

# Een technische beoordeling van de effectiviteit van geluidsschermen

Deze publicatie is een Nederlandstalige samenvatting van I-INCE publication 98-1 'Technical assessment of the effectiveness of noise walls'. Dit rapport is een 'draft report' van het International Institute of Noise Control Engineering en is opgesteld door een internationale commissie met leden uit 14 landen. De studie betreft het maken van een objectieve en globale kijk op de effectiviteit van een geluidsscherm zoals deze kan worden geplaatst langs een verkeersweg, een spoorlijn en bij vliegvelden. Het rapport geeft een samenvatting van wetenschappelijke achtergronden van schermen. Besproken wordt de kwantificatie van de effectiviteit van geluidsschermen, de fysische verschijnselen (inclusief de effecten die samenhangen met de overdracht van geluid en andere vormen van geluidsschermen) en de verschillende metamodellen om het effect van een geluidsscherm te voorspellen. Tevens is een kort overzicht gegeven van de verschillende toe te passen materialen voor de opbouw van een scherm. De meetmethode om de effectiviteit van geluidsschermen te bepalen wordt bediscussieerd. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de belangrijkste toepassingsgebieden van geluidsschermen (zoals ter vermindering van wegverkeerslawaai, railverkeerslawaai en van bewegingen en activiteiten van vliegtuigen op de grond). Het gehele rapport eindigt met een aantal samenvattende conclusies en geeft een aantal aanbevelingen voor toekomstig onderzoek.

Hans van Leeuwen

In het algemeen kan de effectiviteit van een geluidsscherm worden vastgesteld door de insertion loss, of het invoegverlies, van een geluidsscherm te bepalen. Dit invoegverlies is gedefinieerd als het verschil in geluidsniveau op een gegeven punt zonder geluidsscherm en het geluidsniveau nadat het scherm is gebouwd. Het invoegverlies is het meest van belang voor diegenen die te maken hebben met het ontwerp, de opbouw, de constructie en de akoestische effecten van het geluidsscherm. Het invoegverlies is uit te drukken in een dB-waarde of in een dB(A), bijvoorbeeld geldend voor het spectrum voor wegverkeerslawaai. De meest belangrijke parameter waar dit invoegverlies van afhangt, is de frequentie (of een frequentieband). Hoge frequenties zullen immers meer afgeschermd worden. Verder is van belang dat het invoegverlies niet helemaal gelijk is aan de reductie van het geluid als gevolg van diffractie (effect van afscherming door de breking van geluidsgolven). Door het plaatsen van een geluidsscherm zal immers in veel gevallen de reductie van geluid, als gevolg van akoestische absorptie door de bodem, verminderd worden.

## Over de auteur

Ing. J.J.A. van Leeuwen

is adviseur bij dgmr raadgevende ingenieurs b.v. te Den Haag en lid van de I-INCE Working Party "Effectiveness of Noise Walls"

## Fysische aspecten van de overdracht van geluid in de buitenlucht

Bij de overdracht van geluid in de buitenlucht is een aantal verschillende aspecten te onderscheiden, die een verzwakking van het geluid tot gevolg hebben. De belangrijkste zijn de verzwakking door geometrische uitbreiding, door bodemabsorptie en door luchtabsorptie. Uiteraard is ook de verzwakking door diffractie van belang. Belangrijk is dan om te realiseren dat de meteorologische omstandigheden effect hebben op de geluidsoverdracht. In figuur 1 is de invloed van de propagatie van geluid onder gunstige en onder ongunstige weersomstandigheden weergegeven.

Er zijn diverse fysische aspecten die invloed hebben op afscherming van geluid. De belangrijkste zijn de volgende:

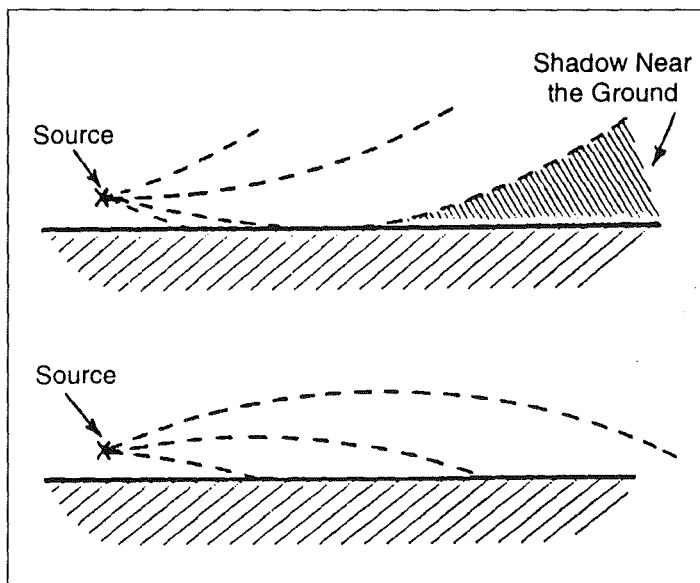
- De hoogte van het geluidsscherm.
- De afstand tussen het geluidsscherm en de geluidsbron en tussen het geluidsscherm en de ontvanger.
- Het geluidsabsorberend materiaal in de situatie van een enkelvoudig geluidsscherm en effecten in relatie tot reflecterende vlakken bij de geluidsbron.
- Het geluidsabsorberend materiaal in de situatie van parallelle geluidsschermen.
- Atmosferische effecten.
- Effecten bij bewegende geluidsbronnen ofwel effecten die tijdafhankelijk zijn.
- De geluidsisolatie van een geluidsscherm.

## Hoogte van het scherm en afstanden tussen bron, scherm en ontvanger

Het zal duidelijk zijn dat de hoogte van het geluidsscherm een zeer belangrijke parameter is. Een hoger geluidsscherm is effectiever. Uit rekenmodellen komt naar voren dat de akoestische omweg van het geluid (verschil in overdrachtspad zonder en met geluidsscherm) direct van belang is. In de situatie van een enkelvoudig geluidsscherm is het geluidsabsorberend materiaal van belang ter vermindering van reflecties tegen langsrijdende vrachtwagens en treinwagons. Een en ander is in figuur 2 aangegeven. Bij deze reflecties is dus opnieuw de afstand tussen scherm en geluidsbron van belang en ook is deze reflectie sterk afhankelijk van de hoek van inval van de geluidsgolf.

## Akoestische absorptie

In de publicatie is vermeld dat, zowel in de situatie van een enkelvoudig geluidsscherm als in de situatie van parallelle geluidsschermen, reflecties een ongunstig effect zullen geven. Reflecties tegen het scherm zullen leiden tot een verhoging van het geluidsniveau op andere locaties. Dit is tegen te gaan door het toepassen van een geluidsabsorberend materiaal. Ook het plaatsen van een geluidsscherm onder een hoek, zoals dit in figuur 3 is aangegeven, heeft invloed op reflecties. Aan de overzijde direct achter het scherm zal het geluid beïnvloed worden door reflecties. Een dergelijke opstelling kan echter leiden tot verhoging van het geluidsniveau op verder weg gelegen



**Figuur 1:** Boven: De kromming van geluidsstralen bij propagatie tegen de wind in, of door zonnige dagen. Onder: De kromming van geluidsstralen bij propagatie met de wind mee of bij temperatuursinversie.

locaties. Een ander aspect is het feit dat hetzelfde geluidsscherm binnenwaarts hellend (naar de weg toe) een hogere effectiviteit bezit. Dit in verband met een groter weglengteverschil.

Opgemerkt moet worden dat in situaties met een geluidsscherm er überhaupt een reflectie van het geluid zal optreden, die zich zonder scherm nooit zal voordoen. Het materiaal van het geluidsscherm zou in de ideale situatie bijzonder hoog absorberend moeten zijn. In laboratoriumsituaties wordt dit wel bereikt, maar dit zal in de praktijk, door allerlei beperkingen zoals bevestigingskolommen en vervuiling, niet optreden. Hiernaast geldt dat de volledige absorptie ook bij de lagere frequentiebanden van toepassing moet zijn.

#### Effecten die tijdsafhankelijk zijn

Aangezien het effect van een geluidsscherm afhankelijk is van de plaats van de geluidsbron zijn er dus ook effecten die tijdsafhankelijk zijn. Een geluidsscherm zal een variërend effect hebben voor een voertuig direct achter het scherm (dus loodrecht op de weg) ten opzichte van datzelfde voertuig dat vanuit de waarnemer wordt gezien onder een zichthoek van bijvoorbeeld 45 graden of minder.

#### Geluidsisolatie van het scherm

Vanuit de theorie moet worden vastgesteld dat de geluidsisolatie van een geluidsscherm ten minste 10 dB

(voor iedere relevante frequentieband) beter moet zijn dan het gewenste invoegverlies van het geluidsscherm. Alleen in deze situatie is de bijdrage van de geluidstransmissie door het scherm te verwaarlozen. Deze bijdrage door het scherm heeft dan een effect van minder dan 0.5 dB op het eindresultaat.

#### Vormen van geluidsschermen

Optimalisatie, door het aanpassen van de vorm van het geluidsscherm, is op veel plaatsen onderzocht. Een objectieve vergelijking is meestal moeilijk, aangezien fabrikanten hun optie niet vergelijken met een scherm met een exact gelijk diffractiepunt. Uiteindelijk blijkt er wel een verbetering op te treden, door een aangepaste vorm in combinatie met een akoestisch absorberend materiaal bij de top van het scherm. Er worden dan verbeteringen tussen circa 0.5 en 3 dB behaald. Het blijkt echter dat deze hoogste waarde alleen wordt bereikt bij heel grote diffractiehoeken, dus de bron heel dicht achter het geluidsscherm.

De commissie is van mening dat, door het plaatsen van een dun geluidsscherm op de top van een (absorberende) geluidswal, het totale effect niet wordt verbeterd. Uit onderzoek is gebleken dat door het plaatsen van dit scherm, het effect van absorptie aan de top van de wal teniet wordt gedaan. (Dit effect is in het verleden ook waargenomen door dgmr in een niet-openbaar gepubliceerd onderzoek.)

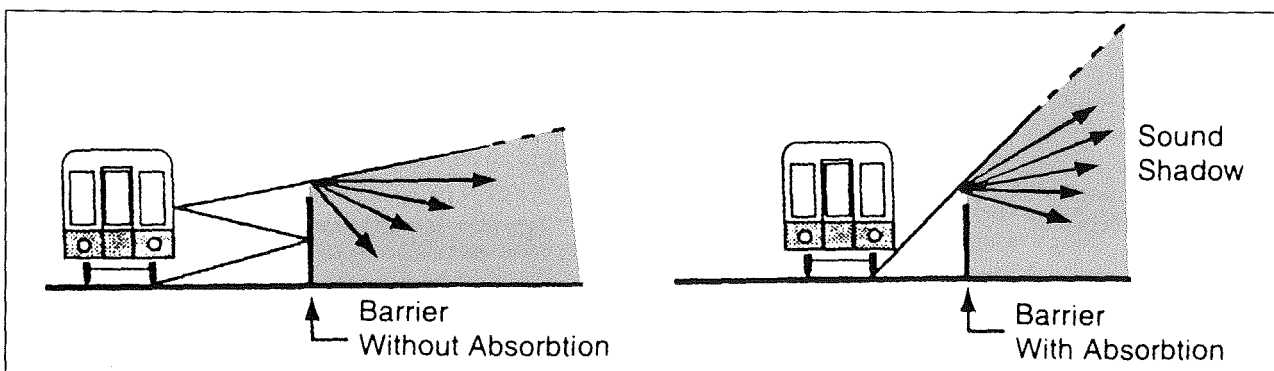
#### Modellen om het effect van een scherm te voorspellen

Modellen zijn op te splitsen in empirische en theoretische modellen. Het meest belangrijke empirische model is gebaseerd op de studies van Maekawa en van Kurze/Anderson. Hun modellen zijn gebaseerd op het weglengteverschil en op het Fresnelgetal. Verder zijn er modellen op basis van de geometrie waarbij het effect van diffractie is ingebracht. In een aantal gestandaardiseerde voorspellingsmodellen is de berekening gebaseerd op het weglengteverschil.

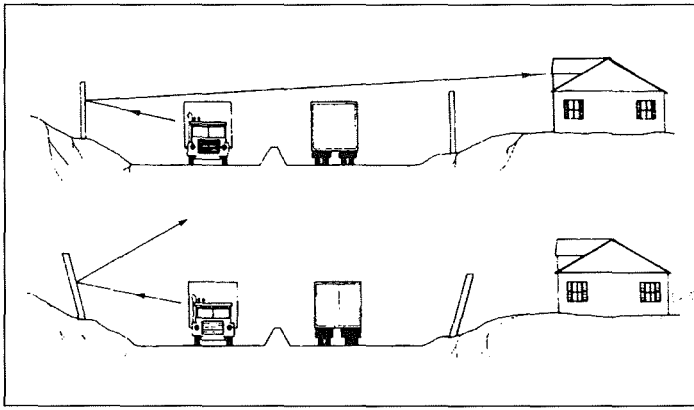
Theoretische modellen zijn gebaseerd op numerieke oplossingen zoals boundary elements en parabolic equation. Bij deze theoretische oplossingen moet opgemerkt worden dat deze uitgaan van een geselecteerde omstandigheid (zoals een geselecteerde windsnelheid en temperatuurverdeling) en dus minder van een gemiddelde situatie.

#### Metingen aan geluidsschermen

In-situ-metingen ter bepaling van het effect van geluidsschermen zijn op twee manieren te onderscheiden.



**Figuur 2:** De effecten van geluidsabsorberend materiaal op een geluidsscherm.



**Figuur 3:** Boven: De verzwakking veroorzaakt door een geluidsscherm aan een zijde van de bron neemt af als gevolg van reflecties tegen het reflecterende geluidsscherm aan de overzijde. Het toepassen van akoestische absorptie zal verbetering geven. Onder: Het verminderen van de bijdrage door reflecties kan ook worden bewerkstelligd door het hellend plaatsen van het scherm.

Het meest eenduidig is het uitvoeren van een meting direct voor en direct na het plaatsen van het geluidsscherm. Indien dit niet mogelijk is moet de 'voor plaatsing' meting worden uitgevoerd op een alternatieve doch equivalente locatie.

### Toepassingen van geluidsschermen

Wereldwijd gezien worden geluidsschermen het meest toegepast langs verkeerswegen. Dit is te verwachten aangezien wegverkeerslawaai een zeer belangrijke bron van hinder is. Wegen liggen vaak dicht bij woningen. Geluidsschermen langs wegen zijn meestal 2 tot 3 m hoog, maar bij dichtbevolkte plaatsen is een kenmerkende hoogte tussen 3 en 6 m. Er worden ook geluidsschermen tot 8 m hoogte gebouwd. Er is een aantal ervaringen met parallelle schermen langs wegen waar er sprake is van een significante vermindering van het effect ten opzichte van de enkelvoudige toepassing. Deze reductie van het effect is afhankelijk van de verhouding van de afstand tussen de beide schermen ten opzichte van de hoogte. Er kan bij parallelle schermen een significante vermindering van het effect van 2 tot 6 dB optreden.

In een aantal Europese landen worden ook langs spoorlijnen steeds vaker geluidsschermen toegepast. Over het algemeen zijn deze geluidsschermen lager dan de schermen die toegepast worden voor wegverkeer. Er zijn echter ook langs spoorlijnen geluidsschermen bekend tot 8 m hoogte. Een belangrijk verschil tussen de toepassing van schermen bij wegen ten opzichte van spoorlijnen is dat bij spoorlijnen het scherm veelal dicht bij de bron wordt geplaatst. De effectiviteit is dus hoger. Verder is, door plaatsing dicht bij de bron, de noodzaak van akoestische absorptie hoger.

De derde belangrijke toepassing is het plaatsen van geluidsschermen bij vliegvelden. Dit geldt voor proefdraaien van toestellen op de grond en voor bewegingen van vliegtuigen langs start- en landingsbanen. Typische schermhoogten zijn 6 tot 10 m. Er worden ook geluidswallen toegepast.

### Aanbevelingen voor nader onderzoek

De commissie beveelt nader onderzoek aan ter verbetering van de voorspellingsmodellen. Het voorspellen van alleen een A-gewogen reductie kan niet voldoende zijn. Er

moet meer aandacht geschonken worden aan het maken van een voorspelling per frequentieband. (Zo heeft wegverkeer op normaal asfalt een ander spectrum dan wegverkeer op zoab.) Een voorspelling per frequentieband kan dan ook de weg openen naar een effectiviteitsbepaling in andere loudness-schalen zoals sons en phons.

Tevens moet er, ter verbetering van het gebruik van voorspellingsmodellen, meer aandacht besteed worden aan het karakteriseren van de geluidsbronnen van auto's, vrachtauto's en verschillende soorten treinen. Hierbij moet onder andere rekening gehouden worden met het geluid afkomstig van het band/wegdekcontact, of wiel/railcontact, de motor, uitlaat, koeling, en/of aërodynamische geluidsbronnen. Deze bronkarakterisatie moet onder andere plaatsvinden voor bronhoogte en geluidsspectra.

Er moet aandacht besteed worden aan de effectiviteit van geluidsabsorberend materiaal van geluidsschermen. Verder moet er ook meer aandacht besteed worden aan de effectiviteit van een geluidsscherm bij verouderingseffecten en bij bepaalde weersomstandigheden. Indien deze uniform zijn bepaald kan dit een verbeterde analyse geven van de werking van een geluidsscherm bij die omstandigheden.

Te aanzien van het Nederlandse rekenmodel moet nader gekeken worden naar de effectiviteit van een geluidswal in relatie tot een recht geluidsscherm. In relatie tot de ervaring in het buitenland is de in Nederland gebruikte rekenmethode, met tophoekcorrectie, niet geheel overeenkomstig de werkelijkheid.

### Conclusie

In het algemeen heeft de commissie geconcludeerd, dat het toepassen van geluidsschermen een effectieve methode is om geluid te bestrijden. Hiervoor zal over het algemeen een geluidsscherm tussen 2 tot 6 m hoogte toegepast worden. De in de praktijk gevonden reductie ligt tussen 5 en 12 dB maar ook worden reducties tot 25 dB gerealiseerd.

Het gebruik van een akoestisch absorberend materiaal voor een geluidsscherm is van belang om de effectiviteit van een geluidsscherm te verbeteren. Parallel geplaatste geluidsschermen langs beide zijden van een weg zullen de effectiviteit verminderen. Het gebruik van absorberend materiaal is in een dergelijke situatie van belang.

In het algemeen is tevens geconcludeerd dat documentatie over geluidsschermen voor de praktijk bijzonder moeilijk te interpreteren is.

### Literatuur

Technical assessment of the effectiveness of noise walls, Gilles. A. Daigle, I-INCE publication 98-1, Noise/News International 1998 March.