

Inleiding

Als we het hebben over de geluidhinder in verband met de verstedelijking, is dat uiteraard in eerste instantie een sociologische en psychologische kwestie. Als we echter curatief en vooral ook preventief te werk willen gaan, komen juridische en technische aspecten naar voren: het is dan nodig niet alleen kwalitatief maar ook kwantitatief te gaan denken. Wat het geluid betreft kan dat heel goed, geluid is een fysisch verschijnsel dat heel goed gemeten kan worden. De hinder kan helaas minder eenvoudig in getallen worden uitgedrukt (rechtstreeks meten is uiteraard uitgesloten), maar men heeft pogingen gewaagd die met redelijk succes zijn bekroond. Zonder dat zouden we aan fysische geluidmetingen niet veel hebben.

Decibel

Zo gauw we met de natuurkundige kanten van geluid te maken krijgen, doet de term decibel op. We zouden best zonder dat begrip kunnen, maar het is nu eenmaal gewoonte. We zouden best zonder kunnen, want de decibel is in feite niets anders dan een maat voor *verhoudingen*, en wel in het bijzonder voor verhoudingen van *energieën* en daarmee verwante grootheden.

Een geluidsgolf is een stroom trillingsenergie. De geluidbron geeft trillingsenergie af aan de omringende lucht; door de lucht plant die trillingsenergie zich voort (bij normale druk en kamertemperatuur met zo'n 340 meter per seconde) tot een ander voorwerp bereikt wordt waartegen de geluidsgolf min of meer effectief terugkaatst. Daarbij wordt aan dat voorwerp trillingsenergie overgedragen. Is dat voorwerp het trommelvlies van een mens, dan leidt dat er toe dat hij geluid hoort. Is het een muur, dan komt die muur in trilling. Op zijn beurt brengt die muur dan weer de lucht aan de andere kant in trilling. Zodoende kan men de televisie van de buurman horen.

De hoeveelheid trillingsenergie die per seconde

Er worden een aantal begrippen besproken die bij de meting en beoordeling van geluid gebruikt worden.

De decibel (dB) is een fysische maat voor het zg. geluidniveau of voor niveauverschillen (dus ook voor luchtgeluidisolatie). Ook de dB(A) of DIN-Phon wordt besproken. De soon en de foon zijn pogingen de subjectieve sterkte te kwantificeren: de soon is een maat voor de luidheid, de foon voor het luidheidsniveau.

De hinder van een geluid wordt veelal beoordeeld aan de hand van de dB(A)-waarde of door na te gaan welke curve van een bepaalde curvenschaar juist niet wordt overschreden door het octaafbandspectrum van dat geluid.

Tenslotte worden enkele facetten van de geluidwering besproken: het afstandseffect, de geluidabsorptie en de geluidisolatie.

door een oppervlak van 1 m^2 gaat, noemen we de *intensiteit* I . Deze wordt uitgedrukt in watt (de maat voor energie per sec) per m^2 . Vergelijken we nu twee geluidgolven, één met een intensiteit I_1 watt/ m^2 en een andere met een intensiteit I_2 watt/ m^2 , dan is hun *verhouding* I_1/I_2 . Dat is een dimensieloos *getal*. We zeggen nu dat het *intensiteitsniveau* van de eerste geluidsgolf $10 \log (I_1/I_2)$ decibel groter is dan van de tweede. Is I_1 bijvoorbeeld $1000 \times I_2$, dan is $I_1/I_2 = 1000$ en dus is voor I_1 het intensiteitsniveau dan $10 \log 1000$ 10×3 of 30 dB hoger dan voor I_2 .

Wat betekent het nu, als men over een *absoluut* niveau spreekt? Dat betekent dat men de verhouding van de beschouwde intensiteit I_1 tot een vaste vergelijkingsintensiteit I_0 beschouwt. Deze I_0 is dan gewoonlijk 10^{-12} W/m^2 . Dat is dus een zeer geringe intensiteit. Het is ongeveer de intensiteit die men nodig heeft om een toon van 1000 trillingen per seconde, of 1000 hertz (Hz), juist te kunnen horen.

De intensiteit van de geluiden in een tuin zal bijvoorbeeld 10^{-10} W/m^2 zijn, of $10 \log (10^{-10}/$

* Publikatie nr 259 van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO

Inleidende voordracht gehouden voor de wetenschappelijke vergadering van de Sectie Milieuhygiëne van de ANVvSG op 3 mei 1966 te Utrecht

$10^{-12} = 20 \text{ dB}$, in een rustige straat 10^{-8} W/m^2 of 40 dB . Bij een gesprek ontvangt men ongeveer 10^{-6} W/m^2 of 60 dB . De opening van de gehoorgang zal meestal wel een doorsnede hebben van minder dan 1 cm^2 , zodat bij een gesprek op normale sterkte de gehoorgang getroffen wordt door een geluidsgolf met een vermogen van minder dan $10^{-6} \times 0,0001 = 10^{-10} \text{ W}$! Dit is een duidelijke demonstratie van de gevoeligheid van ons gehoororgaan. Het betekent tevens dat zelfs wanneer een op zichzelf zéér geringe fractie van het door machines geconsumeerde vermogen wordt omgezet in geluid, dit al ondraaglijk veel kan zijn.

Voor het fysisch begrip zijn dergelijke intensiteitsbeschouwingen erg nuttig. Er is echter een nadeel aan verbonden, nl. dat het *meten* van intensiteiten praktisch niet mogelijk is. Als echter door de lucht een stroom trillingsenergie wordt voortgeplant, komt daarbij uiteraard die lucht in trilling. Dat wil o.a. zeggen dat de luchtdruk die oorspronkelijk constant was als functie van de tijd (nl. de barometerstand), nu een rimpel gaat vertonen. Die wisseldrukcomponent is wel betrekkelijk gemakkelijk te meten.

Hebben we te maken met een zuivere (enkelvoudige) toon en een vlakke lopende golf, dan is het kwadraat van de drukwisseling, p^2 , evenredig met het vermogen van de golf, dus ook met de intensiteit. En in plaats van $10 \log (I_1/I_2)$ kunnen we dus ook schrijven $10 \log (p_1^2/p_2^2)$ of $20 \log (p_1/p_2)$, of, in het geval van „absolute” niveaus: $20 \log (p/p_0) \text{ dB}$.

Voor de vergelijkingsdruk p_0 is gestandaardiseerd een druk van $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$. Dit komt ongeveer overeen met de kleinst hoorbare geluidsterkte (gehoordrempel) voor een toon van 1000 Hz . Ter bepaling van de gedachten zij nog vermeld dat een newton (N) een kracht is, die ongeveer overeenkomt met een gewicht van 100 gram . We spreken dan niet meer van het intensiteitsniveau, maar van het geluidsdruk-niveau.

Vergelijken we de niveaus in twee ruimten of voor en na een lawaai-bestrijdingsmaatregel, dan doet de gebruikte waarde van p_0 er niet toe, immers het ene niveau $L_1 = 20 \log (p_1/p_0)$, het andere $L_2 = 20 \log (p_2/p_0)$, dus $L_2 - L_1 = 20 \log (p_2/p_0) - 20 \log (p_1/p_0) = 20 \log \left(\frac{p_2}{p_0} : \frac{p_1}{p_0} \right) = 20 \log (p_2/p_1) \text{ dB}$.

Hebben we te maken met een samengesteld geluid, dus met meer tonen tegelijk met intensiteiten I_1, I_2, I_3 enz., dan is het niveau

$10 \log \left\{ (I_1 + I_2 + I_3 + \dots)/I_0 \right\} \text{ dB}$ of $10 \log \left\{ (p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + \dots)/p_0^2 \right\} \text{ dB}$. Een meetinstrument moet dus niet de som van de geluidsdrukken der componenten meten, maar deze eerst kwadrateren en pas dan sommeren! Dit is een van de grootste moeilijkheden bij de constructie der meetinstrumenten.

Er is echter nog een tweede moeilijkheid, nl. dat we in de praktijk maar bij hoge uitzondering te maken hebben met lopende vlakke golven. In een afgesloten ruimte reflecteren de geluidsgolven tegen de wanden, vloer en plafond, met het gevolg dat in elk punt van de ruimte de golven van alle richtingen komen. Bij zuivere tonen geeft dit aanleiding tot interferentie, het verschijnsel dat een fluittoon op bepaalde plaatsen veel luider klinkt dan op andere. De oorzaak is niet dat de intensiteit op de ene plaats groter is dan op de andere, maar dat het oor, evenals de meeste microfoons, reageert op de *geluidsdruk* in plaats van op de *geluidintensiteit*. En de geluidsdruk is niet gelijkmatig over de ruimte verdeeld, ook als dat met de intensiteit wel het geval is. Dit is het eenvoudigst te demonstreren aan de welbekende „staande golf” met zijn buiken en knopen. Hoe diffuser de reflecties in een ruimte zijn, dus uit hoe meer richtingen het geluid elk beschouwd punt bereikt met vergelijkbare sterkte, hoe minder last men heeft van deze ongelijkmatigheid. Voorts geldt dat de gelijkmatigheid ook toeneemt met de samengesteldheid van het geluid, dus naarmate het minder op een toon lijkt.

Het feit dat de decibel een logaritmische maat is, heeft een paar eigenaardigheden tengevolge. Hebben we bijvoorbeeld twee geluidbronnen die ieder afzonderlijk op een gegeven plaats een geluidsdruk-niveau van 70 dB veroorzaken, dan geven ze samen niet $2 \times 70 \text{ dB}$, maar 70 plus $10 \log 2$, oftewel 73 dB . En geven 100 geluidbronnen tezamen 100 dB geluidsdruk-niveau op een gegeven plaats in een ruimte met weinig geluidabsorptie, dan wordt door het uitschakelen van de helft van deze geluidbronnen de intensiteit I wel gehalveerd, maar dat betekent niet dat het geluidsdruk-niveau van 100 tot 50 dB daalt, maar slechts tot 100 minus $10 \log 2$, oftewel 97 dB ! Hieruit mag men echter niet concluderen dat het effect slechts 3% verlaging van het niveau is. Het is niet 3% maar 3 dB , *onafhankelijk* van het beginniveau. En voor de *luidheids*-indruk betekent dit een vermindering met ongeveer 20% . (Zie verder: soon, isosonen. Voor het effect op de *binder* zie: *Beoordelingscriteria*).

Hiermee verwant is het effect dat het geluidsdruk-niveau op een gegeven plaats in hoofdzaak bepaald wordt door die geluidbron die daar op zichzelf het hoogste niveau geeft. Geeft bijvoorbeeld een geluidbron een geluidsdruk-niveau van 90 dB op een gegeven meetplaats, en geeft een andere geluidbron op zichzelf op die zelfde plaats

80 dB, dan is het geluidrukniveau tengevolge van beide geluidbronnen samen 90,5 dB! Het heeft dus geen zin om die geluidbron die op zichzelf 80 dB veroorzaakt, 10 dB zwakker te maken als men niet aanzienlijk méér kan doen aan de geluidbron die op zichzelf 90 dB produceert.

Hertz

Bij geluid hebben we naast de sterkte te maken met de toonhoogte. De toonhoogte is een subjectieve maat, die te maken heeft met het aantal trillingen per seconde, de *frequentie*, uitgedrukt in hertz (Hz). Evenals bij het geluidniveau, werken we in de akoestiek ook wat de frequentie betreft met een logaritmische maat: het octaaf. Elke verdubbeling van het aantal trillingen per seconde betekent een verhoging van één octaaf.

Zoals gezegd heeft de subjectieve ervaring van *toonhoogte* te maken met de frequentie. Het is echter niet zo dat elk octaaf eenzelfde verschil in toonhoogte vertegenwoordigt. Men kan het op een piano gemakkelijk nagaan: het met een octaaf corresponderende toonhoogteverschil is bij zeer lage en zeer hoge tonen geringer dan in het (meest gebruikte) middengebied.

Het gebied der als toon hoorbare frequenties wordt veelal opgegeven als lopend van ongeveer 20 ... 20 000 Hz. Er zijn echter nogal flinke individuele verschillen en in ieder geval krimpt het gebied naarmate men ouder wordt in aan de kant der hoge tonen. Op de duur loopt het terug van 20 000 Hz tot bijvoorbeeld 5000 Hz, d.w.z. dat er twee octaven verloren gaan. Dit is een gebied waarin zich wat muziek en spraak betreft alleen boven-tonen bevinden; de hoogste toon van een piano bevindt zich bij omstreeks 4000 Hz.

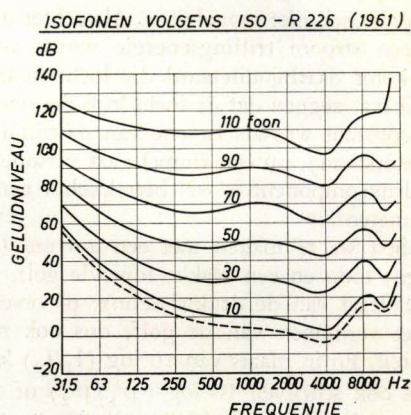
Foon, isofonen

De decibel is een natuurkundige maat voor niveaus (eigenlijk voor niveauverschillen!). De eigenaardigheden van het menselijk gehoor zijn daar nog niet in verwerkt.

De *subjectieve* sterkte van een willekeurig geluid kan men uitdrukken in foons. Daartoe voert men van een toon van 1000 Hz de sterkte, het geluidrukniveau, zó ver op tot deze toon op het gehoor even luid klinkt als het geluid in kwestie. Stel dat het geluidrukniveau van die toon van 1000 Hz dan p decibel is. Men zegt dan dat het *luideidniveau* van dat geluid p foon is.

Omgekeerd kan men een toon van 1000 Hz bij-

voorbeeld 30 dB geluidrukniveau geven en dan een toon met een andere frequentie subjectief even luid instellen. Het zal dan veelal blijken dat het geluidrukniveau van die andere toon *niet* 30 dB is: de gevoeligheid van ons gehoor is frequentieafhankelijk. Doet men de hier bedoelde proef voor een groot aantal frequenties dan kan men een curve van constante subjectieve geluidsterkte als functie van de frequentie construeren. In dit geval de curve die behoort bij 30 dB voor 1000 Hz. Alle punten op die curve hebben een luideidniveau van 30 foon en de curve heet een isfoon. De uitkomsten zijn van persoon tot persoon natuurlijk enigszins verschillend. *Figuur 1* toont de mediaanwaarden van een aantal van dergelijke isofonen, ontleend



Figuur 1. Isofonen

aan Recommendation nr 226 (1961) van de International Organization for Standardization (berustend op het werk van Robinson en Dadsen van het National Physical Laboratory in Engeland). De stippellijn geeft de gehoordrempel aan voor zuivere tonen.

In grote lijn kan men zeggen dat het gehoor wat minder gevoelig is voor lage tonen dan voor hoge. Dit effect is op een bepaalde geschematiseerde manier in toepassing gebracht in de zg. foonmeters. Deze reageren wat minder op lage dan op hoge tonen en de uitkomst wordt dan niet genoteerd in decibels, maar in decibels „A” of dB(A). (In Duitsland veelal DIN-Phon genoemd of alleen Phon).

Hoewel het verschil tussen dB(A) en foon (bepaald door subjectieve vergelijking met een 1000 Hz toon) voor samengestelde geluiden aanzienlijk

kan zijn, wordt voor veel toepassingen de dB(A) als voor de praktijk voldoende benadering geaccepteerd als het gaat om beoordeling van bijvoorbeeld toelaatbaar of ontoelaatbaar. Maar het is niet juist om de dB(A) waarde van een geluid gelijk te stellen met de foonwaarde.

Soon, isosonen

De decibel scheert alle toonhoogten over één kam. De foon houdt rekening met het feit dat de gevoeligheid van het gehoororgaan afhangt van toonhoogte en geluidsterkte oftewel frequentie en geluidniveau. Per definitie zijn decibel en foon aan elkaar gelijk bij 1000 Hz. Tien foon meer betekent daar ook tien decibel meer. Voor zeer lage tonen kan een niveauverschil van 10 dB overeenkomen met méér dan 10 foon.

Maar wat betekent voor de subjectieve beoordeling een verschil van 10 foon? Dit is een moeilijke vraag. Het is namelijk een vraag die verband houdt met het probleem of subjectieve ervaringen in getallen zijn uit te drukken. Heeft het zin om te zeggen dat de ene pudding twee keer zo lekker is als de andere, of dat het ene parfum twee keer zo lekker ruikt als het andere, of dat een geluid twee keer zo sterk is als het andere? Merkwaardig genoeg krijgt men redelijk reproduceerbare antwoorden als men proeven baseert op dit soort vragen, althans wat geluid betreft. Is een geluid volgens proefpersonen tweemaal zo luid als een ander, dan kent men daaraan tweemaal zoveel soon toe.

Zoals de foon gekoppeld is met de decibel, doordat beide in getalwaarde aan elkaar gelijk zijn bij 1000 Hz, zo is de soon ook gekoppeld aan de foon. Dit verband is ongeveer zo dat 10 foon extra een verdubbeling van de luidheid in soon betekent. Een geluid van 70 foon klinkt dus niet tweemaal zo luid als een van 35 foon, maar als een van 60 foon! Dit geldt over een groot geluidsterktegebied. Voor zeer lage intensiteiten (beneden 20 foon) betekent een verschil van 10 foon een verhouding van ongeveer een factor 10 in de luidheid. Uit het bovenstaande volgt dat isofonen tevens isosonen zijn; alleen behoren er andere getallen bij de krommen (Tabel 1).

De foon en de soon zullen in het volgende niet gebruikt worden. De begrippen zijn even aangestipt omdat men ze bij het doornemen van literatuur kan tegenkomen en dan enigermate weet wat men er aan heeft. Tot slot nog de waarschuwing: evenmin

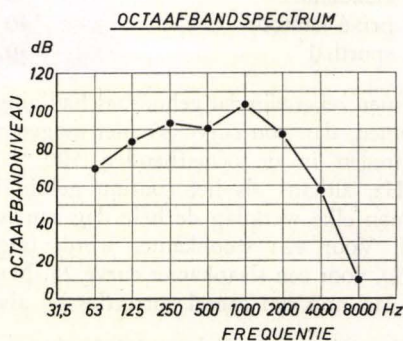
Tabel 1. Vergelijking van decibel, foon en toon

geluidsdruk-niveau toon van 1000 Hz	luidheidsniveau van even luid willek. geluid	luidheid van zelfde geluid
20 dB	20 foon	0,25 soon
30	30	0,5
40	40	1
50	50	2
60	60	4
70	70	8
80	80	16
90	90	32
100	100	64
110	110	128
120	120	256

als men decibels zonder meer bij elkaar kan optellen, kan men dat met foons en soons doen!

Meten van geluidniveau in afhankelijkheid van frequentie

Hoe praktisch het ook voor vele doeleinden moge zijn in dB(A) te meten, de verkregen informatie is zeer beperkt. Voor verschillende doeleinden is het gewenst het geluidsdruk-niveau afzonderlijk te kennen voor verschillende toonhoogtegebieden. Veelal gebruikt men gebieden met een frequentie-omvang van een octaaf. De meting geschiedt eenvoudig door tussen de microfoonversterker en de in decibels geijkte voltmeter een zg. octaafbandfilter te plaatsen dat slechts de frequenties binnen een bepaald octaaf doorlaat. Met behulp van een schakelaar kan men achtereenvolgens verschillende octaafbandfilters inschakelen. De aldus gemeten geluidsdruk-niveaus vormen tezamen het zg. octaafbandspectrum, grafisch weer te geven als in *Figuur 2*. Vindt men een analyse met behulp van



Figuur 2. Octaafbandspectrum

octaafbanden te grof, dan gebruikt men wel 1/2 octaaf-, 1/3 octaaf- of nog smallere banden.

Er zijn tegenwoordig verschillende handige geluidmeters te koop waarmee men zowel ongefilterde dB's als dB(A)'s en octaafbandspectrums kan meten.

Beoordelingscriteria voor lawaai

In het voorgaande werd geconstateerd dat de gevoeligheid van het menselijk gehoor afhankelijk is van de toonhoogte, de frequentie. Het is begrijpelijk dat deze frequentie-afhankelijkheid ook een rol speelt bij de beoordeling van een geluid uit een oogpunt van hinderlijkheid of van schadelijkheid voor het gehoororgaan.

Voor verschillende doeleinden worden dB(A) waarden gehanteerd die niet overschreden mogen worden. Een wat omslachtiger, maar wellicht nauwkeuriger methode is het vergelijken van gemeten octaafbandspectrums met zg. *noise-rating curves*. Er zijn verschillende van die curvenscharen in omloop. Ze lijken alle veel op elkaar (èn op de isofonen!). Een soort gemiddelde van die in gebruik zijnde curven is bij de International Organization for Standardization in behandeling voor eventuele opneming in een ISO-Recommendation. Ze zijn afgebeeld in *Figuur 3*. In zo'n grafiek wordt het gemeten octaafbandspectrum getekend en dat spectrum wordt dan gekarakteriseerd door het nummer van de curve die nog juist nergens door het spectrum wordt overschreden.

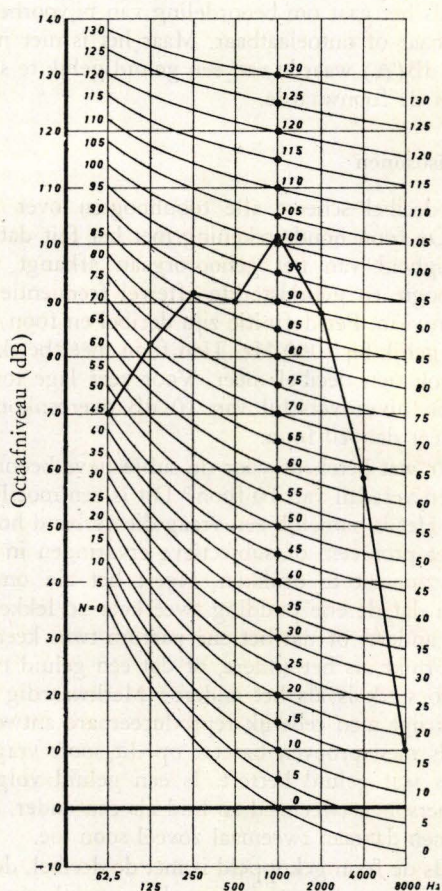
Er hoort een lijst bij van *noise rating numbers* die niet overschreden mogen worden voor bepaalde situaties. Een uittreksel volgt hier:

	curve nummer
concertzaal	20
ziekenhuis	30
privé kantoor	40
sporthal	50

Wil men zeker zijn dat gehoorbeschadiging wordt voorkomen, dan zou curve 85 niet mogen worden overschreden in de octaafbanden 500, 1000 en 2000 Hz, althans als het continu geluid betreft, waar men elke werkdag de hele dag aan is blootgesteld. Voor een woonkamer wordt opgegeven curve 30, voor een slaapkamer curve 25. Maar daar horen dan nog een aantal correcties bij als volgt:

als het lawaai alleen overdag aanwezig is	+5
als het lawaai alleen 's winters aanwezig is	+5

Rating for noises
(voorstel voor normalisatie ISO/TC 43)



Figuur 3. Midden der octaafbanden. Het octaafspectrum van *Figuur 2* is in dit diagram overgenomen en blijkt curve 102 juist niet te overschrijden. Het 'noise rating number' voor dit spectrum is dus 102

als de woning gelegen is

in een zeer landelijke omgeving	-5
in een voorstad	0
in een rustige stad	+5
in een stadsomgeving met enige industrie	+10
in een omgeving met veel industrie	+15

als het lawaai een duur heeft van

25 % van de tijd	+5
6 % van de tijd	+10
1,5 % van de tijd	+15
0,5 % van de tijd	+20

0,1 % van de tijd	+25
0,02 % van de tijd	+30

Deze criteria zijn noodzakelijkerwijs enigszins „willekeurig”: de ene mens is nu eenmaal niet gelijk aan de andere, er is een tamelijk grote spreiding in gevoeligheid voor allerlei prikkels, ook voor geluidhinder. De criteria beogen bescherming te bieden aan zeg 90 % van alle individuen; een aantal blijft dus niet voldoende beschermd, een ander deel wellicht in ietwat overdreven mate. Curven + tabel hebben dan ook beslist niet het karakter van een vaste wetmatigheid, in bepaalde gevallen kan men tot afwijkende conclusies komen. Ook hier geldt: geen regel zonder uitzondering.

Geluidwering

Geluidwering is een algemene term, die daardoor alomtegenwoordig is, maar in ieder geval inhoudt dat het geluid op de een of andere manier verzwakt wordt.

Afstand

De eenvoudigste manier is: de geluidbron op voldoende afstand te houden. In het open veld is de geluidintensiteit omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de bron. In geluid-niveaus betekent zulks dat verdubbeling van die afstand een niveauverlaging geeft van $10 \log \frac{I}{I/2^2}$

$$\text{of } 10 \log \frac{P^2}{P^2/2^2} = 6 \text{ dB.}$$

In een besloten ruimte is die afname geringer door het tegen de omwandingen gereflecteerde geluid.

Absorptie

Valt een geluidsgolf op bijvoorbeeld een betonde betonmuur, dan wordt hij praktisch onverzwakt teruggekaatst. Valt hij „op” een open raam, dan verdwijnt hij daardoor geheel en er wordt niets teruggekaatst. In het eerste geval zeggen we dat de

absorptiecoëfficiënt 0 is, in het tweede geval is hij 1,00 of in procenten 100. De absorptiecoëfficiënt van een oppervlak is de fractie van de op dat oppervlak vallende intensiteit die niet wordt teruggekaatst. Wordt een fractie 0,60 teruggekaatst, dan is de absorptiecoëfficiënt dus 0,40 of in procenten 40. Het is alsof in elke vierkante meter van dat materiaal een gat zit van $0,40 \text{ m}^2$. Stel dat de afmeting van het totale oppervlak $S \text{ m}^2$ is, dan komt de absorptie dus overeen met $S \times 0,40 \text{ m}^2$. De absorptiecoëfficiënt is een dimensieloze grootheid, de absorptie wordt uitgedrukt in m^2 .

Poreuze materialen hebben de neiging vooral de hoge frequenties te absorberen; panelen die vrij kunnen trillen en niet poreus zijn zullen veelal vooral de lagere tonen absorberen. Door combinatie van deze twee effecten en door andere kunstgrepen kan men elk gewenst verloop van de absorptiecoëfficiënt met de frequentie verkrijgen.

Isolatie

De begrippen isolatie en absorptie worden in de praktijk helaas nogal eens door elkaar gehaald.

Terwijl we voor *absorptie* kijken hoeveel de gereflecteerde golf verzwakt is, kijken we bij *isolatie* hoeveel de doorgelaten golf verzwakt is.

Een absorptiecoëfficiënt van 0,90 vinden we heel hoog. Dat wil zeggen dat we erg tevreden zijn als de teruggekaatste golf een intensiteit heeft die een tiende is van de opvallende golf. Bij isolatie stellen we echter veel hogere eisen. Bij een verzwakking van de doorgelaten golf tot op $1/100\,000$ van de opvallende spreken we van een minimale isolatie, althans wanneer het om de isolatie tussen twee woningen gaat. Omdat die getallen zo groot worden, is het gebruikelijk hier weer van decibels gebruik te maken. Bij een verhouding van 1 op $100\,000$ spreken we dan van een isolatie van $10 \log 100\,000 = 50 \text{ dB}$. In feite is dit de *luchtgeluidisolatie*. Bij de geluidwering in woningen hebben we ook te maken met de *contactgeluidisolatie*, maar daar gaan we hier niet verder op in.

E 487

Bibliotheek Hoofdkansor TNO

's-Gravenhage

5/5-767

Instituut voor

Gezondheidstechniek TNO.

Publikatie Nr. 259/268/260

pag. 316-321
324-329
330-336

TIJDSCHRIFT VOOR SOCIALE GENEESKUNDE



14-DAAGS BLAD VAN DE ALGEMENE NEDERLANDSE

VERENIGING VOOR SOCIALE GENEESKUNDE

Jaargang 45 - Nummer 9 - 28 april 1967 - Pagina 313-356

VAN GORCUM - ASSEN

TNO 11068	TNO 11069	TNO 11070
--------------	--------------	--------------