

Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid

Citation for published version (APA):

Gerretsen, E. (1975). *Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid*. (Onderzoekprogramma Interdepartementale Commissie Geluidhinder. VL, Verkeerslawaaier; Vol. VL-DR-17-03). Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1975

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

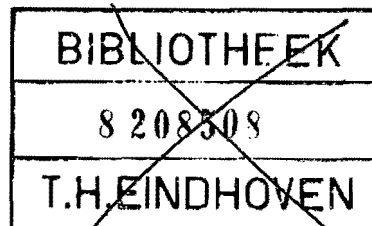
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

VL - DR - 17 - 03

- **Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid**
- **Der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und der Stärke von Strassenverkehrslärm**
- **The relation between speech intelligibility and traffic noise levels**
- **Rapport entré l'intelligibilité et l'intensité du bruit de la circulation routière**



IGG

**INTERDEPARTEMENTALE
COMMISSIE
GELUIDHINDER**

1 Rapport nr. VL-DR-17-03	7 Archief nr.
2 Sub-titel Rapport Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid	8 Datum Publicatie september 1975
	9 Rapport nr. Instituut 607.706
3 Schrijver(s) Ir. E. Gerretsen	10 Tijdschrift nr.
4 Uitvoerend Instituut, Naam Adres Technische Fysische Dienst TNO-TH Stieltjesweg 1 Delft.	11 Opdracht nr.
	12 Rapporttype en periode deelrapport
5 Opdrachtgever(s) Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne	
6 Titel Onderzoekproject Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer	
13 Samenvatting Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index(AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effect relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woon situatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effect relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (Leq) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".	
14 Begeleidingscommissie V&M: Ir. M.E.E. Enthoven V&M: Ir. J.C. Heemrood V&M: Ir. Drs. R.B.J.C. van Noort V&W: Drs. R.G. Steemers V&W: Ing. F.D. Westendorp VRO: Ir. H. Wardenaar	15 Bijbehorende Rapporten Is deelrapport van VL-HR-17-02 "Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer".
	16 Aantal blz. 22

INHOUD

	blz.
1. Inleiding	1
2. Spraakverstaanbaarheid en stoorlawaai	1
.1 Bestaande methoden	1
.2 Articulation index	2
.3 Speech interference level	2
.4 Geluidniveau en piek-methode	3
.5 Onderlinge vergelijking van de methoden	3
3. Spraakniveau	4
4. Verkeerslawaai	5
.1 Beschrijving van de bron	5
.2 Geluidoverdracht	6
5. Articulation index (AI) en verkeerslawaai in dB(A)	7
6. Interpretatie van de articulation index	9
7. Andere vormen van informatie-overdracht	10
8. Relatie met andere omgevingen	12
9. Grenswaarden	13
Literatuur	15

SAMENVATTING

Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index(AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effect relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woonsituatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effect relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (L_{eq}) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".

Zusammenfassung

Der Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und der Stärke von Strassenverkehrs-lärm.

Von unterschiedlichen Methoden zur Wiedergabe des Einflusses von Störlärm auf die Sprachverständlichkeit wird eine kurze Beschreibung gegeben. Aus einem gegenseitigen Vergleich geht hervor, dass die beste Methode dafür der "articulation index" (AI) ist.

Der Zusammenhang zwischen dem AI (Sprachverständlichkeit) und dem Verkehrslärmpegel in dB(A) ist ziemlich eindeutig und kann als eine gute Beschreibung der Dosis-effekt-Beziehung für die Wohnsituation in bezug auf die Möglichkeiten zur Kommunikation und Informationsübertragung betrachtet werden. Auf Grund von Betrachtungen über das gewünschte Ausmass ungestörter Kommunikation in der Wohnsituation, unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Personen mit Gehörverlusten, kann auf Grund dieser Dosis-effekt-Beziehung gesagt werden, dass bei einem Verkehrslärmpegel (L_{eq}) draussen vor der Fassade von höchstens 45 dB(A) die Situation noch als "gut", bei einem Pegel rund 55 dB(A) als "mässig" und bei einem Pegel von 65 dB(A) und höher als "schlecht" betrachtet werden.

Summary

The relation between speech intelligibility and traffic noise levels

The different methods of expressing the interfering effects of noise on speech intelligibility are briefly described.

Comparison of the methods indicate that the best is the Articulation index (AI). The relation between AI and traffic noise level in dB(A) is reasonable and can be regarded as a good description of the dose-response relationship for living conditions in terms of communication and information transfer.

On the basis of considerations concerning the desired degree of undisturbed communication under normal living conditions, making allowance for people with hearing loss, and given the dose-response relationship, it can be stated that at a maximum traffic noise level (L_{eq}) of 45 dB(A) on the outside of buildings the situation can be considered good, at 55 dB(A) reasonable, and at 65 dB(A) and above, bad.

Résumé

Rapport entre l'intelligibilité de la parole et l'intensité du bruit de la circulation routière

Le présent rapport décrit brièvement les diverses méthodes permettant d'exprimer l'influence du bruit perturbateur sur l'intelligibilité de la parole. Une étude comparative a montré que la meilleure méthode est l'index d'articulation (AI). Le rapport entre l'AI (intelligibilité de la parole) et le niveau de bruit de la circulation en dB(A) est à peu près proportionnel et peut être considéré comme donnant une bonne description de la corrélation gêne-bruit pour les conditions d'habitat normal en ce qui concerne les possibilités de communication et de transfert d'information. S'appuyant sur des considérations concernant le degré souhaitable de communication non perturbée dans l'habitat et tenant compte des personnes atteintes de pertes de l'acuité auditive, on peut avancer sur la base de cette corrélation gêne-bruit que pour un niveau de bruit de la circulation (L_{eq}) sur la façade extérieure d'un immeuble d'au plus 45 dB(A), les conditions sont encore "bonnes", pour un niveau d'environ 55 dB(A), elles sont "médiocres" et pour un niveau de 65 dB(A) et plus, elles sont "mauvaises".

1. INLEIDING

Lawaai kan verstoring tot gevolg hebben van bepaalde bezigheden, zoals het voeren van een gesprek, het beluisteren van muziek, telefoneren en dergelijke. In dit rapport wordt nagegaan welk verband er bestaat tussen de verstaanbaarheid van gesproken woord en de verstoring door verkeerslawaai in de woonsituatie. Enige aandacht zal ook worden geschonken aan de verstoring bij het beluisteren van radio, TV of grammofoon, het telefoneren en het ontvangen van waarschuwingssignalen zoals de deurbel, wekker, of huilende kinderen.

Op basis van dat verband (dosis-effect relatie) kunnen functionele eisen worden gesteld aan de toelaatbare verkeerslawaainiveaus in de woonsituatie met het oog op de wenselijke communicatiemogelijkheden.

Dit onderzoek vormt een onderdeel van een opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne tot het ontwikkelen van een systeem voor de beoordeling van geluidhinder door wegverkeer, ter ondersteuning van beleidsdoeleinden.

2. SPRAAKVERSTAANBAARHEID EN STOORLAWAAI

.1 Bestaande methoden

In de afgelopen 30 jaar zijn verschillende methoden ontwikkeld om het verlies aan verstaanbaarheid van gesproken woord te beschrijven, ten gevolge van stoornissen, galm, filtering e.d.. Deze methoden zijn vaak gericht op een bepaalde toepassing, zoals de beoordeling van de akoestiek in zalen, de toepassing van versterkerinstallaties of het stellen van geluideisen in kantoorruimten. Geen van de methoden is specifiek gericht op de verstoring door verkeerslawaai van de communicatie in de woonsituatie [1].

De bestaande methoden zijn te verdelen in drie categorieën:

- gemiddeld-niveau-methode; articulation index (AI), speech interference level (SIL)
- geluidniveau-methode; dB(A), dB(C), PNdB
- piek-methode; noise rating curves (NR)

Hierbij is de indeling gevolgd volgens Robinson [2].

2.2 Articulation index

De articulation index (AI) is geïntroduceerd door French en Steinberg [3]. Zij toonden aan dat het voor spraak belangrijke frequentiegebied (200-6000 Hz) kan worden verdeeld in 20 frequentiebanden van ongelijke breedte, waarbij elke band een gelijke bijdrage levert tot de verstaanbaarheid van gesproken woord. Later heeft men op basis hiervan vereenvoudigingen aangebracht door over te gaan op de meer gebruikelijke frequentiebanden ter breedte van een terts of octaaf, waardoor elk van de banden een bijdrage levert tot de spraakverstaanbaarheid die onderling niet gelijk zijn [4]. Uit onderzoek naar het gemiddelde spraakniveau en de dynamiek van spraak (o.a. [5]) blijkt dat de spraakpieken (1%-niveau) 12 dB boven het gemiddeld niveau liggen en de spraakminima 18 dB onder het gemiddelde: een dynamiek van 30 dB.

Ligt nu een stoorniveau in een bepaalde band onder de spraakminima dan zal deze frequentieband zijn volledige bijdrage tot de verstaanbaarheid leveren; ligt het stoorniveau boven de spraakpieken dan zal de betreffende band geen bijdrage kunnen leveren. De spraakverstaanbaarheid wordt zo dus bepaald door het gedeelte van het dynamisch bereik dat in een bepaalde band niet door stoorniveau wordt bedekt en de mate waarin de betreffende band bijdraagt tot de totale verstaanbaarheid. Op gelijksoortige wijze is het mogelijk de invloed in rekening te brengen van galm, smalbandig stoorniveau met maskering e.d.. Hierop zal hier niet nader worden ingegaan. Een voorbeeld van het spraakgebied met een stoorniveau is gegeven in figuur 1, gebaseerd op octaafbanden, met elk hun verschillende bijdrage aan de verstaanbaarheid volgens Kryter [4]. Het spraakniveau is dat voor een normale gesprekstoorniveau voor een gemiddeld persoon op 3 m afstand, overeenkomend met gemiddeld 50 dB(A). Als stoorniveau is een verkeersspectrum gegeven met een niveau van 40 dB(A). In dit geval is de AI 0,65.

De articulation index geeft, als enige van de methoden, een directe maat voor de totale situatie. Er is ook onderzoek verricht naar het verband tussen de AI en de verstaanbaarheid van bv. losse woorden of zinnen, uitgedrukt in het percentage juist verstaane woorden (zinnen) van het totale aanbod [3, 4, 6].

3 Speech interference level

Het speech interference level (SIL) is gebaseerd op middeling van het stoorniveau over een aantal octaafbanden; met behulp van een tabel kan daarmee worden nagegaan in hoeverre het stoorniveau verstorend is voor de spraakverstaanbaarheid.

Oorspronkelijk werden door Beranek [7] de 3 octaafbanden tussen 600 en 4800 Hz beschouwd, later uitgebreid met de band van 300 tot 600 Hz [6]. Door de wijziging in de gebruikelijke octaafbanden is later ook overgegaan op middeling over de octaafbanden met middenfrequenties 500, 1000 en 2000 Hz, in dat geval wel genoemd het preferred speech interference level, PSIL. Beranek baseerde de tabel met het verband tussen verstaanbaarheid en SIL bij verschillende spreeksterkten en spreker-luisteraar afstanden op de gemiddelde stoornisniveaus waarmee een AI van 0,5 werd bereikt.

2.4 Geluidniveau en piek-methode

De eenvoud en het toenemend gebruik van geluidniveaus in dB(A) en NR-curven bij de beoordeling van een geluidssituatie leidde ertoe dat ook de mogelijkheid werd beschouwd om deze grootheden als maat voor de spraakverstaanbaarheid toe te passen. Hieruit volgde gelijksoortige relaties tussen stoorniveau (uitgedrukt in dB(A) of NR-waarde) en spreesituatie als voor de (P)SIL (zie bv. [1]).

2.5 Vergelijking van de methoden

De verschillende genoemde methoden staan vaak met elkaar in verband. In sommige gevallen is van de AI gebruik gemaakt om voor een bepaald type stoornisniveau een eenvoudigere methode af te leiden (SIL, dB(A)). Voor andere, afwijkende stoorgeluiden zouden die resultaten echter in het geheel niet op hoeven te gaan.

Webster en Klumpp [8, 9] hebben de verschillende methoden uitgebreid vergeleken. Van 16 stoorgeluiden van zeer uiteenlopend karakter werd het niveau bepaald waarbij proefpersonen 50% van een bepaalde rijmtekst (op constant niveau aangeboden) juist interpreteerden.

Die methode waarbij voor de 16 stoorgeluiden de kleinste standaardafwijking optreedt kan worden beschouwd als de methode die de spraakverstaanbaarheid het meest consistent voorspelt.

De beschouwde methoden bleken in drie groepen uiteen te vallen (zie tabel 1); de AI had de kleinste standaardafwijking (2,4 dB), het geluidniveau in dB(C) de grootste (7,4 dB).

Tabel 1: Standaardafwijkingen van voorspelde spraakverstaanbaarheid bij 16 verschillende stoorspectra, voor een aantal methoden [1]

methode	standaardafwijking
AI	2,4
PSIL (500/1000/2000)	2,8
SIL (300-4800)	3,1
dB(A)	4,7
SIL (600-4800)	4,8
dB(B)	5,5
NR	6,4
dB(C)	7,4

Voor de verdere beschouwingen is daarom de voorkeur gegeven aan het gebruik van de articulation index, op grond van de volgende argumenten:

- uit het vergelijkend onderzoek kwam de AI als meest consistente methode naar voren.
- de AI geeft als enige methode een directe maat voor de spraakverstaanbaarheid.
- de AI houdt op wetenschappelijk gefundeerde wijze rekening met de spectrale inhoud van de signalen.
- de AI is het meest gebruikt en onderzocht, waardoor meer (zij het niet altijd even relevante) gegevens beschikbaar zijn over de AI.

Ten einde de AI te kunnen toepassen op verkeerslawaai en gesproken woord in de woonsituatie zullen ten aanzien daarvan eerst de uitgangspunten moeten worden besproken.

3. SPRAAKNIVEAU

In de jaren 40 is onderzoek verricht naar het gemiddelde spraakniveau voor mannen en vrouwen alsmede de richtingskarakteristiek van spraak. Een in de latere literatuur veel aangehaald onderzoek is dat van Dunn en White [5]. Wij zullen ons daarop baseren.

In figuur 1 is het gemiddeld spraakniveau op 3 m afstand gegeven, evenals de piek- en minimumniveaus. Hierbij is rekening gehouden met de niveauvermindering door richtwerking bij de frequenties boven ca. 1500 Hz; aangehouden is de richtwerking onder een hoek van ca. 50° ten opzichte van midden voor de spreker. Dit spraakniveau kan worden aangeduid als een "normale gesprekston"; stemverheffing geeft een ca. 6 dB hoger niveau, terwijl een vertrouwelijke mededeling op een ca. 10 dB lager niveau zal worden gedaan [10]. De spreiding van het normale spraakniveau tussen personen bedraagt ongeveer ± 5 dB.

In de woonsituatie zal het gesproken woord lang niet altijd als "gesprek" kunnen worden aangeduid. De mondelinge communicatie bestaat ook uit losse opmerkingen, terloopse mededelingen e.d.. Dit betekent dat veelal het spraakniveau lager zal zijn dan de "normale gesprekston". Daarom is als uitgangspunt genomen de "normale gesprekston" op een vrij grote afstand: 3 m tot de spreker; het geluidniveau is dan 50 dB(A). Dit niveau komt bij een vertrouwelijke spreektoon overeen met een afstand van 1 m, terwijl voor de zachtere sprekers ongeveer de helft van de genoemde afstanden geldt. De tot nu toe besproken niveaus betreffen alleen het direct van spreker naar luisteraar overgedragen geluid. Door geluidreflecties die de luisteraar kort na het directe geluid bereiken (binnen ca. 50 ms) kan het nuttig geluidniveau nog enkele dB's hoger worden. Daar staat tegenover dat latere reflecties (galm) als storend geluid kunnen worden beschouwd. Beide effecten zullen echter in de woonsituatie over het algemeen gering zijn; slechts als ander stoorgeluid vrijwel afwezig is zal de invloed van de galm in een gewone kamer merkbaar zijn. Vooralsnog zullen we deze effecten verwaarlozen.

4. VERKEERSLAWAAI

4.1 Beschrijving van de bron

Het stoorniveau ten gevolge van verkeerslawaai is niet constant. Voor de beoordeling van de hinder van het fluctuerend verkeerslawaai wordt in Nederland het equivalent geluidniveau (L_{eq}) gehanteerd. Het momentane geluidniveau zal hier echter regelmatig bovenuit komen (passage van de individuele voertuigen). Alhoewel naar de invloed van fluctuerend geluid op de spraakverstaanbaarheid wel onderzoek is verricht, zijn de beschouwde parameters en de beschouwde waarden daarvan nauwelijks bruikbaar voor verkeerslawaai.

De situatie zal waarschijnlijk vooral worden bepaald door de mate waarin tijdens de piekniveaus het gesproken woord verstaanbaar blijft. Wanneer we de piekniveaus karakteriseren als het niveau dat gedurende 10% van de tijd wordt overschreden, kunnen we voor de spraakverstaanbaarheid het verkeerslawaai beschrijven met L_{10} . Deze keuze van L_{10} wordt bevestigd door een recent Engels onderzoek [11] naar de invloed van verkeerslawaai op de spraakverstaanbaarheid (laboratorium-simulatie). Overigens blijkt voor verkeerslawaai dat er een grote correlatie bestaat tussen L_{eq} en L_{10} [12] zodat de uiteindelijke resultaten eenvoudig kunnen worden omgerekend naar een beschrijving van het verkeerslawaai door het equivalent geluidniveau.

Het geluidsspectrum van verkeerslawaai nabij een weg blijkt vrij constant te zijn, zelfs voor verschillende landen [13]. Het is dus goed mogelijk om van een "Standaard verkeersspectrum" te spreken; dit spectrum is in figuur 1 weergegeven. Daarmee zou er ook een direct verband bestaan tussen het verkeerslawaai in dB(A) en de spraakverstaanbaarheid (AI). Bij de overdracht van verkeerslawaai zijn er echter verschillende factoren die dit spectrum kunnen wijzigen, zoals luchtdemping, bodemdemping, afscherming, gevelisolatie. Over het algemeen worden hierbij vooral de hogere frequenties meer verzwakt dan de lagere, hetgeen betekent dat bij een bepaald verkeerslawaainiveau in dB(A), afhankelijk van de situatie, verschillende spectra kunnen optreden. Hierdoor kan bij een bepaald niveau in dB(A) een verschillende mate van spraakverstoring optreden. Wij moeten dus nagaan in welke mate dit ook werkelijk het geval is.

4.2 Geluidoverdracht

De invloed die verschillende overdrachtsfactoren hebben op het spectrum van verkeerslawaai zijn redelijk bekend.

In figuur 2 zijn als voorbeeld de verschillen gegeven tussen het verkeerslawaainiveau voor een gevel en het niveau in de woning bij verschillende omstandigheden: geopende ramen, alleen geopend ventilatieraampje (klapraam) en een volledig gesloten gevel waarbij ook de kieren zijn afgedicht.

Het blijkt dat in het voor spraak belangrijke frequentiegebied de verschillen vrijwel onafhankelijk zijn van de frequentie; alleen in het laatste geval treedt enige frequentie-afhankelijkheid op in overeenstemming met de te verwachten geluidisolatie van een glasruit.

In figuur 3 is een voorbeeld gegeven: voor een puntbron de gemeten geluidverzwakking bij overdracht over 100 m boven grasland; de bronhoogte is hierbij ca. 0,5 m en de ontvanger bevindt zich op ca. 1,5 m.

De demping bij de hogere frequenties wordt vooral veroorzaakt door windinvloeden en luchtdemping. De luchtdemping zal in dit geval ongeveer 1 dB bedragen bij 2000 Hz tot 9 dB bij 10 000 Hz. Over het algemeen zal de luchtdemping bij grotere afstanden van belang zijn vanaf ca. 1000 Hz en snel toenemen naar de hogere frequenties toe. Tevens is een voorbeeld gegeven van de overdracht met een bron boven het wegdek en een ontvanger boven grasland op 15 m afstand. Ook op deze afstand blijkt al een niet te verwaarlozen demping op te treden; er moet dus rekening mee worden gehouden dat ook in het standaard verkeersspectrum al enige demping is verdisconteerd.

De verzwakking door geluidafscherming (met speciale schermen of dijken, maar ook door gebouwen e.d.) neemt toe met de frequentie; theoretisch met 3 dB per octaaf bij niet te geringe afscherming [14].

Bij de berekening van het verband tussen het verkeerslawaai in dB(A) en de spraakverstaanbaarheid (AI) zal het volgende worden aangenomen:

- gevelniveauverschil bij geopend raam: 10 dB, onafhankelijk van de frequentie
- gevelniveauverschil bij natuurlijke ventilatie (kieren, geopend ventilatieraam): 20 dB, onafhankelijk van de frequentie
- gevelniveauverschil bij thermische gesloten gevel: ca. 30 dB, frequentieafhankelijkheid volgens figuur 2
- luchtdemping bij 70% relatieve vochtigheid en 15°C: van 0,5 dB/100 m bij 1000 Hz tot 9 dB/100 m bij 10 000 Hz [14].
- bodemdemping voor afstanden tot ca. 500 m, bij ontvangers van 1,5 tot 12 m boven maaiveld, berekend volgens [14]
- enkele situaties met geluidafscherming, variërend van enige afscherming (laag scherm) tot veel afscherming (een gebouw) [14].

5. ARTICULATION INDEX (AI) EN VERKEERSLAWAAI IN dB(A)

Op grond van de in hoofdstuk 4 genoemde uitgangspunten en te beschouwen variabelen is de articulation index berekend als functie van het verkeerslawaai in dB(A) onder de verschillende omstandigheden. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 4 en 5. Van het verkeerslawaai is daarin het equivalent geluidniveau in dB(A) buiten voor de gevel aangegeven.

Figuur 4 geeft het verband bij geopend raam voor het standaardverkeersspectrum (dikke lijn) en de afwijkingen daarvan ten gevolge van de wijzigingen in dat spectrum bij de geluidoverdracht. In eerste instantie lijkt de spreiding vrij groot (5 tot 10 dB). Wanneer we echter aanzienlijke geluidafscherming (gebouwen, hoge schermen) en grote bodemdemping (een weg op maaiveld en een ontvanger lager dan ca. 2 m bij grotere afstanden dan 250 m) buiten beschouwing laten, blijkt voor de overige situaties de spreiding vrij gering te zijn (dubbel gearceerd gebied). Het buiten beschouwing laten van de genoemde situaties lijkt niet erg bezwaarlijk; zo bevinden wegen zich vaak boven maaiveld en meestal zullen er ook boven 2 m hoogte te beschermen vertrekken of woningen zijn. Bovendien wijken die situaties in gunstige zin af: door de grote demping zal de verstaanbaarheid beter zijn dan op grond van het geluidniveau in dB(A) met het standaardspectrum zou worden verwacht.

Het is dus verantwoord om voor alle situaties een en hetzelfde verband aan te houden tussen de AI en het verkeerslawaainiveau; daarvoor kan het verband worden gekozen dat voor het standaardverkeersspectrum geldt.

In figuur 5 is dit verband nogmaals weergegeven, tezamen met het verband bij een andere spreker-luisteraar afstand en voor een geventileerde en een gesloten gevel. Alleen in dat laatste geval wijkt het verloop van de curve enigszins af door het frequentie-afhankelijk niveauverschil; verschillen in afstand en het geheel of gedeeltelijk openen van de gevel resulteren slechts in een horizontale verschuiving van de curve.

Bij één curve (geopend raam) is in figuur 5 ook de invloed aangegeven van de galm in een vertrek op de AI; deze heeft tot gevolg dat daar waar het verkeerslawaai nauwelijks meer van invloed is op de verstaanbaarheid de AI toch geen 1 wordt. Vooral in dat gebied (geluidniveau in de woning van rond 30 dB(A)) wordt natuurlijk de spraakverstaanbaarheid ook beïnvloed door andere geluiden dan het verkeerslawaai, zoals die in de woning (en daarbuiten) bij verschillende activiteiten optreden.

6. INTERPRETATIE VAN DE ARTICULATION INDEX

Nu er een bruikbaar verband blijkt te bestaan tussen de articulation index en het verkeerslawaai in dB(A) is het nodig om na te gaan wat een bepaalde AI-waarde betekent om te kunnen komen tot het stellen van eisen.

In laboratoriumsituaties is onderzoek verricht naar de relatie tussen de AI en de mate waarin woorden en zinnen juist worden verstaan. De omstandigheden bij dergelijke verstaanbaarheidsonderzoekingen wijken echter nogal af van die in de woonsituaties. Naast het zuivere "verstaan" van een mededeling of opmerking zal er veelal ook op moeten worden gereageerd; men is lang niet altijd verdacht op het feit dat er iets gezegd gaat worden en men kan ook reeds met iets anders bezig zijn, waardoor de aandacht verdeeld zal moeten worden. Bovendien zegt de verstaanbaarheid op zich nog niets over bv. het gemak waarmee het gesproken woord wordt opgevangen, het zg. luistercomfort. Dit alles betekent dat in de woonsituatie de omstandigheden veel kritischer zijn dan bij de laboratoriumonderzoekingen; dit zal bij het interpreteren van die laboratoriumresultaten terdege moeten worden verdisconteerd. In figuur 6 is het resultaat gegeven wanneer de AI uit figuur 4 wordt omgerekend naar de woord- en zinsverstaanbaarheid in procenten. Opvallend hierbij is dat in het gebied van ca. 50 tot 60 dB(A) een kleine toename van het stoorniveau een grote achteruitgang van de verstaanbaarheid tot gevolg heeft. Dit betekent omgekeerd ook dat in dat gebied kleine (individuele) verschillen in spraakniveau van grote invloed zijn.

In de literatuur worden ook enkele grenswaarden genoemd voor de articulation index. Voor de situatie in kantoorvertrekken stelt Beranek [6] dat een AI van 0,4 nauwelijks aanvaardbaar is ("barely acceptable"); door Harris [15] wordt deze grenswaarde eveneens genoemd. In het algemeen wordt in de literatuur ergens in het gebied van 0,3 tot 0,5 de grens gelegd voor wat net aanvaardbaar is. Het reeds genoemde Engelse onderzoek [11] naar de invloed van verkeerslawaai op het beluisteren van gesproken woord beschrijft de spraak en het verkeerslawaai met L_{10} . De grens van het ontspannen en prettig ("relax and enjoy") beluisteren blijkt te liggen bij een niveauverschil tussen spraak en verkeerslawaai van 6 dB (L_{10} -spraak 54 dB(A) en L_{10} -verkeerslawaai binnen 48 dB(A)). Wanneer we deze gegevens omwerken naar de door ons gehanteerde grootheden dan blijkt de grenswaarde ongeveer bij een AI van 0,5 te liggen.

Op grond van het voorgaande zouden we de articulation index als volgt kunnen uitdrukken: in de kwaliteit van de woonsituatie met betrekking tot mondelinge communicatie:

AI tenminste 1 : uitstekend

AI van 1 tot 0,8: goed

AI van 0,8 tot 0,6: redelijk

AI van 0,6 tot 0,4: matig

AI van 0,4 tot 0,2: onvoldoende

AI van 0,2 tot 0 : slecht

Al het voorgaande heeft betrekking op personen zonder een gehoorhandicap: geen gehoorbeschadiging, geen gehoorverlies door ouderdom. Alhoewel door gehoorverliezen zowel het niveau van de spraak als van het stoorniveau verminderd wordt waargenomen, blijkt uit onderzoek (o.a. Plomp [16]) dat mensen met gehoorverliezen behoefte hebben aan een ca. 10 dB groter verschil tussen het spraakniveau en het stoorniveau dan personen met "normale" oren. Dit betekent dat de situatie die hiervoor als matig werd omschreven voor mensen met gehoorverliezen slecht is, en een uitstekende situatie voor hen maar nauwelijks goed kan worden genoemd.

Bij het kiezen van de grenswaarden zal hiermee terdege rekening moeten worden gehouden.

7. ANDERE VORMEN VAN INFORMATIE-OVERDRACHT

Behalve de tot nu toe besproken verstaanbaarheid van direct gesproken woord zijn ook andere vormen van informatie-overdracht in de woonsituatie van belang: telefoneren, het beluisteren van radio, TV of grammofoon, het waarnemen van (waarschuwings)signalen zoals de deurbel, de fluitketel, de wekker, huilende kinderen.

Er is vrij veel bekend over de mogelijkheid tot het voeren van een telefoongesprek bij stoorniveau [16]. Gaat men er van uit dat ook bij slechte verbinding het voeren van een gesprek mogelijk moet zijn, dan blijken voor het toelaatbare stoorniveau ongeveer dezelfde eisen te gelden als voor het direct gesproken woord.

Uit onderzoek [17] naar het door proefpersonen gewenste geluidniveau voor het aandachtig volgen van verschillende soorten televisie-uitzendingen kan worden afgeleid dat deze niveaus niet lager liggen dan voor een normaal gesprek, zoals in dit rapport wordt aangehouden. Bij een gelijksoortig onderzoek naar de niveaus bij radio-uitzendingen werden duidelijk hogere niveaus gevonden; het vrij hoge achtergrondniveau bij die laatste onderzoeken zal daarbij zeker van invloed zijn geweest, maar leek toch niet voldoende om het verschil te verklaren. Het gewenste geluidniveau was niet erg afhankelijk van het soort uitzending. Hieruit kan geconcludeerd worden dat, voorzover het gesproken woord betreft, de situatie met betrekking tot het beluisteren van radio of televisie (en waarschijnlijk ook de grammofooninstallatie) niet kritischer is dan de situatie voor het direct gesproken woord. Voor muziek wijkt de situatie in zo verre af, dat het dynamisch bereik afhankelijk van de soort muziek tot ongeveer 50 dB bedraagt; zo geldt voor zg. high-fidelity electro-akoestische apparatuur een niveauverschil van 50 dB tussen de luidste signalen en het eigen stoorgeluid als voldoende. Ondanks de wat hogere gemiddelde niveaus (vergelijk de gewenste niveaus bij de radio) dan bij direct gesproken woord zou dit grotere dynamisch bereik er toe kunnen leiden dat het beluisteren van muziek bij sommige muzieksoorten kritischer is ten aanzien van het stoorniveau dan het direct gesproken woord. Aangezien echter ook voor het direct gesproken woord bij de interpretatie van de spraakverstaanbaarheid rekening is gehouden met "zachte" sprekers en een vertrouwelijke gesprekston, is te verwachten dat daarmee ook de situatie voor het beluisteren van de meest kritische muziek adequaat wordt beschreven.

Heel anders ligt de situatie met betrekking tot de huishoudelijke waarschuwingssignalen. Het gaat daarbij vooral om geluid in een relatief smalle frequentieband bij hogere frequenties. Dit betekent dat deze signalen nog hoorbaar zijn als het geluidniveau in dB(A) lager is dan het stoorniveau van het verkeerslawaai. Het is bovendien voor dergelijke signalen voldoende als ze net waarneembaar zijn waarbij het niet absoluut noodzakelijk is dat dat ook tijdens de piekniveaus van het verkeerslawaai het geval is.

Daartegenover staat dat dergelijke signalen uit andere delen van de woning waargenomen moeten kunnen worden, waarbij het signaal aanzienlijk verzwakt kan doorkomen (zeg met maximaal 40 dB). Wanneer de situatie voor de spraakverstaanbaarheid als goed kan worden gekwalificeerd dan zal het stoorniveau in de woning ca. 30 dB(A) bedragen. Dat betekent dat signalen nog net waarneembaar zullen zijn die in het "zendvertrek" een niveau van 60 à 65 dB(A) produceren. Signalen die in het zendvertrek dus duidelijk uitkomen boven andere geluidveroorzakende activiteiten, zullen elders in de woning nog net waarneembaar zijn. Ook ten aanzien hiervan kunnen we daarom de situatie voldoende gekarakteriseerd achten door de spraakverstaanbaarheid. Het in hoofdstuk 5 afgeleide verband tussen de spraakverstaanbaarheid (AI) en het verkeerslawaai karakteriseert dus voldoende de woonsituatie ten aanzien van de verschillende vormen van communicatie en informatieoverdracht.

8. RELATIE MET ANDERE OMGEVINGEN

Behalve in de woonsituatie is ook in andere omgevingen de overdracht van gesproken woord, en dus de invloed daarop van verkeerslawaai, van belang: scholen, kantoren, ziekenhuizen e.d..

In scholen zal de afstand tussen spreker en luisteraar belangrijk groter zijn dan in woningen. Daarnaast zal de aandacht vooral gericht moeten zijn op de kennisoverdracht, zodat het zuivere verstaan met weinig moeite zal moeten kunnen geschieden. Over het algemeen zal de noodzakelijke ventilatie op natuurlijke wijze plaatsvinden (geopende ramen) waardoor die situatie als criterium zal moeten worden genomen. In figuur 5 is de relatie tussen AI en het stoorlawaai ook weergegeven voor een afstand spreker-luisteraar van 9 m bij geopende ramen.

Aangezien het begrip kantoor veel verschillende situaties kan omvatten is het moeilijk hiervoor één criterium te hanteren. Verwacht mag echter worden dat voor de meest rustige kantoorruimten de situatie niet veel zal afwijken van die in de woonsituatie; in het algemeen zullen daarom de aanvaardbare verkeerslawaainiveaus nauwelijks anders liggen.

Ook voor ziekenhuizen is niet aan te nemen dat voor wat betreft de spraakverstaanbaarheid de situatie sterk zal afwijken van die voor de woonsituatie.

Mogelijk zullen andere functies (rusten; slapen, ook overdag) daar kritischer zijn. Ook voor andere omgevingen lijken dus de relaties die zijn afgeleid tussen de spraakverstaanbaarheid en het verkeerslawaai bruikbaar, wanneer bij het formuleren van grenswaarden rekening wordt gehouden met de mogelijk andere omstandigheden (afstand, gevel).

9. GRENSWAARDEN

Wanneer we nu de dosis-effect relatie voor de communicatie en informatie-overdracht in de woonsituatie nader bekijken, dan kunnen we bij de verschillende verkeerslawaainiveaus (L_{eq} -buiten) de situatie als volgt nader omschrijven (zie bv. figuur 5):

35 dB(A):

ook bij geopende ramen is de situatie in de woning uitstekend te noemen; ook mensen met gehoorverliezen zullen weinig communicatieproblemen onderkennen. In situaties die kritischer zijn, zoals scholen is de spraakverstaanbaarheid ook goed, zeker als de ramen slechts voor natuurlijke ventilatie zijn geopend.

Ook buiten zal de spraakverstaanbaarheid goed zijn.

45 dB(A):

de communicatie zal in de woningen redelijk zijn bij geopende ramen en nog goed bij enigszins geopend raam (ventilatie); voor mensen met gehoorverliezen is de situatie bij geopend raam matig te noemen. Buiten zal de verstaanbaarheid op korte afstand (ca. 1 m) vrij redelijk zijn.

Voor scholen zullen de ramen slechts enigszins geopend mogen zijn om de situatie nog goed te kunnen noemen.

55 dB(A):

De situatie is met geopende ramen onvoldoende geworden. Met enigszins geopend raam is de situatie redelijk; voor mensen met gehoorverliezen is ook dan de situatie nog slecht. Slechts bij een hermetisch gesloten gevel is de verstaanbaarheid goed. Buiten is de verstaanbaarheid ook op zeer korte afstand maar matig. Bij een hermetisch gesloten gevel is voor scholen de situatie nog redelijk.

65 dB(A):

De situatie is alleen met een hermetisch gesloten gevel nog redelijk; voor mensen met gehoorverliezen is ook dan de situatie onvoldoende.

Voor scholen zal zelfs met een hermetisch gesloten gevel de isolatie onvoldoende zijn. Ook met stemverheffing is de verstaanbaarheid buiten onvoldoende.

Met betrekking tot de communicatie en informatie-overdracht in de woon-situatie kunnen we hieruit concluderen dat bij een verkeerslawaaniveau (L_{eq}) buiten van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog "goed" is te noemen, terwijl bij een niveau van ca. 65 dB(A) en hoger de situatie als "slecht" is aan te werken.

Delft, 10 december 1976

Technisch Fysische Dienst



ir. G.J. Kleinhoonte van Os

Verantwoording:

Dit rapport is het resultaat van samenwerking van wetenschappelijke medewerkers van twee TNO-instituten: het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO en de Technisch Fysische Dienst TNO-TH.

Deze medewerkers zijn: Drs. C. Bitter, ir. J. van den Eijk, ir. A.A. Jurriëns, drs. J.P. Kaper, ir. E. Gerretsen, ir. G.J. Kleinhoonte van Os, ir. W.A. Oosting.

Uit praktische overwegingen is dit rapport als TPD-rapport uitgebracht en alleen door de coördinator van de projectgroep Geluid van TNO ondertekend.

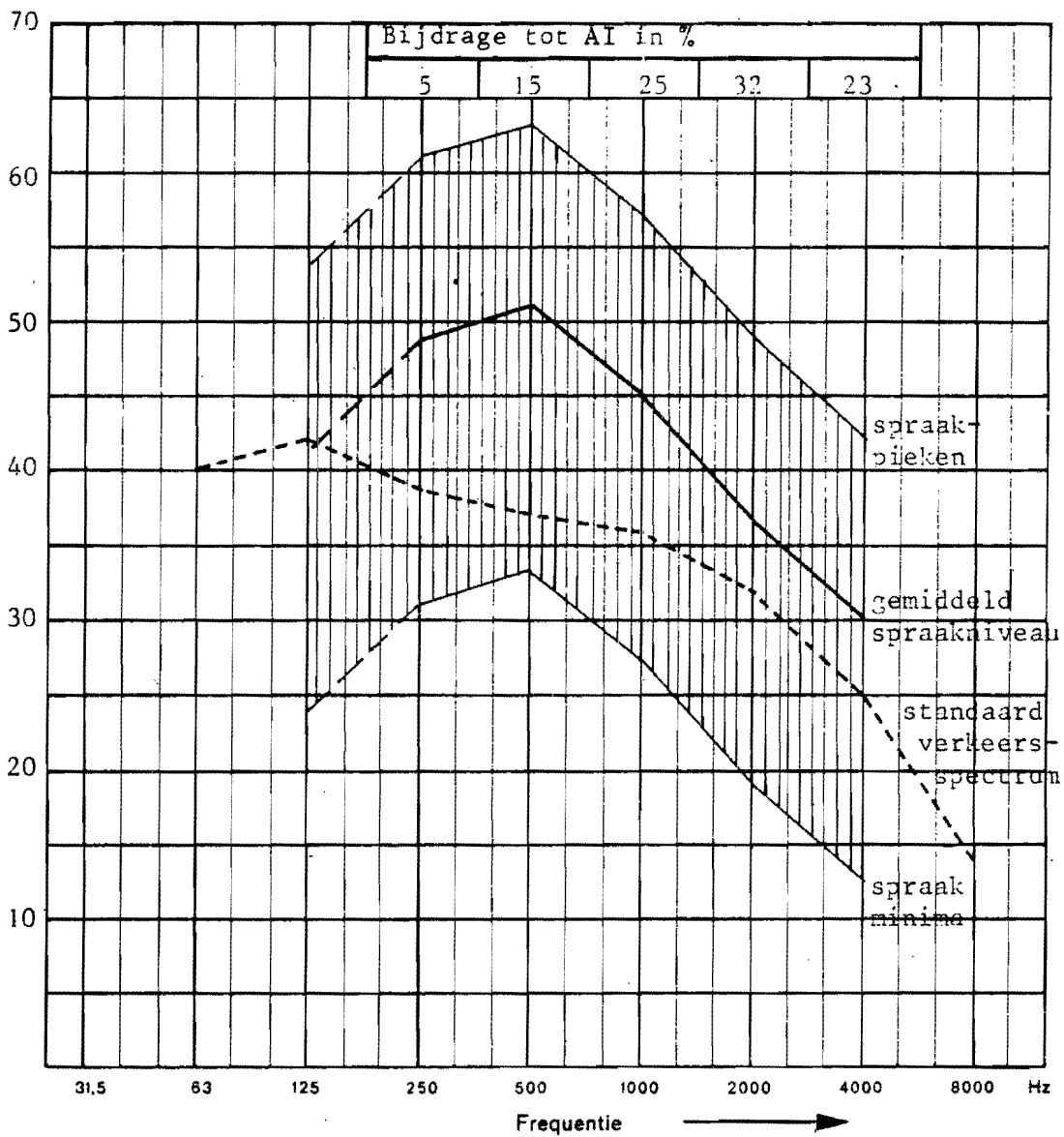
LITERATUUR

- [1] Webster, J.C. "Effects of noise on speech intelligibility";
Proc. Vth conf. Noise as a public health hazard
ASHA report No. 4 (1969), 49
- [2] Robinson, D.W. "An outline guide to criteria for the limitation
of urban noise" London, HMSO (1970), C.P. No. 1112
- [3] French, N.R. "Factors governing the intelligibility of speech
sounds" JASA 19 (1947), 90-119
Steinberg, J.C.
- [4] Kryter, K.D. "Methods for the calculation and use of the
articulation index" JASA 34 (1962), 1689-1697
- [5] Dunn, H.K. "Statistical measurements on conversational speech"
White, S.D. JASA 11 (1940), 278
- [6] Beranek, L.L. (ed) "Acoustics" New York; McGraw Hill (1954)
- [7] Beranek, L.L. "The design of speech communication systems"
Proc. inst. Radio engrs. 35 (1947), 880
- [8] Webster, J.C. "Physical measurements of equal speech-interfering
Klumpp, R.G. navy noises" JASA 35 (1963), 1328
- [9] Webster, J.C. "Articulation index and average curve-fitting
Klumpp, R.G. methodes of predicting speech interference"
JASA 35 (1963), 1339
- [10] Rice, C.C. e.a. "A laboratory study of nuisance due to traffic
noise in a speech environment", J. Sound &
Vibration 37 (1974), 87
- [11] Richardson, E.G. "Technical aspects of sound I"; Amsterdam, Elsevier
(ed) Publishing Company; 1953
- [12] ICG-rapport "Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door
VL-HR-17-01 wegverkeer"; september 1975
- [13] Oosting, W.A. "The sound insulation of single and double glazing
with respect to traffic noise"; Proc. of Vth
AICB, 239
- [14] ICG-rapport "Geluidvoortplanting over grote afstanden (lite-
VL-DR-21-01 ratuurstudie bodemdemping en afscherming)";
oktober 1976
- [15] Harris, C.M. (ed) "Handbook of noise control"; McGraw-Hill Book
Company Inc., New York, 1957

- [16] Plomp, R. "Spraakverstaanbaarheid bij een enkele stoorbron",
NAG-publikatie 23, 1975
- [17] Eijk, J. van den "My neighbour's television", Proceedings of the
6th ICA-Congres, Tokyo, 1968, blz. E113

Geluiddrukniveau in octaafbanden

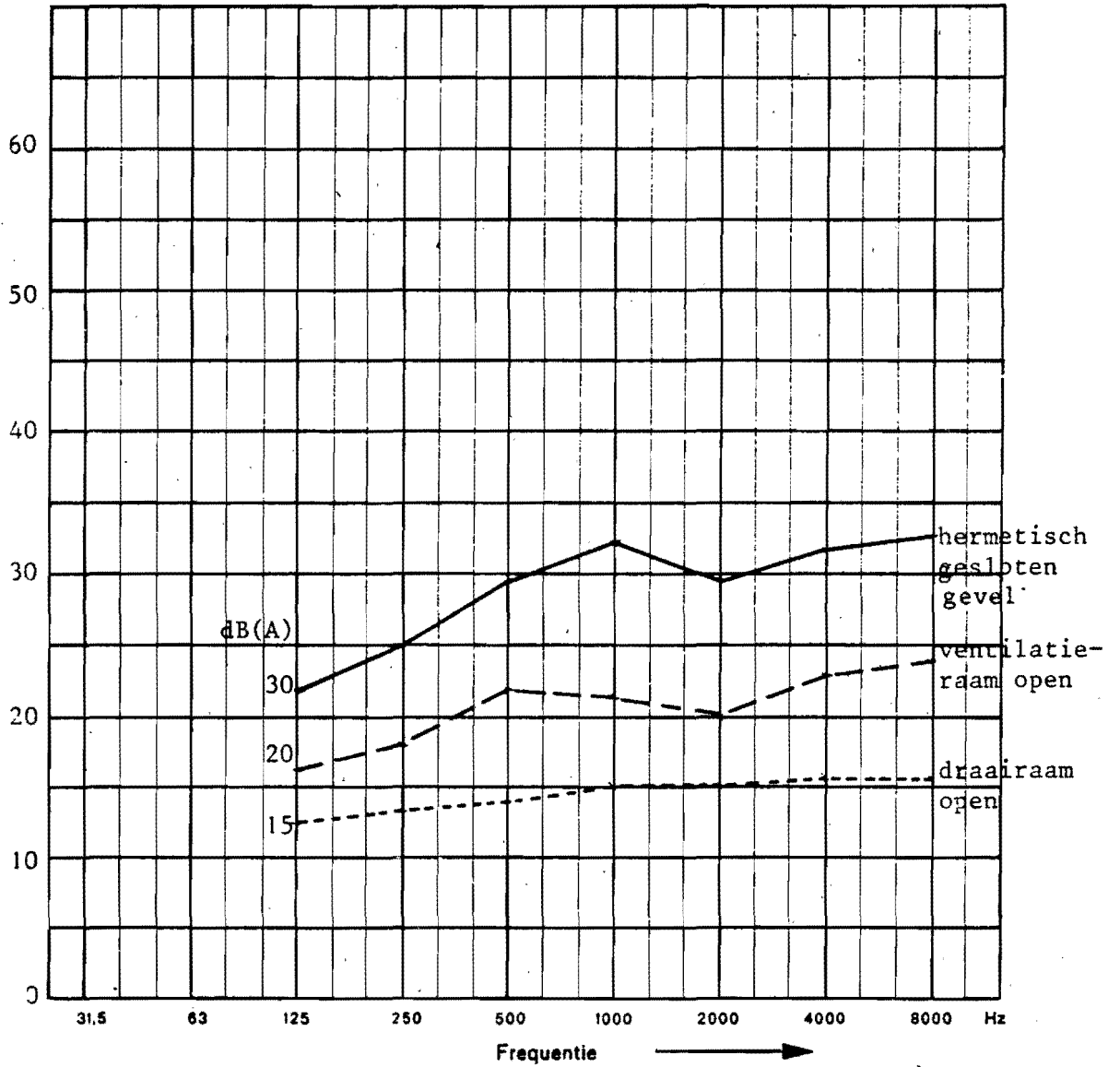
dB t.o.v. 20 μ Pa



Figuur 1. Spraakniveaugebied op 3 m afstand van de spreker (gemiddeld niveau 50 dB(A)) en een stoorniveauspectrum (verkeerslawaai 40 dB(A)). Aangegeven zijn de maximale bijdragen van de verschillende octaafbanden tot de articulation index (AI). De AI in dit voorbeeld is 0,65.

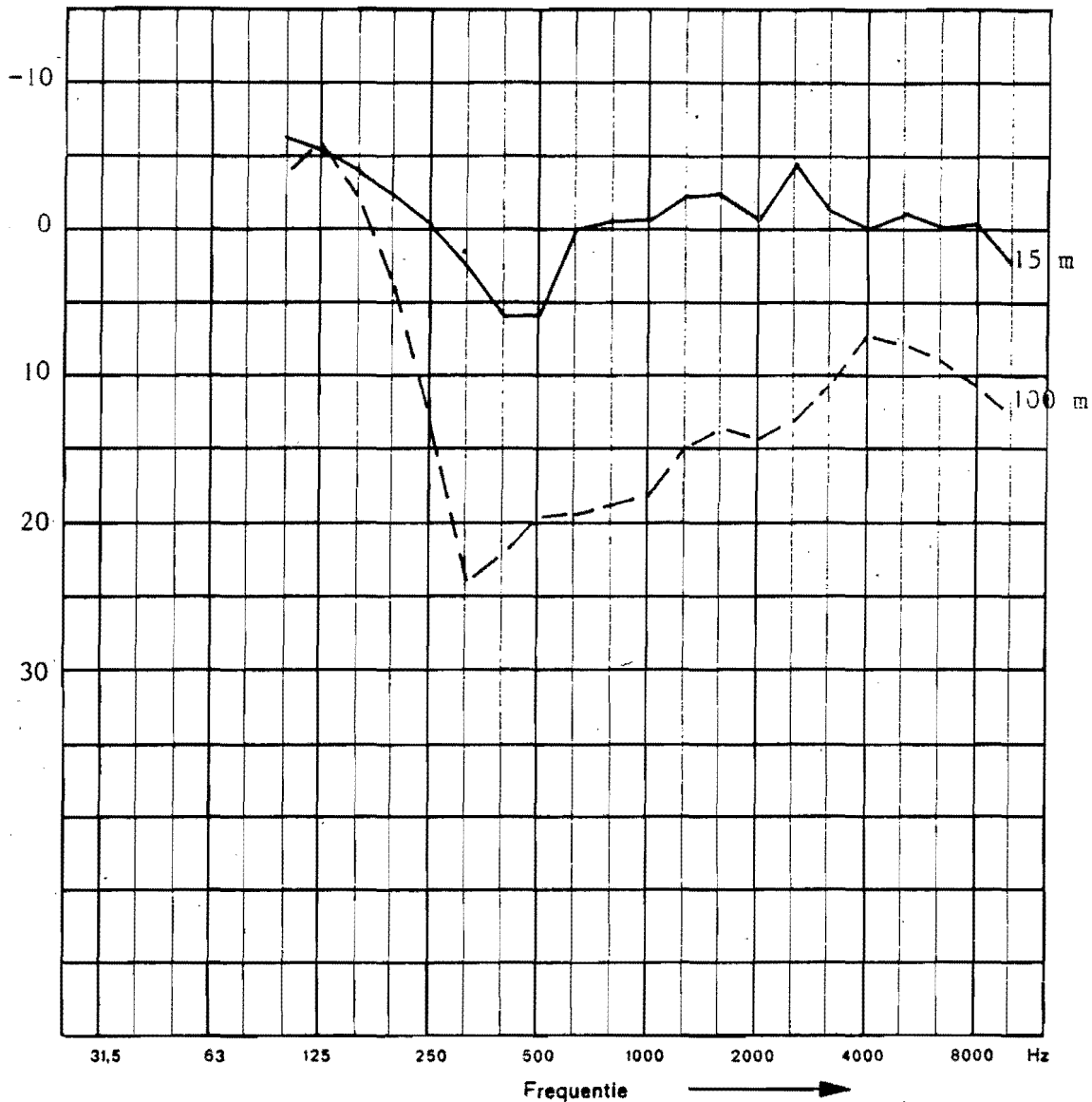
Niveaunderschil binnen-buiten

dB



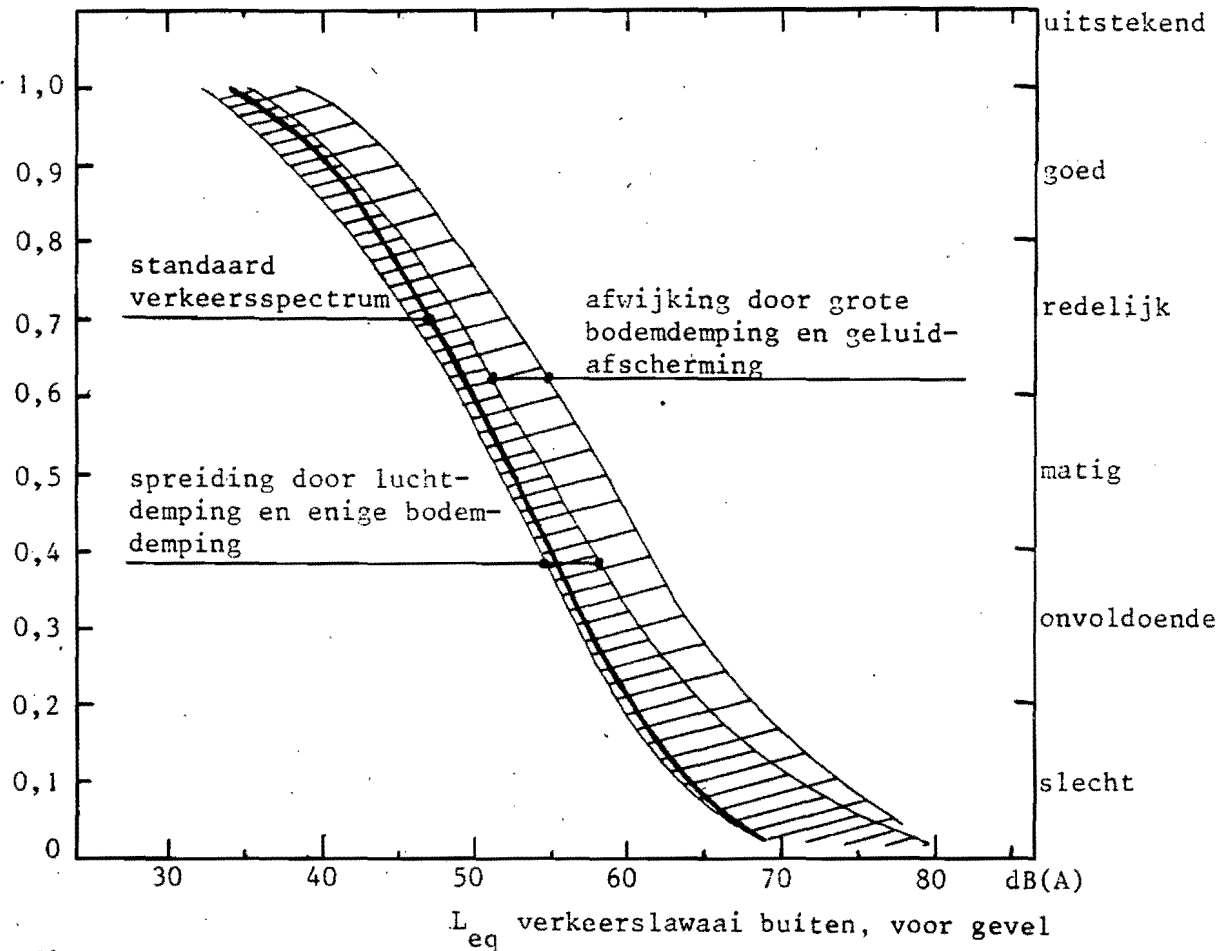
Figuur 2 Enkele voorbeelden van het verschil tussen het geluiddrukkniveau voor de gevel en in een gestoffeerde kamer tengevolge van verkeerslawaai.

Geluidverzwakking t.o.v. het vrije veld
dB



Figuur 3 Voorbeeld van de geluidverzwakking bij uitbreiding over twee verschillende afstanden (grasland). Bronhoogte ca. 0,5 m, ontvangerhoogte ca. 1,5 m. Bij de afstand van 100 m is de verzwakking bij de hogere frequenties mede veroorzaakt door enige tegenwind. Bij de afstand van 15 m bevindt de bron zich boven een hard vlak (wegdek).

Articulation index in een woning



Figuur 4

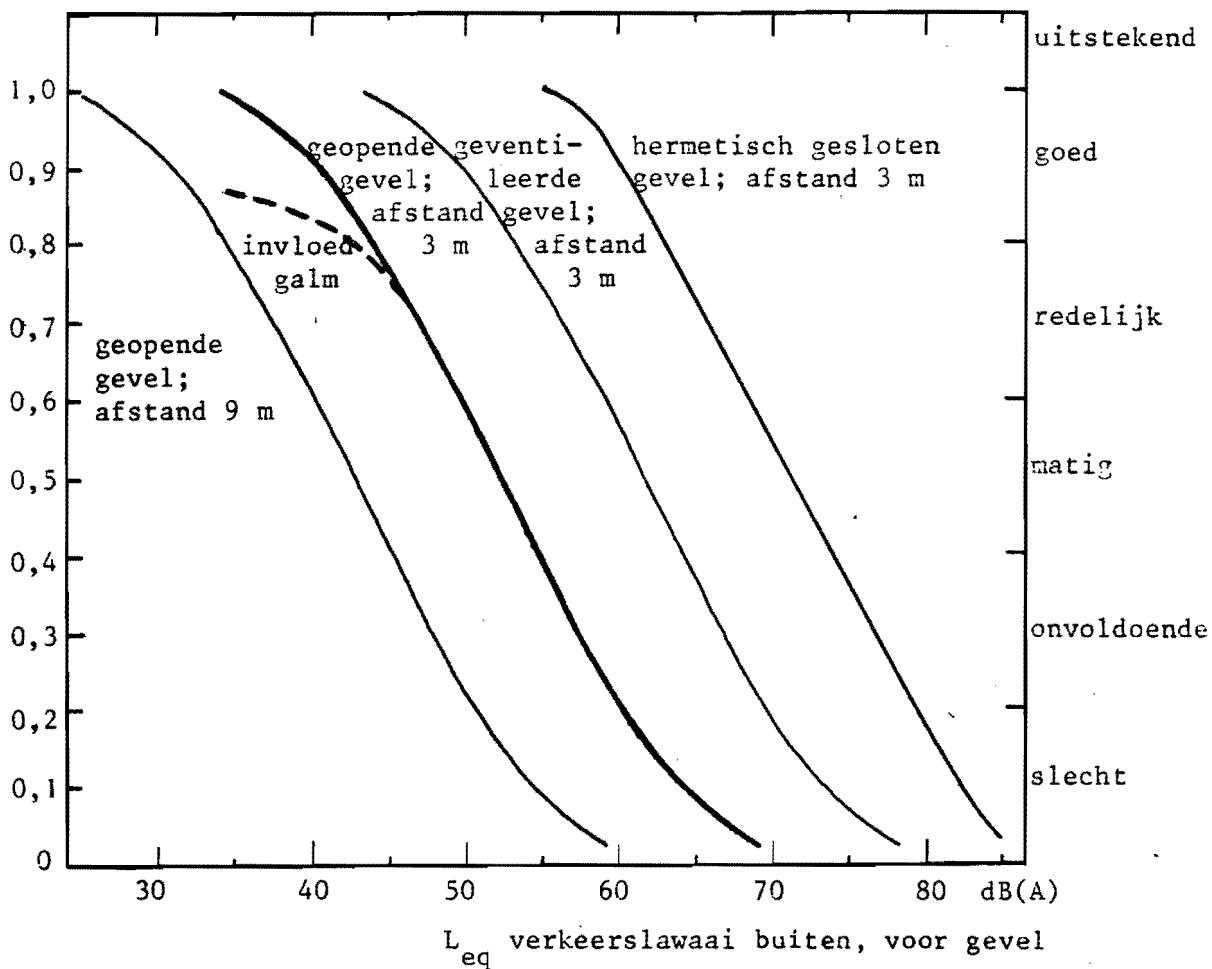
De articulation index in een woning als functie van het equivalent geluidniveau van het verkeerslawaai voor de gevel; normaal spraakniveau op 3 m afstand (50 dB(A)) en geopende gevel (niveauverschil 10 dB(A))

- voor standaardverkeersspectrum
- ▨ spreiding door luchtdemping, bodemdemping tot ca. 250 m afstand of enige afscherming
- ▧ spreiding door grote afscherming en bodemdemping
- ▩ bij meer dan 250 m afstand voor lage bron en ontvanger

N.B.

Deze waarden gelden bijvoorbeeld ook voor de situatie buiten bij een onderlinge afstand van 1 m en binnen met een geventileerde gevel voor een afstand van 9 m.

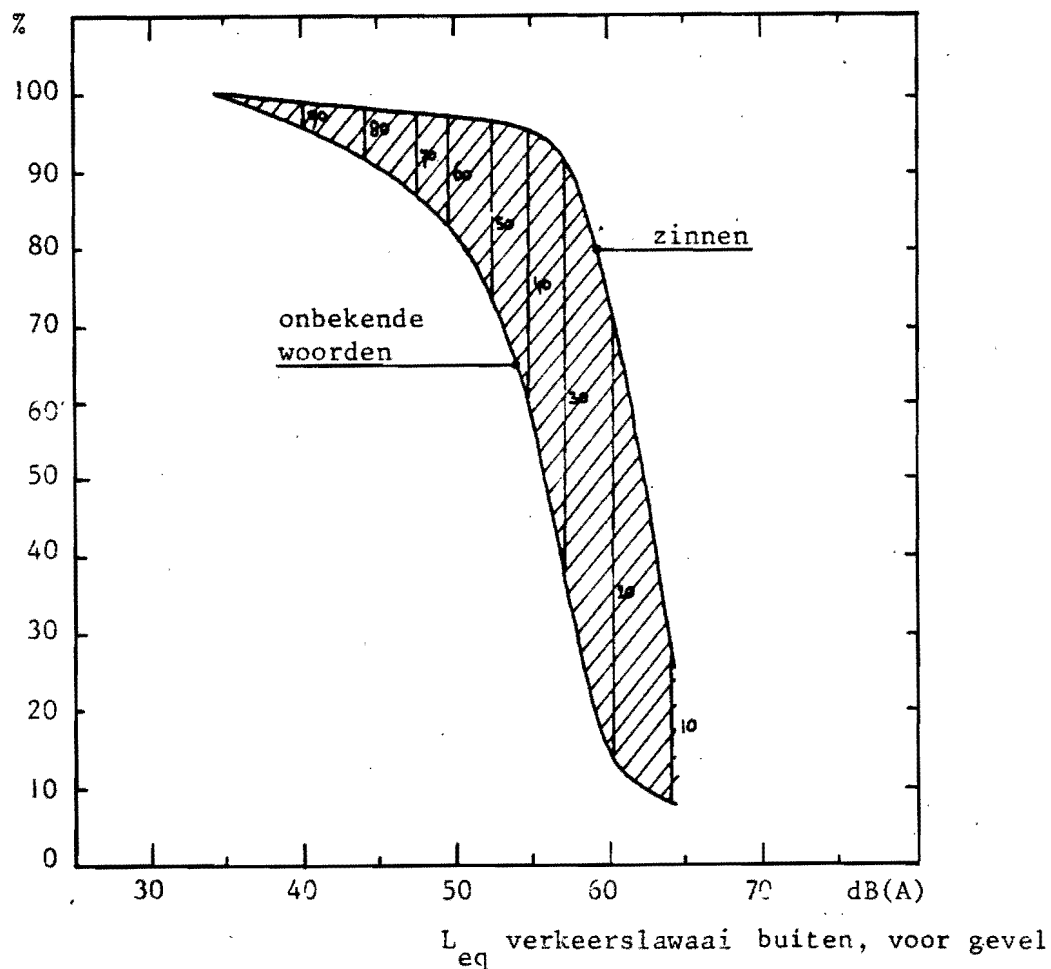
Articulation index



Figuur 5

De articulation index als functie van het equivalent geluid-niveau van het verkeerslawaai in dB(A) voor de gevel in verschillende situaties, uitgaande van het standaardverkeerslawaaispectrum. Voor één situatie is tevens de invloed aangegeven van het in rekening brengen van de storende werking van galm in een normale gemeubileerde kamer.

Woord- en zin verstaanbaarheid



Figuur 6 Verband tussen verstaanbaarheid van losse woorden en zinnen en het equivalent geluidniveau van verkeerslawaai voor de gevel bij geopende gevel en 3 m afstand tot de spreker.

In het gearceerde gebied is de articulation index aangegeven door verticale lijnen.

b.v. documentatie -
systemen

1. VL-DR-17-03
2. Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid
3. Ir. E. Gerretsen
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH
5. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
6. Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer
8. September 1975
15. Is deelrapport van VL-HR-17-02
"Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer"

b.v. documentatie -
systemen

1. VL-DR-17-03
2. Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid
3. Ir. E. Gerretsen
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH
5. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
6. Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer
8. September 1975
15. Is deelrapport van VL-HR-17-02
"Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer"

b.v. documentatie -
systemen

1. VL-DR-17-03
2. Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid
3. Ir. E. Gerretsen
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH
5. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
6. Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer
8. September 1975
15. Is deelrapport van VL-HR-17-02
"Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer"

b.v. documentatie -
systemen

1. VL-DR-17-03
2. Het verband tussen spraakverstaanbaarheid en de sterkte van wegverkeersgeluid
3. Ir. E. Gerretsen
4. Technisch Fysische Dienst TNO-TH
5. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
6. Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer
8. September 1975
15. Is deelrapport van VL-HR-17-02
"Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer"

13. Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index (AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effekt relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woonsituatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effekt relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (Leq) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".

13. Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index (AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effekt relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woonsituatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effekt relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (Leq) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".

13. Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index (AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effekt relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woonsituatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effekt relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (Leq) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".

13. Van verschillende methoden om de invloed van stoorlawaai op de spraakverstaanbaarheid weer te geven wordt een korte beschrijving gegeven. Uit een onderlinge vergelijking blijkt dat de beste methode daarvoor de articulation index (AI) is. Het verband tussen de AI (spraakverstaanbaarheid) en het verkeerslawaainiveau in dB(A) is redelijk eenduidig en kan worden beschouwd als een goede beschrijving van de dosis-effekt relatie voor de woonsituatie met betrekking tot de mogelijkheden tot communicatie en informatie-overdracht. Op grond van beschouwingen omtrent de gewenste mate van ongestoorde communicatie in de woonsituatie, tevens rekening houdend met personen met gehoorverliezen, kan op grond van die dosis-effekt relatie worden gesteld dat bij een verkeerslawaainiveau (Leq) buiten voor de gevel van ten hoogste 45 dB(A) de situatie nog als "goed" kan worden aangemerkt, bij een niveau rond 55 dB(A) als "matig" en bij een niveau van 65 dB(A) en hoger als "slecht".