

Theorie: Eigenschappen van geluid (Herhaling klas 2)

Geluidsbron, tussenstof en ontvanger

Een geluidsbron is een voorwerp dat trilt. Dat kan in principe ieder voorwerp zijn. Of je een geluid kan horen hangt af van hoe snel het voorwerp trilt en hoe hard het geluid is.

Om geluid van een geluidsbron bij een ontvanger te krijgen is een tussenstof nodig. In de meeste gevallen zal dit lucht zijn, maar een andere stof kan ook. Doordat de geluidsbron trilt zal de tussenstof mee gaan trillen. Als de trilling bij de ontvanger aangekomen is, bijvoorbeeld bij het trommelvlies in een oor, zal ook deze mee gaan trillen.

Frequentie

De frequentie (f) van een geluid geeft aan hoeveel trillingen een geluidsbron per seconde maakt. Hoe meer trillingen de geluidsbron per seconde maakt, hoe hoger het geluid klinkt. Een andere naam voor frequentie is daarom ook toonhoogte. De eenheid van frequentie is hertz (Hz).

Een andere grootheid die alles met de frequentie te maken heeft is de trillingstijd (T). De trillingstijd geeft aan hoe lang één volledige trilling (op en neer) duurt.

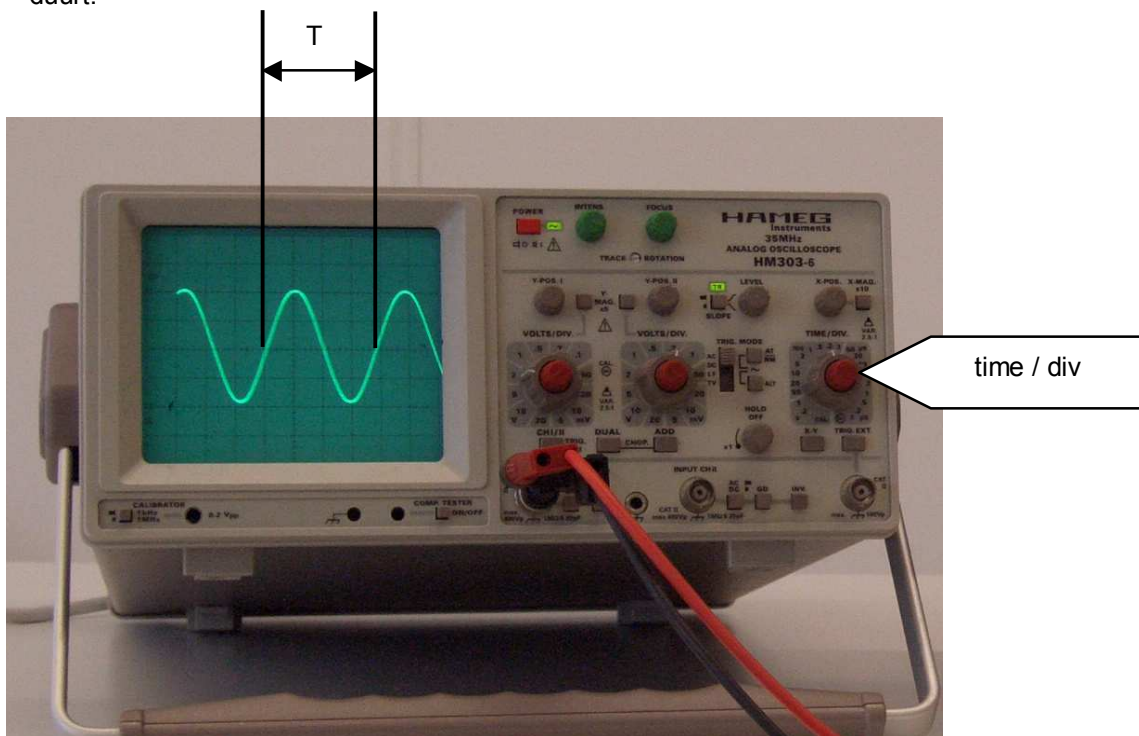
In de onderstaande tabel zijn van een aantal frequenties de bijhorende trillingstijden gegeven:

f (Hz)	T (s)
1000	0,001
200	0,005
10	0,1
1	1
0,1	10

Als je deze tabel goed bestudeert zal je opvallen dat er een bijzonder verband is tussen de frequentie en de trillingstijd. Dat verband wordt weergegeven door de volgende formule:

$$f \times T = 1$$

Om de frequentie van een geluid te bepalen wordt vaak eerst de trillingstijd bepaald. Dat kan met behulp van een oscilloscoop. Met een microfoon wordt een geluid omgezet in een wisselspanning die met een oscilloscoop zichtbaar gemaakt wordt. Op het scherm van de oscilloscoop kan afgelezen worden hoeveel vakjes een trilling duurt. Bij de 'time / div' knop staat aangegeven hoeveel tijd één vakje duurt.

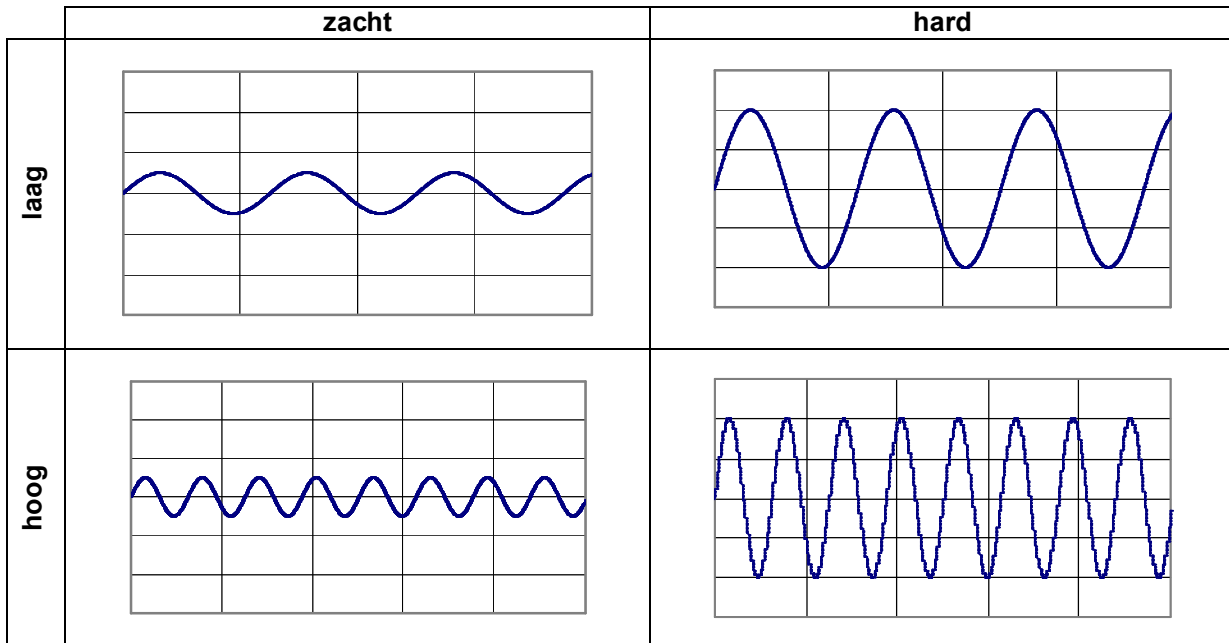


Is één trilling bijvoorbeeld 4 vakjes lang en duurt ieder vakje 0,0005 s, dan is de trillingstijd $4 \times 0,0005 = 0,0020$ s. De frequentie is dan 500 Hz.

Geluidssterkte

De geluidssterkte (L_p) wordt bepaald door de uitwijking van de trilling. Hoe groter de beweging is die een geluidsbron maakt, hoe harder het geluid is. De eenheid van geluidssterkte is decibel (dB).

De frequentie van een geluid heeft geen invloed op de geluidssterkte: Een hoog geluid kan zowel hard als zacht. Hetzelfde geldt voor een laag geluid.



De geluidssterkte wordt gemeten met een decibelmeter. Deze meter heeft vaak twee standen: in de dB(C) stand krijg je de werkelijke geluidssterkte, in de dB(A) stand 'luistert' de meter als een menselijk oor. Er wordt dan een filter gebruikt dat hele lage en hele hoge frequenties verzwakt. Het menselijk oor functioneert bij deze frequenties ook minder goed. De meter zal bijvoorbeeld bij een frequentie van 100 Hz in de dB(A) stand een lagere waarde aangeven dan in de dB(C) stand.

Boventonen

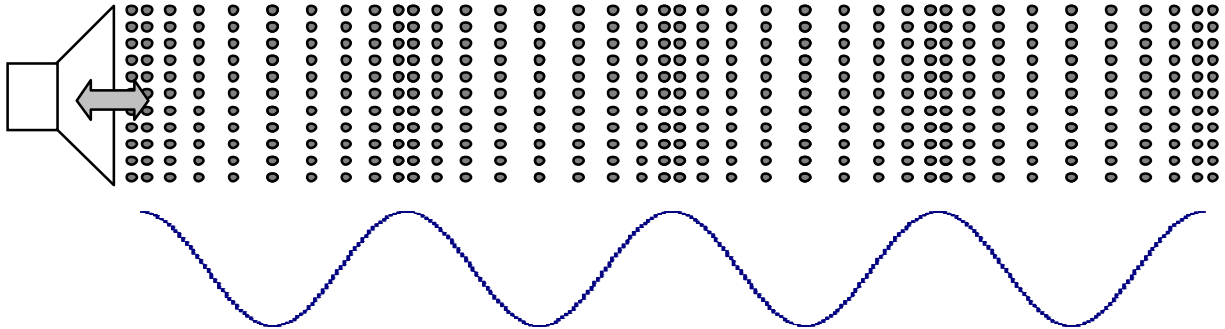
Wanneer op twee verschillende muziekinstrumenten een geluid wordt gemaakt met dezelfde frequentie en dezelfde geluidssterkte, klinken de instrumenten niet hetzelfde. Dat komt doordat muziekinstrumenten behalve het eerder genoemde geluid op hetzelfde moment ook geluiden met een hogere frequentie produceren. Welke frequenties dit zijn hangt van het instrument af. Dit verschijnsel wordt ook wel 'klankkleur' genoemd.



Theorie: Voortplanting van geluid (Herhaling klas 2)

Geluidsgolven

In lucht verplaatst geluid zich als kleine snelle veranderingen in de luchtdruk. Doordat een geluidsbron heen en weer beweegt ontstaan er verdichtingen en verdunningen in de lucht. Hoewel de moleculen in de lucht bewegen rond een vaste plaats, bewegen de verdichtingen en verdunningen zich van de bron af, met een snelheid die hoort bij de stof. Deze verplaatsing wordt veroorzaakt doordat de moleculen tegen elkaar botsen. In lucht van 20 °C is de geluidssnelheid 343 m/s.



Geluidsgolven worden *longitudinale* golven (trilling in de voortplantingsrichting van de golf) genoemd. Wanneer geluid zichtbaar wordt gemaakt met bijvoorbeeld een oscilloscoop, ontstaat er een *transversale* golf (trilling loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf). Dat komt omdat je niet het geluid zelf ziet, maar de wisselspanning die in de microfoon wordt opgewekt.

Gassen, vloeistoffen en vaste stoffen

De geluidssnelheid hangt af van de temperatuur en de stof waar het geluid door beweegt. De geluidssnelheid wordt bepaald door de elasticiteit van de stof en de afstand tussen de moleculen. De geluidssnelheid is daarom meestal het grootst in vaste stoffen, daarna in vloeistoffen en het langzaamst in gassen. Zie ook onderstaande tabel.

vaste stof	snelheid (m/s)
beton	4300
glas	4000-4500
rubber	50
staal	5100
ijs	3280
ijzer	5100

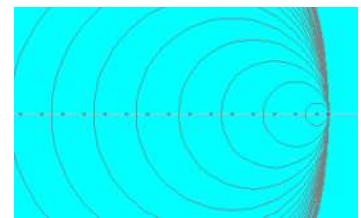
vloeistof	snelheid (m/s)
alcohol	1170
siliconenolie	790
water (0 °C)	1403
water (20 °C)	1484
water (40 °C)	1529
water (100 °C)	1543
zeewater	1510

gas	snelheid (m/s)
koolstofdioxide	259
lucht (-40 °C)	307
lucht (0 °C)	319
lucht (20 °C)	343
lucht (60 °C)	365
methaan	430
waterstof	1284

Geluidsbarrière

Wanneer een vliegtuig met de geluidssnelheid vliegt, beweegt hij met zijn eigen geluid mee. Ten opzichte van het vliegtuig ontstaan alle verdichtingen en verdunningen op dezelfde plaats. Dit resulteert in een enorme knal: Het vliegtuig gaat door de geluidsbarrière. Zie ook de applet op:

http://www.virtueelpracticumlokaal.nl/Doppler_nl/Doppler_nl.html



Onweer en echo's

De geluidssnelheid kan gebruikt worden om afstanden te berekenen. Door de tijd tussen de bliksem en de donder te vermenigvuldigen met de geluidssnelheid, kan de afstand van het onweer tot de waarnemer bepaald worden.

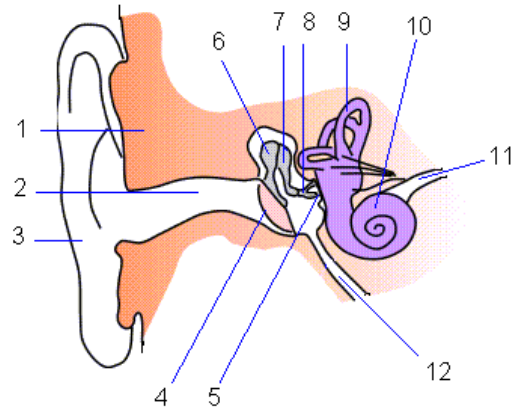
Wanneer geluid weerkaatst hoor je een echo. De afstand van een waarnemer tot het voorwerp dat het geluid weerkaatst, is de helft van de afstand die het geluid aflegt.



Theorie: Gehoor (Herhaling klas 2)

Het menselijk gehoor

Geluid wordt opgevangen door de oorschelp (3) en komt via de gehoorgang (2) bij het trommelvlies (4) terecht. Door de lengte van de gehoorgang worden vooral geluiden rond de 4000 Hz versterkt. In het middenoor zitten drie kleine gehoorbeentjes: hamer (6), aanbeeld (7) en stijgbeugel (8). Deze gehoorbeentjes geven de trilling van het trommelvlies via het ovaal venster (5) door aan het slakkenhuis (10). Het slakkenhuis is gevuld met een vloeistof. In deze vloeistof bevinden zich de trilhaartjes. Door de vorm van het slakkenhuis zullen de haartjes op een bepaalde plaats bij een specifieke frequentie gaan trillen. De trilhaartjes zijn verbonden met de gehoorzenuw (11) die uiteindelijk het signaal naar de hersenen transporteert.

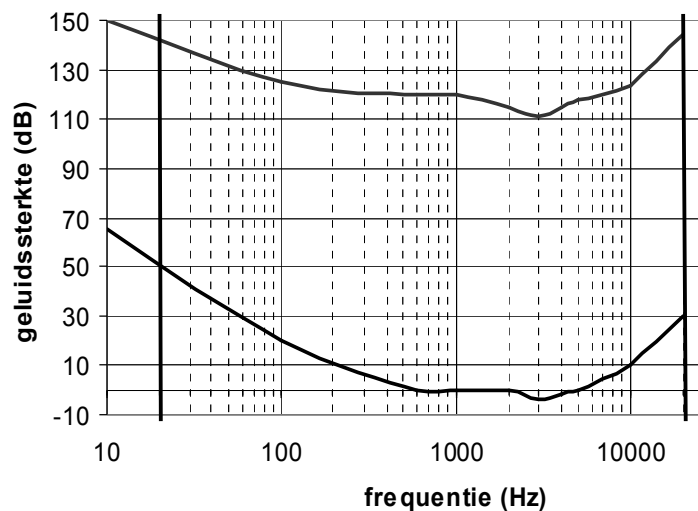


bron: wikipedia

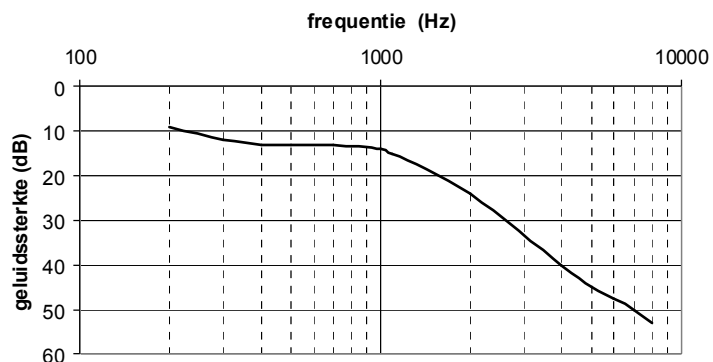
Frequentiekenarakteristiek

Of een geluid voor mensen hoorbaar is hangt af van de frequentie en de geluidssterkte van het geluid. Het gebied waarbinnen mensen geluiden kunnen horen heeft vier grenzen. Deze grenzen staan ook in de frequentiekenarakteristiek hiernaast weergegeven:

- De *beneden-gehoorgrens*: de laagste frequentie die nog net hoorbaar is. Bij een gezond oor is dit ongeveer 20 Hz.
- De *boven-gehoorgrens*: de hoogste frequentie die nog net hoorbaar is. Bij een gezond oor is dit ongeveer 20 kHz. Het gebied tussen beide gehoorgrenzen wordt het *frequentiegebied* genoemd.
- De *gehoordrempel*: De laagste geluidssterkte die nog net hoorbaar is. De hoogte van deze drempel hangt sterk af van de frequentie van het geluid.
- De *pijn grens*: De geluidssterkte die zo hard is, dat het pijn aan je oren doet. Ook deze grens is afhankelijk van de frequentie.



Bij gehoorproblemen kan er een audiogram gemaakt worden. Een audiogram is een frequentiekenarakteristiek waarin de afwijking ten opzichte van een gezond oor wordt weergegeven. Bij oudere mensen zal de afwijking het grootst zijn bij hoge frequenties, terwijl bij jongeren vaak het gebied tussen 4000 Hz en 8000 Hz een afwijking laat zien, de zogenaamde 'discodip'. Het



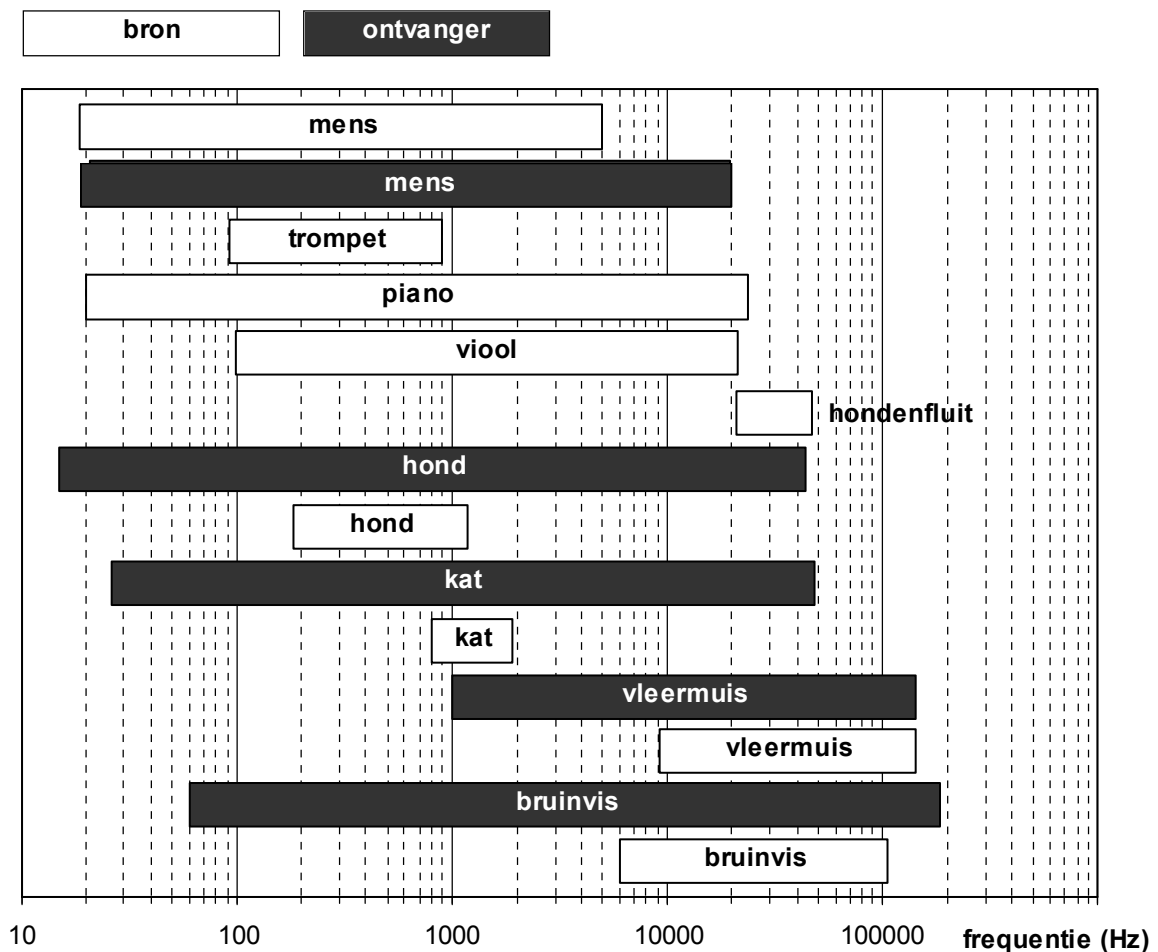
audiogram hiernaast is van een 70-jarige man.

Bronnen

In het onderstaande overzicht staan voor geluidssterktes van 0 dB tot 150 dB enkele omschrijvingen:

voorbeelden	
150	ernstige beschadigingen gehoororganen
140	pijngrens – straalmotor op 25 m
130	startend straalvliegtuig op 50 m
120	pneumatische boor op 1 m – autoclaxon vlakbij
110	popgroep – betonboor op 1 m – cirkelzaag
100	helikopter op 30 m hoogte – vrachtwagen op 7,5 m
90	personenauto – drukke verkeersweg
80	drukke verkeersweg - scooter op 7,5 m
70	harde muziek van radio of tv – autosnelweg op 25 m
60	kantoor – telefoongesprek
50	rustig gesprek – gemiddelde woonwijk overdag
40	stille straat – woonkamer – koelkast op 1 m
30	leeszaal bibliotheek – fluisterend gesprek – tikkend horloge
20	ruisende bladeren – zacht gefluister
10	vallend blad – vrijwel volledige stilte
0	gehoordrempel

Ook bij geluidsbronnen heb je te maken met een frequentiegebied. In het onderstaande overzicht is zowel van een aantal bronnen als ontvangers het frequentiegebied gegeven:



Theorie: Geluidsoverlast (Herhaling klas 2)

Wanneer is geluid overlast?

Een geluid kan voor de ene persoon heel hinderlijk zijn, terwijl dat voor een ander helemaal niet het geval is. Denk bijvoorbeeld maar aan harde muziek, het geluid van een kermis of het geluid van een scooter. Of geluid overlast veroorzaakt hangt naast persoonlijke smaak ook af van de tijd en de plaats van het geluid. Hoewel er geen duidelijk grenzen zijn aan te geven, gaat geluidsoverlast wel altijd samen met een grote geluidssterkte.

Regelgeving

Ondanks dat geluidsoverlast door iedereen anders ervaren wordt, zijn er wel landelijke en Europese normen voor wat mag en wat niet mag. Enkele voorbeelden:

- In de *Wet geluidhinder* staan normen voor geluid dat wordt veroorzaakt door verkeer, spoorwegen en industrieterreinen. Voor nieuwbouwwoningen is de norm in de meeste gevallen 50 dB(A). Alleen onder bepaalde omstandigheden mag hiervan afgeweken worden. Indien niet aan de normen kan worden voldaan, zoals in sommige gebieden rond Schiphol, mogen er geen huizen gebouwd worden.
- In de *Arbo-wet* (Arbeidsomstandighedenwet) staat dat de geluidssterkte op een werkplek niet boven de 80 dB(A) mag komen. Boven deze grens kan na een langere periode een gehoorbeschadiging ontstaan.
- In het *Voertuigreglement* staat dat bromfietsen "in de nabijheid van de uitmonding van de uitlaat" maximaal een geluidssterkte van 97 dB mogen hebben. Voor snorfietsen is dit 90 dB.

Schadelijk geluid

Het verband tussen geluidssterkte en de tijd die iemand veilig blootgesteld kan worden aan een geluid is weer gegeven in de tabel hiernaast. Geluid met een sterkte van meer dan 100 dB(A) kan acute gehoorschade veroorzaken. Het geluid in discotheken ligt vaak rond de 110 dB!

geluidssterkte (dB(A))	maximale tijd
80	8 uur
83	4 uur
90	48 minuten
100	5 minuten
110	30 seconden

Maatregelen

Bij het nemen van maatregelen tegen geluidsoverlast kunnen zowel de bron, de tussenstof als de ontvanger onder handen genomen worden.

Naast het beperken van de geluidssterkte van een bron, kunnen ook een verandering van de plaats en tijd van het geluid maatregelen aan de bron zijn. Een voorbeeld hiervan is het beperken van nachtvluchten op Schiphol.

Maatregelen aan de tussenstof zullen meestal bestaan uit het aanbrengen van geluidsisolatie. Geluiddempende materialen absorberen geluid. De demping van het geluid hangt af van het soort materiaal en de dikte. Goede geluidsabsorberende materialen zijn over het algemeen materialen die veel lucht bevatten, zoals schuimrubber. Geluid kan niet alleen geabsorbeerd worden, maar ook teruggekaatst. Een bekende toepassing daarvan zijn de geluidsschermen langs snelwegen.

De makkelijkste oplossing voor de ontvanger is de afstand tot de bron groter maken. Omdat dit niet altijd mogelijk is, kan gehoorbescherming een oplossing zijn. Een goede koptelefoon kan het geluid met maximaal 30 dB dempen.

