VAAK GESTELDE VRAGEN OVER GELUID - Hoofdstuk 2

redactie: Elly Waterman

Voor Inhoudsopgave klik hier.

Ads door Google

Geluidswerend Materiaal?
Nieuw plaatmateriaal: Permoxxboard Spectaculaire eigenschappen!
www.permoxx.nl/ei...

Trillingsmetinger
De expert in trillingsmetingen! Snel geplaatst en scherpe tarieven.
www.tvw-expertise...

Geluid & Trillingscursus
Praktijkcursus Meten van Geluid Praktijkcursus Meten van Trillingen
www.mollenkramer...

Akoestisch Spuitwerk
naadloos absorberend akoestisch absorberend spuitwerk scherp tarief
www.acosorb.nl

2. De basis van de akoestiek

2.1 Wat is geluid?

Geluid is een snel wisselende druk golf in een medium. Meestal bedoelen we hoorbaar geluid. Dat is de ervaring (gevoeld door het oor) van zeer kleine en snelle veranderingen van de luchtdruk, boven en onder een constante waarde. De "constante" waarde is de luchtdruk van de atmosfeer (ongeveer 100,000 Pascal, Pascal is de eenheid van druk). De luchtdruk van de atmosfeer veranderd langzaam, zoals te zien is op een barometer. Bij geluid veranderd de luchtdruk snel. De geluidsgolf neemt ook energie met zich mee, maar die energie is heel gering. Geluid wordt vaak afgebeeld als een sinusgolf, maar fysisch gezien is geluid een longitudinale golf, de golfbeweging is in de richting van de beweging van de energie. De toppen van deze golf zijn de drukmaxima, de dalen van deze golf zijn de drukminima.

Hoe klein en snel zijn de wisselingen van de luchtdruk die geluid veroorzaken? Als de snelle veranderingen van de druk tussen 20 en 20,000 keer per seconde voorkomen dan is geluid hoorbaar (d.w.z. bij een frequentie tussen 20Hz and 20kHz, Hz=Hertz is de eenheid van frequentie). De drukschommelingen bij geluid zijn zeer klein. Deze zijn soms maar een paar miljoenste van een Pascal. Om die kleine drukverschillen te horen moet het oor dus heel gevoelig zijn. Bewegingen van het trommelvlies zo klein als een diameter van een waterstofatoom kunnen al hoorbaar zijn! Luider geluid wordt veroorzaakt door grotere wisselingen in de druk. Een geluidsgolf van 1 Pascal zal bijvoorbeeld heel hard klinken, mits de meeste geluidsenergie in de middenfrequenties zit (1kHz - 4 kHz. In dit frequentie gebied is het menselijke oor het gevoeligst. Het zachtste geluid dat iemand kan horen van een 1 kHz geluidsgolf is ongeveer 20 micropascal. Dat heet de geluidsdrempel.

Wat maakt geluid?
Geluid wordt gemaakt als de lucht op één of andere manier wordt verstoord, bijvoorbeeld door een trillend object. Door de luidspreker conus van een gewone hifi installatie bijvoorbeeld. Het is mogelijk om de beweging van een basluidspreker met het blote oog te zien, mits er zeer laagfrequent geluid uit komt. De conus beweegt heen en weer. Als de conus naar voren beweegt, dan wordt de lucht ervoor samengedrukt. De luchtdruk wordt dan vlak voor de conus iets hoger. Als daarna de conus weer naar achter beweegt, dan wordt de luchtdruk iets lager. De pakketjes met dikkere en dunnere lucht bewegen zich van de luidspreker af, ondertussen blijft de conus heen en weer bewegen. Zo ontstaat een geluidsgolf met om-en-om een hoge en een lage druk, die van de conus af beweegt. De snelheid van deze golf is de geluidssnelheid.

Belangrijk

Geluid is voor horende mensen erg belangrijk. Geluid wordt als volgt gebruikt en ervaren:

- voor onderlinge communicatie, spraak en gehoor,
- als waarschuwingssingaal, bijvoorbeeld bij een toeter van een auto, een overweg, een brandalarm en dergelijke
- voor amusement en ontspanning als muziek
- als rustgevend achtergrond geluid, hetgeen kan ontaarden in muzak
- als hinderlijk lawaai

2.1.1 Hoe plant geluid zich voort?

Geluid plant zich voort in de vorm van geluidsgolven. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt af van het medium waarin de geluidsgolf zich voortbeweegt. Bij lucht bijvoorbeeld de temperatuur, vochtigheidsgraad en eventuele tegenwind. Geluidsgolven variëren in grootte, afhankelijk van de trillingsfrequentie. Hoe hoger de trillingsfrequentie (dus hoe meer golfjes per tijdseenheid en ook per lengte-eenheid), hoe hoger de waargenomen toon. Voor mensen hoorbare trillingsfrequenties liggen tussen de 20 en 20.000 Hz. Hogere frequenties (dus kortere golven) tot 800 MHz noemt men ultrasone trillingen. Nog hogere frequenties worden hypersone trillingen genoemd.

Geluidsgolven gedragen zich net als bijvoorbeeld watergolven. Ze kunnen zich bij grote druk ophopen, of ze kunnen rond een obstakel buigen, tegen een vaste wand terugkaatsen en bij overgang naar een ander medium afbuigen. Geluid met lange golven (lage tonen) reist het verst omdat kleine voorwerpen de basisstructuur van de golven niet aantast. Dat is ook de reden waarom bijvoorbeeld de misthoorn van een schip zo'n lage toon heeft: hij moet zo ver mogelijk dragen. Het nadeel van lage tonen is echter wel, dat zij door een plat oppervlak minder goed worden gereflecteerd? dan hoge tonen met hun korte golfjes; deze laatste ketsen sneller af. Op dit effect zijn sonarpeilingen? gebaseerd. Wanneer de korte geluidsgolfjes afketsen op een voorwerp hoort men een hoge 'ping'toon. De frequentie hiervan valt binnen het kader van de ultrasone geluiden.

Geluidsgolven zetten de lucht of het medium waardoor het reist in beweging. Een saillant voorbeeld daarvan was het effect van de reuzendrum bij een Londens instrumentmakersbedrijf. Die bracht zulke lange geluidsgolven voort (minder dan 20Hz) en het geluid hiervan was dus zo laag, dat het voor het menselijk oor niet waarneembaar was. Maar wanneer de drum geslagen werd (men hoorde alleen een zacht, droge klap van het contact van slagbol met de drum) zag men wel de kleding van de omstanders flapperen.

Er zijn dieren, bijvoorbeeld de olifant die van deze, voor ons onhoorbare geluiden gebruik maken om over grote afstanden met elkaar te communiceren.

2.2 Wat is een decibel (dB)?

De decibel is een logaritmische eenheid die bij meerdere disciplines van de natuurkunde wordt gebruikt, dus niet alleen bij geluid. Voorbeelden zijn de Richter schaal voor aardbevingen, en de zuurgraad (pH) van vloeistoffen.

Een logaritmische schaal wordt gebruikt om de grootheid te vergelijken met een referentie waarde, vaak met de kleinste mogelijke waarde die kan voorkomen.

In de akoestiek wordt de decibel meestal gebruikt om geluidsdruk in lucht te vergelijken met een referentie druk. Als referentiedruk wordt de gehoordrempel gebruikt, dat is

Ads door Google

Relatie.nl - nu online
3 maanden Gratis
Full Membership

internationaal afgesproken zodat iedereen zich er aan houdt. Er zijn ook referenties voor geluidsintensiteit, voor geluidsvermogen en voor de geluidsdruk in water.

Referentiewaarde voor geluidsdruk (in lucht)	= 0.00002	= $2*10^{-5}$ Pascal (rms)
Referentiewaarde voor intensiteit	= 0.000000000001	= $1*10^{-12}$ Watt/m^2
Referentiewaarde voor geluidsvermogen	= 0.000000000001	= $1*10^{-12}$ Watt
Referentiewaarde voor geluidsdruk (in water)	= 0.000001	= $1*10^{-6}$ Pascal

Voor geluid wordt om de volgende redenen de decibel schaal gebruikt:

1. Geluid heeft een enorme bandbreedte, van 10^{-5} Pascal tot 10^{+5} Pascal of nog meer. Ook in water is dat het zo. De geluidsdruk van een onderzeeër kan acht ordes van grootte variëren, afhankelijk van de richting. Door de logaritmische schaal te gebruiken, worden de getallen redelijk klein, bijvoorbeeld geluidsniveau in lucht varieert 0 dB (de gehoordrempel) tot 120 dB (de pijngrens).
2. Het menselijk gehoor werkt ook min of meer volgens een logaritmische schaal. Een toename van 3 dB ervaart de mens als "iets harder", terwijl de geluidsdruk in Pascal dan 2x zo hoog is.

2.2.1 Hoe hard klinkt een decibel?

In de onderstaande tabel zijn voorbeelden gegeven van het geluidsniveau van diverse bronnen.

Bron: Oscar van Vlijmen http://home.hetnet.nl/~vanadovv

dB(A)	Beleving	Voorbeelden
0	Hoordrempel	
10	Net hoorbaar	Normale ademhaling, vallend blad
20		Radiostudio, boomblaadjes in de wind, fluisteren op 1.5 m
30	Erg stil	Bibliotheek (30-40 dB), zacht gefluister op 5 m, opnamestudio
40		Huiskamer, slaapkamer, rustig kantoor, rustige woonbuurt, vogels bij zonsopkomst, zacht geroezemoes in een klas
50	Rustig	Licht autoverkeer op 30 m, eigen kantoorkamer, regen, koelkast, in het bos
55		Koffiezetapparaat, elektrische tandenborstel (50-60 dB)
60	Indringend	Airconditioning (50-75 dB), normale conversatie, wasmachine (50-75 dB), vaatwasser (55-70 dB), naaimachine, wasdroger, pianospel (60-70 dB), F16A straaljager op 6000 m hoogte (59 dB)
70	Storend bij telefoneren	Verkeer op de snelweg, druk kantoor, elektrisch scheerapparaat (50-80 dB), stofzuiger (60-85 dB), geluid van hard staande TV, auto op 15 m, fortissimo zingen op 1 m afstand
75		Elektrische mixer, koffiemolen (70-80 dB), druk restaurant (70-85 dB), F16A straaljager op 3000 m hoogte (74 dB)
80	Hinderlijk	Wekkeralarm op 0.7 m, haardroger (60-95 dB), rumoerig kantoor, zwaar verkeer (80-85 dB) op 15 m, toilet doorspoelen

Kom en probeer het echt 100% gratis
relatie.nl

Waterdicht Hoorapparaat
Geniet nu grenzeloos van het leven! Vraag gratis de informatiemap aan.
WaterdichteHoortoe...

Trillingdemper
Vele afmetingen in NR, SBR, CR, EPDM ook in RVS tevens specials
www.thovip.nl

Specsavers Hoorservice
2 hoortoestellen voor prijs van 1! Kom voor gratis hoortest.
www.specsavers.nl/...

		(75-85 dB), deurbel, rinkelende telefoon, fluitende ketel, gemotoriseerde maaimachine (65-95 dB), machinaal handgereedschap, pneumatisch gereedschap op 15 m, kamermuziekorkestje (75-85 dB), klassieke gitaar van dichtbij
85		Handzaag, mixer met ijs (83 dB), foodprocessor (80-90 dB), F16A straaljager op 1500 m hoogte, geluid van vliegtuig door de geluidsbarrière (80-89 dB)
90	Zeer hinderlijk, gehoorbeschadiging na 8 u	Zware vrachtwagen op 15 m, bulldozer op 15 m, druk stadsverkeer, mixer (80-90 dB), tractor, vrachtwagen, schreeuwend praten, gejuich bij rustig sportevenement, gillend kind, passerende motorfiets, kleine luchtcompressor
95		Elektrische drilboor, op de snelweg rijden met open dak, viool (84-103 dB), fluitspel van dichtbij (85-111 dB), trombone van dichtbij (85-114 dB), F16A straaljager op 600 m hoogte
100	Zeer luid	Zware vuilniswagen, naar vuurwerk kijken, metro (90-115 dB), machine in fabriek, klas in timmerschool, motorfiets (95-110 dB), sneeuwmobiel, danszaal, boom box, diesel vrachtwagen, ketelslager, grote luchtcompressor, pneumatische beitel, krachtig spuitend gaslek, versnellingsbak auto, in de auto op drukke snelweg, F16A straaljager op 300 m hoogte
105		Sneeuwblazer, helikopter op 30 m (100-105 dB), krachtige maaimachine, pauken, roffel op grote trom, F16A straaljager op 150 m hoogte (107 dB)
110	Extreem luid	Heimachine, rockconcert (110-130 dB), schreeuwen in iemands oor, gillend huilende baby, speelgoed piepbeestje dicht tegen het oor, motorzaag, bladblazer, disco, drukke videospelhal, symfonieorkest gemiddeld niveau, onveilige walkman op zijn hardst (112 dB), op een sneeuwmobiel rijden, zandstralen, hard spelende radio of hifi, F16A straaljager op 90 m hoogte
115		Krijsende metrowielen
120		Luidste menselijke stem, autoclaxon op 1 m, startend vliegtuig op 70 m, klinkhamer, kettingzaag (120-125 dB), hameren op een spijker, pneumatische boor (100-120 dB), zware machine, sirene van ambulance, voetbal in het stadion (117 dB), klas met schreeuwende kinderen
125		Hifi in de auto (normale installatie), piek van symfonieorkest (120-137 dB)
130		Donderslag (120-130 dB), pneumatische hamer, zeer krachtige boormachine, luchtalarm, slagwerksectie van orkest, stock-car race, grote ventilator van 100000 kuub/u
135	Pijngrens volgens andere bron	Sommige luide speelgoedpiepbeestjes
140	Pijngrens	Luchtalarmsirene van dichtbij, vliegtuigen op vliegdekschip, propellervliegtuig van dichtbij, straalvliegtuig op 300 m (135-145 dB)
150	Permanente gehoorschade volgens andere	Startend straalvliegtuig van dichtbij, artillerie op 150 m, voetzoeker, knallen van een ballon (157 dB), piek van rockconcert of normaal niveau nabij de luidsprekers

Ads door Google

Hoortoestellen Merken
De beste hoortoestel batterijen 60 stuks à € 29,95. Snel in huis.
www.55pluscenter.nl

Diverse 10dB

	bron	
160		Ramjet van dichtbij, vuurwerk op 1.5 m, geweerschot (163 dB), pistoolschot (166 dB)
170		Schot van krachtig hagelgeweer
180	Onherstelbare gehoorschade	Raketlanceerplatform
194		Saturnusraket (geluidsdruk is 1 atmosfeer)

2.3 Hoe wordt geluid gemeten?

Voor geluidsmetingen wordt een geluidsniveaumeter gebruikt. Deze bestaat uit een gevoelige microfoon, een versterker en een wijzer (tegenwoordig meestal een LCD scherm). Hiermee wordt direct de decibelwaarde van de geluidsdruk afgelezen, het "Sound Pressure Level"

Sound Pressure Level = 20 x log (p/0.00002) dB
"p" is in deze formule de geluidsdruk in Pascal, het getal onder de breukstreep is de referentiedruk.

Vaak wordt het "maximum" niveau afgelezen, of het allerhoogste "piek" niveau. Voor de beleving van het geluid door mensen, of om de totale geluidsenergie te meten, is echter het gemiddelde (rms=root mean square) niveau over de tijd belangrijker. Als er een bepaalde tijd wordt gemeten, geeft het piekniveau de hoogste waarde, het "maximum" is lager, en het gemiddelde (rms) niveau is het laagste.

piek > max > rms.

De eerste publicatie over een elektrische geluidsmeter was van George W Pierce in Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, v 43 (1907-8). Tientallen jaren later vond er een verschuiving plaats van paarderijtuigen naar auto's. Hierdoor veranderde het eeuwenlang constante geluidsklimaat in de steden. De komst van de gesproken film betekende ook een grote stimulans om geluidsmeters te ontwikkelen, maar er was nog steeds geen standaard methode voor geluidsmetingen. "Lawaai" (ongewenst geluid) werd een belangrijk publiek thema.

2.4 Wat betekent dB(A) of "A-gewogen"? en "C-gewogen"?

De dB(A) is de grootheid waarin de sterkte van het geluid in verreweg de meeste gevallen wordt weergegeven zodra het geluid in verband staat met de menselijke waarneming. De reden dat de dB(A) in plaats van een gewone decibel bij geluidsmetingen en geluidsberekeningen wordt toegepast heeft te maken met de gevoeligheid van het (menselijk) oor, die voor de verschillende frequenties van het geluid niet gelijk is. In de figuur hiernaast is deze weging weergegeven. Bij 1000 Hz wordt geen correctie uitgevoerd, de weging is daar 0 dB. Bij 10 Hz (helemaal links in de grafiek) bedraagt de weging -70 dB. Dat betekent dat een mens een toon van 10 Hz veel zachter hoort dan een toon van 1000 Hz met dezelfde fysische geluidssterkte, namelijk 70 dB zachter. Mensen zijn dan ook bijna doof voor zulke lage tonen.

oor heeft geen vlakke respons
over de frequentie

Ondervloeren
parket & laminaat. 6000+ klanten Va 1.95 p/m2 & Verzending va. 5.95E
kwaliteitparket.nl/1...

Fotoalbum Maken?
Maak Snel en Gemakkelijk Je Eigen Fotoalbum. Vanaf €1,99
Webprint.nl

Bouwaanvraag berekeningen
Snel en betrouwbaar EPC, ventilatie daglicht, GBO, WBDBO, geluid, etc.
www.sijperda-hard...

A weging van geluid.png

de A-weging

Een geluidsmeter met een "vlakke" respons zal de sterkte van het geluid met lage toonhoogte (bijvoorbeeld 100 Hz) even hard meten als het geluid met hoge toonhoogte (bijvoorbeeld 1000 Hz). Voor het menselijk oor klinkt die lage toon echter zachter. Het trommelvlies? samen met de hamer, stijgbeugel en het ronde venster gedragen zich als een mechanisch filter met een bepaalde frequentieband. Voor techneuten: de "-3 dB" frequenties van dit filter bedragen 500 Hz aan de lage kant, en 8000 Hz aan de hoge kant. Daarom wordt vaak bij geluidsmetingen een elektronisch filter gebruikt dat net zo verzwakt als het menselijk oor. Geluid dat is gemeten met dit A-filter wordt uitgedrukt in dB(A).

oor is ook niet lineair

Helaas is de menselijk ervaring van luidheid? ten opzichte van frequentie ook niet evenredig met de sterkte van het geluid. Als het geluid erg hard is (100 dB of meer), dan is de ervaring van de luidheid constanter over het hoorbare frequentiegebied (het filter is dan vlakker). Dan kunnen de "B" en de "C" weging gebruikt worden. In de praktijk worden deze wegingen echter maar weinig gebruikt. In de A-weging zit dit effect dus niet verwerkt.

historie

De eerste poging voor een standaard voor geluidsmeters (Z24.3) werd gepubliceerd door de American Standards Association in 1936, gesponsord door de Acoustical Society of America. In deze standaard stonden 2 frequentie wegings curves, "A" and "B" die waren gebaseerd op het karakter van het menselijk oor voor lage respectievelijk hogere geluidsniveaus.

wetgeving en dB(A)

Met de komst van diverse wetten, zoals de inmiddels vervallen Hinderwet, de Wet Geluidhinder, en de Arbo wet, werd de A-weging in feite aangenomen als de "juiste" weging. Hetzelfde gebeurde in de VS met de Walsh-Healy act in 1969. Met de A-weging kan het geluid in één getal worden uitgedrukt, in plaats van als een spectrum, dat veel moeilijker te begrijpen is voor niet-deskundigen. Bij het ontwikkelen van geluidsreducerende maatregelen is informatie over het gehele geluidsspectrum (bij alle frequenties dus) vaak wel noodzakelijk.

2.4.1 Wat is L_{den}?

De L_{den} (Level day-evening-night) is een maat om de geluidsbelasting door omgevingslawaai uit te drukken. Met ingang van 2004 wordt het gebruik van de L_{den} in alle Europese landen verplicht. Dit hangt samen met de implementatie van de Europese Richtlijn Omgevingslawaai.

Tot dat moment wordt de etmaalwaarde gebruikt om de geluidshinder te bepalen in de Nederlandse geluidswetgeving.

Voor de bepaling van L_{den} wordt het etmaal in drie periodes verdeeld:

- dagperiode 07.00-19.00 uur
- avondperiode 19.00-23.00 uur
- nachtperiode 23.00-07.00 uur

Eerst wordt per periode het equivalente geluidsniveau over een heel jaar bepaald, uitgedrukt in dB(A).

Bij de avond en de nachtwaarde wordt vervolgens een straffactor van respectievelijk 5 en 10 dB(A) opgeteld. De reden hiervan is dat een bepaald geluidsniveau in de avond en de nacht door het verminderen van geluiden uit de omgeving als hinderlijker wordt ervaren dan het geluid van overdag. Een andere reden is dat het voor eventuele slaapverstoring gedurende de nacht van belang is 's nachts strengere eisen te stellen. Er is geen wetenschappelijke basis voor de exacte grootte van deze straffactoren, maar ze worden algemeen gehanteerd.

De L_{den} is tenslotte het logaritmisch gemiddelde van de dag-, avond- en nachtwaarde, waarbij gebruik wordt gemaakt van een 'energetische' middeling. Dit betekent dat de duur van elke periode ook wordt meegewogen.

In formulevorm wordt de L_{den} als volgt berekend:

$$L_{\text{den}} = 10 \cdot^{10} \log \frac{12 \cdot 10^{L_{\text{day}}/10} + 4 \cdot 10^{(L_{\text{evening}}+5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{\text{night}}+10)/10}}{24}$$

Het verschil tussen de oude dosismaat L_{etmaal} en de nieuwe dosismaat L_{den} is de manier waarop de geluidsniveaus van de verschillende etmaalperioden (dag, avond en nacht) worden samengevoegd tot één getal. Bij L_{etmaal} geldt dat de maximale waarde van de drie etmaalperioden (de hoogste van de drie dus), inclusief de straffactoren, maatgevend is voor de waarde van L_{etmaal}. Bij L_{den} is dat een energetische middeling over de drie etmaalperioden.

Voor de wetgeving op geluidsgebied betekent dit dat het geluid in alle drie de periodes voortaan moet worden berekend en op de hier beschreven manier bij elkaar geteld.

Globaal gezien levert de L_{den} voor het geluid van wegverkeer of spoorwegverkeer een ongeveer 2 dB lager getal op dan de etmaalwaarde, maar dit kan afhangen van de specifieke situatie. Dat de getalswaarde lager wordt, betekent echter niet dat de wetgeving hierdoor zal worden aangescherpt. Men probeert de verandering normneutraal door te voeren.

Bron: Deze paragraaf is gebaseerd op de website van het ministerie en aangevuld door medewerkers van Wikipedia.

2.4.2 Wat was de etmaalwaarde?

De etmaalwaarde is een getal om de geluidsbelasting uit te drukken. De etmaalwaarde wordt in de Nederlandse geluidswetgeving voor het omgevingslawaai gebruikt vanaf ongeveer 1986. Vanaf 2004 wordt de etmaalwaarde vervangen door de L_{den}.

De etmaalwaarde is als gedefinieerd als de hoogste waarde van:

- De equivalente geluidsbelasting? gedurende de dag (07.00 - 19.00 uur)
- De equivalente geluidsbelasting gedurende de avond (19.00 - 23.00 uur), vermeerderd met een toeslag van 5 dB(A)
- De equivalente geluidsbelasting gedurende de nacht (23.00 - 07.00 uur)vermeerderd met een toeslag van 10 dB(A).

Voor wegverkeer heeft men een uitzondering gemaakt. Daar wordt de geluidsbelasting voor de avond niet meegenomen.

In de meeste gevallen is de nachtperiode maatgevend voor de etmaalwaarde. Dat betekent dat om aan de wetgeving te voldoen, er veelal alleen in de nachtperiode eisen worden gesteld. Dit principe gaat veranderen met de invoering van de Lden.

In de arbowetgeving wordt de etmaalwaarde niet gebruikt, daar gebruikt men het equivalente geluidsniveau zonder toeslagen voor de dag, avond of nacht.

2.5 Hoe tel je geluidsniveaus op?

Als er twee niet met elkaar verband hebbende ("ongecorreleerde") geluidsbronnen in een kamer zijn, bijvoorbeeld een radio met een gemiddeld geluidsniveau van 62.0 dB, en een televisie die geluid produceert met 73.0 dB, dan is het totale geluidsniveau in decibel een logaritmische optelling van 62 en 73 dB:

Gecombineerde geluidsniveau = $10 \times \log (10^{(62/10)} + 10^{(73/10)}) = 73.3$ dB

N.B. Bij optelling van twee verschillende geluiden, kan het totale niveau nooit meer zijn dan 3 dB boven de hoogste van de twee geluidsniveaus. Als er echter een fase relatie (correlatie) is tussen de twee geluidsbronnen, dan kan het totale niveau maximaal 6 dB hoger zijn dan de hoogste van de twee waarden.

2.6 Hoe werkt het oor?

Vanuit de buitenlucht komt het geluid op het trommelvlies terecht. Dat gaat hierdoor een beetje trillen. Het trommelvlies zit tussen het gehoorkanaal en het middenoor. In het middenoor liggen 3 kleine botjes (hamer, aanbeeld, stijgbeugel) tussen het trommelvlies en het ovale venster van het binnenoor. Deze botjes brengen de bewegingen van het trommelvlies over naar het ovale venster. Het binnenoor wordt slakkenhuis genoemd vanwege zijn spiraalvorm. Het slakkenhuis is gevuld met vloeistof en is ongeveer 4 cm lang. In het slakkenhuis zit het basilair membraan, waarop meer dan 10,000 haarcellen zitten. De haren van deze cellen gaan door de geluidsgolven in de vloeistof van het slakkenhuis bewegen en vertalen deze beweging in zenuwsignalen. De zenuwsignalen worden door de gehoorzenuw naar het gehoorcentrum in de hersenen doorgegeven. Een prachtige illustratie van dit alles staat hier.

Het basilaire membraan is breder aan het uiteinde dan aan de basis bij het ovale venster. Daardoor heeft het membraan een variërende stijfheid met de lengte. Het slakkenhuis wordt smaller naar het uiteinde toe. Dit alles heeft tot gevolg dat de tere haarcellen op verschillende posities op het membraan reageren op verschillende frequenties. Deze haarcellen worden niet geregenereerd zoals veel andere cellen in het lichaam. Ze kunnen daardoor onherstelbaar beschadigen door hoge geluidsdoses. Dit kan diverse

gehoorstoornissen tot gevolg hebben.

2.7 Bij welk geluidsniveau wordt geluid onveilig?

Het wordt sterk aanbevolen geluidsniveaus boven 100 dB(A) te vermijden. In een disco kan het geluid makkelijk boven de 100 dB(A) uitkomen! Ga hier liever niet te vaak naar toe. Gebruik gehoorbeschermers bij geluidsniveaus boven 85 dB(A), vooral als u langere tijd (meer dan een uur) aan lawaai wordt blootgesteld. Schade door lawaai wordt steeds erger en is niet omkeerbaar of te genezen. Ook kan door hoge geluidsniveaus oorsuizen ontstaan, dat zeer hinderlijk is. Als het op uw werk te lawaaiig is, ga dan naar uw bedrijfsleiding of directe baas. Als er geen actie wordt genomen, dan kunt u de Arbo dienst inschakelen als u vermoed dat het lawaai te hard is.

Onderstaand een indicatie hoe lang een werknemer volgens de Nederlandse wetgeving mag worden blootgesteld aan een bepaald geluidniveau, zonder gehoorbescherming te dragen:

Lawaainiveau	Max. Onbeschermde blootstelling
80 dB	8 uur
83 dB	4 uur
89 dB	1 uur
95 dB	15 min.
101 dB	3.75 min.
107 dB	56 sec.
113 dB	14 sec.
119 dB	3.5 sec.

Onderstaand een indicatieve lijst met geluidsniveaus, geproduceerd door machines. Ook al duurt de blootstelling hier kort wellicht, het is van belang gehoorbescherming te dragen.

Asfaltfrees wegenbouw	130dB
Hamer op metaal	117dB
Aantriller (wegenbouw)	115dB
Zware motorzaag	115dB
Slijptol	113dB
Cirkelzaag	110dB
Hoge drukspuit	110dB
Afkortzaag	110dB
Schaafbank	105dB
van Dikte bank	105dB
Lassen	100dB
Boren	100dB
Freesmachine	100dB

Door ultrageluid scans (bijvoorbeeld bij zwangerschap) ontstaat geen gehoorschade.

Een veiligheidsrisico bestaat ook bij langdurige blootstelling aan trillingen. Een voorbeeld is "witte vinger", dat voorkomt bij werknemers die bijvoorbeeld vaak een kettingzaag gebruiken met de hand.

2.8 Wat is geluidsintensiteit?

Geluidsintensiteit is een specialistische geluidsmaat. Het wordt uitgedrukt in decibel ten

opzichte van één picoWatt, 10 Watt per vierkante meter. Dit is bijna* gelijk aan het geluidsniveau in decibel. Dat geldt alleen als er geen staande golven of reflecties optreden, waardoor de effectieve impedantie kan verschillen van de impedantie van lucht in het vrije veld. In zijn volledige vorm hoort bij de geluidsintensiteit ook de richting waarin het geluid zich voortplant. De intensiteit is dus een vector grootheid.

*Bij een vlakke golf die door een oppervlak van A m^2 gaat is het geluidsvermogen gedefinieerd als de verhouding van de druk in het kwadraat tot de impedantie van de lucht:

I = p^2/(rho*c)

Als dit wordt gecombineerd met de eenheidvector in de voortplantingsrichting, dan is dit de hoeveelheid geluidsenergie per seconde die wordt doorgegeven per m^2 in de voortplantingsrichting.

Geluidsintensiteitsmetingen worden gebruikt bij de bepaling van de grootte en plaats van geluidsbronnen, als dat bij een gewone geluidsdruk meting niet mogelijk is.

2.9 Hoe neemt geluid af met afstand?

Op afstanden die groot zijn ten opzicht van de afmetingen van de geluidsbron, neemt de geluidsintensiteit af met het kwadraat van de afstand.

$I = Io/D^2$

Dit is eenvoudig te berekenen, mits de geluidsbron klein is en in de open lucht staat. Geluidsberekeningen binnen (in een geluidsveld waar ook galm een rol speelt, zoals een kamer of een zaal) zijn ingewikkelder.

Als het waarneempunt zo dicht bij de bron is, dat deze afstand klein is ten opzichte van de afmetingen van de bron, dan is het geluidsniveau niet sterk afhankelijk van de positie. Men moet wel in staat zijn om het "virtuele centrum" van het gehele geluidsveld te bepalen. De afstand wordt dan berekend ten opzichte van het "virtuele centrum".

Als de geluidsbron zich buiten bevindt, en als de afmetingen van deze bron klein zijn ten opzichte van de afstand van de waarnemer, dan kan de bron beschouwd worden als een puntbron. Het geluid wordt dan afgestraald over een bolvormig oppervlak. De afgestraalde geluidsenergie wordt dan verspreid over een oppervlak dat evenredig is met het kwadraat van de afstand tot de bron. (De denkbeeldige bol waar al het geluid doorheen gaat krijgt op grotere afstand een steeds groter oppervlak). Het geluidsniveau zal dan afnemen met 6 dB voor elke verdubbeling van de afstand. Een puntbron is bijvoorbeeld een kleine fabriek op honderd meter afstand.

Lijnbronnen, zoals bijvoorbeeld een weg met veel verkeer straalt het geluid anders af, namelijk in de vorm van een cilinder. Ook het oppervlak van de denkbeeldige cilinder wordt groter op grotere afstand, maar dat gaat evenredig met de afstand. (Dus niet in het kwadraat, zoals bij een puntbron). Het geluidsniveau van een lijnbron neemt hierdoor af met 3 dB per verdubbeling van de afstand.

Voorbeeld:
Op 100 m afstand is het geluidsniveau van een fabriek 60 dB. Op 200 m bedraagt het geluidsniveau dan 60 - 6 = 54 dB(A).
Op 100 m afstand is het geluidsniveau van een weg 60 dB. Op 200 m bedraagt het geluidsniveau dan 60 - 3 = 57 dB(A).

Het geluid van een weg draagt verder dan het geluid van een fabriek.

Dicht bij een geluidsbron (in het nabijheidveld) zal het geluidsniveau niet de bovenstaande wetmatigheid volgen, omdat de verspreiding van de geluidsenergie minder snel gaat. Een kleinere verzwakking van het geluid met de afstand zal dan optreden.

Bovenstaande wetten zijn theoretisch. In de praktijk is het altijd nodig om de absorptie van het geluid door de lucht mee te rekenen. Vooral bij hoge frequenties is dit effect groot. Bij ultrageluid is de luchtabsorptie zelfs de meest belangrijke factor.

De omgeving van de geluidsbron zal ook een groot effect hebben op de geluidssterkte op grote afstand. Belangrijke parameters zijn de bodem en de wind. Ook een verticale temperatuur gradiënt (dat het op grotere hoogte kouder is of juist warmer) heeft effect. Reflecties via de bodem zijn ook belangrijk, zelfs op korte afstand (vanaf afstanden die groter zijn dan de hoogte van de bron of de ontvanger boven de bodem, meestal is dat maar een paar meter). De wind en de luchttemperatuur hebben op afstanden van meer dan 100 meter grote invloed.

Omdat deze berekeningen zo complex zijn, is er in Nederland een wettelijk voorgeschreven rekenmethode ontwikkeld. Dat vereenvoudigt de discussies over geluidhinder aanzienlijk.

2.10 Wat is geluidsvermogen?

Het geluidsvermogen, L_w, wordt vaak opgeven van machines om aan te geven wat de totale geluidsenergie is die per seconde wordt afgestraald. Ook hier wordt een decibel schaal gebruikt ten opzichte van een referentie vermogen. Het referentieniveau van geluidsvermogen is 1 picoWatt (pW) = $1x10^{-12}$ Watt. Één Watt afgestraald geluidsvermogen wordt aangeduid met "Lw=120 dB re 1 picowatt". Als het geluidsvermogen wordt opgegeven met de A-weging, dan wordt de notatie in dB(A) gegeven.

Het geluidsniveau (Sound Pressure Level SPL) dat het gevolg is van een bepaald geluidsvermogen L_w dat wordt afgestraald in het vrije veld, dus NIET over een hard (betegeld of bestraat) oppervlak, wordt als volgt berekend:

SPL = L_w - 20*log(r) dB re 20 microPa (r in meters)

Als het geluid wordt afgestraald boven een reflecterend oppervlak, zoals dicht asfalt, dan moet 3 dB worden opgeteld bij het geluidsniveau.

Voorbeeld:
Een grasmaaier met een geluidsvermogen van 100 dB(A) zal een geluidsniveau van ongeveer 89dB(A) produceren als je aan het maaien bent. Als de grasmaaier op de straat wordt gebruikt, dan is het geluidsniveau door het harde oppervlak 3 dB(A) hoger, namelijk 92 dB(A). In de tuin van de buren, op 15 m afstand zal de geluidsdruk 65 dB(A) bedragen.

2.10.1 Hoe wordt geluidsvermogen gemeten?

Geluidsvermogen wordt meestal indirect bepaald op basis van geluidsdrukken op meerdere punten rondom de geluidsbron. Geluidsvermogen van apparaten die naar een laboratorium kunnen worden gebracht worden meestal in een geluidsdode kamer of in een galmkamer gemeten.

Er wordt of een "vergelijkingsmethode" of een "directe" methode gebruikt.

Bij de vergelijkingsmethode wordt de geluidsdruk die het apparaat produceert vergeleken met de geluidsdruk van een standaard "Referentie Geluidsbron". Dit is de meest gebruikte en goedkoopste methode.

De directe methode kan op twee manieren worden uitgevoerd. In de dode kamer methode wordt het geluidsniveau gemeten helemaal rondom het apparaat, op een oppervlak dat het apparaat geheel omsluit. Al deze gegevens worden gecombineerd om het geluidsvermogen te bepalen. In een galmkamer hoeft het geluidsniveau slechts op enkele plaatsen gemeten te worden in deze ruimte. Het geluidsvermogen wordt dan bepaald uit:

L_W = SPL + 10Log(A) - 6,2

A = de absorptie in de galmkamer in vierkante meters open raam.

Zie de Website van de **ISO** voor meer informatie over dit soort metingen.

2.11 Wat is de geluidssnelheid in lucht, water....?

Geluidssnelheid is het tempo waarmee geluidstrillingen of geluidsgolven zich voortplanten door de lucht en allerlei andere materialen. Deze snelheid hangt af van de vastheid, temperatuur en samenstelling van deze stoffen. Door lucht en bij kamertemperatuur is dat ca. 340 meter per seconde; bij droge lucht (met relatief weinig waterdamp) met een temperatuur van 0ºC is dat 331 m/s. Dat is gelijk aan 1194 km/uur. In vloeistoffen en vaste stoffen is dat meestal hoger. In water bijvoorbeeld plant geluid zich voort met een snelheid van ca. 1500 m/s; in hout is dat ca. 3300 m/s; in staal is dat ca. 5800 m/s; bij de hardste metalen kan de snelheid oplopen tot 43.000 km/uur.

Geluidssnelheid is afhankelijk van de natuurlijke elasticiteit van de moleculen waaruit het 'medium' waarin het zich voortplant bestaat, hun vermogen heen en terug te veren.

De hoogste geluidssnelheid door de lucht bij een temperatuur van 0ºC is 740 mijl (ca. 1180 km) per uur. Wanneer een vliegtuig sneller vliegt dan zijn eigen geluid treedt een effect op dat men 'het doorbreken van de geluidsbarrière' noemt.

De eenheid van geluidssnelheid, het Machgetal is hiervan afgeleid. Naamgever daarvan was de Oostenrijkse natuurkundige Ernst Mach.

Geluidssnelheid in lucht

Een benaderingsformule om de geluidssnelheid in lucht uit te rekenen is:

c = 20*sqrt(273 + T), T is de temperatuur in Celsius, c is de geluidssnelheid in meters/sec.

Omdat de snelheid toeneemt als de temperatuur hoger wordt is de geluidssnelheid ongeveer 12 m/s groter bij 20oC. De geluidssnelheid is vrijwel onafhankelijk van de frequentie van het geluid, en ook van de luchtdruk, maar de geluidssnelheid ten opzichte van de grond kan wel beïnvloed worden door de snelheid van de wind.

Een goede benadering voor de geluidssnelheid in andere gassen dan lucht, maar wel bij standaard temperatuur en druk, kan berekend worden uit:

c = sqrt (gamma x P / rho)

gamma is the verhouding van de soortelijke warmte, P is 1.013*105 Pascal. Rho is de dichtheid van het gas.

Geluidssnelheid in water

De geluidssnelheid in water is ongeveer 1500 m/s, veel hoger dan in lucht. Het is mogelijk om veranderingen van de temperatuur van de oceaan te meten door te kijken hoe de geluidssnelheid over grote afstanden veranderd. De geluidssnelheid in een oceaan is bij benadering:

$c = 1449.2 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34-0.01T)(S-35) + 0.016z$

T is de temperatuur in ^{0}Celsius, S is de zoutconcentratie in deeltjes per duizend, z is de diepte in meters.

gamma is the verhouding van de soortelijke warmte, P is $1.013*10^5$ Pascal. Rho is de dichtheid van het gas.

2.12 Wat wordt bedoeld met luidheid?

Luidheid (Loudness) is de menselijke ervaring van de sterkte van een geluid. De luidheid van een geluid heeft niet altijd een simpel verband met het geluidsniveau. De Luidheid van een geluid wordt uitgedrukt in phons. Het is het decibel niveau van een toon van 1000 Hz die als even hard wordt gehoord als het geluid. Dat wordt getest door een persoon met een normaal gehoor te laten luisteren naar het geluid, en dit te vergelijken met een toon van 1000 Hz, met verschillende geluidsniveaus, totdat het precies klopt. Luidheid is dus een subjectieve maat, gemeten door een mens, en niet door een apparaat.

Het begrip Luidheid wordt in Nederland weinig gebruikt. De dB(A) waarde geeft namelijk ook een redelijk goede indruk van de luidheid. Historisch gezien werd de één-getalswaarde van de A-weging niet direct door de gevestigde akoestici geaccepteerd. Het gehoor werkt namelijk anders dan een geluidsmeter, die al het geluid met verschillende frequenties optelt. Zo kan er een discrepantie ontstaan tussen de subjectieve luidheid van bepaalde, zich herhalende, geluiden en het fysische geluidsniveau van die geluiden.

Een toename van het geluidsniveau met 10dB wordt meestal door een mens ervaren als "twee maal zo hard". De sone is ook eenheid van luidheid die deze subjectief waargenomen verdubbeling bij 10 dB in rekening brengt, waarbij geldt:
0.5 sone = 30 phons (dat betekent: een geluid met 0,5 sone is even hard als een 1000 Hz toon van 30 dB),
1 sone = 40 phons,
2 sones = 50 phons,
4 sones = 60 phons etc.

De sone kan niet goed gebruikt worden bij zeer lage en zeer hoge geluidsniveaus, hier geldt namelijk de 10 dB regel niet.

Berekeningen van de Luidheid hebben als voordeel dat ook het verschijnsel "maskering" kan worden meegenomen. Maskering is het verschijnsel dat de hoorbaarheid van een bepaald geluid kan worden verminderd door de aanwezigheid van een ander geluid, dat in frequentie dichtbij ligt. Het principe van maskering wordt gebruikt bij digitale audio. Door dit verschijnsel kan een behoorlijke reductie van de bandbreedte bereikt worden (met andere woorden, het aantal bits dat nodig is), zonder dat men een kwaliteitsvermindering kan

waarnemen. Aan de andere kant kan maskering tot gevolg hebben dat bijvoorbeeld een alarmsignaal niet gehoord wordt, omdat er een ander geluid dit alarmsignaal maskeert.

2.13 Waardoor varieert de sterkte van geluid in de buitenlucht?

Vooral op grote afstand van een geluidsbron, een weg bijvoorbeeld, kan de sterkte van het geluid flink variëren, afhankelijk van de weersomstandigheden.

De wind
Het belangrijkste effect wordt veroorzaakt door de wind. Vooral het verschil tussen meewind en tegenwind is erg groot. Hoe hard de wind precies waait heeft een minder groot effect dan de windrichting. Soms is een geluidsbron, die met meewind heel goed hoorbaar is, met tegenwind helemaal niet meer hoorbaar. Als het heel hard waait, zijn er nog andere effecten, het geluid wordt dan gemaskeerd door het geluid dat de wind zelf maakt.

De temperatuurverdeling in de lucht
Op grotere hoogte is het in het algemeen kouder dan bij de grond. Geluidsgolven die vanaf de bron naar boven gaan breken tegen zo'n koude luchtlaag nog verder naar boven. Daardoor wordt het geluid op grote afstand zachter. 's Avonds en 's nachts treedt er soms een "inversie" op. Vlak boven de grond is het dan kouder dan hoog in lucht. Het geluid vanaf de bron kaatst dan tegen een warmere luchtlaag aan, en wordt hierdoor naar beneden gebogen. Hierdoor komt het dat 's avonds een geluidsbron op grote afstand soms beter hoorbaar is dan overdag. In Nederland komen inversies vaak voor, vooral bij helder en windstil weer.

De bodem
Over een harde bodem (water, bestrating, asfalt) draagt geluid verder dan over een zachte bodem (zoals een akker of weiland).

Het seizoen
Er kan ook een verschil zijn tussen zomer en winter. Een dicht struikgewas of bos houdt het geluid iets tegen. Als 's winters de bladeren zijn afgevallen wordt dat iets minder, maar dat effect is niet groot. Het is alleen goed meetbaar als die strook bos flink diep is. Wel is de subjectieve ervaring van mensen anders als er groen is tussen hun huis en de geluidsbron. Als het vriest wordt de bodem hard, daardoor draagt het geluid verder. Als er een dik pak sneeuw ligt, dan wordt het geluid juist geabsorbeerd en is het stiller dan normaal.

Voor Inhoudsopgave klik hier.

Laatst gewijzigd: 13 maart 2009