven NA60 verder uiteen dan bij een gegeven L_{den} . Voor de NA70 wordt de verhouding tussen het percentage ernstige gehinderden kleiner; de blootstelling-respons relaties liggen bij een gegeven NA70 dichter bij elkaar dan bij een gegeven L_{den} . Desondanks is het percentage ernstige gehinderden bij dezelfde NA70 rond Geilenkirchen nog ca. tweemaal zo hoog als rond Schiphol; de NA70 verklaart de verschillen tussen de vliegvelden niet.

Een belangrijke kanttekening bij de resultaten is dat de aanname van het gebruikte statistische model (constante factor over de range van de blootstelling-respons relatie) voor de L_{den} veel beter opgaat dan voor de NA60 en NA70 het geval is. De verschillen voor de NA60 (Odds ratio van 6) en NA70 (Odds ratio van 1,9) moeten daarom met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Bij de NA60 en NA70 treden bij de hoge geluidbelastingen rond beide vliegvelden grote verschillen op in het verloop van de blootstelling-respons relatie (zie Bijlage 4). Een mogelijke verklaring voor de daling van de NA70 blootstelling-repons relatie rondom Schiphol zou het geluidsisolatieprogramma kunnen zijn. Overigens laat het betrouwbaarheidsinterval zien dat er sprake is van een grote onzekerheid over het precieze beloop. Fields bespeurde in zijn onderzoek (1984) eveneens dat de hinder kon afnemen nadat een groot aantal events was bereikt. Deze aanwijzing was niet sterk genoeg om de logaritmische relatie tussen het aantal events en de hinder te verwerpen.

3.2 Mogelijke gevolgen van de fysische kenmerken van de blootstelling voor gehoorgevoeligheid, spraakverstaanbaarheid

Uit de voorgaande karakterisering in hoofdstuk 2 van de situatie bij Geilenkirchen en Schiphol komen als belangrijkste verschillen het vaker optreden van hoge piekniveaus en de (mede daardoor) langere passageduur van overvluchten naar voren. Hieronder wordt ingegaan op mogelijke mechanismen die een rol kunnen spelen in de ervaren geluidhinder bij deze luchthavens.

3.2.1 Gehoorgevoeligheid bij hoge geluidniveaus

De A-weging volgens ISO 226 wordt standaard toegepast op alle vormen van omgevingsgeluid in Nederland. Hierbij wordt het laagfrequente deel van het geluidsspectrum verzwakt, volgens standaard tertsband of octaafband correcties. In de meeste gevallen is dit een goede weging waardoor hoge niveaus bij lage frequenties minder zwaar worden meegenomen in het breedbandige niveau die in overeenstemming is met de lagere gehoorgevoeligheid voor deze frequenties van het 'gemiddelde' menselijk oor. Bij relatief hoge tertsbandniveaus vanaf 80 dB en hoger geeft de A-weging echter een onderschatting van de ervaren sterkte van het geluid. Dit aspect zou in theorie van belang kunnen zijn voor de situatie bij Geilenkirchen waar gedurende de AWACS passages hoge piekniveaus optreden. Om na te gaan in hoeverre dit mogelijk tot extra hinderbeleving zou kunnen leiden is gekeken naar een alternatieve (V-weging) die beter aansluit op de hogere laagfrequente gehoorgevoeligheid bij hogere niveaus. Bijlage 5 geeft een uitgebreide toelichting van de wijze waarop in dit onderzoek deze weging is gedefinieerd en toegepast. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 L_{Amax} -buitenniveaus voor AWACS: lineair, A-gewogen en toename bij V-weging. Binnenniveaus berekend op basis van buiten gemeten spectra en standaard gevelisolatie volgens [Davy 2004]. $T_{60/70}$ is de geschatte tijd dat het niveau binnenshuis tijdens een AWACS-passage boven de 60/70 dB(A) ligt.

Meting. nr.	Buiten [dB]			Binnen [dB]			T_{60} [s] ¹	T_{70} [s] ¹
	lineair	A	V-A	L	A	V-A		
1	97	93	1	77	67	2	21	3
2	102	98	1	82	72	1	31	13
3	101	98	1	80	72	1	33	15
4	110	108	1	88	81	1	37	19
5	109	105	1	87	79	1	41	21
6	103	99	1	82	73	1	27	13
7	113	112	0	90	85	0	37	19
8	103	100	1	82	74	1	39	17
9	107	103	1	86	77	2	37	19

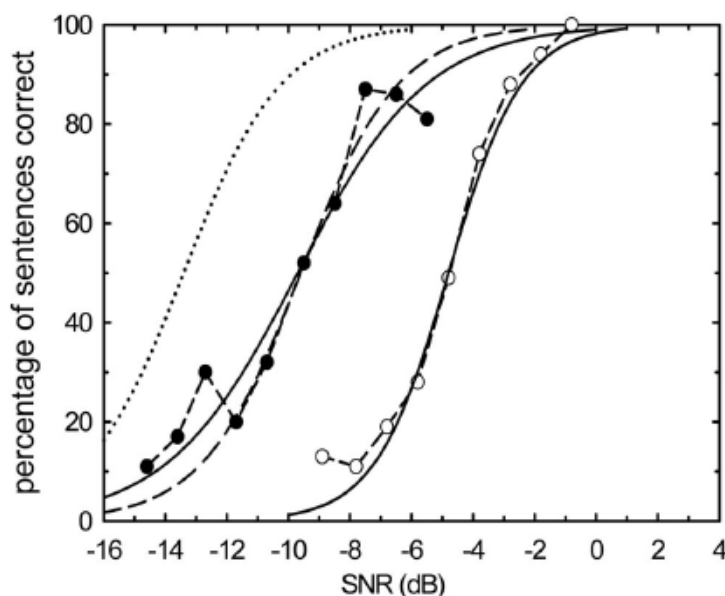
¹ Raming op basis van bronspectrum, vlieghoogte, en gevelisolatie, zie Bijlage 2.3

Uit Tabel 4 volgt dat het effect van een variabele, niveau-afhankelijke weging op de buitenniveaus zeer beperkt is. Dit komt vooral omdat het spectrum van de AWACS in het laagfrequente deel niet in belangrijke mate verschilt van het civiele vliegverkeer, zie Figuur 9. Het verschil blijft beperkt tot 1 dB bij de meeste passages. Daar de verschuiving in Figuur 11 voor de L_{den} ruim 7 dB bedraagt, is het effect niet voldoende om de verschillen in de blootstelling-responsrelaties voor Geilenkirchen en Schiphol te verklaren. Een niveau-afhankelijke weging, gebaseerd op de ISO226-fooncurven leidt evenmin tot een sterke toename van de te verwachten binnenniveaus. Hoewel na gevelisolatie het spectrum relatief meer lage frequenties bevat, liggen de niveaus zelf lager, zodat de V-weging vrijwel gelijk wordt aan de A-weging. Het verschil in de blootstellings respons relaties van Schiphol en van Geilenkirchen kan zodoende niet worden verklaard door een hogere laagfrequente gehoorgevoeligheid bij het optreden van hoge pieken.

3.2.2 Spraakverstoring binnenshuis

Een andere mogelijke oorzaak voor de verschillen in hinderbeleving tussen omwonenden van Geilenkirchen en Schiphol ligt in de relatief lange perioden waarin startende AWACS-toestellen in grote delen van belaste woongebieden binnenshuis spraakverstoring kunnen veroorzaken. In het belevingsonderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen werd het moeten stoppen met praten als één van de redenen genoemd waarom het vliegtuiggeluid als hinderlijk ervaren wordt (van Poll et al, 2008).

Spraakverstoring heeft een 'drempelwaardig' karakter in de zin dat beneden waarden van 60 dB effecten beperkt zijn en boven deze waarde de spraakverstaanbaarheid vrij snel afneemt. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 12 ontleend aan [Rhebergen en Versveld 2004]. Er zijn twee factoren die deze veronderstelling ondersteunen. Ten eerste zijn de piekniveaus bij Geilenkirchen gemiddeld aanzienlijk hoger dan bij Schiphol en ten tweede duren de events (mede daardoor) meestal langer. In Bijlage 2.3 wordt ingegaan op de tijdsduur dat het geluidsniveau binnenshuis tijdens een AWACS passage boven 60 dB(A) ligt en wordt deze geraamd. Voor de RIVM metingen op 7 en 8 juli 2010 zijn de resultaten (eveneens) opgenomen in Tabel 4.



Figuur 12 Percentage correct gecommuniceerde zinnen afhankelijk van de signaal (spraak)/ruisverhouding • stationair and ◦ fluctuerend stoortgeluid [Rhebergen en Versveld 2004]

Het signaal (spraak/ radio of tv) niveau hangt af van de afstand tussen bron en waarnemer en kan sterk variëren mede. Een algemeen gehanteerd uitgangspunt is 60 dB, maar afhankelijk van persoonlijke factoren kunnen zowel hogere als lagere waarden van toepassing zijn. Gaan we uit van 60 dB, dan begint verstoring van communicatie op te treden indien het stoorsignaal deze waarde overschrijdt. Uit Tabel 4 blijkt dat er dan in woningen onder de vliegroutes van de AWACS-toestellenbinnenshuis bij vrijwel elke passage periodes (orde 20-40 sec) kunnen ontstaan waarbij de grens tot beginnende communicatieverstoring wordt overschreden. Gaan we uit van een hoger signaalniveau van 70 dB dan zijn deze perioden korter maar nog altijd aanwezig in de orde van 10 tot 20 seconden per passage.

Voor de meeste civiele toestellen onder vergelijkbare vliegroutes blijft het binnenniveau onder 60 dB en de grens voor beginnende verstoring van communicatie. De raming uit Bijlage 2 wijst er op dat dit voor het merendeel van de woningen rondom Schiphol geldt. Slechts een relatief klein deel van de woonbebouwing ondervindt er buiten een piekniveau van meer dan 80 dB(A), terwijl woningen in het zuidelijk deel van Schinveld en het noordelijk deel van Brunssum overwegend te maken hebben met pieken boven 80 dB(A), zie Bijlage 2, Figuur 21 Ondanks dat het hier een modelmatige raming zonder grondige validatie betreft, kan dit betekenen dat een belangrijke component van hinder, spraakverstoring binnenshuis, slechts beperkte invloed heeft gehad op de hinderbeleving rond Schiphol maar juist sterk doorweegt bij Geilenkirchen. Het zou kunnen betekenen dat een indicator als de NA80 een toegevoegde verklarende waarde kan hebben voor de blootstelling-responsrelatie bij Geilenkirchen (de NA60 en NA70 tellen in tegenstelling tot de NA80 ook events mee waarbij de 60 dB binnenshuis niet wordt overschreden). Daarbij speelt mee dat de NA80 bij Geilenkirchen ook in gebieden met een relatief lage L_{den} van 45-50 dB naar vermoedelijk nog een significante waarde heeft (Volgens het INM model uit Bijlage 2 ligt de grens ongeveer op L_{den} 50 dB In de praktijk zal deze nog lager kunnen liggen omdat geen rekening is gehouden met routespreiding).

Dit is van belang omdat de blootstelling-responsrelatie van Geilenkirchen ook bij lagere niveaus ruim boven die van Schiphol ligt. Om de NA80 nauwkeuriger te karteren en de verklarende waarde ervan nader te kwantificeren zou aanvullend onderzoek nodig zijn.

3.3 Conclusie

Samenvattend kunnen uit dit hoofdstuk de volgende conclusies worden getrokken:

- Wanneer het belevingsonderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen afzonderlijk wordt beschouwd geldt dat wanneer de L_{den} bekend is, de aanvullende geluidindicatoren NA60 of NA70 statistisch gezien geen toegevoegde waarde hebben voor de beschrijving van de ernstige hinder. Andersom geldt dat wanneer alleen de NA60 of NA70 bekend zou zijn, informatie over de L_{den} nog toegevoegde waarde heeft om het percentage ernstige hinder te beschrijven.
- Worden Geilenkirchen en Schiphol samen beschouwd en dan beschrijft de NA70 de relatie tussen de geluidbelasting en de ernstige hinder nauwelijks beter dan de L_{den} en ook met deze indicator blijft dan ook een verschil bestaan in de ligging van beide blootstelling-repons relaties: die van Geilenkirchen ligt hoger dan die van Schiphol.
- Deze ogenschijnlijke discrepantie illustreert dat het moeilijk is uitspraken te doen over de rol van geluidpassages in relatie tot het optreden van ernstige hinder wanneer slechts naar een beperkt aantal vliegvelden wordt gekeken. De onderlinge samenhang tussen verschillende geluidindicatoren is rond een vliegveld zo hoog dat het moeilijk is af te leiden welke akoestische kenmerk(en) (hoogte, duur, totale energie van de passage of van de som van passages) bijdraagt aan het verhoogde percentage ernstige hinder dat optreedt. Een relatief grote data-set van twee vliegvelden waarin de hinder (ISO, 2003) en de geluidbelasting op een uniforme wijze is vastgesteld is desondanks te beperkt om conclusies te kunnen trekken over de meest adequate aanvullende geluidindicator.
- Het leggen van een relatie tussen vliegtuigpassages en de ernstige hinder wordt mede bemoeilijkt omdat onderzoek naar hinder erop gericht is de algemene en blijvende reactie op geluid vast te leggen waarbij de hinderbeleving op verschillende tijdstippen en op verschillende plaatsen in en rondom het huis over periode van een jaar wordt geïntegreerd, terwijl de tijdduur dat het geluid van een afzonderlijke vliegtuigpassage boven het achtergrondgeluid uitkomt slechts 1 tot 1,5 minuut per keer bedraagt.
- Het verschil tussen de blootstellings respons relaties voor civiele vliegtuigen op Schiphol en de AWACS-toestellen in Geilenkirchen kan niet verklaard worden door een hogere laagfrequente gehoorgevoeligheid bij het optreden van hoge pieken.
- Het is mogelijk dat door de hoogte van de geluidniveaus van de vliegtuigpassages rondom Geilenkirchen communicatie binnenshuis meer verstoord wordt dan rond Schiphol. De kans op spraakverstoring binnenshuis neemt toe bij maximale geluidniveaus van 80 dB of meer.

4 Invloed van persoonlijke en contextuele factoren

4.1 Inleiding

In de rapportage over de hinderbeleving rond de vliegbasis Geilenkirchen [Van Poll 2008] is gewezen op het belang van de invloed van persoonlijke en contextuele factoren zoals een negatieve verwachting van de geluidssituatie in de toekomst en bezorgdheid. In dit hoofdstuk beschrijven we in welke mate persoonlijke en contextuele factoren een verklaring kunnen zijn voor het resterende verschil tussen de blootstelling-respons relaties van beide vliegvelden. Persoonlijke en contextuele factoren zijn, naast het geluidniveau, mede van invloed op het voorkomen van ernstige hinder. In de praktijk worden deze factoren vaak, complementair aan “de decibellen”, met “niet-akoestische” factoren aangeduid. Omdat niet-akoestische factoren een aanduiding is voor een groot aantal uiteenlopende aspecten en daarmee weinig specifiek is, geven we de voorkeur aan de omschrijving persoonlijke en contextuele factoren. Omdat de invloed op hinder én de beïnvloedbaarheid door het beleid verschilt, onderscheiden we verschillende categorieën:

1. Demografische en sociaal-economische factoren (leeftijd, geslacht, inkomen)
2. Persoonlijke factoren (angst voor de geluidbron, geluidgevoeligheid, economische binding met de geluidbron).
3. Sociale factoren (verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie, houding ten opzichte van de geluidbron of de verantwoordelijken, media-aandacht)
4. Situationele factoren (aantrekkelijkheid van de buurt, hoeveelheid groen, afstand tot voorzieningen, aanwezigheid van andere geluidbronnen).

Sommige auteurs scharen kenmerken van de geluidbron zoals de frequentie van geluidgebeurtenissen (NA60 en NA70) wel onder situationele factoren. We beschouwen deze karakteristieken echter als een akoestische factor.

Naar aanleiding van het verschil in de ligging van de blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder door vliegtuiggeluid en de geluidbelasting van de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol is onderzocht of het vóórkomen van persoonlijke en contextuele factoren rond beide vliegvelden een deel van het verschil kan verklaren.

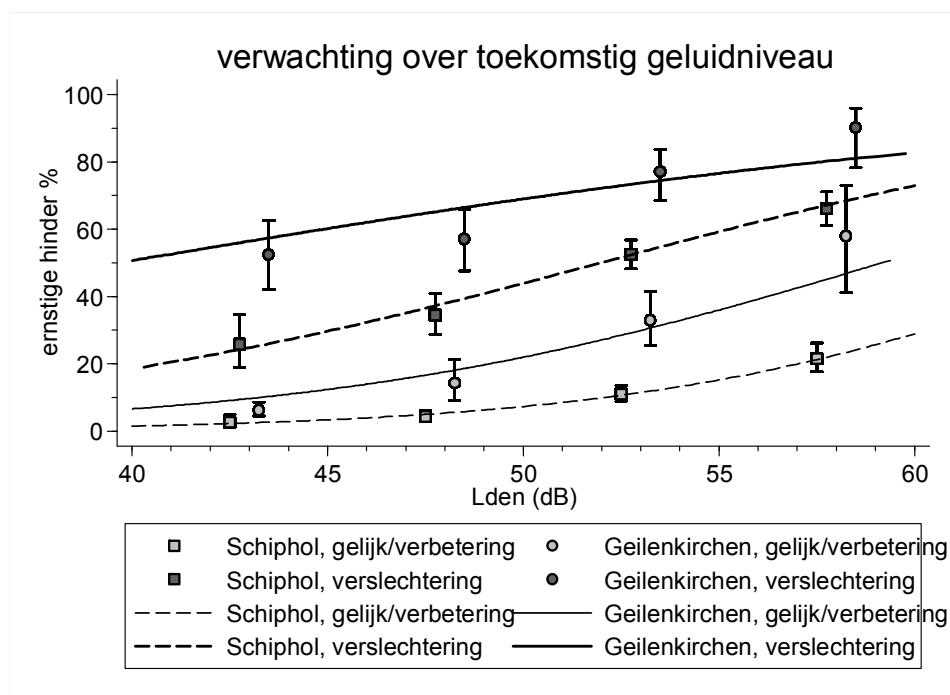
Hierbij is gekeken naar enkele belangrijke persoonlijke en contextuele factoren die volgens de literatuur van invloed op de ervaren hinder kunnen zijn en waarover vragen in het onderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen (2007) en de luchthaven Schiphol (2002) waren opgenomen:

- Leeftijd en geslacht
- Opleidingsniveau
- Woningbezit
- Economische binding met de geluidbron
- Geluidgevoeligheid
- Verwachtingen over toekomstig geluidniveau
- Angst of bezorgdheid over de (geluid)bron
- Houding ten opzichte van de geluidbron

4.2 Persoonlijke en contextuele kenmerken op Geilenkirchen vs Schiphol

Aan de hand van een voorbeeld met verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie beschrijven navolgend we de werkwijze en interpretatie van de resultaten.

Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat de verwachting over de toekomstige geluidssituatie een belangrijke contextuele niet-akoestische factor is. Respondenten zijn gevraagd om aan te geven of zij wat betreft het geluidniveau het komende jaar een verbetering, een verslechtering of een gelijkblijvende situatie verwachten. Rond Schiphol verwachtte in 2002 27% een verslechtering; in Geilenkirchen was dit 21%. Het percentage dat een verbetering verwachtte was zowel rond Geilenkirchen als Schiphol laag, zodat dit antwoord is samengenomen met de verwachting dat de situatie gelijk zou blijven. In *Figuur 13* zijn de blootstelling-respons relaties tussen percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in L_{den} , uitgesplitst naar vliegveld en naar de verwachting over de toekomstige geluidssituatie.



Figuur 13 Blootstelling-respons relatie tussen percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in L_{den} , uitgesplitst naar vliegveld en naar de verwachting over de toekomstige geluidssituatie.

Uit deze figuur blijkt dat de uitsplitsing naar de verwachting over de toekomstige geluidssituatie tot aanmerkelijke verschillen in het percentage ernstige hinder bij hetzelfde geluidniveau te zien geeft. Omwonenden die een verslechtering van de geluidssituatie verwachten hebben een blootstelling-respons relatie die hoger ligt dan omwonenden die een gelijkblijvende situatie of een verbetering verwachten. Niettemin blijven er verschillen in de blootstelling-respons relaties tussen Geilenkirchen en Schiphol bestaan wanneer we rekening houden met de verwachtingen van de respondenten.

Voor de blootstelling-responsrelaties uit *Figuur 13* kunnen we wederom het verschil tussen Geilenkirchen en Schiphol uitdrukken als een horizontale (verhouding of Odds ratio) of verticale verschuiving over de geluidas (als decibel). Wanneer we rekening houden met de verwachting over de toekomstige geluidssituatie, bedraagt de Odds ratio 4,2. Bij eenzelfde L_{den} is het percentage ernstige hinder rondom Geilenkirchen ca. 4 maal zo groot als rond Schiphol. De verschuiving over de geluidas van de blootstelling-respons relaties is circa 10 decibel. In paragraaf 3.1 was het verschil zonder rekening te houden met persoonlijke en/of contextuele factoren nog maar 2,9 (Tabel 3) en was de verschuiving over de L_{den} -as 7,4 dB. Wanneer we rekening houden met de verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie wordt het verschil tussen de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en Schiphol groter. Op dezelfde wijze als voor verwachtingen zijn dergelijke analyses voor de overige persoonlijke en contextuele factoren uitgevoerd. Dit is in samenhang gedaan met de verschillende geluidindicatoren (L_{den} , NA60 en NA70). De resultaten zijn samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 Verschil tussen blootstelling-respons relaties Geilenkirchen en Schiphol als Odds ratio en in decibel (L_{den}) of als ratio (NA60 en NA70) na correctie voor diverse persoonlijke en contextuele factoren.

Rekening houdend met	L_{den}		NA60		NA70	
	Odds ratio	dB	Odds ratio	ratio	Odds ratio	ratio
Geen	2,9	7,4	6,0	15	1,9	4,2
Geslacht, leeftijd, opleidingsniveau, woningbezit	3,1	7,3	6,5	15	1,9	3,9
Werkzaamheden gerelateerd aan de luchthaven ¹	3,1	7,2	6,4	14	1,9	3,8
Geluidgevoeligheid ¹	2,6	5,6	6,1	10	1,6	2,3
Verwachting over toekomstig geluidniveau ¹	4,2	10,3	8,1	28	2,7	11
Bezorgdheid ¹	1,7	5,7	2,7	9,7	1,3*	2,1
Houding ¹	1,0*	0,2	2,3	3,0	0,6*	0,4
Bezwaarschrift ondertekend ¹	2,9	7,0	5,7	14	1,8	3,5
Vergadering of demonstratie bijgewoond ¹	3,0	7,2	6,0	14	1,9	3,7
Lid van organisatie tegen vliegtuiglawaai ¹	3,1	7,3	6,4	15	1,9	3,9
Ingezonden brief ^f	3,0	7,1	6,2	14	1,9	3,7

¹Inclusief correctie voor geslacht, leeftijd, opleiding, woningbezit

*Geilenkirchen niet significant verhoogd ten opzichte van Schiphol

Wanneer we de kolom van de L_{den} naar beneden aflopen, zien we dat het merendeel van de persoonlijke en contextuele factoren het verschil tussen de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en Schiphol slechts in beperkte mate beïnvloedt. De Odds ratio blijft rond de 3 schommelen: de correctie voor bezorgdheid en houding ten opzichte van het vliegveld vormen hierop de uitzondering. De Odds ratio daalt van 2,9 tot 1,7 (bezorgdheid) en 1,0 (houding). Een Odds ratio van 1,0 betekent dat er geen verschil meer is tussen de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en Schiphol wanneer rekening wordt gehouden met de houding ten opzichte van het vliegveld. Na correctie voor bezorgdheid is er nog wel een statistisch significant verschil tussen beide vliegvelden. De gemiddelde score op de bezorgdheidschaal (0-100) bedroeg voor Schiphol 24 en voor Geilenkirchen 32. Het gemiddelde van de score op de houdingschaal (0-100) bedroeg voor Schiphol 31 en voor Geilenkirchen 49. Een hogere score wijst op een grotere bezorgdheid of op een meer negatieve houding ten opzichte van de geluidbron.

De bevindingen voor de NA60 en NA70 zijn in Tabel 5 min of meer gelijk aan die voor de L_{den} . Voor de NA60 verschillen de blootstelling-respons relaties circa een factor 6 (uitgedrukt als Odds ratio) bij eenzelfde hoeveelheid passages per dag. Wanneer rekening wordt gehouden met de invloed van bezorgdheid op de ernstige hinder en met het vóórkomen van bezorgdheid rond beide vliegvelden daalt het verschil tot een factor 2,7. Voor houding kan het verschil tot een factor 2,3 dalen. Het verschil in blootstelling-respons relatie is overigens in beide gevallen nog steeds statistisch significant. Voor de NA70 bedraagt het verschil circa een factor 2. Na correctie voor bezorgdheid of houding is de blootstelling-respons relatie van Geilenkirchen niet langer statistisch significant verhoogd ten opzichte van die van Schiphol. In Tabel 6 is het resultaat weergegeven wanneer voor de vier belangrijkste kenmerken (verwachtingen, geluidgevoeligheid, bezorgdheid en houding) gezamenlijk wordt gecorrigeerd.

Tabel 6 Verschil tussen blootstelling-respons relaties Geilenkirchen en Schiphol als Odds ratio en in decibel (L_{den}) of als ratio (NA60 en NA70) na correctie voor verwachtingen, geluidgevoeligheid, bezorgdheid en houding.

Rekening houdend met	L_{den}		NA60		NA70	
	Odds ratio	decibel	Odds ratio	ratio	Odds ratio	ratio
<i>Werkzaamheden gerelateerd aan de luchthaven, verwachtingen, gevoeligheid, bezorgdheid en houding¹</i>	1,2*	1,9	2,1	4,2	0,8*	0,6

¹Inclusief correctie voor geslacht, leeftijd, opleiding, woningbezit

*Geilenkirchen niet significant verhoogd ten opzichte van Schiphol

Uit de tabel blijkt dat de Odds ratio van vliegveld Geilenkirchen ten opzichte van Schiphol 1,2 bedraagt. De blootstelling-respons relatie (L_{den}) ligt nog iets hoger dan die van Schiphol, maar dat het verschil is niet langer statistisch significant. Het verschil uitgedrukt in decibel is ca. 2 dB. Ook voor de NA70 is er niet langer een verschil in de blootstelling-relaties; de relatie van Geilenkirchen ligt nu iets lager dan die van Schiphol (Odds ratio is kleiner dan 1). Het verschil is niet significant.

4.3 Persoonlijke en contextuele kenmerken in relatie tot geluidhinder

Gevraagd kan worden hoe de ernstige hinder in een onderzoeksgebied afneemt ten opzichte van een geobserveerde omvang indien we in staat zouden zijn de geluidbelasting of een van de contextuele kenmerken in het gehele onderzoeksgebied terug te brengen tot een bepaald "referentieniveau".

Deze vraag is met een theoretische en modelmatige exercitie beantwoord. Het resultaat is voor de omvang van de ernstige hinder rond Geilenkirchen, naar schatting 41.000 omwonenden (ca. 20% van de inwoners), in Tabel 7 weergegeven.

Tabel 7 De theoretische vermindering van de omvang van de ernstige hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen bij interventie op geluidbelasting of op één van de persoonlijke of contextuele kenmerken tot het referentieniveau

	L _{den}		NA60		NA70	
Referentieniveau	31 dB		1 x per week		1 x per maand	
Populatie attributief percentage:						
Geluidindicator	76% ¹	33% ²	84% ¹	32% ²	77% ¹	28% ²
Verwachtingen ³		23% ²		24% ²		24% ²
Geluidgevoeligheid ⁴		25% ²		25% ²		25% ²
Bezorgdheid ⁴		50% ²		54% ²		52% ²
Houding ⁴		62% ²		63% ²		63% ²

¹ Wanneer geluidindicator wordt teruggebracht tot referentieniveau, inclusief correctie voor geslacht, leeftijd, opleidingsniveau, woningbezit, maar niet voor verwachtingen, geluidgevoeligheid, bezorgdheid of houding

² Wanneer afzonderlijke factoren worden teruggebracht tot hun referentieniveau, inclusief correctie voor geslacht, leeftijd, opleidingsniveau, woningbezit en werkzaamheden bij de luchthaven

³ Referentieniveau is verbetering/gelijkblijven

⁴ Referentieniveau is de grens van het eerste en tweede tertiël van Schiphol

In Tabel 7 is aangenomen dat het referentieniveau voor de L_{den} 31 dB bedraagt. Zouden we de geluidbelasting van alle woningen tot dit niveau kunnen terugbrengen dat daalt de omvang van de ernstige hinder in het onderzoeksgebied met 76% (van 41.000 naar 10.000 ernstig gehinderden). Zouden we dit nogmaals doen, maar waarbij we veronderstellen dat met de daling van de geluidbelasting er geen veranderingen optreden in de mate van bezorgdheid, de houding ten opzichte van de vliegbasis, de verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie en de mate van geluidgevoeligheid van omwonenden, dan daalt de omvang met 33%. Zouden we niet het geluidniveau maar de mate van bezorgdheid in het gehele onderzoeksgebied kunnen terugbrengen tot een gunstig niveau (op de grens van het eerste en twee tertiël zoals dat rond Schiphol wordt aangetroffen), dan zou de omvang van de ernstige hinder in theorie kunnen halveren (-50%). Een positievere houding ten aanzien van de vliegbasis zou in theorie tot meer dan een halvering van de omvang kunnen leiden (-62%), onder de veronderstelling dat noch de geluidbelasting, noch de andere persoonlijke en contextuele kenmerken veranderen. In Tabel 7 zijn niet alleen de resultaten van modellen voor de L_{den}, maar ook voor de NA60 en NA70 weergegeven. De resultaten voor de persoonlijke en contextuele factoren zijn in de modellen met een verschillende geluidindicator vrijwel identiek. Het resultaat voor de L_{den}, NA60 en NA70 loopt uiteen. Dit heeft waarschijnlijk meer te maken met de (arbitraire) keuze van het referentieniveau dat tussen de geluidindicatoren verschilt, dan met de invloed van de geluidindicator zelf.

Voor het onderzoeksgebied rond Schiphol is dezelfde theoretische exercitie uitgevoerd waarbij dezelfde referentieniveaus zijn gehanteerd. De resultaten voor verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie (-30%) en voor geluidgevoeligheid (-20%) liggen in dezelfde orde als rond Geilenkirchen. Het potentiële effect van de beïnvloeding van de houding op de omvang van de ernstige hinder was rond Schiphol veel kleiner (-16% in plaats van -62%), terwijl deze voor bezorgdheid (-76% versus -50%) groter was dan rond Geilenkirchen. Interventie op de geluidbelasting, in aanwezigheid van de bovengenoemde persoonlijke en contextuele kenmerken, zou kunnen leiden tot

een vermindering van respectievelijk -71 (L_{den}), -83 (NA60) en -54% (NA70). Opvallend is dat de zelfstandige invloed van de geluidbelasting rond de vliegbasis Geilenkirchen kleiner is dan rond de luchthaven Schiphol.

4.4 Discussie

Verschillende persoonlijke en contextuele factoren verklaren mede de gerapporteerde ernstige hinder door vliegtuiggeluid. De richting van en de mate van invloed van deze factoren is in overeenstemming met de literatuur. Factoren zoals verwachtingen over de toekomstige geluidssituatie, geluidgevoeligheid, bezorgdheid over het wonen nabij een vliegveld en over de effecten van de uitstoot en van het geluid en de attitude ten opzichte van de bron (houding, trots, vliegveld van waarde) hebben een grote invloed op de ligging van de blootstelling-respons relatie.

Grote verschillen treden op voor de mate van bezorgdheid (gemiddelde score bedroeg voor Schiphol 24 en voor Geilenkirchen 32 op een schaal van 0-100) en voor de houding ten opzichte van het vliegveld (Schiphol 31 en Geilenkirchen 49) waarbij Schiphol zich in positieve zin onderscheidt van Geilenkirchen. Daar juist deze factoren een relatief grote invloed hebben op de ligging van de blootstelling-respons relatie is het niet verwonderlijk dat de verschillen in vóórkomen een belangrijke invloed hebben op de blootstelling-respons relaties. Wanneer voor deze factoren wordt gecorrigeerd, zijn de verschillen tussen de blootstelling-respons relaties kleiner (NA60) of verdwijnen deze vrijwel (L_{den} en NA70). Deze contextuele factoren lijken de discrepantie in blootstelling-respons relaties mede te kunnen verklaren.

Een andere beperking is dat slechts twee vliegvelden onderling worden vergeleken. Gechargeerd gezegd geldt dat de kans dat ene blootstelling-respons relatie hoger ligt dan de ander 50% is. Een verschil in de frequentie van voorkomen dat tussen de beide vliegvelden wordt vastgesteld (in dit geval de mate van bezorgdheid en de attitude) kan dan ook eenvoudig als verklaring van het verschil in blootstelling-respons relatie worden aangedragen. Een data-set bestaande uit meerdere vliegvelden biedt meer inzicht in de variatie die tussen vliegvelden in de blootstelling-respons relatie kan optreden en de factoren die hierop invloed uitoefenen. De situatie rond Geilenkirchen kan dan aan meer dan één andere Nederlandse locatie worden getoetst.

De onderzoeksgegevens zijn afkomstig uit zogenaamd dwarsdoorsnede onderzoek. Dat betekent dat zowel het gevolg (de ernstige hinder) als de mogelijk verklarende factoren (geluidbelasting en persoonlijke en contextuele factoren) op het zelfde moment worden vastgesteld. De richting van de oorzakelijkheid is in dwarsdoorsnede onderzoek niet vast te stellen. Zijn de omwonenden rond Geilenkirchen ernstig gehinderd door het vliegtuiggeluid en zijn ze daarom zo bezorgd voor hun gezondheid en hebben ze daardoor een negatieve houding gekregen? Of is het mechanisme andersom; ze zijn bezorgd (door het ongeluk met het tankervliegtuig of door de hoge piekniveaus) en hebben een negatieve houding (bomenkap etc.), waardoor ze door het vliegtuiggeluid meer gehinderd zijn. Uit dwarsdoorsnede onderzoek kan het precieze mechanisme niet worden afgeleid.

Er zijn geen voorbeelden van veldstudies van vliegtuiggeluid bekend waarin geïntervenieerd is op de contextuele factoren en waarvan vervolgens het effect in kwantitatieve zin is geëvalueerd. Uit opeenvolgende belevingsonderzoeken

rond Schiphol is duidelijk geworden dat een vermindering van de geluidbelasting leidt tot een vermindering van de omvang van de ernstige hinder die vrijwel gelijke tred houdt met hetgeen op basis van een blootstelling-respons relatie tussen vliegtuiggeluid en ernstige hinder kan worden verwacht (RIVM en RIGO, 2005). Helaas is niet onderzocht of de geluidverandering ook van invloed is geweest op het vóórkomen van contextuele factoren. Het geobserveerde effect van vermindering van geluid rond Schiphol zou (deels) ook via een verbetering van de negatieve houding of een vermindering van de bezorgdheid kunnen zijn verlopen.

Uit het tweede, theoretische, deel van dit hoofdstuk wordt echter duidelijk dat er grote verschillen zijn in de rol van de contextuele factoren bij Geilenkirchen en Schiphol. Zouden we in staat zijn alleen op geluid te kunnen interveniëren waarbij we geen rol toekennen aan bezorgdheid en houding, dan is rond beide vliegvelden een vergelijkbare (theoretische) winst te boeken. Corrigeren we echter voor deze contextuele factoren en veronderstellen we dat de status van de persoonlijke en contextuele factoren door de interventie op geluid niet wijzigt, dan wordt er rondom Geilenkirchen bij interventie op geluid aanzienlijk minder winst geboekt dan rond Schiphol. Hoewel het hier gaat om een theoretische oefening, lijkt het erop dat de contextuele factoren rond Geilenkirchen een veel grotere rol spelen dan rond Schiphol.

4.5 Conclusies

- Contextuele factoren zoals bezorgdheid over het wonen nabij een vliegveld en over de effecten van de uitstoot en van het geluid en de attitude ten opzichte van de bron (houding, trots, vliegveld van waarde) hebben een grote invloed op de ligging van de blootstelling-respons relatie.
- Er bestaan verschillen in de mate waarin bezorgdheid en een negatieve houding ten opzichte van het vliegveld rondom Geilenkirchen en Schiphol worden aangetroffen. Schiphol onderscheidt zich hierbij in positieve zin van Geilenkirchen.
- Bezorgdheid en attitude ten opzichte van het vliegveld lijkt het verschil in de ligging van de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en van Schiphol mede te kunnen verklaren.
- Door de aard van de studie is het precieze mechanisme onbekend. Omwonenden rond Geilenkirchen kunnen ernstig gehinderd zijn door het vliegtuiggeluid en zijn daardoor ook bezorgd en hebben een negatieve houding gekregen. Of zijn ze bezorgd geraakt (door het ongeluk met het tankervliegtuig of door de hoge piekniveaus) en/of hebben ze een negatieve houding gekregen door bijvoorbeeld de bomenkap waardoor ze door het vliegtuiggeluid meer gehinderd zijn. Uit dwarsdoorsnede onderzoek kan oorzaak en gevolg niet worden afgeleid.
- Contextuele factoren rond Geilenkirchen lijken een veel grotere rol te spelen dan rond Schiphol.

5 Conclusies en aanbevelingen

Navolgend zijn onze samenvattende conclusies aangegeven ten aanzien van de diverse aspecten die een rol spelen bij sterke verschillen in hinderbeleving rond de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol.

Aantal vliegtuigpassages als voorspeller van ernstige hinder

Heranalyse van de onderzoeken naar ernstige hinder rond Geilenkirchen en Schiphol leidt tot het inzicht dat:

- De onderlinge samenhang tussen verschillende geluidindicatoren rond een vliegveld dermate hoog is dat het niet goed mogelijk is uitspraken te doen over de rol van geluidpassages in relatie tot het optreden van ernstige hinder wanneer slechts één vliegveld in ogenschouw wordt genomen.
- Rond Geilenkirchen lijkt het aantal vliegtuigpassages dat per etmaal een maximaal geluidniveau van 60 of 70 dB overschrijdt (de NA60 en NA70) geen meerwaarde te hebben ten opzichte van de L_{den} als het gaat om de relatie met ernstige hinder. Worden Geilenkirchen en Schiphol samen beschouwd en dan beschrijft de NA70 de relatie tussen de geluidbelasting en de ernstige hinder nauwelijks beter dan de L_{den} en ook met deze indicator blijft dan ook een verschil bestaan in de ligging van beide blootstelling-repons relaties: die van Geilenkirchen ligt hoger dan die van Schiphol.
- Het wordt aanbevolen het onderzoek naar de rol van verschillende geluidindicatoren met meerdere vliegvelden met uiteenlopende vlootsamenstellingen uit te breiden, omdat het aannemelijk is dat de onderlinge samenhang tussen verschillende geluidindicatoren afneemt, hetgeen de kans van het slagen van het onderzoek vergroot.

Fysieke aspecten

- Hoewel hun gemiddelde geluidbelasting in L_{den} gelijk is, veroorzaken de AWACS rond de luchthaven Geilenkirchen 10 tot 15 dB hogere piekniveaus dan moderne civiele verkeersvliegtuigen rondom Schiphol.
- Tijdens AWACS-passages kan gedurende relatief lange perioden binnenshuis verstoring van communicatie (bijv. spraak) optreden. Dit is een effect dat voor de meeste woningen rondom Schiphol veel minder speelt om dat de piekbelasting van de civiele verkeersvliegtuigen 10 tot 15 dB lager ligt. Dit kan een rol spelen bij de hogere blootstelling-responsrelatie rondom Geilenkirchen, al is de mate waarin alleen op basis van dit onderzoek niet met zekerheid aan te geven.
- De gemiddelde geluidspectra, het tijdverloop en de stijgsnelheid van de events tussen Schiphol en Geilenkirchen laten nauwelijks verschillen zien.
- Onderschatting van het belang van het aandeel laagfrequent geluid door A-weging van de hoge piekbelasting kan enige invloed hebben op hinder, maar het effect is naar verwachting zeer gering.
- De hoge *notability* van individuele AWACS-vliegtuigpassages kan een rol spelen, maar het concept van *notability* en de invloed daarvan op hinder zijn nog onvoldoende onderzocht.

De rol van contextuele factoren

Daar de L_{den} , NA60 of NA70 niet in staat waren het gehele verschil in blootstelling-respons relaties te verklaren is aandacht besteed aan de rol van contextuele factoren:

- Er bestaan verschillen in de mate waarin bezorgdheid en een negatieve houding ten opzichte van het vliegveld rondom Geilenkirchen en Schiphol worden aangetroffen. Schiphol onderscheidt zich hierbij in positieve zin van Geilenkirchen.
- De bezorgdheid over het wonen nabij een vliegveld en over de effecten van de uitstoot en van het geluid en de attitude ten opzichte van de bron (houding, trots, vliegveld van waarde) hebben een grote invloed op het optreden van ernstige hinder.
- Bezorgdheid en attitude ten opzichte van het vliegveld lijkt het verschil in de ligging van de blootstelling-respons relaties van Geilenkirchen en van Schiphol mede te kunnen verklaren. Door de aard van de studie kan echter de richting van de relatie tussen het vliegtuiggeluid, contextuele factoren en de ernstige hinder niet worden afgeleid. Dit bemoeilijkt de interpretatie van de resultaten. Desalniettemin lijken de contextuele factoren rond Geilenkirchen een veel grotere rol te spelen dan rond Schiphol.
- Het wordt aanbevolen het beleid voor beperking van de hinderbeleving rondom Geilenkirchen zowel te richten op een vermindering van de blootstelling als wel op het wegnemen van de bezorgdheid van het wonen nabij het vliegveld. Ook zou kunnen worden onderzocht welke maatregelen ertoe zouden kunnen leiden dat de attitude ten opzichte van de vliegbasis in positieve zin veranderd.

Referenties

Balke P. Evaluatie Schipholbeleid: Historische ontwikkelingen NAXx voor 1993-2005 en Aanvullende NAXx berekeningen. Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium (NLR), 2006

Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Cadum E, Katsouyanni K, Velonakis M, Dudley ML, Marohn HD, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Vigna-Taglianti F, Pisani S, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Zachos I, Järup L; HYENA Consortium. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years-- results of the HYENA study. *Environ Int.* 2009 Nov; 35(8):1169-76.

[Bütikofer 2006] IMAGINE Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment Default aircraft source description and methods to assess source data, Deliverable 10 of the IMAGINE project, Document nr: IMA4DR-061204-EMPA-10, 4 December 2006

[Davy 2004] Insulating buildings against transportation noise, Proceedings of Acoustics 2004, Gold Coast Australia

Fields JM. The effect of number of noise events on people's reactions to noise.: An analysis of existing survey data. *J. Acoust. Soc. Am.* **75**, 447-467, 1984

[Geluidnieuws 2009] Bert De Coensel, Dick Botteldooren, Auditieve aandacht: een mogelijke verklaring voor de railway bonus? , Universiteit Gent, 27 november 2009

[De Coensel 2009] Bert De Coensel, Dick Botteldooren, Tom De Muer, Birgitta Berglund, Mats Nilsson, Peter Lercher, 'A model for the perception of environmental sound based on notice-events', *J. Acoust. Soc. Am.* **126** (2), August 2009.

ISO (2003). Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666.

[Jabben et al. 2009] Jan Jabben, Bastiaan du Pon, Luppo de Vries, 'Geluidoptimalisatie van luchtvaartroutes', RIVM rapport 680555001/2009

Miedema HME, H Vos, RG de Jong. Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights. *J. Acoust. Soc. Am.* **107** (6), 3245-3253, 2000

[Nierop2003] Chris Nierop, Stijgende belangstelling voor piekgeluiden, blad Geluid, juli 2003.

[NLR2007] Geluid rond vliegveld Geilenkirchen en Schiphol, zijn er overeenkomsten?, Een vergelijking van piekniveaus, H.A. Lania en H.W. Veerbeek, rapport NLR-CR-2007-505

[Poll v. et al 2010] Geluidhinder in Nederland rond NAVO vliegbasis 'Geilenkirchen' bij diverse vliegscenarios, RIVM rapport 630311003/2010

[Rhebergen en Versveld 2004] A Speech Intelligibility Index-based approach to predict the speech reception threshold for sentences in fluctuating noise for normal-hearing listeners *J. Acoust. Soc. Am.* **117** (4), Pt. 1, April 2005

[VROM 2003] Beoordelingswijze piekgeluiden voor spoorwegemplacements, Ministerie van VROM, Den Haag, 19 december 2003

[WHO 1999] Guidelines for Community Noise, World Health Organization, Geneva, 1999.

[Van Poll 2008] Gezondheids- en belevingseffecten Vliegbasis Geilenkirchen. Een verkenning. RIVM Briefrapport 630310003/2008.

[Van Poll 2011] Acute gehoorschade vliegbasis Geilenkirchen (in voorbereiding).

[Van Kamp 2011] The role of noise events in noise research, policy and practice (peaks, events or both). Letter Report of expert meeting 25 and 26 Oktober 2010, Utrecht. RIVM rapportnummer 8151220005/2011

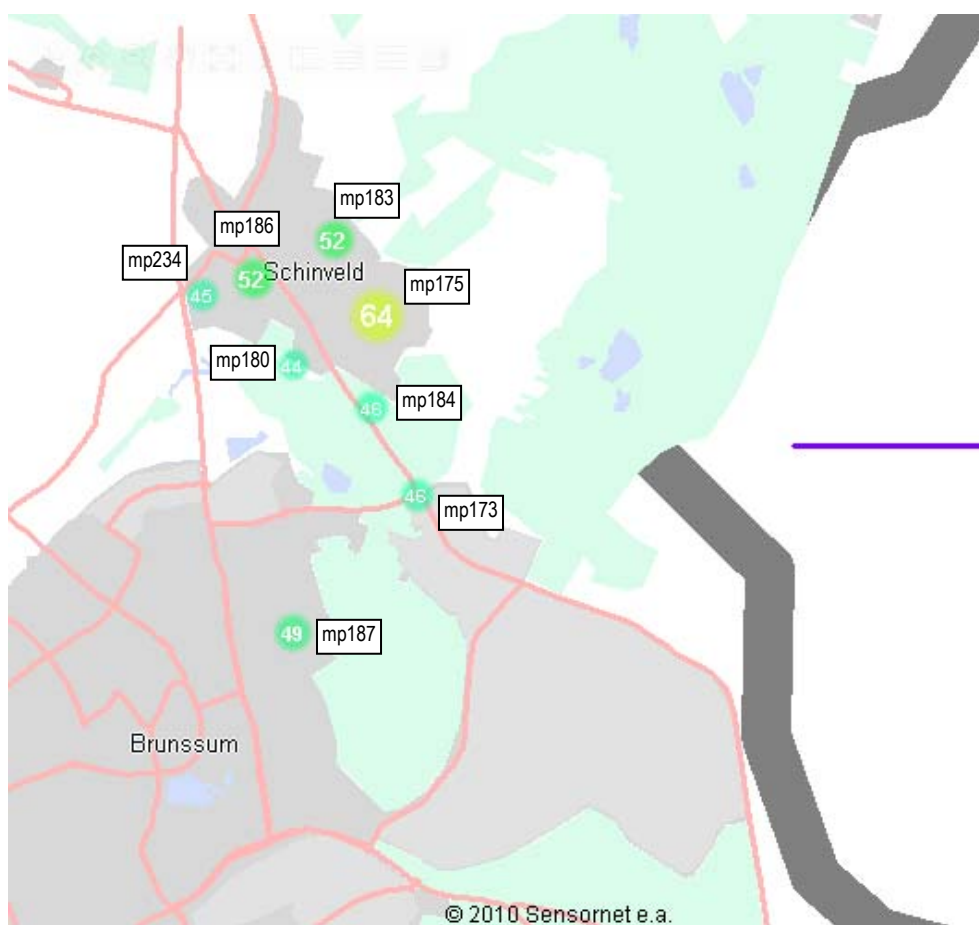
NPR-ISO/TS 15666. Akoestiek - Vaststelling van geluidshinder met behulp van sociologisch en sociologisch-akoestisch onderzoek. NEN, Delft, 2003

Royston P, DG Altman. Regression Using Fractional Polynomials of Continuous Covariates: Parsimonious Parametric Modelling. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* Vol. 43, No. 3 (1994), pp. 429-467

Bijlage 1 Metingen aan AWACS passages

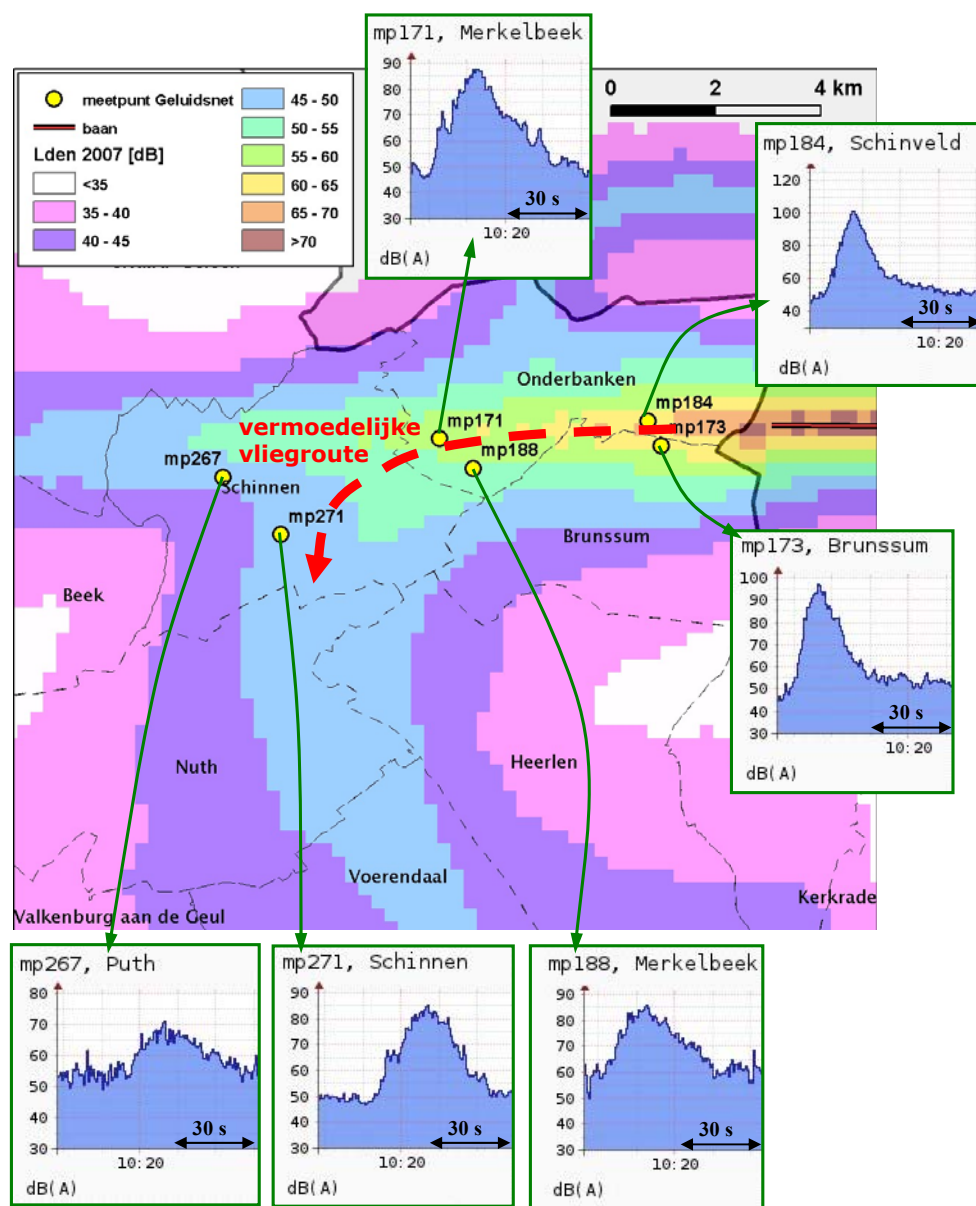
B1.1 Metingen Geluidsnet (Bron: www.geluidsnet.nl)

Figuur 14 geeft een overzicht van meetpunten van Geluidsnet die het dichtst bij de lijn in het verlengde van de startbaan liggen:



Figuur 14 Meetlocaties Geluidsnet. Bron: www.geluidsnet.nl

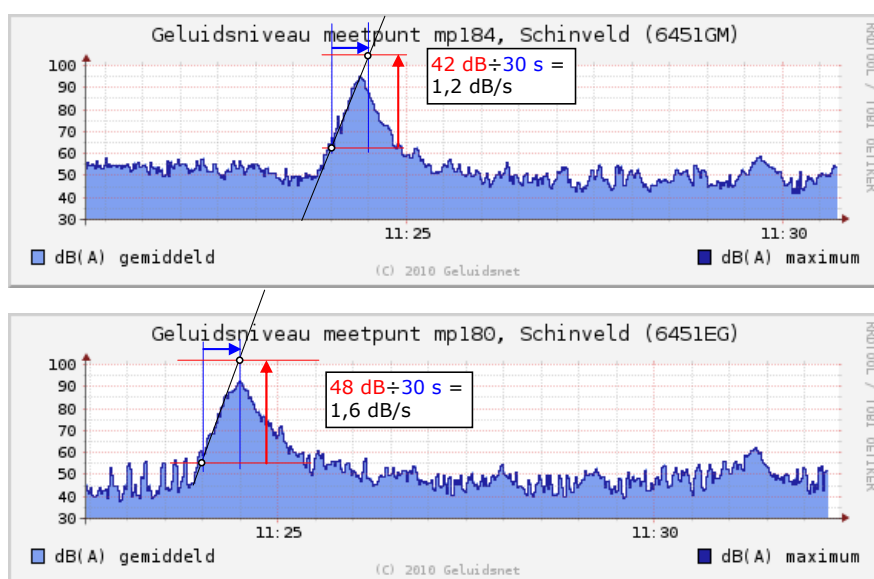
De meetpunten worden geautomatiseerd uitgelezen en beschikbaar gesteld via de website van Geluidsnet. Herkenning van het vliegtuiggeluid (onderscheiden van het geluid ten opzichte van andere bronnen zoals bijvoorbeeld auto's of brommers) is vaak een probleem, maar speelt in dit geval een minder belangrijke rol aangezien de hoogte van de pieken en het patroon evident de passages van de AWACS aanduiden. Figuur 15 geeft het verloop van het geluidsdrukkniveau in de tijd bij een passage van een startende AWAC op 15 juni 2011. De hoogste pieken worden gemeten op de punten 173 en 184 en liggen in de orde van 95 tot 100 dB(A). Verderop in het traject liggen de piekniveaus lager, maar op de meetpunten 171 en 188 (Merkelbeek) en 271 (Schinnen) komt het piekniveau nog altijd boven 85 dB(A).



Figuur 15 Voorbeeld Geluidsnetmetingen bij AWACS passage 15 juni 2011, 10:20 uur De onderliggende kaart geeft de contouren van de jaargemiddelde Lden waarde Bron: NLR 2009)

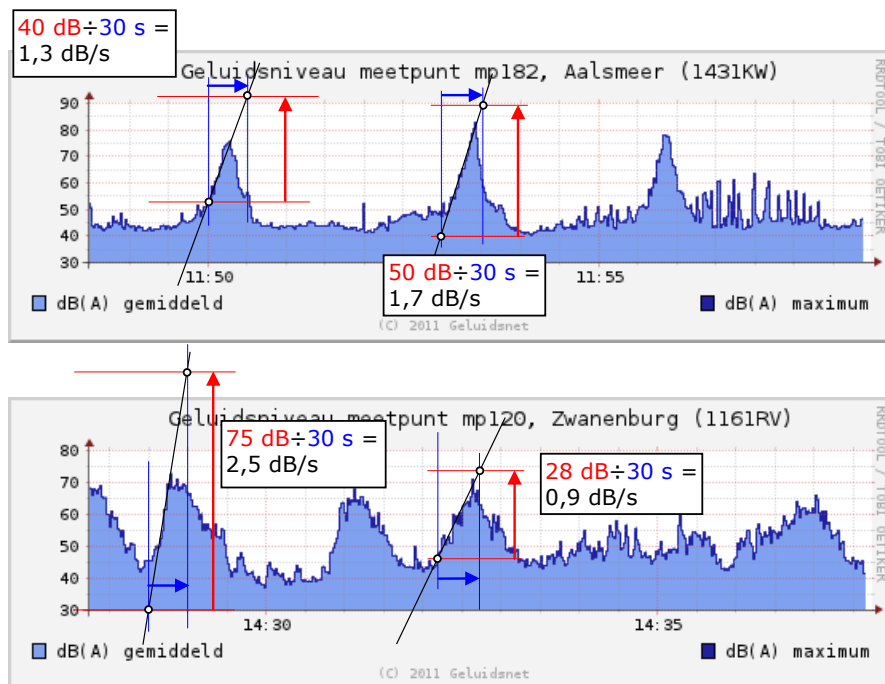
B1.2 Analyse stijgtijden geluidniveaus gemeten door Geluidsnet

De stijgtijd van geluid geeft aan hoe snel het geluidsniveau toeneemt in decibel per seconde. Bij vliegtuigen is de stijgtijd het grootste direct onder de vliegroute. Onderstaande Figuur 16 toont grafieken met het tijdverloop van dezelfde AWACS-passage op twee verschillende locaties in Schinveld (Geluidsnet). Beide liggen ongeveer in het verlengde van de baan van vliegbasis Geilenkirchen. De stijgtijden liggen rond 1,5 dB/s.



Figuur 16 AWACS-overvlucht bij mp184 en mp180. Bron: www.geluidsnet.nl

Figuur 17 toont twee grafieken met het tijdsverloop van enkele landende vliegtuigen in Aalsmeer (bovenste grafiek) en van enkele opstijgende vliegtuigen in Zwanenburg (onderste grafiek). Het meetpunt in Aalsmeer ligt ongeveer in het verlengde van de Aalsmeerbaan. Het meetpunt in Zwanenburg ligt in ongeveer midden tussen de verlengden van Polderbaan en Zwanenburgbaan. De stijgtijden bij het meetpunt in Aalsmeer zijn van dezelfde orde van grootte als in Schinveld. In de meetserie bij Zwanenburg is meer variatie zichtbaar. De vlucht met de relatief hoge stijgtijd van 2,5 s betrof een Boeing 747-400.



Figuur 17 Civiele overvluchten bij mp182 en mp120. Bron: www.geluidsnet.nl

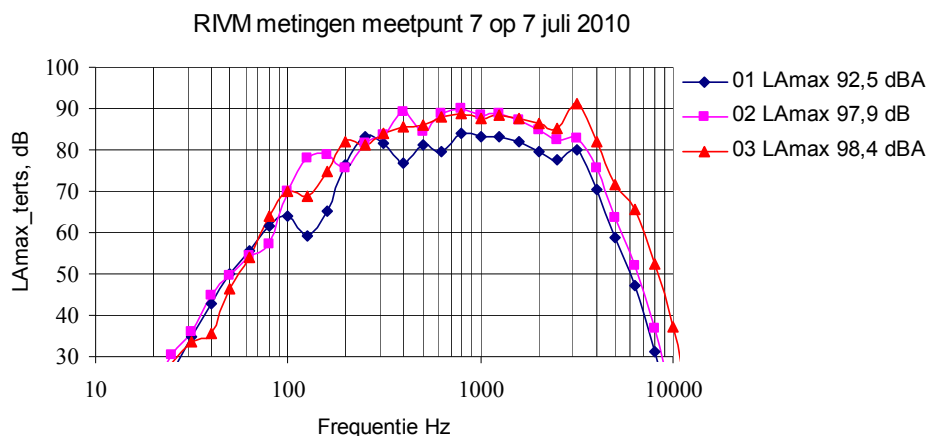
B1.3 RIVM geluidmetingen AWACS-passages Brunssum 7 en 8 juli 2010

Ter validatie van de piekniveaus zijn door het RIVM op 7 en 8 juli een aantal metingen aan overkomende AWACS-toestellen verricht. De meetlocaties zijn weergegeven in Figuur 18. De incidentele RIVM meetpunten zijn (in rood) samen met de vaste meetpunten van Geluidsnet (in blauw) weergegeven. Het RIVM - Meetpunt 7 ligt vlakbij Geluidsnet meetpunt mp173.

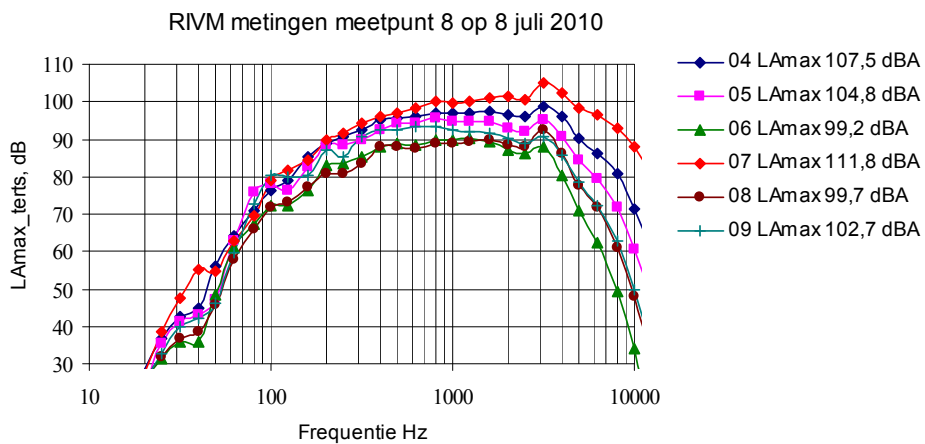


Figuur 18 RIVM meetlocaties (in rood) 7 (nr.7) en 8 (nr. 8) juli 2010 In blauw de Geluidsnet-metpunten.

In Figuur 19 en Figuur 20 zijn de spectra van verschillende AWACS weergegeven voor de passages op respectievelijk 7 en 8 juli 2010.



Figuur 19 Tertsbandspectra van 3 overvliegende AWACS-toestellen gemeten op 7 juli 2010



Figuur 20 Tertsbandspectra van 6 overvliegende AWACS-toestellen gemeten op 8 juli 2010

De hoogste niveaus zijn gemeten op 8 juli 2010 op het meest oostelijk gelegen meetpunt en zijn gemiddeld 105 dB(A). Het gemiddelde niveau op meetpunt 7 bedraagt circa 98 dB(A) wat goed overeenkomt met de passage geregistreerd op 15 juni 2011 door Geluidsnet mp 173 (Boschstraat 17). Tabel B1-1 de L_{Amax} waarden met de geschatte vlieghoogte

Tabel B1-1 L_{Amax} -waarden, hoogten en indicatie van bronvermogen voor de metingen op 7 en 8 juli 2010.

Meting	datum	tijd	Hoogte	L_{Amax} [dBA] (buiten)	Bronsterkte L_{WA} in dBA ¹
1	7/7/2010	09:36	500	92.5	159
2	7/7/2010	09:52	500	97.9	164.4
3	7/7/2010	11:02	500	98.4	164.9
4	8/7/2010	08:03	250	107.5	167.2
5	8/7/2010	09:04	400	104.8	169
6	8/7/2010	09:16	400	99.2	163.4
7	8/7/2010	09:20	150	111.8	166.8
8	8/7/2010	09:27	600	99.7	168.1
9	8/7/2010	10:04	400	102.7	166.9

¹Ruwe indicatie uitgaande van sterk vereenvoudigde puntbron uitstraling

Bijlage 2 INM-modellering van pieken

In Bijlage 1 werd een overzicht gegeven van piekniveaus op een aantal locaties in de woonbebouwing van Brunssum en Schinveld, zoals die door metingen zijn geregistreerd. De metingen geven op deze locaties het betrouwbaarste beeld van de feitelijke piekniveaus en het tijdverloop van de AWACS-passages dat voorhanden is. Een beperking van de metingen is echter dat zij in ruimtelijke zin geen volledig beeld van de geluidbelasting bieden. Er zouden daartoe aanzienlijk meer meetpunten nodig zijn om tot een voldoende groot netwerk te komen. Om deze leemte op te vullen en tot een schatting van deze verdelingen voor Geilenkirchen in vergelijking met Schiphol en omgeving te komen zijn geluidkaarten voor het L_{Amax} opgesteld met behulp van het INM-model (INM vs 7, 2008). Navolgend een toelichting gegeven van de aannamen en wijze waarop de ruimtelijke verdelingen zijn geraamd.

B2.1 Geilenkirchen

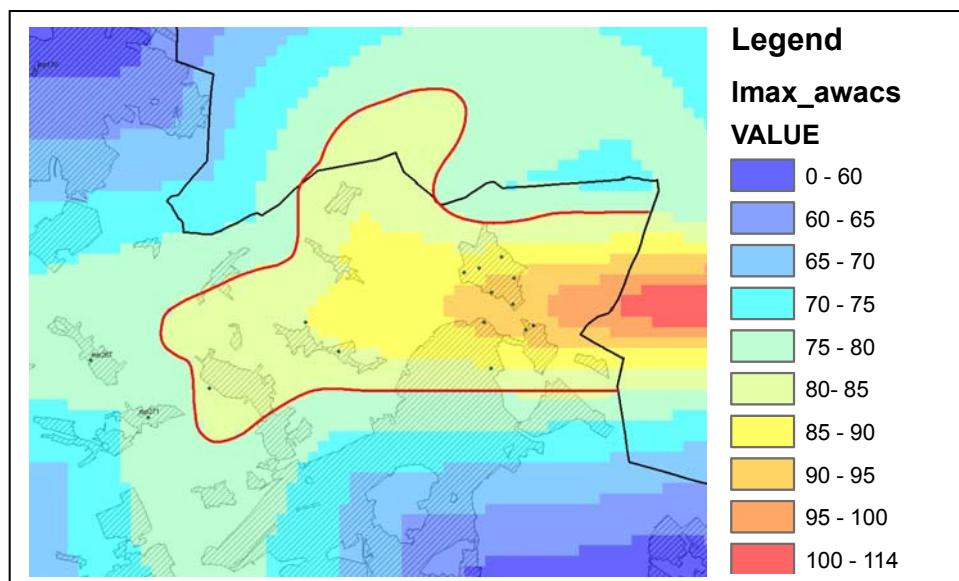
Voor Geilenkirchen zijn drie uitvliegroutes gedefinieerd Noord, Midden en Zuid. Aangenomen is dat het merendeel van de AWACS via deze routes wordt afgewikkeld en dat de spreiding (afwijkingen van de aangenomen routes) op deze geen grote invloed heeft op de verdeling van L_{Amax} -niveaus op de onderliggende woongebieden. Voor de INM invoergegevens is uitgegaan van de piekniveaus als gespecificeerd in de NPD tabelwaarden voor de B707-120 (INM code JT4A). De NPD⁵-waarden voor L_{Amax} -waarden bij starts zijn weergegeven in Tabel B2-1.

Tabel B2-1: NPD waarden bij L_{Amax} voor B707-120 (AWACS-stage 1) bij verschillende thrustsettings volgens INM vs7 Ter vergelijking zijn ook de L_{Amax} -waarden voor twee typen civiele (stage 3) verkeerstoestellen weergegeven bij een gemiddelde thrustsetting.

Type/slant	Thrust (pounds)	200ft	400ft	630ft	1000ft	2000ft	4000ft	6300ft	10000ft	16000ft	25000ft
B707-120	10000	117	109	104	99	89	79	72	64	55	45
B707-120	12000	120	112	107	102	93	83	75	67	58	49
B707-120	15000	125	118	113	108	99	89	82	74	64	55
B737-300	14000	100	94	89	85	77	69	63	56	49	43
A330-301	52000	108	100	95	90	82	74	68	61	53	44

Het enorme verschil tussen de B707-120 en moderne civiele toestellen valt direct op. Dit komt vooral omdat de motoren van de B707 een lage 'bypass-ratio' hebben wat gepaard gaat met sterkere turbulentie in de uitlaatgassen en daardoor hogere geluidemissie. Met behulp van het INM model en gemodelleerde routes zijn voor de omgeving van Geilenkirchen de L_{Amax} -waarden in kaart gebracht. Figuur 21 geeft de L_{Amax} -contouren in samenhang met de omliggende woonbebouwing. Het beeld is indicatief omdat exacte gegevens van alle vluchten niet beschikbaar zijn. De modelwaarden stemmen echter vrij goed overeen met de metingen uit Bijlage 1.

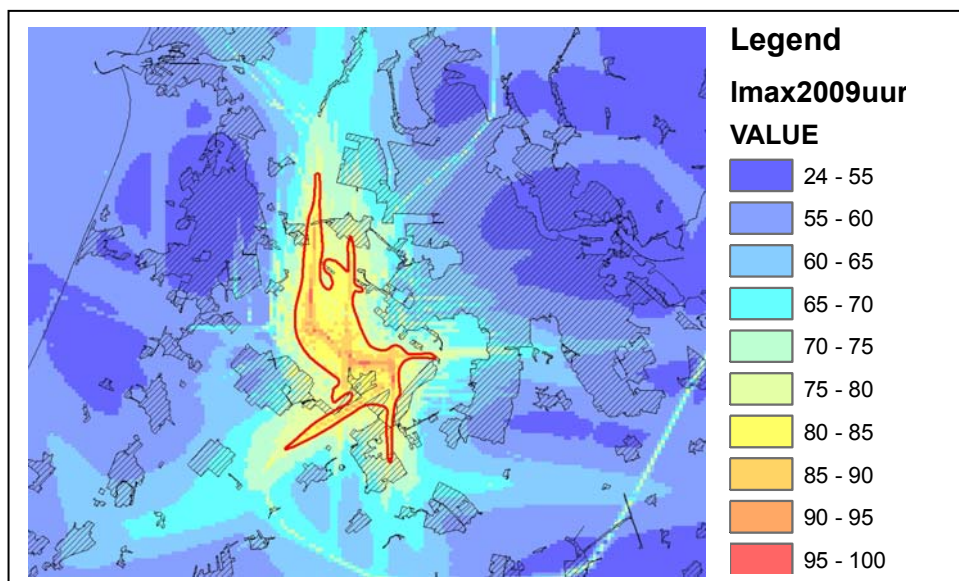
⁵ NPD waarden staan voor Noise Power Distance, waarbij naar keuze een SEL waarde of een L_{Amax} kan worden afgelezen afhankelijk van de motorsetting (Thrust) en de slant distance, zijnde de kortste afstand tussen het vliegtuig en waarnemepunt gedurende de passage.



Figuur 21 Gemodelleerde L_{Amax} -contouren (INM vs 7) in samenhang met de omliggende woonbebouwing voor Geilenkirchen. De rode contour markeert het gebied waar pieken van meer dan 80 dB optreden.

B2.2 Schiphol en Omgeving

Een vergelijking met Geilenkirchen te maken is ook voor de omgeving luchthaven Schiphol is een indicatief kaartbeeld van de maximale geluidniveaus opgesteld. Hiervoor zijn werkelijk gevlogen routes van januari t/m aug 2009 gebruikt, die zijn aangeleverd door Geluidsnet. Geluidsnet verkrijgt deze gegevens via het transpondersignaal van de vliegtuigen. Dit omvat de gevolgde routes met de hoogte en snelheden en het type vliegtuigen. Niet elk toestel heeft een dergelijk signaal en het de dataset is niet volledig. Daar het gaat om het schatten van piekniveaus en niet de L_{den} -jaarbelasting is heeft dit nauwelijks effect op het resultaat. De motorsetting is geschat op basis van de vluchthoogte. De raming van het L_{Amax} is gecompliceerder dan voor de situatie bij Geilenkirchen. Daarin werd voor alle aangenomen routes één en hetzelfde toestel aangehouden met een vaste geluidemissie volgens de NPD data voor de B707-120. Het L_{Amax} is dan voor alle passages gelijk. De gebruikte GN-data omvatte in totaal circa 137.000 vluchten, met een zeer divers aantal typen vliegtuigen. Vraag is dan hoe een representatief L_{Amax} dient te worden bepaald. Hiertoe is ervoor gekozen om voor elke locatie steeds een L_{Amax} op uurbasis te bepalen en alle uurwaarden uit de dagperiode over de gehele dataset energetisch te middelen. Het alternatief waarbij een L_{Amax} over de gehele dataset wordt aangehouden zou er toe leiden dat één enkele vlucht per jaar maatgevend wordt, hetgeen niet representatief lijkt. Het resulterende beeld is indicatief en is weergegeven in Figuur 22.

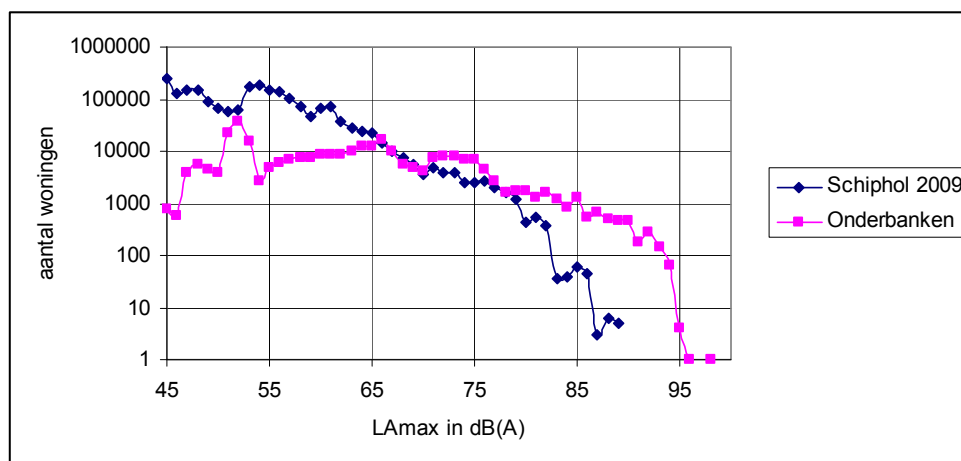


Figuur 22 Gemodelleerde L_{Amax} -contouren Schiphol (INM vs 7) (L_{Amax} op uurbasis bepaald en gemiddeld over de dagperiode) in samenhang met de omliggende woonbebouwing voor Schiphol en omgeving. De rode contour markeert het gebied waar pieken van meer dan 80 dB optreden.

Hoewel het invloedsgebied van Schiphol groter is dan voor Geilenkirchen blijkt dat er zich relatief weinig bebouwing binnen de 80 dB grens bevindt.

B2.3 Blootstellingsverdelingen van de populatie

De gemodelleerde kaartbeelden zijn gecombineerd met databestanden met de ligging van de woningen. De resulterende verdelingen zijn weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23 Verdeling van het aantal woningen blootgesteld aan piekniveaus L_{Amax} voor Geilenkirchen en Schiphol

B2.4 Pieken in relatie tot spraakverstoring

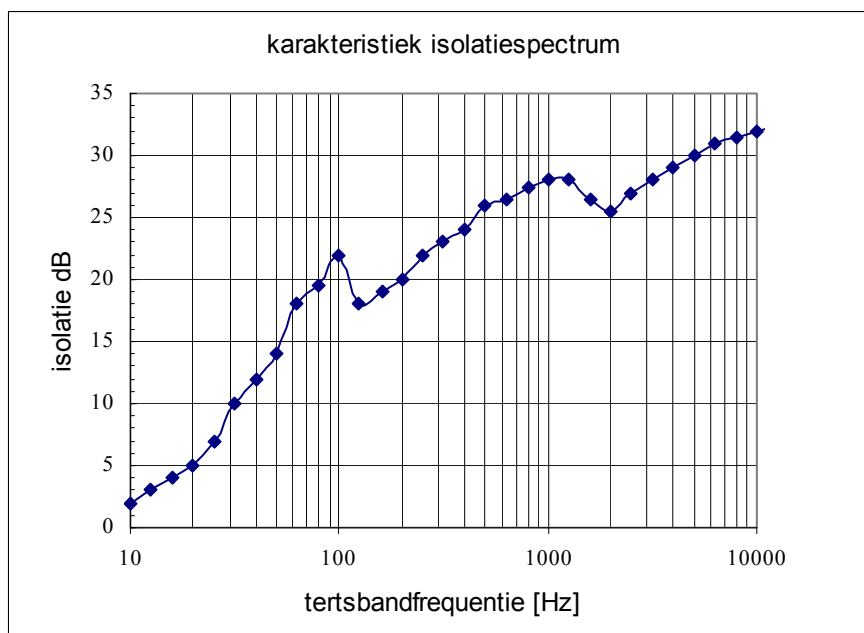
Doordat de AWACS een relatief hoge geluidemissie en piekniveaus op woningen veroorzaken kan gedurende de passages binnenshuis een situatie ontstaan waarin verstoring van communicatie optreedt. Om na te gaan in welke mate dit het geval kan zijn en hoe lang dergelijke periode kunnen duren zijn naast een

L_{Amax} -geluidkaart een ruimtelijk beeld afgeleid van de tijd per AWACS passage waarin het binnenniveau boven 60 dB kan komen te liggen.

Als uitgangspunt is daartoe een karakteristiek isolatiespectrum gehanteerd als weergegeven in Figuur 24 [Davy 2004]. Overschrijdingstijden zijn geraamd met behulp van een eenvoudig overdrachtsmodel:

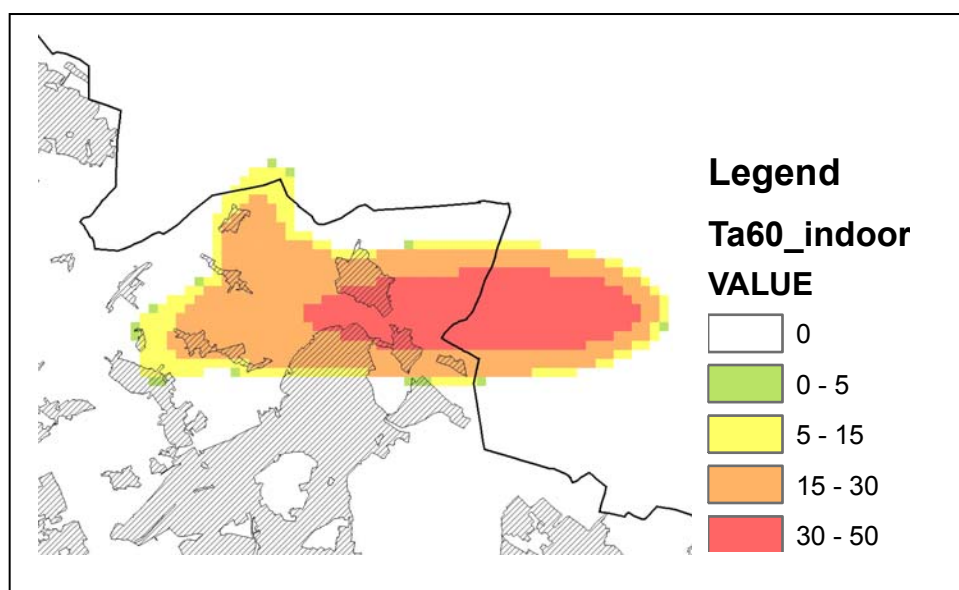
$$Lp(t) = Lw - 10\log(4\pi(a^2 + v^2t^2)) - 0.004\sqrt{(a^2 + v^2t^2)} \quad (1)$$

waarin Lw het geluidvermoggenniveau dB(A) afgeleid uit de metingen op 7 en 8 juli 2010 in Brunssum en a de slant afstand (kortste verbinding tussen het vliegtuig en waarneempunt tijdens een passage) Op basis van de isolatiecurve in Figuur 24 is de tijd geraamd dat het binnenniveau in een woning onder de vliegroute bij één passage boven de 60 dB ligt.



Figuur 24 Karakteristiek isolatiespectrum ontleend aan [Davy 2004]

Het resulterende beeld van overschrijdingstijden is weergegeven in Figuur 25. Opgemerkt wordt dat de isolatiecurve betrekking heeft op woningen met de ramen gesloten. Gedurende warme dagen in de zomerperiode zullen daardoor binnenshuis in veel woningen hogere niveaus en overschrijdingstijden (T60) kunnen optreden dan hier geraamd.



Figuur 25 Ruimtelijk indicatief beeld van tijden (sec) gebaseerd op INMvs7 waarin het binnenniveau bij een AWACS passage boven 60 dB(A) kan komen te liggen.

Het beeld in Figuur 25 is indicatief, daar er onderliggende aannamen ten aanzien van gevel- en dakisolatie, vliegroutes, motorsetting, vliegroutes en hoogten etc. forse onzekerheden met zich meebrengen. Om deze te verkleinen zouden aanvullende binnenmetingen nodig zijn. Gaan we uit van het beeld in Figuur 25 dan zijn vooral in Schinveld-Zuid en Brunssum-Noord effecten te verwachten binnen een relatief omvangrijk deel van de woonbebouwing. Voor de situatie rondom Schiphol zijn, volgens dezelfde methodiek, nauwelijks woongebieden waar binnenniveaus gedurende vergelijkbare perioden boven 60 dB(A) komen.

Bijlage 3 De verklarende werking van L_{den} , NA60 en NA70 bij de ernstige hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen

B3.1 Inleiding

De blootstelling-respons relatie rond de vliegbasis Geilenkirchen ligt hoger dan die rond de luchthaven Schiphol. In de inleiding is aangegeven dat omwonenden de overlast van AWACS toestellen relateren aan passages en niet aan een jaargemiddelde geluidbelasting. Dit werpt de vraag op of de gerapporteerde hinder rond de vliegbasis Geilenkirchen gerelateerd is aan het aantal vliegtuigpassages en zo ja, of er sprake is van een additionele invloed van het aantal passages ten opzichte van de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den}). Gegevens voor de NA60 en de NA70 (het jaargemiddeld aantal passages per dag met een maximaal geluidniveau van 60 respectievelijk 70 dB), zijn voor de respondenten uit het RIVM onderzoek rond de vliegbasis Geilenkirchen beschikbaar. Deze informatie is afkomstig van het NLR.

B3.2 Methode

Voor een beschrijving van de onderzoeksopzet, steekproeftrekking, non-respons onderzoek en de statische methoden voor survey onderzoek wordt verwezen naar de rapportage van het onderzoek rond Geilenkirchen (Poll et al., 2008). De mate van hinder is vastgelegd met de vraagstelling volgens ICBEN en met een 11-punts schaal (NPR-ISO, 2003). Ernstige hinder is gedefinieerd als de bovenste drie categorieën van de schaal. Ook eenmaal is de continue hinderscore in de statistische analyses gebruikt.

Voor de vaststelling van de blootstelling-respons relatie is gebruik gemaakt van logische regressie, rekening houdend met de stratificatie, de steekproeftrekking en de uitkomsten van het non-respons onderzoek. In eerste instantie is een lineaire relatie tussen de geluidindicatoren en de logit veronderstelt. Voor de NA60 en NA70 is ook een logaritmische transformatie beschouwd. Vervolgens is met fractionele polynomen (Royston en Altman, 1994) getoetst of er sprake is van niet-lineaire verbanden. Hierbij is ook de interactie tussen L_{den} en NA60 (of NA70) beschouwd.

B3.3 Resultaten

Jaargemiddelde blootstelling aan vliegtuiggeluid

In Tabel B3-1 en Tabel B3-2 wordt de blootstelling in het onderzoeksgebied beschreven en is de onderlinge samenhang tussen de geluidindicatoren vermeld.

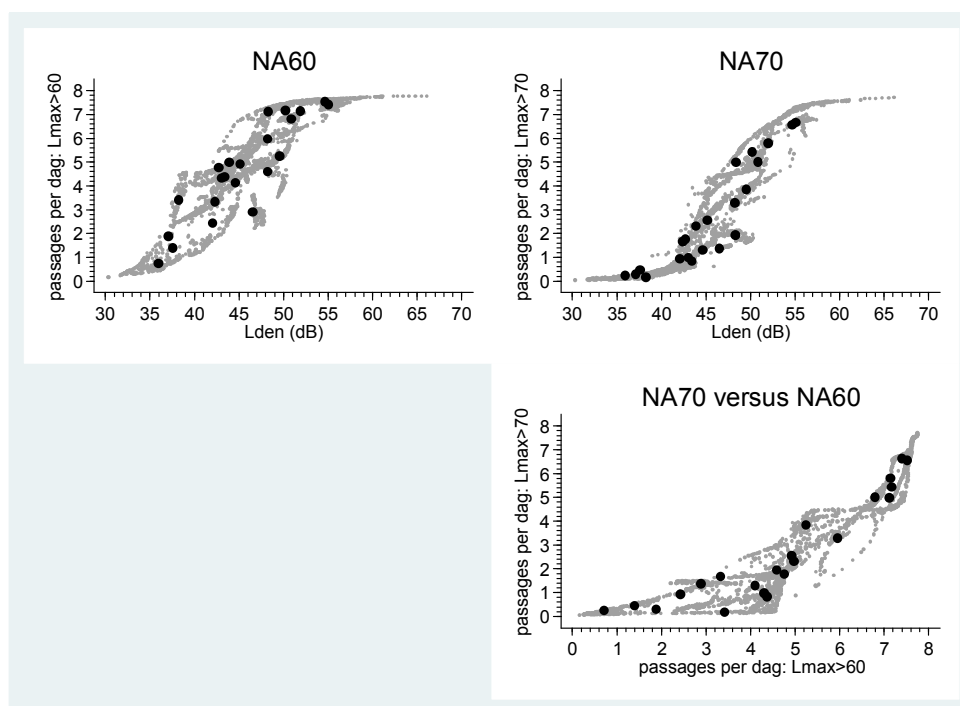
Tabel B3-1. Beschrijving van de blootstelling aan vliegtuiggeluid in het onderzoeksgebied

	gemiddelde	p5	p25	p50	p75	p95	maximum
L_{den} (dB)	41,3	33,3	36,4	41,5	44,8	50,5	66,1
NA60 (aantal/dag)	2,7	0,4	0,9	2,6	4,3	7,2	7,8
NA70 (aantal/dag)	1,3	0,1	0,2	0,6	1,5	5,0	7,7

Tabel B3-2. Beschrijving van de onderlinge samenhang tussen de verschillende geluidindicatoren

	L_{den}	NA60	NA60 (logtransformatie)	NA70
NA60	0,917	1,000	-	-
NA60 (logtransformatie)	0,906	0,922	1,000	-
NA70	0,866	0,889	0,712	1,000
NA70 (logtransformatie)	0,963	0,908	0,915	0,835

In Figuur 26 is de relatie tussen L_{den} en NA60, L_{den} en NA70 en NA60 en NA70 onderling grafisch weergegeven. De lichte stippen betreffen de adressen van de respondenten. De (22) donkere stippen in Figuur 26 zijn de strata zoals die in het onderzoek waren gedefinieerd. Dichtbij de vliegbasis zijn dit vierposities postcodegebieden; verder weg van de luchthaven zijn dit gemeenten.



Figuur 26 Relatie tussen L_{den} , NA60 en NA70

Uit Tabel B3-2 en Figuur 26 blijkt dat de onderlinge samenhang tussen de verschillende geluidindicatoren zeer hoog is. Wanneer de L_{den} hoog is, is eveneens het aantal passages hoog. Desondanks is er bij een gegeven L_{den} variatie in de NA60 of NA70 aanwezig.

Samenhang hinder met afzonderlijke indicatoren voor vliegtuiggeluid

In Tabel B3-3 is de samenhang tussen de hinder en de L_{den} , NA60 en NA70, inclusief logtransformatie, vermeld voor de continue hinderschaal als voor de ernstige hinder.

Tabel B3-3. Correlatie coëfficiënt tussen hinder van militair vliegverkeer en geluidindicatoren

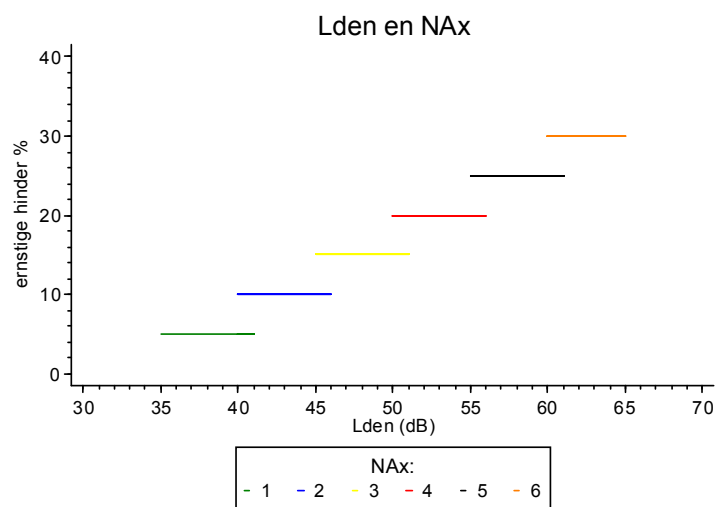
Geluidindicator	Continue hinderscore	Ernstige hinder
L_{den}	0,327	0,290
NA60	0,342	0,280
NA60 (logtransformatie)	0,278	0,230
NA70	0,342	0,306
NA70 (logtransformatie)	0,292	0,253

Uit Tabel B5-3 blijkt dat de samenhang tussen de hinderscore en de geluidindicatoren iets sterker is dan die tussen de ernstige hinder en de geluidindicatoren. Dit wordt ook verwacht doordat bij de transformatie van de hinderscore (elf categorieën) naar ernstige hinder (twee categorieën) informatie verloren gaat. Het effect op de correlatie coëfficiënt is overigens beperkt. Zoals al op grond van de resultaten van Tabel B5-2 kon worden verwacht ontlopen de correlatie coëfficiënten tussen de hinder en de afzonderlijke geluidindicatoren (L_{den} , NA60 en NA70) elkaar weinig.

In Figuur 10 in Hoofdstuk 3 zijn de blootstelling-response relaties tussen de verschillende indicatoren en het percentage ernstige hinder (y-as) weergegeven. De stippen verwijzen wederom naar het gemiddelde percentage ernstige hinder in de 22 strata; deze zijn geplot op basis van het gemiddelde van de geluidindicator in het betreffende stratum. Het blijkt dat het formuleren van een blootstelling-respons relatie voor ernstige hinder van militair vliegverkeer voor de vliegbasis Geilenkirchen voor verschillende afzonderlijke geluidindicatoren mogelijk is. Tevens kan uit Figuur 10 worden opgemaakt dat voor de afzonderlijke geluidindicatoren de lineaire en niet-lineaire modellen elkaar qua blootstelling-respons relatie niet veel ontlopen.

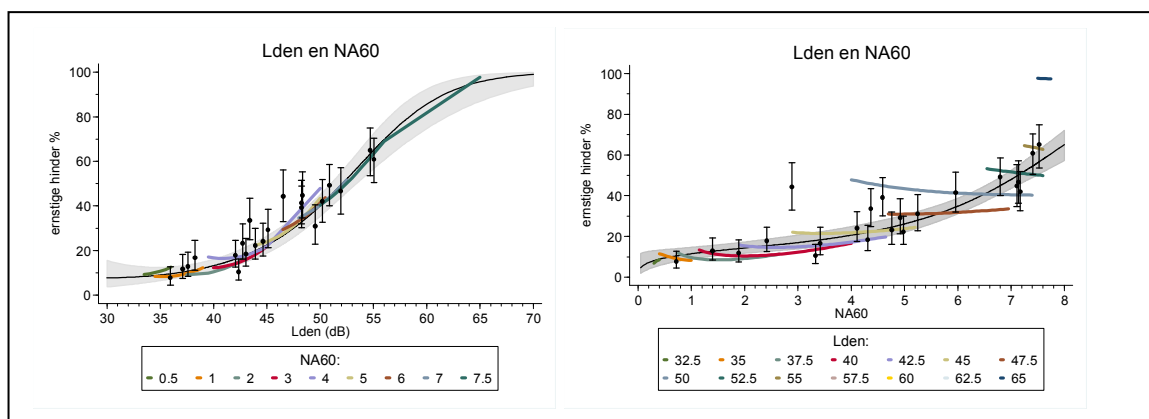
Samenhang hinder met gecombineerde indicatoren voor vliegtuiggeluid

In de vorige paragraaf is het afzonderlijke effect van een geluidindicator beschouwd. Gezien de hoge correlatie tussen de verschillende indicatoren kan niet worden uitgesloten dat het effect van de ene geluidindicator in werkelijkheid het effect van een andere indicator representeert. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van onderstaand (theoretisch) voorbeeld. In Figuur 27 is weergegeven dat, bij een gegeven N_{Ax} , een vast percentage ernstige hinder optreedt. Bijvoorbeeld wanneer de N_{Ax} 2 bedraagt, is het percentage ernstige hinder 10%. Ook blijkt hieruit dat er, gegeven een zekere N_{Ax} , geen relatie is tussen de L_{den} en het percentage ernstige hinder. Zou de informatie over N_{Ax} in de figuur ontbreken, dan lijkt het alsof er een relatie is tussen L_{den} en het percentage ernstige hinder. De gekleurde lijnen zouden beschouwd worden als de variatie rondom de blootstelling-respons relatie. De relatie is echter onecht.



Figuur 27 Theoretisch voorbeeld van een onechte relatie tussen L_{den} en ernstige hinder

Vandaar dat in de statistische analyses het gezamenlijke effect van L_{den} en NA60 (of NA70) is onderzocht. De niet-lineaire modellen verklaarden de relatie het beste. Het resultaten zijn weergegeven in Figuur 28a en b.

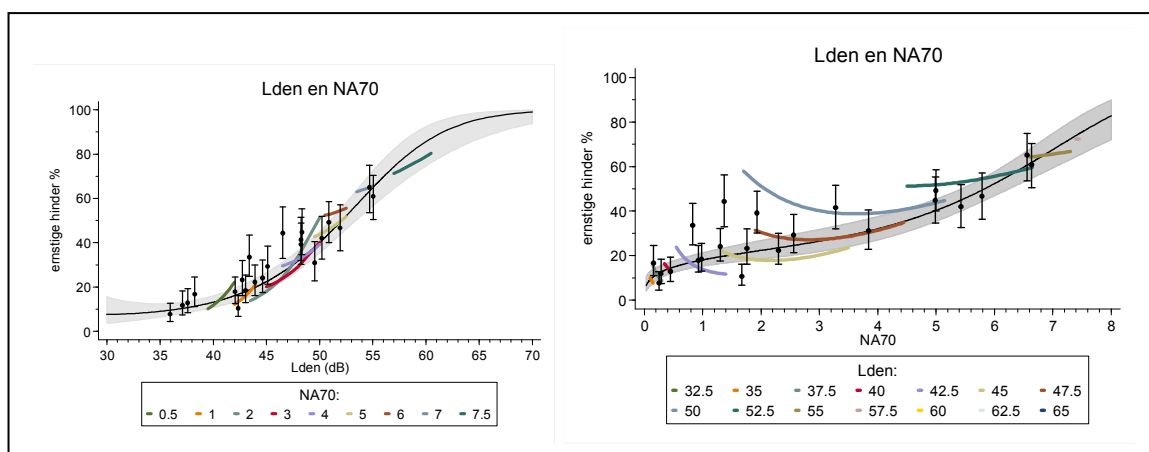


Figuur 28 a en b: Blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder en L_{den} (zwarte lijn en grijze arcering) en de blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder en L_{den} én NA60 weergegeven voor verschillende niveau's van: NA60 in a) en L_{den} in b)

In Figuur 28a is de relatie voor L_{den} én NA60 is voor enkele discrete waarden van NA60 (range 0,5 tot 7,5) weergegeven. Bij deze discrete waarden voor de NA60 behoort een bepaalde range van de L_{den} . De afzonderlijke delen van de blootstelling-respons relatie op basis van L_{den} én NA60 (in Figuur 28a met kleuren aangegeven) construeren min of meer gezamenlijk de blootstelling-respons relatie tussen de L_{den} alléén (eveneens een niet-lineair model) en het percentage ernstige hinder (zwarte lijn en grijze arcering voor het 95% betrouwbaarheidsinterval).

In tegenstelling tot het theoretische voorbeeld in Figuur 27 komt in Figuur 28a het beeld naar voren dat L_{den} wel degelijk van invloed is op de blootstelling-respons relatie. Deze relatie kan ook op een andere wijze worden weergegeven door de presentatie voor de L_{den} en de NA60 te verwisselen. Dit is weergegeven in Figuur 28b. De relatie voor L_{den} én NA60 is daarin voor enkele discrete waarden van L_{den} (range 32,5 tot 65 dB) weergegeven. Bij deze discrete waarden voor de L_{den} behoort een bepaalde range van de NA60. De afzonderlijke delen van de blootstelling-respons relatie op basis van L_{den} én NA60 construeren min of meer gezamenlijk de blootstelling-respons relatie tussen de NA60 alléén (eveneens een niet-lineair model) en het percentage ernstige hinder (zwarte lijn en grijze arcering voor het 95% betrouwbaarheidsinterval). Uit Figuur 28b blijkt dat de NA60 nauwelijks enige invloed heeft wanneer met het niveau van de L_{den} rekening wordt gehouden.

In Figuur 29 a en b is op een vergelijkbare wijze de blootstelling-respons relatie voor de L_{den} én NA70 weergegeven. De resultaten correponderen met het beeld uit Figuur 28 dat voor de blootstelling-repons relatie voor de L_{den} én NA60 gezamenlijk is geschetst: de NA70 voegt weinig toe wanneer rekening wordt gehouden met het niveau van de L_{den} .



Figuur 29 a en b: Blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder en L_{den} (zwarte lijn en grijze arcering) en de blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder en L_{den} én NA70 weergegeven voor verschillende niveau's van NA70 (a) en L_{den} (b)

Bijlage 4 Geluidindicatoren in relatie tot verschillen in blootstelling-respons relaties

B4.1 Inleiding

Naar aanleiding van het verschil in de ligging van de blootstelling-respons relatie tussen ernstige hinder door vliegtuiggeluid en de geluidbelasting van de vliegbasis Geilenkirchen en die van de luchthaven Schiphol uit 2002 (van Poll et al., 2008) is verkend of de gebruikte geluidindicator een deel van het verschil in hinderbeleving zou kunnen verklaren.

Het onderzoek rond Schiphol vond in 2002 plaats in gebied met een straal van ca. 25 kilometer rond de luchthaven. In dit gebied wonen circa 2,2 miljoen inwoners. Het onderzoek is beschreven in Breugelmans et al. (2004). De onderzoeken rond Geilenkirchen en Schiphol zijn op een vergelijkbare manier uitgevoerd waarbij dezelfde schaal voor hinder is gebruikt, de vragenlijst schriftelijk werd afgenomen en de resultaten voor non-respons zijn gecorrigeerd. Voor beide onderzoeken zijn de L_{den} , de NA60 en NA70 beschikbaar.

B4.2 Resultaten

Geluidbelasting rond de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol

In Tabel B4-1 wordt een overzicht gegeven van de jaargemiddelde geluidbelasting in L_{den} , NA60 en NA70 zoals dat onder bewoners in het gehele onderzoeksgebied optreedt.

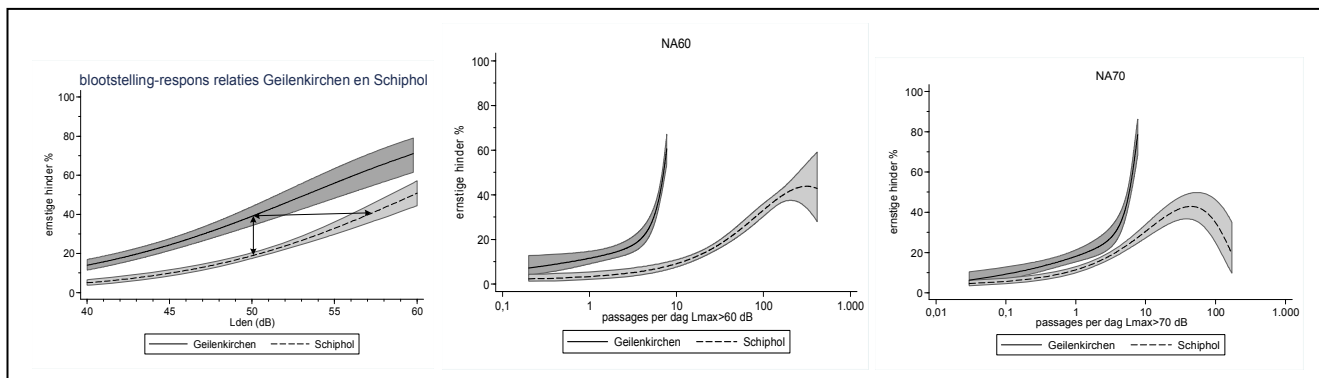
Tabel B4-1. Beschrijving van de blootstelling aan vliegtuiggeluid in de onderzoeksgebieden

		gemiddelde	p5	p25	p50	p75	p95	maximum
L_{den} (dB)	Geilenkirchen	41,3	33,3	36,4	41,5	44,8	50,5	66,1
	Schiphol	46,5	41,7	44,1	46,2	48,6	53,2	72,4
NA60 (aantal/dag)	Geilenkirchen	2,7	0,4	0,9	2,6	4,3	7,2	7,8
	Schiphol	24,9	4,0	7,4	13,6	29,4	79	415
NA70 (aantal/dag)	Geilenkirchen	1,3	0,1	0,2	0,6	1,5	5,0	7,7
	Schiphol	3,3	0,2	0,4	0,8	2,1	10,4	360

Uit de Tabel B4-1 blijkt dat de gemiddelde geluidbelasting rond de luchthaven Schiphol 5 dB L_{den} hoger ligt dan de vliegbasis Geilenkirchen. Voor de NA60 geldt dat het jaargemiddelde aantal overvluchten per dag rond de luchthaven Schiphol ca. 9 maal hoger ligt dan rond de vliegbasis Geilenkirchen. Voor de NA70 is het verschil ongeveer een factor 2,5.

Blootstelling-respons relaties voor L_{den} NA60 en NA70

In Figuur 30 a, b en c zijn de blootstelling-respons relaties van het percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in respectievelijk L_{den} , NA60 en NA 70 voor zowel de vliegbasis Geilenkirchen als de luchthaven Schiphol weergegeven. Het verschil tussen beide relaties kan worden uitgedrukt als een verticale (a) of als een horizontale verschuiving (b) van de blootstelling-respons relatie.



Figuur 30 a,b en c Blootstelling-respons relatie tussen percentage ernstige hinder door vliegtuigen en het geluidniveau in L_{den} (a) NA60 (b) en NA70 (c)

Met een (logistische) regressie analyse wordt het verschil in verticale richting (a) berekend. Dit verschil wordt uitgedrukt als Odds-ratio⁶. Dit is in benadering de verhouding tussen het percentage ernstige hinder bij Geilenkirchen en het percentage bij Schiphol bij blootstelling aan dezelfde L_{den} . Deze verhouding is bij een L_{den} van 50 dB ongeveer een factor 3.

Wanneer we het verschil in verticale richting (lijnstuk a in Figuur 30a) delen door de verandering in het percentage ernstige hinder per decibel, kunnen we het verschil als een verschuiving in het horizontale vlak uitdrukken (b). Uit Figuur 30a is af te lezen dat de verschuiving ongeveer 7 dB bedraagt.

De resultaten van de regressieanalyse zijn in Tabel B4-2 opgenomen. De Odds ratio bedraagt voor de vliegbasis Geilenkirchen 2,9 met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 2,3 tot 3,8; de luchthaven Schiphol is in dit geval de referentie (Odds ratio 1). De Odds ratio voor de vliegbasis Geilenkirchen komt over een met een verschuiving van 7,4 dB L_{den} .

Tabel B4-2. Verschil tussen blootstelling-respons relaties rond de vliegbasis Geilenkirchen en rond de luchthaven Schiphol als Odds ratio en in decibel.

	Odds ratio	95% betrh. interv.	verschuiving
L_{den}	2,9	2,3 - 3,8	7,4 dB
NA60	6,0	4,2 - 8,5	15
NA70	1,9	1,5 - 2,4	4,2

Blootstelling-respons relaties voor NA60 en NA70

Analoog aan Figuur 30a voor de L_{den} , zijn in Figuur 30b voor de NA60 de blootstelling-respons relaties van de vliegbasis Geilenkirchen en luchthaven Schiphol uitgezet. De NA60 is op de x-as op een logaritmische schaal weergegeven. Uit Tabel B4-1 bleek al dat het gemiddelde aantal passages per dag voor de NA60 circa een factor 10 tussen de vliegvelden uiteenloopt. Dit betekent dat voor de NA60 de blootstelling-respons relaties van de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol verder uiteenlopen dan voor de L_{den} . Ook blijkt uit Figuur 30b dat het verloop van beide curves bij de NA60 sterk

⁶ Het woord Odds ratio is afgeleid van het Engelse woord Odds. Met Odds wordt op een bepaalde manier de kans van het optreden van een gebeurtenis beschreven. Het bekendste gebruik van Odds is die bij weddenschappen. De Odds drukt dan de kans uit op winst, gedeeld door de kans op verlies. Bijv. drie tegen twee dat een wedstrijd door een bepaalde partij wordt gewonnen. In Nederland zeggen we veelal niet drie tegen twee, maar 60% kans op winst ($=3/(3+2)$). De Odds ratio wordt vooral in gezondheidskundige literatuur gebruikt.

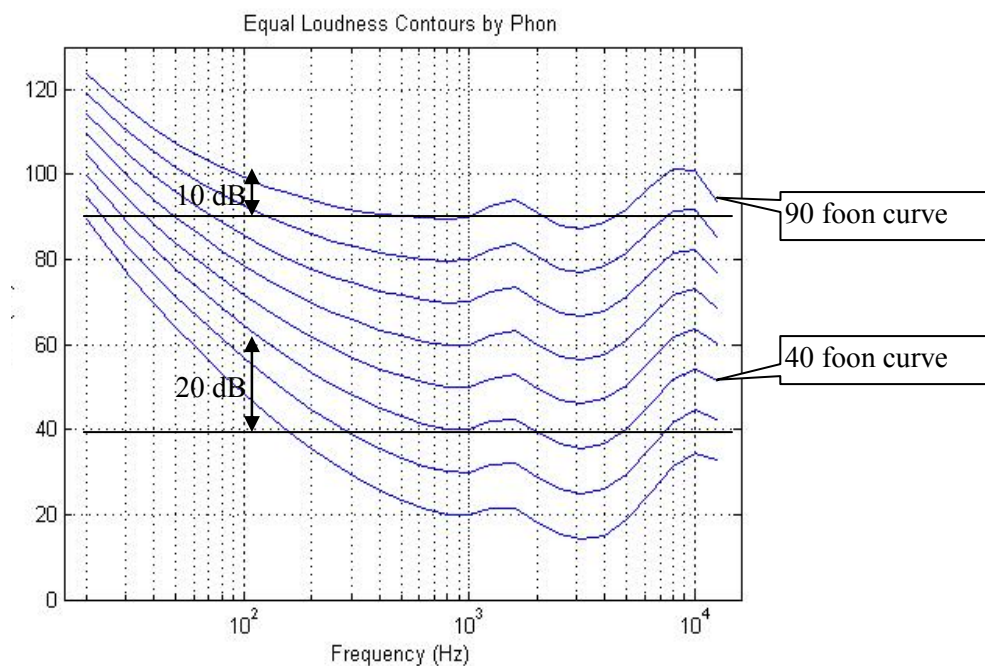
verschilt. Rond vliegbasis Geilenkirchen loopt de NA60 blootstelling-respons relatie sterker op dan rond de luchthaven Schiphol. De consequentie is dat het statistisch lastiger is om, analoog aan wat voor de L_{den} is gedaan, met een model het verschil tussen beide blootstelling-respons relaties vast te stellen. Een gezamenlijke blootstelling-respons relatie op basis van een logaritmische transformatie van de NA60 blijkt het verloop van de afzonderlijke blootstelling-respons relaties tot ca. 30% ernstige hinder redelijk te beschrijven. Evenals voor de L_{den} kan het verschil tussen beide vliegvelden vervolgens als Odds ratio worden beschreven (Tabel B6-3). Willen we het verschil uitdrukken als een verschuiving van de geluidindicator, dan drukken we dit vanwege de transformatie van de NA60 uit als de verhouding (ratio) tussen de NA60 bij de luchthaven Schiphol ten opzichte van de NA60 bij de vliegbasis Geilenkirchen. Uit Tabel B6-3 blijkt dat het percentage ernstige hinder bij een gegeven NA60 rond de vliegbasis Geilenkirchen circa een factor 6 groter is dan de luchthaven Schiphol. Wanneer de NA60 in plaats van de L_{den} als blootstellingsindicator wordt gebruikt, nemen de verschillen alleen maar toe. Om de blootstelling-respons relaties over elkaar heen te leggen, zou de NA60 rond vliegbasis Geilenkirchen circa 15 keer zo groot moeten zijn als rond de luchthaven Schiphol.

Analoog zijn in Figuur 30c de blootstelling-respons relaties voor de NA70 in beeld gebracht. De verschillen tussen de vliegbasis Geilenkirchen en de luchthaven Schiphol zijn naast die voor L_{den} en NA60 eveneens in Tabel B6-4 weergegeven. Ook voor de NA70 geldt dat de blootstelling-respons relaties sterk uiteenlopen wanneer de hoogste waarde op de betreffende locatie worden bereikt. Het verschil tussen de relaties is kleiner dan voor de NA60. Na een logaritmische transformatie van de NA70 beschrijft een gezamenlijke blootstelling-respons relatie het verloop van het percentage ernstige hinder tot aan circa. 35% redelijk. Het verschil tussen de vliegvelden kan uitgedrukt worden als een Odds ratio van 1,9 dat wil zeggen dat de blootstelling-respons relatie (uitgedrukt in NA70) rond de vliegbasis Geilenkirchen ca. 2 maal zo hoog ligt als die rond de luchthaven Schiphol. Uitgedrukt in NA70 betekent dit dat deze rond vliegbasis Geilenkirchen circa 4 maal zo hoog moet zijn om een vergelijkbare relatie als die van de luchthaven Schiphol te krijgen.

Bijlage 5 Invloed van hoge geluidsniveaus op laagfrequente gehoorgevoeligheid

B5.1 Theorie

Het feit dat de maximale geluidsniveaus bij Geilenkirchen gemiddeld zo'n 10 dB hoger zijn voor gelijke geluidbelasting dan bij Schiphol (zie Tabel 1) geeft aanleiding om de correctheid van de A-weging die in de geluidbelasting wordt verwerkt nader te beschouwen. Het is daarbij de vraag of de A-weging, zoals die standaard op vrijwel alle bronnen van omgevingsgeluid wordt toegepast, wel een correcte weging geeft voor situaties waarin relatief zeer hoge geluidsniveaus worden veroorzaakt. De A-weging werd oorspronkelijk gebaseerd op een set van gelijke luidheidscurven als gepubliceerd door Fletcher en Munson in 1933. De weging is eigenlijk alleen correct voor relatief lage niveaus en zuivere tonen. De oorspronkelijke ANSI standaard werd in 2003 (licht) gemodificeerd door de Internationale Organisatie voor Standaardisatie (ISO) volgens aanbevelingen van de RIEC uit Japan. De oorspronkelijke 40-foon⁷ Fletcher-Munson curve wijkt weinig af van de moderne ISO226/2003 standaard als weergegeven in .Figuur 31



Figuur 31 Gelijke luidheid-curve in foon, volgens ISO226.

De huidige A-weging is gebaseerd op de 40-foon curve, die bij 1000 Hz per definitie gelijk is aan 40 dB. Een toon van 100 Hz, dient volgens deze curve ongeveer een niveau van 62 dB te hebben om als even sterk te worden waargenomen. Op basis hiervan wordt bij de A-weging een verzwakking van ongeveer 20 dB toegepast. De weging is echter niet meer correct voor hogere

⁷ Een geluidsniveau van een x-aantal foon voor een bepaalde frequentie is het corresponderende aantal '1000 Hz - dB' waarbij dat als even sterk wordt waargenomen

isofonen. Bij 90 foon zou voor 100 Hz eigenlijk maar 10 dB verzwakking mogen worden toegepast.

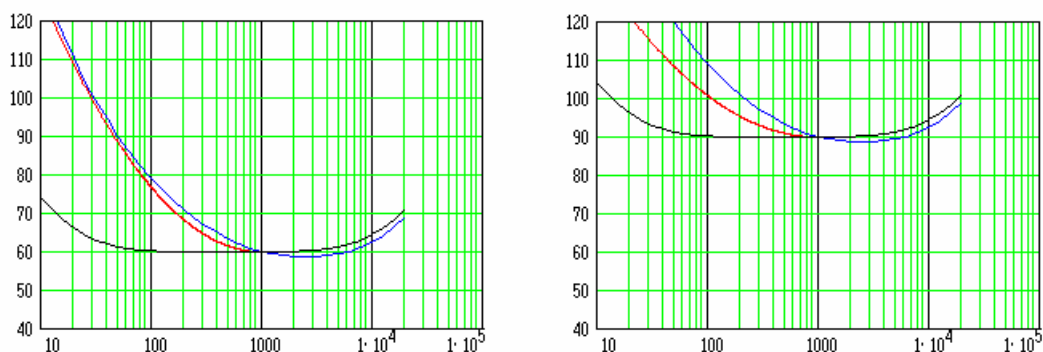
Indien de weging, naast de frequentie, tevens afhankelijk zou worden gemaakt van het corresponderende 1000 Hz niveau zou dit resulteren in een hoger breedband niveau ten opzichte van het dB(A)-niveau. In het bijzonder zou dit van betekenis kunnen zijn bij de beleving van het geluid door AWACS-toestellen in de gemeenten Brunssum en Schinveld. Hier worden immers relatief hoge piekniveaus veroorzaakt waarbij de 40 foon-curve, die ten grondslag ligt aan de A-weging, volgens ISO226 niet meer van toepassing is.

Een mogelijkheid om een breedbandniveau beter in overeenstemming te brengen met de sterkte die wordt waargenomen is de weging afhankelijk te maken van het niveau bij 1000 Hz. Een redelijke benadering die aansluit op de ISO curven in Figuur 31 wordt gegeven door:

$$V(f, Lr) = \left(\frac{\log(f)}{3} - 1 \right)^2 (260 - 1.8Lr) + Lr \quad (\text{B5.1})$$

waarin Lr het referentieniveau bij 1000 Hz aangeeft en k een nader te kiezen constante. Navolgend refereren we aan (B5.1) met de term 'V-curve' ('Variabele weging').

Figuur 32a geeft de (geïnvverteerde) V-curve voor een referentieniveau Lr van 60 dB. Deze curve valt vrijwel samen met de (geïnvverteerde) A-weegcurve (rood) en is dan (in theorie) ongeveer in lijn met de gehoorgevoeligheid volgens ISO226. Figuur 32b geeft de V-curve met voor een referentieniveau Lr van 90 dB. Bij een referentie niveau Lr van 90 dB wijkt de V-weging af van de A-weging, waarbij het laagfrequente deel van het spectrum minder wordt verzwakt. Bij lagere waarden dan 60 dB wordt het laagfrequente deel van het spectrum bij de V-weging wat minder verzwakt dan bij de gebruikelijke A-weging.



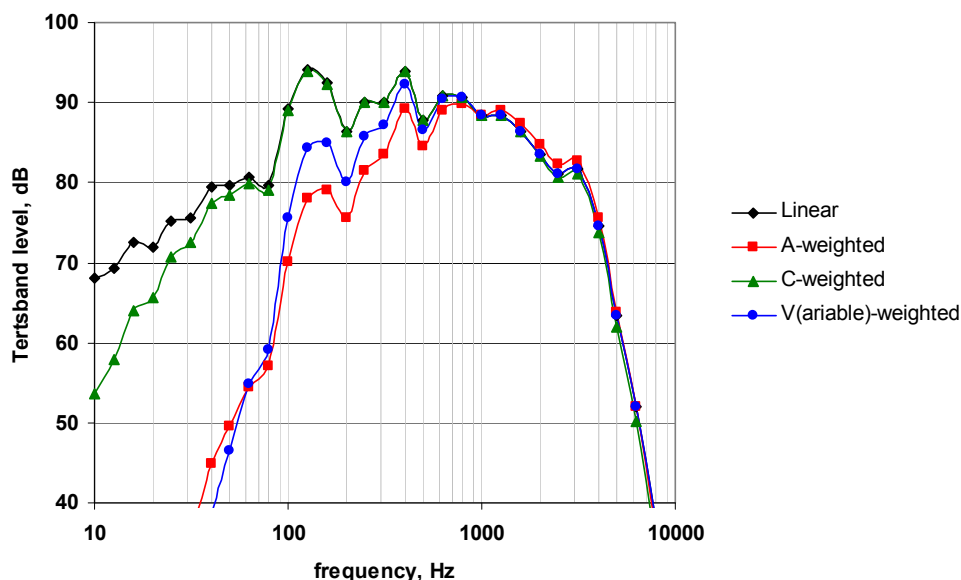
Figuur 32 a en b Gehoorcurven bij $Lr = 60$ dB. b) Gehoorcurven bij $Lr = 90$ dB. Voor A-weging (blauw), V(ariabele)-weging (rood) en C-weging (zwart)

Door (B5.1) te inverteren vindt men voor een bepaald niveau V met frequentie f , het corresponderende 1000 Hz niveau $Lr(f, V)$ dat even luid klinkt:

$$Lr(f, V) = \frac{V - 260 \left(\frac{\log(f)}{3} - 1 \right)^2}{1 - 1.8 \left(\frac{\log(f)}{3} - 1 \right)^2} \quad (\text{B5.2})$$

Toepassing

Als alternatief voor de A-weging kan nu met behulp van (B5.2) het lineaire spectrum worden gecorrigeerd conform de ISO226 curven. Het effect daarvan wordt weergegeven in Figuur 33 op een lineair spectrum gemeten aan een AWACS-passages bij Brunssum (zie Bijlage 3). De Figuur geeft als voorbeeld het lineaire spectrum van meting nr. 2 van een startend AWACS-toestel met een piekniveau (lineair) van 102 dB, samen met A-, C- en 'V'- gewogen spectra.



Figuur 33 Lineair spectrum (zwart) van een startende AWAC, gemeten op 7 juli 2010 bij Brunssum (zie Bijlage 3), A-gewogen (rood), niveau-afhankelijk V-gewogen (blauw) en C-gewogen (zwart) spectra

Tabel B5-1 geeft de op die manier gewogen breedbandwaarden bij de metingen uit Bijlage 3. Uit de tabel blijkt dat de verschillen tussen A-weging en niveau-afhankelijke V-weging zich beperken tot hooguit 1 dB. Dit geeft geen aanleiding om te veronderstellen dat hierdoor een groot verschil in hinderbeleving wordt verklaard. De verschillen blijven relatief klein omdat het spectrum van de AWACS-passages relatief breedbandig is en er ook een groot deel van de energie boven 500 Hz wordt gegenereerd.

Tabel B5-1 L_{Amax} -waarden gemeten in Schinveld aan AWACS (meterstand 'slow') lineair, A-gewogen en toename bij V(ariabele) weging

Meas. nr.	Buiten, dB			Binnen, dB		
	lineair	A	V-A	L	A	V-A
1	97	93	1	77	67	2
2	102	98	1	82	72	1
3	101	98	1	80	72	1
4	110	108	1	88	81	1
5	109	105	1	87	79	1
6	103	99	1	82	73	1
7	113	112	0	90	85	0
8	103	100	1	82	74	1
9	107	103	1	86	77	2

Hinderprognoses worden gebaseerd op het niveau zoals dat *buitenshuis* wordt veroorzaakt. De feitelijke hinderbeleving zal echter voor een belangrijk deel *binnenshuis* plaatsvinden. Als gevolg van de isolatie-eigenschappen van gevels en ramen zal het aandeel laagfrequent geluid binnenshuis groter zijn dan buitenshuis. Volledigheidshalve is daarom ook nagegaan welke verschillen ten opzichte van de gewone A-weging optreden als naar het binnenniveau wordt gekeken, uitgaande van de isolatiecurve in Figuur Deze zijn eveneens weergegeven in Tabel B5-1.

Uit Tabel B5-1 volgt dat het effect van een variabele, niveau afhankelijk weging op de buitenniveaus zeer beperkt is. Dit komt vooral omdat het spectrum van de AWACS in het laagfrequente deel niet in belangrijke mate verschilt van het civiele vliegverkeer bij Schiphol zie Figuur 9. Het verschil blijft beperkt tot 1 dB bij de meeste passages. Daar de verschuiving voor de L_{den} ruim 7 dB bedraagt, is het effect niet voldoende om de verschillen in de blootstellings respons relaties voor Geilenkirchen en Schiphol te verklaren. Een niveau afhankelijk weging, gebaseerd op de ISO 226 foon curven leidt evenmin tot sterke toename van de te verwachten binnenniveaus. Hoewel na gevelisolatie het spectrum relatief meer lage frequenties bevat liggen de niveaus zelf lager, zodat de V-weging vrijwel gelijk wordt aan de A-weging. De verschillen in de blootstellings respons relaties voor civiele vliegtuigen op Schiphol en de AWACS in Geilenkirchen kunnen daarom slechts in geringe mate worden verklaard door een hogere laagfrequente gehoorgevoeligheid bij het optreden van hoge pieken.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl