

# TABELLARIUM AKOESTIEK EN GELUID

## INHOUD:

[Grootheden en eenheden](#)

[Termen en begrippen in de bouw](#)

[Geluidniveaus](#)

[Akoestische Frequenties](#)

[Geluidabsorptie](#)

[Geluidsnelheid](#)

[Luchtgeluid](#)

[Contactgeluid](#)

[Nagalmtijd](#)

[Kierdichting](#)

[Decibelschaal](#)

[Formules](#)

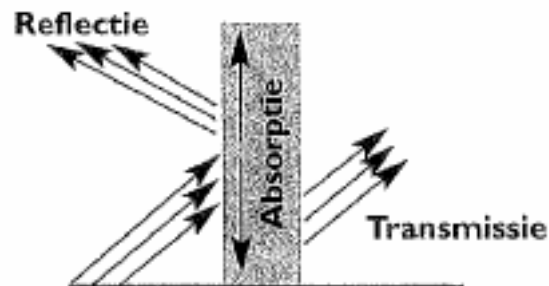
## 1. GROOTHEDEN EN EENHEDEN

| Symbol      | Eenheid             | Omschrijving                      |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| $L_{eq}$    | dB                  | Equivalent geluiddruk niveau      |
| $L_p$       | dB                  | Geluiddruk niveau                 |
| $L_{pA}$    | dB(A)               | A-gewogen geluiddruk niveau       |
| $L_w$       | dB                  | Geluidvermogen niveau             |
| $p$         | Pa                  | Effectieve geluiddruk             |
| $W, P$      | Watt                | Geluidvermogen                    |
| $I$         | watt/m <sup>2</sup> | Geluidintensiteit                 |
| $R$         | dB                  | Luchtgeluidisolering              |
| $T$         | s                   | Nagalmtijd                        |
| $T_{60}$    | s                   | Uitklinktijd                      |
| $L_N$       | foon                | Luidheidsniveau                   |
| $f$         | Hz                  | Frequentie                        |
| $f_n$       | Hz                  | Eigenfrequentie                   |
| $f_0$       | Hz                  | Resonantiefrequentie              |
| $I_u$       | dB                  | Isolatie-index voor luchtgeluid   |
| $I_{co}$    | dB                  | Isolatie-index voor contactgeluid |
| $U$         | m <sup>3</sup> /s   | Volumesnelheid                    |
| $B$         |                     | Bodemfactor                       |
| $D_{geo}$   | dB                  | Afstandsverzwakking               |
| $D_{bodem}$ | dB                  | Bodemverzwakking                  |
| $C_m$       | dB                  | Meteocorrectie                    |

## 2. TERMEN EN BEGRIPPEN

### Absorberen (geluid)

Het in zich opnemen van *geluidenergie* door een ander materiaal of constructie. Het resultaat daarvan is *demping*.



Gereflecteerd, geabsorbeerd en doorgelaten geluid.

$$a + r = 1 \quad \text{of} \quad a = 1 - r$$

Dus: wat niet wordt gereflecteerd wordt geabsorbeerd en andersom.

N.B. De hoeveelheid geluid die wordt doorgelaten, is doorgaans naar verhouding erg klein. Bij een normale halfsteens muur ca. een-tienduizendste van de opvallende geluidenergie. Het doorgelaten geluid wordt bij absorptieproblemen daarom verwaarloosd.

Totale geluidsabsorptie = alle oppervlakte (S) vermenigvuldigen met de bij het betreffende materiaal behorende absorptiecoëfficiënt (a).

$$A = a_1 \cdot S_1 + a_2 \cdot S_2 + a_3 \cdot S_3 + \dots \quad [\text{m}^2 \text{ o.r.}]$$

### Absorberend materiaal

Materiaal dat *geluidenergie* kan opnemen door die te *dissiperen* als *warmte*.




Ondersteuning van het directe geluid door nuttige reflecties en het voorkomen van echo's door het aanbrengen van absorberend materiaal.

### Absorberschot

Pakket *geluidabsorberend materiaal*, aangebracht in een plenum tussen scheidingswand en bovengelegen vloer.

### Achtergrondgeluid

Het bij een betekenisvol *geluid* permanent aanwezige overige *geluid*.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Achtergrondruis</b>           | Het bij een betekenisvol <i>geluid</i> permanent aanwezige <i>diffuus geluid</i> .   |
| <b>Afschermen</b>                | Het plaatsen van een object tussen bron en waarnemer om het geluidrukniveau bij de waarnemer te verhinderen.   |
|                                  |    |
| <b>Afscherming</b>               | Object tussen bron en waarnemer om de <i>geluiddruk</i> bij de waarnemer te verminderen.   |
| <b>Afstandsverzwakking</b>       | Overdrachtsverzwakking (dB) ten opzichte van het bronvermogen door geometrische golffrontuitbreiding<br>Symbool: $D_{geo}$   |
| <b>A-gewogen geluidrukniveau</b> | Het voor de gevoeligheid van het oor gecorrigeerde <i>geluidrukniveau</i> .<br><br>$L_{pA} = 10 \log \frac{p_A^2}{p_0^2} [dB(A)]$ <p><math>p_A</math> = effectieve A-gewogen geluiddruk [Pa]<br/> <math>p_0</math> = referentiegeluiddruk of constante vergelijkingsdruk [20 <math>\mu</math>Pa]</p> |
| <b>Akoestiek</b>                 | 1. Vakgebied dat zich bezighoudt met de bestudering van het <i>geluid</i> in de gebouwde omgeving.<br>2. De manier waarop <i>geluid</i> in een ruimte klinkt.  |
| <b>Akoestisch</b>                | Het <i>geluid</i> betreffende.   |
| <b>Akoestisch PvE</b>            | Programma van Eisen betreffende het <i>geluid</i> met betrekking tot een gebouw.   |
| <b>Akoestische classificatie</b> | Classificatie van ruimten op grond van hun ( <i>geluid</i> )gevoeligheid.  |
| <b>Akoestische impedantie</b>    | Verhouding van <i>geluiddruk</i> tot <i>volumesnelheid</i> (Pa $\cdot$ s $\cdot$ m <sup>-3</sup> of Ns/m <sup>5</sup> ).   |
| <b>Bodemfactor</b>               | Een dimensieloos getal B tussen 0 en 1, dat aangeeft welk deel verhard is uitgevoerd.<br>$B = 1$ : gehele bodemvlak bestaat uit <i>absorberend materiaal</i> .<br>$B = 0$ : gehele bodem is verhard.   |
| <b>Bodemverzwakking</b>          | Overdrachtsverzwakking (dB) ten opzichte van het vrije veld ten gevolge van de bodem. De bodemverzwakking is vooral afhankelijk van de <i>bodemfactor</i> (B) en de afstand tot de bron.   |
| <b>Bolbron</b>                   | <i>Geluidbron</i> die zijn <i>geluid</i> alzijdig uitstraalt.  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Bouw(akoestiek)</b>        | Vakgebied dat zich bezighoudt met de bestudering van het <i>geluid</i> in de gebouwde omgeving.   |
| <b>Bronsterkte</b>            | Algemene aanduiding voor het afgestraalde akoestische vermogen van een bron.  |
| <b>Buigslappe constructie</b> | Constructie opgebouwd uit regelwerk met dunne platen en een <i>spouw</i> (met bij voorkeur daarin geluid <i>absorberend materiaal</i> ).  |
| <b>Coïncidentie</b>           | De relatieve vermindering van de geluidreductie-index van een <i>scheidingsconstructie</i> bij een bepaalde <i>frequentie</i> onder de volgens de Massawet voorspelde waarde.   |
| <b>Constructiegeluid</b>      | Mechanische trillingsverschijnselen van vaste stoffen die constructie-onderdelen vormen.  |
| <b>Contactgeluid</b>          | <i>Geluid</i> opgewekt door de gebouwconstructie rechtstreeks aan te stoten (lopen, trillingen van een draaiende machine, slaan van de deur etc.).<br><br>Principe van contactgeluid:<br>BRON -> CONSTRUCTIE -> LUCHT |
| <b>Contactgeluidisolatie</b>  | Alle constructieve maatregelen die <i>contactgeluid</i> proberen te voorkomen.  |
| <b>Continu geluid</b>         | Een <i>geluid</i> met verwaarloosbaar kleine niveauvariaties binnen de waarnemingstijd.   |
| <b>dB(A)</b>                  | Gefilterd drukniveau dat rekening houdt met de gevoeligheid van het menselijk oor voor de <i>frequenties</i> uit het hoorbaar spectrum.   |
| <b>Decibel</b>                | Eenheid voor <i>geluiddruk</i> niveau.  |
| <b>Dempen</b>                 | Verminderen van een <i>geluiddruk</i> ten gevolge van <i>dissipatie</i> (omzetting van trillingsenergie in warmte).   |
| <b>Diffusie (geluid)</b>      | Verspreiding van geluid in alle richtingen. Zie ook <i>geluidverstrooiing</i> .   |
| <b>Diffuus geluidveld</b>     | Situatie waarin het <i>geluid</i> uit alle richtingen komt.   |
| <b>Direct geluid</b>          | Overdracht van <i>geluid</i> volgens een directe weg.   |
| <b>Dissipatie</b>             | Verschijnsel waarbij een <i>geluidgolf</i> geabsorbeerd wordt en de energie van de trillende luchtdeeltjes wordt omgezet in warmte, meestal ten gevolge van wrijving.   |
| <b>Dissipatiecoëfficiënt</b>  | Getalwaarde van <i>gedissipeerd/geabsorbeerd</i> geluid gedeeld door invallend geluid.  |
| <b>Dode kamer</b>             | <i>Echovrije</i> ruimte.  |
| <b>Doorlatingscoëfficiënt</b> | Getalswaarde van doorgelaten geluid gedeeld door invallend <i>geluid</i> .  |
| <b>Echo</b>                   | <i>Reflectie</i> die door zijn sterkte en late tijdstip van optreden hoorbaar is.   |
| <b>Effectieve geluiddruk</b>  | De ervaren sterkte van geluid, uitgedrukt in de wortel uit het gemiddelde kwadraat van de <i>geluiddruk</i> .   |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Eigenfrequentie</b>              | De <i>frequentie</i> (Hz) van een vrije trilling of een trilvorm van een systeem.   |
| <b>Emissiegetal</b>                 | Maat voor de sterkte van een <i>geluidbron</i> .  |
| <b>Equivalent geluiddrukkniveau</b> | De energie-inhoud van een <i>fluctuerend geluid</i> als maatstaf voor de (geluid-)hinder.<br>Symbool: $L_{eq}$  |
|                                     | $L_{eq} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2 \cdot dt}{p_0^2} \right] \quad [\text{dB}]$   |
| <b>Etmaalwaarde</b>                 | Maat voor <i>geluidbelasting</i> door verkeer per etmaal.   |
| <b>Flankerende geluidoverdracht</b> | <i>Geluidoverdracht</i> waarbij de door <i>geluid</i> opgewekte (buig)trillingen in een constructie worden gegeven aan een andere constructie die het <i>geluid</i> afstraalt in een andere ruimte.   |
| <b>Fluctuerend geluid</b>           | Een <i>geluid</i> waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn.  |
| <b>Flutter echo</b>                 | <i>Echo</i> als gevolg van twee evenwijdige wanden die goed reflecteren en meer dan 7 meter van elkaar zijn verwijderd. Tussen deze wanden kan het <i>geluid</i> meerdere keren heen en weer kaatsen. |
| <b>Foon</b>                         | Eenheid waarin het <i>luidheidsniveau</i> wordt uitgedrukt.   |
| <b>Frequentie</b>                   | Aantal trillingen per seconde, uitgedrukt in Hertz.<br>Symbool: $f$   |
| <b>Galm</b>                         | Zie nagalm.   |
| <b>Gehoorgrens</b>                  | <i>Frequentiewaarden</i> waarbinnen <i>geluid</i> door de mens waargenomen kan worden.  |
| <b>Geluid</b>                       | Drukverandering in lucht die door het menselijk oor kan worden waargenomen.   |
| <b>Geluidabsorbering</b>            | Zie absorberen.   |
| <b>Geluidafstraling</b>             | Overdracht van <i>geluid</i> van oppervlak naar lucht.  |
| <b>Geluidbelasting</b>              | <i>Geluiddrukkniveau</i> waaraan een object blootgesteld wordt.   |
| <b>Geluidbron</b>                   | Alles wat <i>geluid</i> veroorzaakt.  |
| <b>Geluidbrug</b>                   | Verbindingselement tussen twee bouwdelen dat <i>contactgeluid</i> overdraagt tegen de bedoeling in.   |
| <b>Geluidcontour</b>                | Lijn van gelijke <i>geluidbelasting</i> in <i>Kosten-Eenheid</i> .  |
| <b>Geluiddempende materialen</b>    | Materialen die de eigenschap hebben het geluiddrukkniveau te verminderen.   |
| <b>Geluiddemping</b>                | Het verminderen van het <i>geluiddrukkniveau</i> door <i>dissipatie</i> .   |
| <b>Geluiddruk</b>                   | De kracht die <i>geluid</i> uitoefent op een object, uitgedrukt in pascal.<br>Symbool: $p$  |

**Geluidrukniveau** Hoogte van de *geluiddruk*, uitgedrukt in dB en maat voor de *luidheid*.  
Symbool:  $L_p$

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} \quad [\text{dB}]$$

$L_p$  = geluidrukniveau

$p$  = geluiddruk

$p_0$  = referentiegeluiddruk, in het algemeen  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

$$L_p = L_w + 10 \log \frac{4}{A} \quad [\text{dB}]$$

$L_w$  = geluiddrukvermogenniveau [dB]

$A$  = geluidabsorberend oppervlak in  $\text{m}^2$  open raam

**Geluidrukniveau, A-gewogen** Het voor de oorgevoeligheid gecorrigeerde *geluidrukniveau*.  
Symbool:  $L_{pA}$

$$L_{pA} = 10 \log \left[ \frac{P_A^2}{P_0^2} \right] \quad [\text{dB}(A)]$$

$P_A$  = effectieve A-gewogen geluiddruk [Pa]

$P_0$  = referentiedruk of constante vergelijkingsdruk [20  $\mu\text{Pa}$ ]

**Geluidgevoelige activiteiten** Activiteiten waarbij snel last wordt ondervonden van *geluidhinder*.

**Geluidgevoelige gebouwen** Gebouwen waarin *geluidgevoelige activiteiten* plaatsvinden.

**Geluidgevoelige ruimten** Ruimten waarin *geluidgevoelige activiteiten* plaatsvinden.

**Geluidgevoeligheid** Mate waarin *geluidhinder* wordt ondervonden.

**Geluidgolf** Trilling, heen- en weergaande beweging rond evenwichtsstand, die wordt voortgeplant en die afhankelijk van de trillingssterkte en –tempo door de mens wordt waargenomen als *geluid*.

**Geluidhinder** Overlast ondervonden door *geluid*.

**Geluidimmissie** Opvallende *geluidbelasting*

**Geluidintensiteit** De vermogensdichtheid (energie) van het *geluid*, uitgedrukt in  $\text{W}/\text{m}^2$ .  
Symbool:  $I$

$$I_i = I_\rho + I_\tau + I_\delta$$

$$1 = I_\rho/I_i + I_\tau/I_i + I_\delta/I_i$$

$$1 = \rho + \tau + \delta$$

$I_i$  = invallende geluidintensiteit

$I_\rho$  = gereflecteerde geluidintensiteit

$I_\tau$  = doorgelaten geluidintensiteit

$I_\delta$  = *gedissipeerde* geluidintensiteit

$\rho$  = reflectiefactor

$\tau$  = doorlatingsfactor

$\delta$  = dissipatiefactor

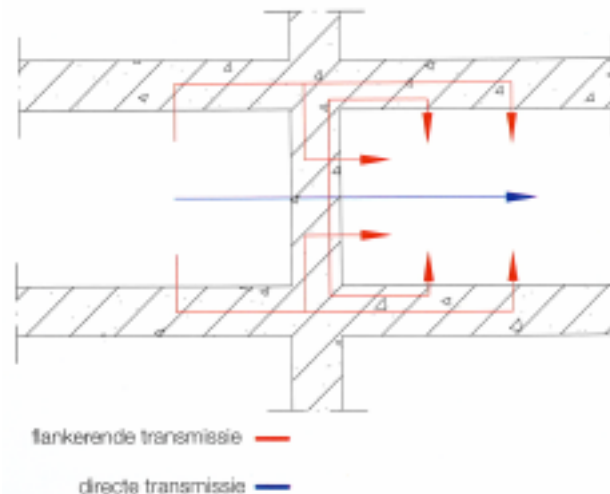
|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Geluidisolatie</b>                | Zie geluidisolering.   |
| <b>Geluidisolering</b>               | Materiaal of constructie om de <i>transmissie van geluid</i> tegen te houden of te verhinderen.  |
|                                      | $R = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad \text{met } \tau = \frac{I_t}{I_i} = \text{doorlatingsfactor}$   |
|                                      | $R = 10 \log \frac{I_i}{I_d} \quad [dB]$   |
|                                      | $R$ = luchtgeluidisolatie [dB]<br>$I_i$ = opvallende geluidintensiteit [ $W/m^2$ ]<br>$I_d$ = afgegeven geluidintensiteit [ $W/m^2$ ]  |
|                                      | $R_i = -10 \log \left[ \left( \sum \frac{S_j}{S} \cdot 10^{R_{j,i}/10} \right) + K \right] \quad [dB]$   |
|                                      | $R_i$ = geluidisolatie samengesteld vlak in dB in octaafband $i$<br>$n$ = aantal deelvlakken.<br>$S_j$ = oppervlak van deelvlak $j$ in $m^2$<br>$S$ = totale oppervlak van het samengestelde vlak<br>$R_{j,i}$ = geluidisolatie in dB van deelvlak $j$ in octaafband $i$<br>$K$ = kierterm |
| <b>Geluidlek</b>                     | De plaats waar <i>geluidoverdracht</i> door of langs een constructie optreedt.   |
| <b>Geluidniveau (dB(A))</b>          | Zie geluidrukniveau.   |
| <b>Geluidniveau, equivalent</b>      | De energie-inhoud van een <i>fluctuerend geluid</i> als maatstaf voor de (geluid) <i>hinder</i> .<br>Symbool: $L_{eq}$   |
|                                      | $L_{eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2 \cdot dt}{p_0^2} \right] \quad [dB]$   |
| <b>Geluidoverdracht</b>              | Zie geluidvoortplanting.   |
| <b>Geluidoverdracht, flankerende</b> | <i>Geluidoverdracht</i> waarbij de door <i>geluid</i> opgewekte (buig)trillingen in een constructie worden doorgegeven aan een andere constructie die het <i>geluid</i> afstraalt in een andere ruimte.  |
| <b>Geluidreducering</b>              | Het terugbrengen van het <i>geluidrukniveau</i> .  |
| <b>Geluidspectrum</b>                | Totaaloverzicht van de uitgesplitste <i>frequenties</i> van het <i>geluid</i> .  |
| <b>Geluidtransmissie</b>             | <i>Geluid</i> doorlating door constructies   |
| <b>Geluidtransport</b>               | Zie geluidvoortplanting.   |



|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Geluidvermogen</b>      | Sterkte van een <i>geluidbron</i> in watt.<br>Symbool: $W$   |
| <b>Geluidvermogeniveau</b> | Sterkte van een <i>geluidbron</i> gecorrigeerd voor optredende variaties in dB.<br>Symbool: $L_w$  |
|                            | $L_{w,vlak} = L_{p1} - R_{vlak} + 10 \log S_{vlak} - 6 \quad [dB]$ $L_{w,vlak} = \text{het niveau van het doorgelaten vermogen per vlak [dB t.o.v. } 10^{-12} \text{ W].}$ $L_{p1} = \text{het geluiddrukkniveau in de ruimte [dB].}$ $S_{vlak} = \text{het oppervlak van het betreffende vlak [m}^2\text{].}$ $L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$ |
|                            | $L_w$ = geluidvermogeniveau<br>$W$ = geluidvermogen<br>$W_0$ = referentievermogen, in het algemeen $10^{-12}$ watt.  |
| <b>Geluidverstrooiing</b>  | Zie ook <i>diffusie</i> .<br>Verspreiding van <i>geluid</i> in alle richtingen.  |
| <b>Geluidvoortplanting</b> | Het zich verplaatsen van het <i>geluid</i> .   |
| <b>Geluidwering</b>        | Vermogen om overdracht van geluid te beperken of te verhinderen.   |
|                            | $G_i = R_i - C_r + 10 \log \frac{V}{6 \cdot T_0 \cdot S} [dB]$   |
|                            | $G_i$ = geluidwering van de gevel in dB in octaafband $i$ .<br>$R_i$ = laboratorium geluidisolatiewaarde van de gevel in octaafband $i$ .<br>$C_r$ = correctieterm<br>$V$ = volume ontvangvertrek $m^3$<br>$T_0$ = referentienagalmtijd<br>$S$ = oppervlakte van de gevel $[m^2]$  |
|                            | $T_0$ woonruimte = 0,5 s<br>$T_0$ andere ruimten = 0,8 s   |
|                            | $G_a = -10 \log \left[ \sum 10^{(G_i - C)/10} \right] \quad [dB(A)]$   |
|                            | $G_a$ = geluidwering van de gevel $[dB(A)]$ .<br>$G_i$ = geluidwering van de gevel per octaafband $[dB]$ .<br>$C_i$ = waarde van het standaardspectrum per octaafband $[dB]$ .   |
| <b>Geluid, direct</b>      | Overdracht van <i>geluid</i> volgens een directe weg.  |
| <b>Geluid, fluctuerend</b> | Een <i>geluid</i> waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn.   |
| <b>Geluid, indirect</b>    | Overdracht van <i>geluid</i> volgens een indirecte weg.  |

|  |   |
|--|---|
| <b>Geluiddruk, effectieve</b>                                  | De ervaren sterkte van <i>geluid</i> , uitgedrukt in de wortel uit het gemiddelde kwadraat van de <i>geluiddruk</i> .   |
| <b>Geluidveld, diffuus</b>                                     | Situatie waarin het <i>geluid</i> uit alle richtingen komt.   |
| <b>Geperforeerde panelen</b>                                   | <i>Absorberend materiaal</i> met gaatjes erin.  |
| <b>Golflengte (geluid)</b>                                     | Afstand tussen twee punten op identieke plaatsen in een <i>geluidgolf</i> .   |
| <b>Helmholtz-resonator</b>                                     | Een doosvormige constructie bestaande uit geperforeerde plaat op enige afstand voor een akoestisch hard vlak, ten behoeve van <i>geluidabsorptie</i> .<br><br>Principe van Helmholtz-resonator<br><br>Een resonator van dit type bestaat uit een afgesloten luchtvolume ( $V$ ) dat via een kanaal in verbinding staat met 'buiten'. Dit systeem is te vergelijken bij een bepaalde frequentie, de resonantiefrequentie $f_0$ bij loodrecht inval. Hierbij voert de luchtmassa in het kanaal een periodieke trilling uit op de veer(stijfheid) van het luchtvolume ( $V$ ). |
|  | $f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{I \cdot V}}$   |
|  | $f_0$ = resonantiefrequentie<br>$I$ = dwarsdoorsnede kanaal ( $m^2$ )<br>$V$ = luchtvolume ( $m^3$ )<br>$c$ = voortplantingssnelheid ( $m/2$ )  |
| <b>Indirect geluid</b>   | Overdracht van <i>geluid</i> volgens een indirecte weg.   |
| <b>Interferentie</b>   | Wederzijdse beïnvloeding van <i>geluidgolven</i> .  |
| Isofoon  | Lijn waarlangs het <i>luidheidsniveau</i> constant is.  |
| <b>Isolatie-index voor contactgeluid (<math>I_{co}</math>)</b> | Getalswaarde die aangeeft in welke mate een ruimte gevrijwaard is van <i>contactgeluid</i> van buiten de ruimte.  |
| <b>Isolatie-index voor luchtgeluid (<math>I_{lu}</math>)</b>   | Getalswaarde die aangeeft in welke mate een ruimte gevrijwaard is van <i>luchtgeluid</i> van buiten de ruimte.  |
| <b>Isoleren</b>  | Het tegengaan van <i>geluidoverdracht</i> .   |
| <b>Kierfactor</b>  | Rekenwaarde waarmee de invloed van <i>naden en kieren</i> van een <i>scheidingsconstructie</i> op de <i>geluidisolering</i> berekend wordt.<br>Kierfactor $K$ : normale, enkele kierdichting $K = 3 \cdot 10^{-4}$<br>Ramen met speciale dubbele kierdichting $K = 10^{-5}$<br>Oude gebouwen zonder kierdichting $K = 3 \cdot 10^{-3}$  |
| <b>Kierterm</b>  | Zie kierfactor  |
| <b>Kosten-eenheid (KE)</b>                                     | Eenheid waarin de <i>lawaabelasting</i> door vliegtuigen wordt uitgedrukt.  |
| <b>Lawaai</b>  | Hinderlijk of ongewenst <i>geluid</i> .   |
| <b>Lijnbron</b>  | Een in 1 dimensie oneindig lange bron, die evenveel energie uitzendt in richtingen loodrecht op de lijn (dus in de andere twee dimensies).  |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Luchtgeluid</b>                    | <i>Geluid</i> dat wordt veroorzaakt door het direct in trilling brengen van lucht door een bron.<br><br>Principe van luchtgeluid:<br>BRON -> LUCHT (-> CONSTRUCTIE -> LUCHT)                                    |
| <b>Luchtgeluid(s)isolatie</b>         | Isolatie voor geluidtrillingen die, opgewekt door een of andere <i>geluidbron</i> , in de lucht aanwezig zijn.<br>Symbool: $R$  |
| <b>Luchtgeluid(s)isolatie-index</b>   | Zie isolatie-index voor <i>luchtgeluid</i> .  |
| <b>Luidheidsniveau</b>                | <i>Geluidsdrukniveau</i> gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het oor, uitgedrukt in foons.<br>Symbool: $L_n$  |
| <b>Luistercomfort</b>                 | De mate waarin het gesproken woord op gemakkelijke en aangename wijze kan worden gevolgd.   |
| <b>Massa-veer resonantie (geluid)</b> | Regelmatige trilling van materie veroorzaakt door <i>geluid</i> .   |
| <b>Meteo-correctie</b>                | Een correctieterm (dB) voor meteo-varianties die op bepaalde geluidmetingen binnen het <i>meteoraam</i> moet worden toegepast om een langtijdig <i>equivalent geluidniveau</i> te verkrijgen.<br>Symbool: $C_m$ |
| <b>Meteoraam</b>                      | Verzamelnaam van meteorologische omstandigheden 1) waarbij de <i>geluidoverdracht</i> zodanig is, dat optimaal reproduceerbaar kan worden gemeten bij een zo groot mogelijke <i>signaal-ruis verhouding</i> .   |
| <b>Nagalms</b>                        | Verschijsel dat er enige tijd gemoeid is met het uitsterven van <i>geluid</i> .   |
| <b>Nagalmtijd</b>                     | De tijd (s) die verloopt voordat, als een <i>geluidbron</i> wordt uitgeschakeld, het <i>geluidsdrukniveau</i> 60 dB is gedaald.<br>Symbool: $T$   |
|                                       | $T = \frac{1}{6} \cdot \frac{V}{A} \quad [s]$   |
|                                       | $T$ = nagalmtijd (s)<br>$V$ = volume van de ruimte (m <sup>3</sup> )<br>$A$ = aanwezige geluidabsorptie (m <sup>2</sup> o.r.)   |
| <b>Noise-rating curve (NR-curve)</b>  | Curve van gelijke <i>hinderlijkheid</i> op basis van onderzoek naar de beleving van <i>geluid</i> .   |
| <b>Omgevingsgeluid</b>                | Het <i>geluid</i> aanwezig in een bepaalde situatie op een gegeven moment, meestal opgebouwd uit het <i>geluid</i> van vele bronnen die dichtbij of ver weg zijn.   |
| <b>Omloopgeluid</b>                   | <i>Geluidoverdracht</i> via indirecte luchtwegen in een gebouw, al dan niet via constructietrillingen.  |



|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Omweggeluid</b>          | Zie omloopgeluid.   |
| <b>Ontvangruimte</b>        | Ruimte in een gebouw waarin binnenkomend <i>geluid</i> gemeten wordt.   |
| <b>Paneelresonator</b>      | Paneelvormige constructie om <i>geluid</i> te absorberen  |
| <b>Pijngrens</b>            | Waarde van <i>geluiddruk</i> die de mens als pijnlijk ervaart.  |
| <b>Puntbron</b>             | Een bron die gerekend wordt <i>geluid</i> af te stralen vanuit een dimensieloos punt in alle richtingen (3-dimensionaal).   |
| <b>Referentiedruk</b>       | Het <i>geluiddruk</i> waarnaar verwezen wordt bij metingen.   |
| <b>Referentiespectrum</b>   | Het <i>geluid</i> spectrum waarnaar verwezen wordt bij metingen.  |
| <b>Reflectie</b>            | Weerkaatsing van <i>geluid</i> .  |
| <b>Reflectiecoëfficiënt</b> | Getalswaarde van weerkaatst <i>geluid</i> gedeeld door invallend <i>geluid</i> .  |
| <b>Resonantiefrequentie</b> | De <i>frequentie</i> (Hz) waarbij een systeem in <i>resonantie</i> is, dat wil zeggen waarbij elke verandering in de aanstootfrequentie, hoe klein ook, een vermindering in de responsie van een systeem zou opleveren.<br>Symbool: $f_0$ |
|                             | $f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}} \cdot \frac{1}{b}$   |
|                             | $f_0$ = resonantiefrequentie bij loodrecht invallend <i>geluid</i> (spouwmuur)<br>$m_1$ = massa ene spouwblad [kg/m <sup>3</sup> ]<br>$m_2$ = massa andere spouwblad [kg/m <sup>3</sup> ]<br>$b$ = breedte van de spouw (m)               |
| <b>(Geluid)scher/wal</b>    | Constructie langs een weg om <i>geluid</i> hinder tegen te gaan.  |
| <b>Scher/verzwakking</b>    | De overdrachtverzwakking ten opzichte van het vrije veld en ten gevolge van een <i>afscherming</i> .  |
| <b>Scher/werking</b>        | De invloed van een <i>geluid</i> scher/wal op <i>geluid</i> overdracht.   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Signaal-ruisverhouding (S/R-ratio)</b> | Weergave van het verschil in het <i>geluiddrukkniveau</i> tussen het waar te nemen signaal en de <i>achtergrondruis</i> , uitgedrukt in dB.   |
| <b>Soon</b>                               | Eenheid waarin <i>luidheid</i> wordt uitgedrukt.  |
| <b>Spleetresonator</b>                    | Constructie met <i>spleten</i> om geluid te <i>absorberen</i> .   |
| <b>Spouwresonantie</b>                    | Verslechtering van <i>geluidisolatie</i> van een dubbele wand als gevolg van staande luchtgeluidgolven in de <i>spouw</i> .   |
| <b>Spraakverstaanbaarheid</b>             | De mate waarin het gesproken woord nog verstaanbaar is.   |
| <b>Stoorniveau</b>                        | De hoogte van het <i>achtergrondgeluid</i> die als storend ervaren wordt.   |
| <b>Uitklinktijd</b>                       | Tijd in seconden waarin trillingen na uitschakeling van de aanstoting 60 dB in niveau afnemen.<br>Symbool: $T_{60}$   |
| <b>Verbindingsdemping</b>                 | Trillingsverzwakking bij overgang van een constructie naar een andere.  |
| <b>Verzwakking</b>                        | Vermindering van <i>geluiddruk(niveau)</i> door afstand, <i>reflectie</i> , <i>demping</i> etc., uitgaande van een bron.  |
| <b>Volumesnelheid</b>                     | Aantal kubieke meters per seconde dat door een trillend vlak wordt verplaatst.  |
| <b>(Geluid)wal/scherm</b>                 | Constructie langs een weg om <i>geluidhinder</i> tegen te gaan.   |
| <b>Wegdekcorrectie</b>                    | Correctiefactor bij berekening van wegverkeergeluid voor de invloed van het type wegdek.  |
| <b>Zaalakoestiek</b>                      | Eigenschappen van een zaal die resulteren in een bepaalde geluidkarakteristiek van die zaal.<br><br>Ondersteuning van het directe geluid door nuttige reflecties en het voorkomen van echo's door het aanbrengen van absorberend materiaal. |
| <b>Zendruimte</b>                         | Ruimte in een gebouw waarin <i>geluid</i> ten behoeve van meting geproduceerd wordt.  |
| <b>Zichthoek</b>                          | De hoek tussen de horizontaal van de <i>geluidbron</i> en de plaats van de toehoorder in een zaal of ruimte, met het oog op <i>geluidbeleving</i> .   |
| <b>Zichthoekcorrectie</b>                 | De bij berekening van <i>geluidbelasting</i> toegepaste correctie voor de invloed van tussen bron en waarnemer gelegen objecten, uitgedrukt in dB(A).   |
| <b>Zichtlijn</b>                          | Verbindingslijn tussen het oog van de toeschouwer en het dichtstbijzijnde punt van het podium.  |
| <b>Zwevende dekvloer</b>                  | Een afwerkvloer, opgelegd op een veerkrachtig materiaal.  |

### 3. GELUIDNIVEAUS

#### Streefwaarden geluid woonomgeving

| Aard van de woonomgeving         | aanbevolen richtwaarden in de woonomgeving in dB(A) |       |       |
|----------------------------------|---|-------|-------|
|                                  | dag   | avond | nacht |
| landelijke omgeving              | 40  | 35    | 30    |
| rustige woonwijk, weinig verkeer | 45  | 40    | 35    |
| woonwijk in de stad              | 50  | 45    | 40    |

(uit Handreiking "Industrielawaai en vergunningverlening")

#### Grenswaarden Wet geluidhinder (Wet Milieubeheer)

##### Wegverkeer

| Soort woning/object                             | Situatie                   | Voorkeurswaarde | Na ontheffing | Regeling      |
|---|----------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Woning stedelijk                                | Aanwezig                   | 48 dB           | 58 dB         | Art. 82/83/85 |
| Woning buitenstedelijk                          | Aanwezig                   | 48 dB           | 53 dB         | Art. 82/83/85 |
| Woning stedelijk                                | Nieuw                      | 48 dB           | 63 dB         | Art. 82/83/85 |
| Woning buitenstedelijk                          | Nieuw                      | 48 dB           | 53 dB         | Art. 82/83/85 |
| Agrarische woning                               | Nieuw                      | 48 dB           | 58 dB         | Art. 82/83    |
| Woning stedelijk                                | Vervangende nieuwbouw      | 48 dB           | 68 dB         | Art. 82/83/85 |
| Woning buitenstedelijk                          | Vervangende nieuwbouw      | 48 dB           | 58 dB         |               |
| Woning langs snelweg                            | Buitenstedelijk            | 48 dB           | 63 dB         |               |
| Onderwijs, ziekenhuis, verpleeghuis             | Buitenstedelijk            | 48 dB           | 53 dB         | Bgh art. 3.2  |
| Onderwijs, ziekenhuis, verpleeghuis             | Buitenstedelijk            | 48 dB           | 63 dB         | Bgh art. 3.2  |
| Andere gezondheidsgebouwen                      | Binnen- en buitenstedelijk | 48 dB           | 53 dB         | Bgh art. 3.2  |
| Woonwagenstandplaatsen                          | Binnen- en buitenstedelijk | 48 dB           | 53 dB         | Bgh art. 3.2  |
| Geluidgevoelige terreinen anders dan woonwagens | Binnen- en buitenstedelijk | 48 dB           | 58 dB         | Bgh art. 3.2  |

##### Railverkeer

| Soort woning/object              | Situatie | Voorkeurswaarde | Na ontheffing | Regeling      |
|----------------------------------|----------|-----------------|---------------|---------------|
| Woning stedelijk/binnenstedelijk | Aanwezig | 48 dB           | 58 dB         | Art. 82/83/85 |
| Andere geluidgevoelige gebouwen  | Aanwezig | 48 dB           | 53 dB         | Art. 82/83/85 |
| Geluidgevoelige terreinen        | Nieuw    | 48 dB           | 63 dB         | Art. 82/83/85 |

**Toelaatbare geluidniveaus kantoorwerk**

| <b>Activiteit</b>               | <b>db(A)-equivalent</b> |
|---------------------------------|-------------------------|
| Inspannende kantoorarbeid       | 30                      |
| Bespreken / overleg             | 35                      |
| Lezen / schrijven / telefoneren | 40                      |
| Typen / beeldschermgebruik      | 45                      |
| Archiveren / opbergen           | 50                      |
| Distribueren                    | 50                      |

**Aanbevolen achtergrondgeluid****ARBEIDSINSPECTIE**

| aanbevolen maximaal geluidniveau van :                     | $L_{\text{achtergrond}}$ in dB(A) |
|--|-----------------------------------|
| elektriciteitscentrales, fabriekshallen, werkplaatsen e.d. | < 80                              |
| meet- en regelkamers in de procesindustrie                 | 55 - 65                           |
| werkplaatsen voor licht onderhoud                          | 55 - 65                           |
| tekenkamers  | 50 - 60                           |
| ruimte voor computerapparatuur                             | 50 - 60                           |
| archiveren   | 50                                |
| typen, beeldschermwerk                                     | 45                                |
| kantine, grote kantoorlokalen                              | 40 - 50                           |
| grote conferentiekamers                                    | 40 - 50                           |
| laboratoria  | 40                                |
| lezen, schrijven, telefoneren                              | 40 - 45                           |
| privékantoren, kleine kantoormuimten                       | 35 - 45                           |
| bespreken, vergaderen                                      | 35                                |
| kleine conferentiekamers                                   | 30 - 40                           |
| inspannend kantoorwerk                                     | 30                                |

#### 4. AKOESTISCHE FREQUENTIES

Aanbevolen akoestische frequenties volgens de ISO-R-266 met correcties voor het A- en C-filter.

| OCTAAFBANDEN |       |      | 1/3 OCTAAFBANDEN (TERTS) |       |       |
|--------------|-------|------|--------------------------|-------|-------|
| f            | A     | C    | f                        | A     | C     |
| m            |       |      | m                        |       |       |
| Hz           | dB    | dB   | Hz                       | dB    | dB    |
| 16           | -56,7 | -8,5 | 16                       | -56,7 | -8,5  |
|              |       |      | 20                       | -50,5 | -6,2  |
|              |       |      | 25                       | -44,7 | -4,4  |
| 31,5         | -39,4 | -3   | 31,5                     | -39,4 | -3    |
|              |       |      | 40                       | -34,6 | -2    |
|              |       |      | 50                       | -30,2 | -1,3  |
| 63           | -26,2 | -0,8 | 63                       | -26,2 | -0,8  |
|              |       |      | 80                       | -22,5 | -0,5  |
|              |       |      | 100                      | -19,1 | -0,3  |
| 125          | -16,1 | -0,2 | 125                      | -16,1 | -0,2  |
|              |       |      | 160                      | -13,4 | -0,1  |
|              |       |      | 200                      | -10,9 | 0     |
| 250          | -8,6  | 0    | 250                      | -8,6  | 0     |
|              |       |      | 315                      | -6,6  | 0     |
|              |       |      | 400                      | -4,8  | 0     |
| 500          | -3,2  | 0    | 500                      | -3,2  | 0     |
|              |       |      | 630                      | -1,9  | 0     |
|              |       |      | 800                      | -0,8  | 0     |
| 1000         | 0     | 0    | 1000                     | 0     | 0     |
|              |       |      | 1250                     | 0,6   | 0     |
|              |       |      | 1600                     | 1     | -0,1  |
| 2000         | 1,2   | -0,2 | 2000                     | 1,2   | -0,2  |
|              |       |      | 2500                     | 1,3   | -0,3  |
|              |       |      | 3150                     | 1,2   | -0,5  |
| 4000         | 1     | -0,8 | 4000                     | 1     | -0,8  |
|              |       |      | 5000                     | 0,5   | -1,3  |
|              |       |      | 6300                     | -0,1  | -2    |
| 8000         | -1,1  | -3,3 | 8000                     | -1,1  | -3    |
|              |       |      | 10000                    | -2,5  | -4,4  |
|              |       |      | 12500                    | -4,3  | -6,2  |
| 16000        | -6,6  | -8,5 | 16000                    | -6,6  | -8,5  |
|              |       |      | 20000                    | -9,3  | -11,2 |



**A-correctie (relatieve gehoorgevoeligheid)**

middenfrequentie van de band in Hz en A-correctie in dB :

|              |     |     |       |       |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| $f$          | 16  | 32  | 63    | 125   | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 | 32000 |
| $\Delta L_A$ | -46 | -36 | -26,2 | -16,1 | -8,6 | -3,2 | 0    | 1,0  | +1,1 | -1   | -10   | -40   |

**A-, B- C- en D-correctiebedragen in tertsbanden :**

| frequentie | A-correctie | B-correctie | C-correctie | D-correctie |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Hz         | dB          | dB          | dB          | dB          |
| 10         | -70,4       | -38,2       | -14,3       | -26,5       |
| 12,5       | -63,4       | -33,2       | -11,2       | -24,5       |
| 16         | -56,7       | -28,5       | -8,5        | -22,5       |
| 20         | -50,5       | -24,2       | -6,2        | -20,5       |
| 25         | -44,7       | -20,4       | -4,4        | -18,5       |
| 31,5       | -39,4       | -17,1       | -3,0        | -16,5       |
| 40         | -34,6       | -14,2       | -2,0        | -14,5       |
| 50         | -30,2       | -11,6       | -1,3        | -12,5       |
| 63         | -26,2       | -9,3        | -0,8        | -11,0       |
| 80         | -22,5       | -7,4        | -0,5        | -9,0        |
| 100        | -19,1       | -5,6        | -0,3        | -7,5        |
| 125        | -16,1       | -4,2        | -0,2        | -6,0        |
| 160        | -13,4       | -3,0        | -0,1        | -4,5        |
| 200        | -10,9       | -2,0        | 0,0         | -3,0        |
| 250        | -8,6        | -1,3        | 0,0         | -2,0        |
| 315        | -6,6        | -0,8        | 0,0         | -1,0        |
| 400        | -4,8        | -0,5        | 0,0         | -0,5        |
| 500        | -3,2        | -0,3        | 0,0         | 0,0         |
| 630        | -1,9        | -0,1        | 0,0         | 0,0         |
| 800        | -0,8        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| 1000       | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| 1250       | 0,6         | 0,0         | 0,0         | 2,0         |
| 1600       | 1,0         | 0,0         | -0,1        | 2,5         |
| 2000       | 1,2         | -0,1        | -0,2        | 8,0         |
| 2500       | 1,3         | -0,2        | -0,3        | 10,0        |
| 3150       | 1,2         | -0,4        | -0,5        | 11,0        |
| 4000       | 1,0         | -0,7        | -0,8        | 11,0        |
| 5000       | 0,5         | -1,2        | -1,3        | 10,0        |
| 6300       | -0,1        | -1,9        | -2,0        | 8,5         |
| 8000       | -1,1        | -2,9        | -3,0        | 6,0         |
| 10000      | -2,5        | -4,3        | -4,4        | 3,0         |
| 12500      | -4,3        | -6,1        | -6,2        | 0,0         |
| 16000      | -6,6        | -8,4        | -8,5        | -4,0        |
| 20000      | -9,3        | -11,1       | -11,5       | -7,5        |

## 5. Geluidabsorptie

| materiaal,<br>constructie  | maatvoering |     |    | absorptiecoëfficiënt $\alpha$ [-]<br>bij octaafbandmiddenfrequentie [Hz] |      |      |      |      |      |
|--|-------------|-----|----|--|------|------|------|------|------|
|  | d           | s   | m  | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| <b>steenachtige materialen</b>   |             |     |    |  |      |      |      |      |      |
| - grindbeton   |             |     |    | 0,01   | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| - gasbeton   |             |     |    | 0,14   | 0,19 | 0,24 | 0,32 | 0,41 | --   |
| - schoon metselwerk<br>harde afwerking   |             |     |    | 0,02   | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| - idem, handvorm,<br>kalk-zand-cementvoeg  | 100         | 30  | -- | 0,16   | 0,13 | 0,15 | 0,11 | 0,13 | 0,14 |
| - bimsbeton (ruw)  |             |     |    | 0,15   | 0,38 | 0,55 | 0,61 | 0,60 | 0,63 |
| - schoon metselwerk<br>open stootvoegen  | 100         | 30  | -- | 0,06   | 0,44 | 0,30 | 0,31 | 0,42 | 0,45 |
| - porotonsteen met<br>perforatie in zicht  |             |     |    | 0,11   | 0,20 | 0,37 | 0,23 | 0,49 | 0,52 |
| <b>pleister</b>  |             |     |    |  |      |      |      |      |      |
| - kalkcementpleister op steen  |             |     |    | 0,02   | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| - akoestische pleister: meer lagen   |             |     |    | 0,15   | 0,20 | 0,35 | 0,60 | 0,60 | 0,50 |
| - spuitpleister (vroeger asbestvezel)  |             |     |    | 0,29   | 0,24 | 0,65 | 0,79 | 0,88 | 0,65 |
| <b>absorberende materialen</b>   |             |     |    |  |      |      |      |      |      |
| - mineraalwolplaten 40 kg/m <sup>3</sup>   | 30          | --  | -- | 0,14   | 0,39 | 0,79 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
|  | 30          | 50  | -- | 0,21   | 0,55 | 0,92 | 0,87 | 0,80 | 0,88 |
|  | 50          | --  | -- | 0,20   | 0,60 | 0,87 | 0,93 | 0,98 | 0,97 |
|  | 50          | 50  | -- | 0,42   | 0,92 | 1,02 | 0,94 | 0,97 | 0,87 |
| - mineraalwol-platen met<br>poreuse oppervlakte-<br>afwerking (plafond-<br>tegels ) 70 kg/m <sup>3</sup>   | 25          | --  | -- | 0,06   | 0,29 | 0,69 | 0,88 | 0,89 | 0,91 |
|  | 25          | 120 | -- | 0,30   | 0,86 | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 1,00 |
|  | 25          | 300 | -- | 0,64   | 0,86 | 0,82 | 0,98 | 0,92 | 0,94 |
| - mineraalvezelplaten met<br>poreuse oppervlakte-<br>afwerking (plafond-<br>tegels ) 350 kg/m <sup>3</sup> | 15          | 50  | -- | 0,21   | 0,61 | 0,69 | 0,78 | 0,96 | 0,99 |
|  | 15          | 200 | -- | 0,41   | 0,54 | 0,61 | 0,76 | 0,97 | 1,02 |
|  | 15          | 500 | -- | 0,49   | 0,48 | 0,57 | 0,77 | 0,95 | 1,05 |
| - houtvezelplaten met<br>microporeuse opper-<br>vlaktafwerking<br>360 kg/m <sup>3</sup>                    | 18          | 50  | -- | 0,16   | 0,42 | 0,55 | 0,72 | 0,55 | 0,60 |
|  | 18          | 200 | -- | 0,32   | 0,28 | 0,50 | 0,75 | 0,57 | 0,67 |
|  | 18          | 300 | -- | 0,42   | 0,28 | 0,49 | 0,78 | 0,58 | 0,62 |
| - idem met poreuse<br>afwerking  | 18          | 50  | -- | 0,23   | 0,60 | 0,83 | 0,52 | 0,62 | 0,64 |
|  | 18          | 200 | -- | 0,68   | 0,82 | 0,60 | 0,55 | 0,68 | 0,58 |
|  | 18          | 300 | -- | 0,46   | 0,84 | 0,62 | 0,53 | 0,63 | 0,55 |
| - houtwolmagnesiumplaat<br>480 kg/m <sup>3</sup>   | 25          | --  | -- | 0,06   | 0,09 | 0,21 | 0,53 | 0,84 | 0,59 |
|  | 25          | 24  | -- | 0,06   | 0,11 | 0,36 | 0,81 | 0,59 | 0,75 |
|  | 25          | 24  | 24 | 0,12   | 0,36 | 0,91 | 0,94 | 0,65 | 0,90 |
|  | 25          | 80  | -- | 0,23   | 0,55 | 0,64 | 0,57 | 0,81 | 0,80 |
|  | 25          | 80  | 30 | 0,76   | 1,00 | 0,90 | 0,73 | 0,94 | 0,95 |

| materiaal,<br>constructie  | maatvoering |        |     | absorptiecoëfficiënt $\alpha$ [-]<br>bij octaafbandmiddenfrequentie [Hz] |      |      |      |      |      |
|--|-------------|--------|-----|--|------|------|------|------|------|
|  | d           | s      | m   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| - houtwolcementplaat<br>390 kg/m <sup>3</sup>  | 35          | --     | --  | 0,06   | 0,11 | 0,25 | 0,46 | 0,62 | 0,63 |
|  | 50          | --     | --  | 0,13   | 0,19 | 0,43 | 0,76 | 0,55 | 0,83 |
|  | 50          | 30     | --  | 0,11   | 0,24 | 0,58 | 0,53 | 0,58 | 0,72 |
| - polyurethaan-zachtschuim<br>(pyramide open poriën<br>25 kg/m <sup>3</sup> ) idem, 35 kg/m <sup>3</sup>     | 70          | --     | --  | 0,16   | 0,32 | 0,65 | 0,85 | 0,90 | 1,01 |
|  | 100         | --     | --  | 0,24   | 0,49 | 0,85 | 0,97 | 1,00 | 1,10 |
|  | 70          | 200    | --  | 0,44   | 0,58 | 0,91 | 1,06 | 1,05 | 1,13 |
| - polyetherschuim (open poriën)<br>40 kg/m <sup>3</sup>  | 45          | --     | --  | 0,04   | 0,07 | 0,19 | 0,71 | 0,96 | 0,92 |
| - baffles, steenwolplaten  | 75          | --     | 600 | 0,37   | 0,47 | 0,83 | 0,79 | 0,71 | 0,59 |
| (60 kg/m <sup>3</sup> ) h.o.h. 600 mm<br>in dunne folie vertikaal<br>in rijen hoog 600 mm<br>h.o.h. 800      | 75          | h.o.h. | 800 | 0,30   | 0,46 | 0,71 | 0,73 | 0,60 | 0,45 |
| geperforeerde platen   |             |        |     |  |      |      |      |      |      |
| - gipskarton, perforatie 6% en<br>gaatjes $\varnothing$ 8, $\varnothing$ 15 en $\varnothing$ 20              | 9,5         | 100    | 30  | 0,39   | 0,81 | 0,68 | 0,44 | 0,25 | 0,20 |
|  | 9,5         | 30     | 20• | 0,03   | 0,11 | 0,50 | 0,74 | 0,27 | 0,19 |
| - gipskarton, perforatie 20%<br>en gaatjes $\varnothing$ 15  | 9,5         | 100    | 30  | 0,30   | 0,69 | 1,01 | 0,81 | 0,66 | 0,62 |
|  | 9,5         | 200    | 30  | 0,39   | 0,94 | 0,92 | 0,68 | 0,69 | 0,58 |
| - alu. lamellen, geperf. 16%, $\varnothing$ 2  | 16          | 200    | 20  | 0,22   | 0,72 | 0,96 | 0,91 | 0,96 | 0,86 |
| - staalplaat, geperf. 22%<br>$\varnothing$ 2,9 met glaswol (16 kg/m <sup>3</sup> )<br>in dunne folie         | 0,7         | 200    | 25  | 0,45   | 0,57 | 0,64 | 0,60 | 0,90 | 0,93 |
|  | 0,7         | 200    | 50  | 0,66   | 0,73 | 0,72 | 0,76 | 0,93 | 1,01 |
| - geprofil. dakplaat, geperf.<br>20 %, $\varnothing$ 2,9 met steenwol<br>(180 kg/m <sup>3</sup> ) en dakleer | 0,7         | --     | 50  | p.m.   | 0,40 | 0,65 | 0,75 | 0,95 | 0,90 |
| gesloten platen  |             |        |     |  |      |      |      |      |      |
| - gipskartonplaten   | 9,5         | 100    | 30  | 0,39   | 0,13 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,06 |
|  | 9,5         | 200    | 30  | 0,30   | 0,12 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,12 |
|  | 9,5         | 400    | 30  | 0,20   | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,08 | 0,13 |
| - triplexplaten  | 6           | 50     | 50  | 0,57   | 0,37 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,03 |
|  | 6           | 100    | 50  | 0,75   | 0,30 | 0,12 | 0,05 | 0,04 | 0,03 |
| - spaanplaat   | 8           | 20     | 20  | 0,46   | 0,24 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| schrootjes/lamellen  |             |        |     |  |      |      |      |      |      |
| latten breed 85, spleet 25 mm  | 12          | 200    | 25• | 0,60   | 0,85 | 0,80 | 0,82 | 0,70 | 0,62 |
| latten breed 90, spleet 15 mm  | 18          | 30     | 20  | 0,10   | 0,24 | 0,81 | 0,73 | 0,35 | 0,40 |
|  | 18          | 200    | 20  | 0,38   | 0,72 | 0,45 | 0,43 | 0,36 | 0,36 |
|  | 18          | 400    | 20  | 0,58   | 0,49 | 0,45 | 0,50 | 0,38 | 0,38 |
| alu. lamellen breed 84, spleet<br>16 mm, min. wol 20 kg/m <sup>3</sup>                                       | 16          | 200    | 20  | 0,53   | 0,78 | 0,89 | 0,76 | 0,47 | 0,41 |

| materiaal,<br>constructie                                     | maatvoering |   |   | absorptiecoëfficiënt $\alpha[-]$<br>bij octaafbandmiddenfrequentie [Hz] |      |      |      |      |      |
|---|-------------|---|---|---|------|------|------|------|------|
|   | d           | s | m | 125   | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| vloerbedekking  |             |   |   |   |      |      |      |      |      |
| - tapijt 2 kg/m <sup>2</sup>                                  | 5,3         |   |   | 0   | 0,03 | 0,05 | 0,11 | 0,31 | 0,58 |
| - idem op 8 mm viltlaag                                       | 3,3         |   |   | 0,04  | 0,10 | 0,31 | 0,70 | 0,93 | 0,74 |
| - boucle tapijt 1,6 kg/m <sup>2</sup>                         | 4           |   |   | 0,03  | 0,04 | 0,10 | 0,23 | 0,35 | 0,58 |
| - kokosvloerbedekking   | 4           |   |   | 0,03  | 0,04 | 0,07 | 0,15 | 0,28 | 0,43 |
| - linoleum of PVC   |             |   |   | 0,02  | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,05 |
| gordijnen   |             |   |   |   |      |      |      |      |      |
| - katoen, 0,4 kg/m <sup>2</sup> , strak<br>spouw 50 mm        |             |   |   | 0,04  | 0,09 | 0,37 | 0,68 | 0,89 | 0,72 |
| - idem; geplooid 3:1  |             |   |   | 0,15  | 0,45 | 0,96 | 0,91 | 1,06 | 1,02 |
| - linnen, 0,2 kg/m <sup>2</sup> , geplooid 3:1<br>spouw 50 mm |             |   |   | 0,08  | 0,53 | 0,85 | 0,94 | 1,26 | 1,12 |
| diversen  |             |   |   |   |      |      |      |      |      |
| enkel glas  |             |   |   | 0,10  | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| één zittend persoon per m <sup>2</sup>                        |             |   |   | 0,15  | 0,25 | 0,60 | 0,70 | 0,90 | 0,80 |
| één zittend persoon per 0,5 m <sup>2</sup>                    |             |   |   | 0,23  | 0,40 | 0,85 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| houten stoel onbekleed per st.                                |             |   |   | 0,02  | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| houten stoel bekleed per st.                                  |             |   |   | 0,11  | 0,18 | 0,28 | 0,35 | 0,45 | 0,42 |

**opmerking:**

Tussen verschillende fabrikaten resp. meetgegevens van de opgenomen materialen kan een spreiding optreden van  $\pm 15\%$ .

**maatvoering:**

- d = plaatdikte [mm]
- s = spouwmaat tussen plaat en ondergrond [mm]
- m = mineraalwoldikte tussen plaat en ondergrond [mm]
- = mineraalwol tegen absorptieplaat
- = mineraalwol tegen ondergrond

Meer, direct toegankelijke gegevens over de geluidsisolatie en geluidsabsorptie kunnen worden gevonden in:

- verkeerslawaai en woningen; bouwcentrum 1984
- informatiemap voor bouwfysici; RGD, Min. van VROM juni 1991
- woningontwerp en geluid e.a. mvro nov. 1983
- pannendakconstructies, het weren van lawaai; Stichting bouwresearch B. 3-5
- handleiding meten en rekenen industrielawaai IL-HR-13-01
- Schalltechnisches Taschenbuch; Helmut Schmidt VDI-Verlag
- Schallabsorptionsgrad - Tabelle; DNA Beuth - Vertrieb
- Produkte zur Lärminderung; Bundesanstalt Arbeitsschutz Dortmund
- meetrapporten (diverse producten/verschillende laboratoria)

**Geluiddemping door lucht**

|            |                    |    |     |       |       |       |       |       |       |           |
|------------|--------------------|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| frequentie | Hz                 | 63 | 125 | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  | 8000  | ultrasoon |
| demping    | dB.m <sup>-1</sup> | 0  | 0   | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,010 | 0,023 | 0,058 | 1         |

afhankelijk van de relatieve vochtigheid

| $e$  | $f = 2000 \text{ Hz}$ | $f = 4000 \text{ Hz}$ |
|------|-----------------------|-----------------------|
| 20 % | 0,008                 | 0,04                  |
| 40 % | 0,006                 | 0,03                  |
| 60 % | 0,005                 | 0,02                  |

**Geluiddemping door bodem en begroeiing**

| geluiddemping door bosjes en bomen, in dB per 100 m | 100 Hz | 1000 Hz | 10 000 Hz |
|---|--------|---------|-----------|
| doordringbaar, struiken en stammen zichtbaar        | 0,3    | 0,9     | 2         |
| ondoordringbaar, dicht bebladerd, geen doorzicht    | 1      | 3       | 9         |

## Richtgetallen van materialen

|               | Dichtheid            | Fc.d   | Fc.m"                                       | Interne Damping          | Elasticiteits-modulus                   | Schuif-modulus   | Bulk-modulus                            | Poisson-verhouding | Snelheid |                          | Karak. akoest. impedantie   |       |
|---------------|----------------------|--------|---|--------------------------|---|------------------|---|--------------------|----------|--------------------------|-----------------------------|-------|
|               | [kg/m <sup>3</sup> ] | [Hz.m] | [Hz.kg/m <sup>2</sup> ]<br>x10 <sup>3</sup> | [--]<br>x10 <sup>2</sup> | [N/m <sup>2</sup> ]<br>x10 <sup>9</sup> | x10 <sup>9</sup> | [N/m <sup>2</sup> ]<br>x10 <sup>9</sup> | [--]               | [m/s]    |                          | [Ns/m <sup>3</sup> of rayl] |       |
|               |                      |        |   |                          |   |                  |   |                    | baar     | x10 <sup>3</sup><br>bulk | baar                        | bulk  |
| Lucht(20°C)   | 1,21                 | -      | -   | -                        | -                                       | -                | -                                       | -                  | -        | 344                      | -                           | 0,415 |
| Water(20°C)   | 1026                 | -      | -   | -                        | -                                       | -                | -                                       | -                  | -        | 1500                     | -                           | 1540  |
| Staal         | 7700-7800            | 12,8   | 98  |                          | 195-215                                 | 83               | 170                                     | 0,28               | 5050     | 6100                     | 39000                       | 47000 |
| Ijzer         | 7700                 | 17,3   |   |                          | 105                                     | 44               | 86                                      | 0,28               | 3700     | 4350                     | 28500                       | 33500 |
| Aluminium     | 2700                 | 12,5   | 34  | 0.01-1                   | 71                                      | 24               | 75                                      | 0,33               | 5150     | 6300                     | 13900                       | 17000 |
| Messing       | 8500                 | 18,3   |   |                          | 104                                     | 38               | 136                                     | 0,37               | 3500     | 4700                     | 29900                       | 40000 |
| Koper         | 8900                 | 17,3   |   |                          | 122                                     | 44               | 160                                     | 0,35               | 3700     | 5000                     | 33000                       | 44500 |
| Nikkel        | 8800                 | 13,1   |   |                          | 210                                     | 80               | 190                                     | 0,31               | 4800     | 5850                     | 43000                       | 51500 |
| Zilver        | 10500                | 23,7   |   |                          | 78                                      | 28               | 105                                     | 0,37               | 2700     | 3700                     | 28400                       | 39000 |
| Lood          | 11300                | 51,2   | 570   |                          | 16,5                                    | 5,5              | 42                                      | 0,44               | 1250     | 2050                     | 18600                       | 23200 |
| Beton         | 2400-2600            | 17,3   | 41  | 0,5-1,5                  | 22-25                                   |                  |   |                    |          | 3100-3700                |                             | 8000  |
| Gasbeton      | 650                  | 38     | 25  | 1,5                      |   |                  |   |                    |          | 1700                     |                             |       |
| Lichtbeton    | 900                  | 32     | 29  | 0,5-1,5                  |   |                  |   |                    |          |                          |                             |       |
| Kalkzandsteen | 1800-1900            | 21,4   | 41  | 1,5                      | 25                                      |                  |   |                    |          | 3000-3700                |                             | 6700  |
| Poriso        | 1200                 | 26     |   |                          |   |                  |   |                    |          | 2500                     |                             |       |
| Gips          | 1200                 | 35,5   | 42  |                          | 0,05-3                                  |                  |   |                    |          |                          |                             |       |
| Graniet       | 2600                 |        |   |                          | 98                                      |                  |   |                    |          | 6000                     |                             | 16200 |
| Marmer        | 2600                 |        |   |                          | 38                                      |                  |   |                    |          | 3800                     |                             | 9900  |
| Porselein     | 2400-2500            |        |   |                          | 42                                      |                  |   |                    |          | 4200                     |                             | 11800 |
| Hout          | 500-1000             | 25     | 20  | 1 - 3                    | 6- 13                                   |                  |   |                    |          | 3600-4600                |                             | 1600  |
| Glas hard     | 2400-2500            | 12,8   | 32  | 0,1-1                    | 87                                      |                  |   |                    |          | 5000                     |                             | 1440  |
| Glas zacht    | 2400                 |        |   |                          | 60                                      |                  |   |                    |          |                          |                             | 1200  |
| Glas Pyrex    | 2300                 | 12,3   |   |                          | 62                                      | 25               | 39                                      | 0,24               | 5200     | 5600                     | 12000                       | 12900 |
| Kwarts        | 2650                 | 11,7   |   |                          | 79                                      | 39               | 33                                      | 0,33               | 5450     | 5750                     | 14500                       | 15300 |
| Rubber hard   | 1100                 | -      | -   | -                        | 2,3                                     | 1                | 5                                       | 4                  | 1450     | 2400                     | 1600                        | 2640  |
| Rubber zacht  | 950                  | -      | -   | -                        | 0,005                                   |                  | 1                                       | 5                  | 70       | 1050                     | 65                          | 1000  |
| Kurk          | 250                  | -      | -   | -                        | 0,065                                   |                  |   |                    | -        | 500                      | -                           |       |
| Steenwol      | 20-150               | -      | -   | -                        | 0,0003                                  |                  |   |                    | -        |                          | -                           |       |

## 6. Geluidsnelheid

### Dichtheid $\rho$ en elasticiteitsmodulus $E$

| Materiaal                | $\rho$                         | $E$               |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------|
|                          | $\cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ | $\text{N.m}^{-2}$ |
| Glas                     | 2,5                            | $70 \cdot 10^9$   |
| Kurk                     | 0,25                           | $62 \cdot 10^9$   |
| Schrootjes               | 0,7                            | $10 \cdot 10^9$   |
| Spaanplaat               | 0,65                           | $3 \cdot 10^9$    |
| triplex oregon pine      | 0,58                           | $12 \cdot 10^9$   |
| hardboard                | 1,0                            | $4 \cdot 10^9$    |
| hout, grenen             | 0,52                           | $11 \cdot 10^9$   |
| gipskartonplaat          | 0,8 - 0,9                      | $4 \cdot 10^9$    |
| stucwerk (pleisterkalk)  | 1,5                            |                   |
| kalkzandsteen            | 2,0                            | $25 \cdot 10^9$   |
| baksteen (gevelklinker)  | 2,1                            | $25 \cdot 10^9$   |
| gewapend grindbeton K300 | 2,4                            | $35 \cdot 10^9$   |
| staal                    | 7,8                            | $210 \cdot 10^9$  |

### Compressiemodulus $B$

| vaste stof | $B$               | vloeistof  | $B$               |
|------------|-------------------|------------|-------------------|
|            | $10^9 \text{ Pa}$ |            | $10^9 \text{ Pa}$ |
| Rubber     | 1                 |            |                   |
| Lood       | 16                | chloroform | 0,8 - 1,0         |
| Aluminium  | 37                | alcohol    | 1,0               |
| Messing    | 60                | olie       | 1,2 - 1,8         |
| ijzer      | 90                | water      | 2,17              |
| koper      | 100               | glycerol   | 2,7               |
| staal      | 160               | kwik       | 27,0              |

**Geluidsnelheid  $c$  in verschillende vaste stoffen**

| vaste stoffen<br>(bij 20 °C)             | $c$                     |
|--|-------------------------|
|  | $10^3 \text{ m.s}^{-1}$ |
| <b>metselsteen</b>                       |                         |
| gevelklinker                             | 3,45                    |
| kalkzandsteen                            | 3,536                   |
| beton                                    | 3,0 - 4,3               |
| grindbeton (waterdicht, gewapend : K300) | 3,819                   |
| (niet waterdicht, ongewapend : K225)     | 3,015                   |
| gipsplaten                               | 2,236                   |
| drijfsteen                               | 2,236                   |
| lichtbeton (hollith)                     | 4,058                   |
| gips                                     | 3,162                   |
| marmer                                   | 3,8                     |
| natuursteen (gemiddeld)                  | 3,6                     |
| <b>hout</b>                              |                         |
| vurenhout                                | 4,613                   |
| grenenhout                               | 4,599                   |
| rode meranti                             | 4,082                   |
| spaanplaat                               | 2,148                   |
| hardboard (half hard)                    | 2,148                   |
| (normale hardheid)                       | 2,0                     |
| oregon pine (triplex)                    | 4,549                   |
| okumé                                    | 3,397                   |
| <b>metaal</b>                            |                         |
| aluminium                                | 4,9 - 5,08              |
| koper                                    | 3,8                     |
| lood                                     | 1,18                    |
| staal                                    | 5,1-5,2                 |
| ijzer                                    | 5,1                     |
| glas                                     | 4,0 - 4,5               |
| spiegelglas                              | 5,292                   |
| been (massief)                           | 3,0                     |
| (poreus)                                 | 2,6                     |
| ivoor                                    | 3,0                     |
| kurk                                     | 0,498                   |
| rubber                                   | 0,05                    |
| ijs (269 K)                              | 3,28                    |



**Geluidsnelheid  $c$  in verschillende vloeistoffen**

| vloeistoffen      | bij $T$   | $c$                     |
|-------------------|-----------|-------------------------|
|                   | C         | $10^3 \text{ m.s}^{-1}$ |
| water             | 100       | 1,543                   |
|                   | 80        | 1,555                   |
|                   | 60        | 1,540                   |
|                   | 40        | 1,529                   |
|                   | <b>20</b> | <b>1,484</b>            |
|                   | 4         | 1,403                   |
| alcohol [ethanol] | 20        | 1,17                    |
| glycerol          | 20        | 1,93                    |
| ethanol           | 20        | 1,12                    |
| siliconenolie     | 20        | 0,79                    |
| zwaar water       | 20        | 1,38                    |
| zeewater          | 20        | 1,51                    |

**Molaire massa, verhouding van de soortelijke warmten  $c_p$  en  $c_v$ , en geluidsnelheid in verschillende gassen**

| gassen                      | bij $T =$ | $M_{\text{molair}}$  | $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ | $c_{\text{geluid}}$ |
|-----------------------------|-----------|----------------------|----------------------------|---------------------|
|                             | C         | $\text{kg.mol}^{-1}$ | -                          | $\text{m.s}^{-1}$   |
| lucht (normale vochtigheid) | 20        |                      |                            | 340 - 341           |
| lucht (droog)               | 60        | 0,0288               | 1,40                       | 365                 |
|                             | 40        |                      |                            | 354                 |
|                             | <b>20</b> |                      |                            | <b>343</b>          |
|                             | 0         |                      |                            | 332                 |
|                             | - 20      |                      |                            | 319                 |
|                             | - 40      |                      |                            | 307                 |
| etherdamp [ethoxyethaan]    | 77        | 0,074                | 1,09                       | 206                 |
| helium                      | 0         | 0,004                | 1,67                       | 965                 |
| koolstofdioxide             | 0         | 0,044                | 1,31                       | 259                 |
| koolstofmonoxide            | 0         | 0,028                | 1,40                       | 338                 |
| methaan                     | 0         | 0,016                | 1,31                       | 430                 |
| stikstof                    | 0         | 0,028                | 1,40                       | 334                 |
| waterdamp                   | 130       | 0,018                | 1,33                       | 494                 |
| waterstof                   | 0         | 0,002                | 1,41                       | 1284                |
| zuurstof                    | 0         | 0,032                | 1,40                       | 316                 |

## 7. Luchtgeluid

luchtgeluidisolatie : praktijkwaarden bij 500 Hz

ZIE O.A. DIN 4109

| afscheiding bestaat uit :  | <i>R</i>             | betekenis :  |
|--|----------------------|--|
|  | dB                   |  |
| spouwmuur 11-6-11 zonder ankers  | 65                   | luid spelende radio onhoorbaar                                     |
| spouwmuur 11-6-11 met ankers<br>spouwmuur 11-5-11 met pleisterwerk 320 kg.m <sup>-2</sup><br>heelsteensmuur, 230 mm, gepleisterd, 450 kg.m <sup>-2</sup> | 55-60<br>54<br>50    | luid spelende radio hoorbaar<br>normaal<br>spelende radio hoorbaar |
| heelsteensmuur met pleisterwerk 320 kg.m <sup>-2</sup><br>halfsteensmuur zonder deur<br>dicht beton 100 mm, 250 kg.m <sup>-2</sup>                       | 47<br>45             | luid gesprek hoorbaar<br>maar onverstaanbaar                       |
| halfsteens muur met pleisterwerk 170 kg.m <sup>-2</sup><br>scheidingswand kantoorruimte,<br>klinkersteenblokken 75 mm, 150 kg.m <sup>-2</sup>            | 43<br>40             | normaal gesprek<br>moeilijk verstaanbaar                           |
| vast en versterkt gipspleisterwerk, 50 mm, 100 kg.m <sup>-2</sup>  | 35                   | luid gesprek slecht<br>verstaanbaar                                |
| halfsteens muur met deur<br>zware deur , goede tocht dichting<br>dubbel raam , goede tocht dichting  | 30                   | normaal gesprek<br>goed verstaanbaar                               |
| dubbel raam zonder tocht dichting<br>enkelvoudig raam met goede tocht dichting<br>gewone binnendeur zonder tochtstrippen<br>(boarddeur)<br>glas (5 mm)   | 25<br>25<br>20<br>20 | isoleert nauwelijks  |
| enkelvoudig raam zonder goede tocht dichting   | 15                   |  |

### luchtgeluidisolatie *R* in dB(A)

voor het standaardspectrum wegverkeersgeluid, laboratoriumsituatie

| constructie                               | <i>R</i><br>totaal | isolatiewaarde in frequentieband |     |     |      |      |
|---|--------------------|----------------------------------|-----|-----|------|------|
|   |                    | 125                              | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
| enkel glas 4 mm                           | 27                 | 19                               | 22  | 26  | 30   | 32   |
| enkel glas 8 mm                           | 29                 | 23                               | 26  | 30  | 32   | 28   |
| dubbel glas 4-6-4 mm                      | 26                 | 22                               | 23  | 23  | 32   | 35   |
| dubbel glas 4-100-4 mm                    | 36                 | 24                               | 32  | 40  | 48   | 50   |
| gasgevuld dubbel glas 5-9-8 mm            | 30                 | 24                               | 22  | 32  | 39   | 39   |
| spouwmuur 40-65 mm 160 kg.m <sup>-2</sup> | 44                 | 36                               | 40  | 43  | 50   | 57   |
| 160 kg.m <sup>-2</sup>                    | 51                 | 41                               | 46  | 52  | 59   | 64   |

**Praktijkwaarden voor de luchtgeluidisolatie-index  $I_{lu}$** 

| soort vloer  | specificatie                               | $I_{lu}$ |
|--|--|----------|
| houten vloeren   | vloerdelen 25 mm                           | - 33     |
|  | vloerdelen 22 mm + zachtboard              | - 27     |
|  | vloerdelen 22 mm + gipsplaten              | - 19     |
|  | vloerdelen 22 mm + stucplafond             | - 20     |
| combinatievloer  | 150 mm lichtbeton, bims etc.               | - 15     |
|  | 150 + 30 mm houtbeton (toeslag houtspanen) | - 10     |
|  | 150 + 40 mm idem                           | - 9      |
|  | 150 + 50 mm idem                           | - 7      |
| beton<br>met afwerklaag  | 270 - 310 kg.m <sup>-2</sup>               | - 8      |
|  | 310 - 360                                  | - 3      |
|  | 360 - 420                                  | - 2      |
|  | > 420                                      | - 1      |
| betonnen draagvloer +<br>10 mm elastische laag +<br>40 mm cementdekvloer | 180 - 270 kg.m <sup>-2</sup>               | - 4      |
|  | > 270                                      | - 1      |

**"strafpunten" bij de bepaling van  $I_{lu}$** 

|                                    | aantal dB er af : |
|------------------------------------|-------------------|
| Doorgaand pannendak,<br>dakbeschot | 5                 |
| doorgaande CV leiding              | 4                 |
| bouwkundige staat zeer slecht      | 3                 |
| bouwkundige staat matig            | 2                 |
| gemeenschappelijke schoorsteen     | 2                 |
| lichte puiconstructie gekoppeld    | 2                 |
| vloerbalken opgelegd               | 2                 |
| wanden star bevestigd              | 1                 |
| spouw gevuld met zand              | 1                 |
| wandcontactdozen lopen door        | 1                 |

**luchtgeluid : normwaarden voor de isolatie  $D_{nT}$  volgens NEN 1070**

| middenfrequentie van de octaafband | $f_{midden}$ | Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|------------------------------------|--------------|----|-----|-----|-----|------|------|
| genormeerde luchtgeluidisolatie    | $D_{nT}$     | dB | 34  | 43  | 50  | 53   | 54   |

### 8. Contactgeluid

#### Praktijkwaarden voor de contactgeluidisolatie-index $I_{co}$

| scheiding   |   | $I_{co}$     | effect hoorbaar ? |                |
|---|---|--------------|-------------------|----------------|
|   |   | dB           | meubels           | lopenverzetten |
| houten vloeren  | vloerdelen 25 mm                              | - 40         | goed hoorbaar     | luid hoorbaar  |
|   | 22 mm + zachtboard                            | - 30         |                   |                |
|   | 22 mm + gipsplaten                            | - 25         |                   |                |
|   | 22 mm + stucplafond                           | - 21<br>- 20 |                   |                |
| houten balkvloer met plafond tegen balklaag                             |   | - 12         | goed hoorbaar     | goed hoorbaar  |
| combinatievloer   | 150 mm lichtbeton, bims etc.                  | - 17         |                   |                |
|   | 150 + 30 mm houtbeton<br>(toeslag houtspanen) | - 11         |                   |                |
|   | 150 + 40 mm idem                              | - 10         |                   |                |
|   | 150 + 50 mm idem                              | - 8          |                   |                |
| beton met afwerklaag  | 270 - 310 kg.m <sup>-2</sup>                  | - 9          |                   |                |
|   | 310 - 360                                     | - 5          |                   |                |
|   | 360 - 420                                     | - 3          |                   |                |
|   | > 420   | 0            |                   |                |
| kale betonvloer   | $m.A^{-1} = 300 \text{ kg.m}^{-2}$            | - 4          |                   |                |
|   | 410 kg.m <sup>-2</sup>                        | 0            |                   |                |
|   | 490 kg.m <sup>-2</sup>                        | + 2          |                   |                |
|   | 525 kg.m <sup>-2</sup>                        | + 4          |                   |                |
| betonnen draagvloer<br>+10 mm elastische laag<br>+ 40 mm cementdekvloer | 180 - 270 kg.m <sup>-2</sup>                  | + 5          | zwak hoorbaar     | hoorbaar       |
|   | > 270   | > +10        |                   |                |
| 5 mm tapijt op betonvloer 10 cm   |   | + 10         |                   |                |
| 5 mm tapijt op betonvloer 20 cm   |   | + 20         | niet hoorbaar     | zwak hoorbaar  |

"strafpunten" bij de bepaling van  $I_{co}$  aantal dB      eraf :      gemeenschappelijke schoorsteen      2  
 lichte puiconstructie gekoppeld      3      bouwkundige staat is slecht      1

#### Contactgeluid : normwaarden voor het niveau $L_{nT}$ (t.o.v. 20 $\mu$ Pa) volgens NEN 1070

| middenfrequentie van de octaafband      | $f_{midden}$ | Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|---|--------------|----|-----|-----|-----|------|------|
| normwaarde voor het contactgeluidniveau | $L_{nT}$     | dB | 70  | 66  | 66  | 66   | 70   |

## 9. Nagalmtijd

### Richtwaarden voor de nagalmtijd

| richtwaarden        | T   |       |
|---------------------|-----|-------|
|                     | s   |       |
| geluidstudio        | 0,5 |       |
| kamer, gemeubileerd | 0,5 | - 0,7 |
| kantoorvertrek      | 0,5 | - 0,8 |
| schoollokaal        | 0,6 | - 0,9 |
| bioscoop            | 0,7 | - 0,9 |
| vergaderzaal        | 0,7 | - 1,1 |
| kantoortuin         | 0,7 | - 1,2 |
| muzieklokaal        | 0,8 | - 1,3 |
| schouwburg          | 0,9 | - 1,3 |
| collegezaal         | 1,0 | - 1,4 |
| kamermuziek         | 1,2 | - 1,7 |
| opera               | 1,2 | - 2,3 |
| concertzaal         | 1,7 | - 2,5 |
| kerk                | 1,5 | - 3,0 |
| kerkorgel           | 2,5 |       |

| de arbeidsinspectie beveelt aan :  | T   |     |
|------------------------------------|-----|-----|
|                                    | s   |     |
| kleine kantoorlokalen              | 0,8 |     |
| grote kantoorlokalen               | 1,0 |     |
| kantines                           | 1,2 |     |
| kleine werkplaatsen                | 1,5 | - 2 |
| werkplaatsen, grote fabriekshallen | 2   | - 3 |

**Absorptiecoëfficiënten van bouwmaterialen**

Er wordt vergeleken met de geluidabsorptie door een open raam van 1 m<sup>2</sup>  
 Het open raam heeft een absorptiecoëfficiënt van 1 S

| materiaal   | frequentie (Hz) |       |       |       |      |       |
|---|-----------------|-------|-------|-------|------|-------|
|   | 125             | 250   | 500   | 1000  | 2000 | 4000  |
| open raam, niet-afsluitbare gevelopeningen  | 1               | 1     | 1     | 1     | 1    | 1     |
| mensen in zaal  | 0,35            | 0,70  | 0,88  | 0,95  | 0,99 | 1,00  |
| akoestisch stucwerk (13 mm)   | 0,15            | 0,20  | 0,35  | 0,60  | 0,60 | 0,50  |
| baksteen (ongeglazuurd)   | 0,03            | 0,03  | 0,03  | 0,04  | 0,05 | 0,07  |
| baksteen, geverfd   | 0,01            | 0,01  | 0,02  | 0,02  | 0,02 | 0,03  |
| betonvloer  | 0,01            | 0,01  | 0,015 | 0,02  | 0,02 | 0,02  |
| cementblokken (geverfd)   | 0,01            | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,09 | 0,08  |
| cementblokken (ongeverfd)   | 0,36            | 0,44  | 0,31  | 0,29  | 0,39 | 0,25  |
| gepleisterde oppervlakken, grindbeton   |                 | 0,01  | 0,01  | 0,02  | 0,03 |       |
| pleisterkalk op tengel  | 0,14            | 0,14  | 0,06  | 0,05  | 0,04 | 0,03  |
| pleisterkalk op baksteen (stucwerk)   | 0,013           | 0,015 | 0,02  | 0,03  | 0,04 | 0,05  |
| pleisterkalk op cement  | 0,12            | 0,12  | 0,07  | 0,05  | 0,05 | 0,04  |
| schoon metselwerk, baksteen of kalkzandsteen  |                 |       | 0,03  | 0,04  | 0,05 |       |
| gipsplaat   | 0,29            | 0,10  | 0,05  | 0,04  | 0,07 | 0,09  |
| tegels (geglazuurd)   | 0,01            | 0,01  | 0,0   | 0,01  | 0,02 | 0,02  |
| water (in zwembad)  | 0,008           | 0,008 | 0,013 | 0,015 | 0,02 | 0,025 |
| linoleum, PVC e.d. op de vloer geplakt  | 0,02            | 0,03  | 0,04  | 0,04  | 0,05 |       |
| linoleum (op steen)   | 0,02            | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03 | 0,02  |
| kurktegels op harde ondergrond  | 0,05            |       | 0,05  |       | 0,10 | 0,10  |
| houten vloer  | 0,15            | 0,11  | 0,10  | 0,07  | 0,06 | 0,07  |
| parketvloer 'koud' op beton   | 0,04            | 0,04  | 0,07  | 0,06  | 0,06 | 0,07  |
| parketvloer op onderlaag  | 0,28            | 0,22  | 0,17  | 0,09  | 0,10 | 0,11  |
| vaste vloerbedekking (op steen of beton)  | 0,02            | 0,06  | 0,14  | 0,37  | 0,60 | 0,65  |
| vaste vloerbedekking 5 mm geplakt tapijt  |                 | 0,02  | 0,04  | 0,10  | 0,30 | 0,10  |
| vaste vloerbedekking (met vilten onderlaag o.i.d.)  | 0,08            | 0,24  | 0,57  | 0,69  | 0,71 | 0,73  |
| kokostapijt 2 kg.m <sup>-2</sup> los op ondergrond  | 0,03            | 0,03  | 0,07  | 1,13  | 0,28 | 0,55  |
| gesloten raam met vensterglas   |                 | 0,04  | 0,04  | 0,03  | 0,02 |       |
| glas(venster-)  | 0,35            | 0,25  | 0,18  | 0,12  | 0,07 | 0,04  |
| glas, platen dikker dan 7 mm  | 0,18            | 0,06  | 0,04  | 0,03  | 0,02 | 0,02  |
| gladde houten deur  |                 |       | 0,06  |       |      |       |
| kunststoffolie, PVC, strak gespannen  | 0               | 0     | 0,64  | 0,19  | 0,12 | 0,04  |
| aluminium lamellen 50 mm 12,5 mm tussenruimte   |                 | 0,89  | 1,00  | 0,88  | 0,88 | 0,61  |
| akoestische tegels (20 mm)  | 0,10            | 0,35  | 0,70  | 0,75  | 0,65 | 0,50  |
| akoestische tegels (zwevend bevestigd)  | 0,76            | 0,83  | 0,93  | 0,99  | 0,99 | 0,94  |
| gipskarton, 20% geperforeerd, gaatjes 15 mm   | 0,30            | 0,69  | 1,01  | 0,81  | 0,66 | 0,62  |
| zachtboard (ongeverfd)  | 0,13            | 0,72  | 0,59  | 0,76  | 0,90 | 0,92  |
| spaanplaat (licht) 6,4 kg.m <sup>-2</sup>   | 0,16            | 0,38  | 0,75  | 0,33  | 0,34 | 0,42  |
| houten betimmering (10 mm)  | 0,28            | 0,22  | 0,17  | 0,09  | 0,10 | 0,11  |
| multiplex wand  | 0,04            | 0,04  | 0,07  | 0,06  | 0,06 | 0,07  |
| polystyreen (13 mm)   | 0,05            | 0,15  | 0,40  | 0,35  | 0,20 | 0,20  |
| polyurethaanschuim (50 mm)  | 0,25            | 0,50  | 0,85  | 0,9   | 0,90 | 0,90  |
| houtcellulose, gesausd  | 0,07            | 0,20  | 0,60  | 1,00  | 1,13 | 1,13  |
| 4 mm triplex of hardboard beschieting<br>op 25 mm dikke tengels                                     | 0,40            | 0,30  | 0,10  | 0,05  | 0,05 | 0,05  |
| 20 mm dikke akoestische tegel met gaatjes of<br>sleufjes, geplakt op harde ondergrond               |                 | 0,15  | 0,40  | 0,60  | 0,70 |       |
| houtwolcement- of hout of houtwolmagnesiumplaat,<br>25 mm dik, direct op harde ondergrond bevestigd | 0,15            | 0,15  | 0,40  | 0,60  | 0,70 |       |

| materiaal   | frequentie (Hz) |      |      |      |      |      |
|---|-----------------|------|------|------|------|------|
|   | 125             | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| - idem op 25 mm dikke tengels   |                 | 0,20 | 0,20 | 0,50 | 0,70 |      |
| - idem op 50 mm dik regelwerk   |                 | 0,20 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |      |
| houten latten, breed 45 mm, dik 22 mm   |                 | 0,30 | 0,60 | 0,50 | 0,60 |      |
| met onderlinge tussenruimte van 12 mm,<br>bevestigd op 45 mm dik regelwerk,<br>in de spouw minerale wol, voorzien van een folie |                 | 0,50 | 0,90 | 0,90 | 0,60 |      |
| glaswol, 25 mm dik op harde ondergrond  | 0,2             |      | 0,7  |      | 0,9  | 0,8  |
| glaswol, 50 mm dik op harde ondergrond  | 0,3             |      | 0,8  |      | 0,75 | 0,9  |
| glaswol, 25 mm dik, spouw voor harde ondergrond   | 0,4             |      | 0,8  |      | 0,9  | 0,8  |
| vilt, 25 mm op ondergrond, afgedekt m. mousseline   | 0,1             |      | 0,7  |      | 0,8  | 0,8  |
| gordijnen(zware)  | 0,14            | 0,35 | 0,55 | 0,72 | 0,70 | 0,65 |
| gordijnen (lichte, direct tegen de muur)  | 0,03            | 0,04 | 0,11 | 0,17 | 0,24 | 0,35 |
| houten stoel  |                 |      | 0,15 |      |      |      |
| meubelen (gestoffeerd)  | 0,19            | 0,37 | 0,56 | 0,67 | 0,61 | 0,59 |
| meubelen (leder)  | 0,44            | 0,54 | 0,60 | 0,62 | 0,58 | 0,50 |

### Gegevens over de mens

absorptie van het lichaam : 0,4 à 0,45 S  
oppervlak van het trommelvlies :  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$   
lichaamsoppervlak volwassen :  $1,8 \text{ m}^2$  (richtwaarde)

### Theaterstoelen

| theaterstoelen, absorptie in S     | 125 Hz | 500 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |
|------------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| beklede theaterstoel, bezet        | 0,19   | 0,47   | 0,51    | 0,47    |
| beklede theaterstoel, leeg         | 0,12   | 0,28   | 0,31    | 0,37    |
| houten/metalen theaterstoel, bezet | 0,16   | 0,40   | 0,43    | 0,40    |
| houten/metalen theaterstoel, leeg  | 0,07   | 0,15   | 0,18    | 0,19    |

## 10. Kierdichting

### Kierdichtingskwaliteit $k$

|   | $k$ in $m^{-1}$             |
|---|-----------------------------|
| kozijn - steen<br>afdeklát                        | $3 \cdot 10^{-4}$           |
| afdeklát+schuimband                               | $10^{-5}$                   |
| afdeklát+tweezijdig gekit                         | $3 \cdot 10^{-6}$           |
| dakraamkast-dakbeschot<br>zonder extra afdichting | $10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}$ |
| met band of kit                                   | $10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}$ |
| suskast-kozijn/raam<br>schuimband                 | $10^{-4} - 10^{-5}$         |
| gekit   | $10^{-5}$                   |
| raam<br>spleet 1 - 5 mm                           | $10^{-2} - 3 \cdot 10^{-3}$ |
| enkele dichting buisprofiel < 5 mm                | $3 \cdot 10^{-3}$           |
| enkele dichting buisprofiel > 5 mm                | $10^{-4} - 3 \cdot 10^{-5}$ |
| enkele dichting lipprofiel < 7 mm                 | $3 \cdot 10^{-3}$           |
| enkele dichting lipprofiel 7 - 9 mm               | $3 \cdot 10^{-4}$           |
| enkele dichting lipprofiel > 9 mm                 | $10^{-4} - 3 \cdot 10^{-5}$ |
| dubbele dichting                                  | $10^{-4} - 10^{-5}$         |
| niet te openen                                    | $10^{-6}$                   |
| deur<br>tochtband, dorpel geen dichting           | $10^{-3} - 3 \cdot 10^{-4}$ |
| enkele aanslag rondom                             | $10^{-4} - 3 \cdot 10^{-5}$ |
| dubbele aanslag rondom                            | $10^{-5} - 3 \cdot 10^{-6}$ |

### Vereiste waarden voor de kierterm $K$

|   | $K =$             |
|---|-------------------|
| bestaande woning : gevel<br>zonder voorzieningen                | $3 \cdot 10^{-3}$ |
| enkele kierd. met lip- of buisprofiel                           | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| dubbele kierd., verbet.naaddichting                             | $3 \cdot 10^{-4}$ |
| speciale dubbele kierdichting                                   | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| bestaande woning : dak<br>kierend dakbeschot                    | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| kierdicht dakbeschot met naden                                  | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| nieuwbouw : gevel<br>enkele kierd., goede naaddichting          | $3 \cdot 10^{-3}$ |
| dubbele kierd., verbet.naaddichting                             | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| speciale dubbele kierdichting                                   | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| nieuwbouw : dak<br>enkelschalig element < 30 kg.m <sup>-2</sup> | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| overige constructies  | $3 \cdot 10^{-6}$ |



## 11. Decibelschaal

| $W.m^{-2}$         | dB  | de verschillende geluiden   |
|--------------------|-----|---|
| $1.10^8$           | 200 | Vertrekkende maanraket op 300 m   |
| 10000              | 160 | Topniveau van karabijn op 0,3 m   |
| 1000               | 150 | Piekniveau vuurwerk   |
| 100                | 140 | Startend straalvliegtuig op 25 m  |
| 10                 | 130 | Startend straalvliegtuig op 50 m  |
| 3                  | 125 | Pneumatische chipperinstallatie (houtversnipperaar)   |
| 1                  | 120 | Snijbranders op 1 m, houtcirkelzaag op 1 m, machinekamer in onderzeeboot<br>Pijngrens   |
| 0,1                | 110 | Autoclaxon (zeer nabij)   |
| 0,03               | 105 | Landend straalvliegtuig op 250 m hoogte,<br>House-muziek in een disco tussen de 100 en 110 dB !   |
| 0,01               | 100 | Helikopter op 30 m hoogte, luidruchtige fabriek, kogelmolen cementfabriek op 1 m,<br>drukkerij, metaalbedrijf.  |
| 0003               | 95  | Houtbewerkingmachine op 1 m, opgevoerde bromfiets,<br>Zware vrachtwagen ( $35 km.h^{-1}$ ) op 7,5 m   |
| 0,001              | 90  | De grens voor verplichte gehoorbescherming ligt tussen de 80 en 90 dB<br>Uitlaat motorfiets op 1,5 m > 90 dB ? Dan bekeuring ! Diesel-vrachtwagen op 7 m,<br>passerende trein ( $120 km.h^{-1}$ op 25 m), autowasinrichting, ketelhuis, orkest. |
| $3 \cdot 10^{-4}$  | 85  | Lichte vrachtwagen $35 km.h^{-1}$ op 7,5 m, motorfiets  |
| $1 \cdot 10^{-4}$  | 80  | Bestelauto op 3 m, binnen een 2CV ( $100 km.h^{-1}$ ), trein ( $60 km.h^{-1}$ op 25 m),<br>Bromfiets, nabij drukke verkeersweg  |
| $3 \cdot 10^{-5}$  | 75  | Handmixer, koffiemolen op 1 m, zeer luide radiomuziek,<br>binnen een trein (oudere typen), grasmaaier met benzinemotor op 7 m   |
| $1 \cdot 10^{-5}$  | 70  | TV, stofzuiger op 1 m, continue gevelbelasting huizen op 25 m van autosnelweg   |
| $3 \cdot 10^{-6}$  | 65  | Binnen trein, binnen Mercedes 280 S ( $120 km.h^{-1}$ ), elektrische typemachine,<br>Druk restaurant  |
| $1 \cdot 10^{-6}$  | 60  | Grens ongestoord telefoongesprek, normaal gespreksniveau,<br>Binnen TEE-trein, elektrische grasmaaier op 7 m  |
| $3 \cdot 10^{-7}$  | 55  | Normaal niveau in kantoorruimten, ventilator(kachel) op 1 m   |
| $1 \cdot 10^{-7}$  | 50  | Normale woonwijk overdag (buiten)   |
| $3 \cdot 10^{-8}$  | 45  | Rustig kantoor, vogelgeluiden   |
| $1 \cdot 10^{-8}$  | 40  | Rustige woonstraat, werkende koelkast op 1 m  |
| $3 \cdot 10^{-9}$  | 35  | Binnenniveau ziekenhuis, vergaderzaal   |
| $1 \cdot 10^{-9}$  | 30  | Rustige woonwijk 's nachts (buiten), leeszaal bibliotheek, tikken van een klok  |
| $3 \cdot 10^{-10}$ | 25  | Normale slaapkamer, binnenshuis in stil dorp,<br>Stiltegebied, op het land (geen verkeer in de buurt)   |
| $1 \cdot 10^{-10}$ | 20  | Zacht gefluister  |
| $3 \cdot 10^{-11}$ | 15  | Omroepstudio  |
| $1 \cdot 10^{-11}$ | 10  | Vallend blad  |
| $1 \cdot 10^{-12}$ | 0   | Gehoordrempel, absolute stilte  |

Een enkel mens kan ook geluiden horen die qua sterkte onder de gehoordrempel liggen :

- 1) Bij 4000 Hz is het oor nóg gevoeliger. Iets lagere intensiteiten kunnen nog worden waargenomen.
- 2) De gehoorkromme is maar een gemiddelde over een groot aantal mensen.
- 3) Vooral heel jonge kinderen zitten onder dat gemiddelde

## 12. Formules

### Golflengte $\lambda$ [m]

$$\lambda = c \cdot T = c / f$$

$c$  = geluidssnelheid in [m/s]  $c$  lucht = 340 m/s

$T$  = periode of trillingstijd in [s]

$f$  = frequentie in [Hz]

### Verband tussen druk en deeltjessnelheid voor een vlak lopende golf

$$\rho = \rho c \cdot v$$

$\rho c$  = specifieke akoestische golfweerstand  $\approx 410 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

### Middenfrequentie voor een octaafband [Hz]

$$f_m = f_1 \cdot \sqrt{2} = f_2 / \sqrt{2}$$

$f_1$  = bovengrens van een octaaf

$f_2$  = ondergrens van een octaaf

### Effectieve geluidsdruk $p_{\text{eff}}$ [Pa]

$$p_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p^2 dt} = \sqrt{\overline{p^2}}$$

### Geluidsdrukniveau $L_p$

$$L_p = 10 \log \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2}$$

$p_0 = 2,0 \mu \text{ Pa}$

### Geluidvermogeniveau

$$L_p = 10 \log \frac{p}{p_0}$$

$p_0 = 10^{-12} \text{ [W]}$

### Geluidintensiteitsniveau $L_I$ [dB]

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]}$

**Verband tussen  $L_I$  en  $L_p$  voor een vlak lopende golf**

$$L_I \approx L_p$$

**Resulterende geluiddruk van onafhankelijke geluiden  $p_{\text{eff}}$  [ $\text{N/m}^2$ ]**

$$p_{\text{eff, res}}^2 = p_{\text{eff}1}^2 + p_{\text{eff}2}^2 + \dots + p_{\text{eff}n}^2$$

**Resulterende geluiddruk niveau van onafhankelijke geluiden  $L_{p\text{res}}$** 

$$L_{p\text{res}} = L_{p1} + L_{p2} + \dots + L_{pn} = 10 \log \frac{p_{\text{eff}1}^2 + p_{\text{eff}2}^2 + \dots + p_{\text{eff}n}^2}{p_0^2}$$

voor n onafhankelijke even luide geluiden met een geluiddruk niveau  $L_{p1}$  gaat de formule voor  $L_{p\text{res}}$  over in:

$$L_{p\text{res}} = L_{p;1} + 10 \log n$$

**Intensiteit in een valk op een vlakke lopende golf**

$$I = \frac{p_{\text{eff}}^2}{\rho c}$$

**Intensiteit in een diffuus geluidveld**

$$I = \frac{p_{\text{eff}}^2}{4\rho c}$$

**Verband tussen P en I in vrije veld condities**

$$P = I \cdot F$$

P = Geluidvermogen in [W]

F = Oppervlak waarover de geluidgolf zich heeft verspreid

Voor een puntbron:  $P = I \cdot 4\pi R^2$  (bol)

Voor een lijnbron:  $P = I \cdot 2\pi R^2$  (cilinder)

**Verband tussen P en I in een begrensde ruimte**

$$P = I \cdot A$$

$$A = \sum_i a_i s_i = \text{totale absorptie in m}^2 \text{ o.r.}$$

a = absorptiecoëfficiënt [-]

b = oppervlak [ $\text{m}^2$ ]

**Verband tussen  $L_p$  en  $LP$  bij vlakke lopende golven**

$$L_p = LP - 10 \log 4\pi R^2 \quad \text{voor puntbron}$$

$$L_p = LP - 10 \log 2\pi R^2 \quad \text{voor lijnbron}$$

**Luidheid  $S$  [soon]**

$$S = 2 \frac{F - 40}{10}$$

F = luidheidsniveau in [foon]

**Equivalent geluidniveau  $L_{eq}$  [dB(A)]**

$$L_{eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2_{eff}}{g(f) p_0^2} dt \right] \approx 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \sum \Delta t_i \cdot 10^{L_i/10} \right]$$

$t_2 - t_1$  = beschouwde tijd interval

$g(f)$  = weegfunctie voor de A-weging, waardoor  $L_{eq}$  in dB(A) wordt verkregen

$L_i$  = midden van geluidniveau klasse  $i$  in dB (A)

$\Delta t_i$  = tijdsduur, gedurende welke het geluidniveau binnen de klasse  $i$  valt

**Reflectiecoëfficiënt  $r$ , absorptiecoëfficiënt  $a$  en transmissiecoëfficiënt  $t$** 

$$a + r + t = 1$$

$a$  = I absorptie / I invallend

$r$  = I reflectie / I invallend

$t$  = I transmissie / I invallend

**Wet van Sabine, Nagalmtijd  $T$  [s]**

$$T = \frac{1}{6} \frac{V}{A}$$

V = volume in [m<sup>3</sup>]

A = totale absorptie in [m<sup>2</sup>or]

**Geluidrukniveau reductie  $\Delta L_p$** 

$$\Delta L_p = 10 \log \frac{I_{voor}}{I_{na}} = 10 \log \frac{A_{na}}{A_{voor}}$$

**Geluidrukniveau t.g.v. een puntbron in een zaal**

$$L_p = L_p + 10 \log \left[ \frac{1}{4\pi R^2} + \frac{4(1-a)}{A} \right]$$

$a$  = gemiddelde absorptiecoëfficiënt van alle oppervlakken in de zaal

A = totale absorptie in [m<sup>2</sup>or]

**Galmstraal  $R_{galm}$  [m]**

$$R_{galm} = \sqrt{\frac{A}{16\pi(1-a)}}$$

**Luchtgeluidisolatie  $R$  [dB]**

$$R = 10 \log \frac{1}{t} = 10 \log \frac{I_{inv.}}{I_{trans}}$$

**Luchtgeluidisolatie  $R$  tussen 2 ruimten met diffuse geluidvelden**

$$R = L_z - L_o + 10 \log S / A$$

$L_z$  = geluidrukniveau in zendvertrek [dB]

$L_o$  = geluidrukniveau in ontvangvertrek [dB]

$S$  = oppervlak van de scheidingsconstructie [ $m^2$ ]

$A$  = totale absorptie in [ $m^2$ or]

**Genormeerde luchtgeluidisolatie  $D_{nT}$  [dB]**

$$D_{nT} = L_z - L_o + 10 \log T / T_o$$

$T$  = nagalmtijd van het ontvangvertrek [s]

$T_o$  = referentie nagalmtijd = 0,5 s

**Genormeerde contactgeluidisolatie  $L_{nT}$  [dB]**

$$L_{nT} = L_{co} - 10 \log T / T_o$$

$L_{co}$  = gemeten geluidrukniveau in de ontvangruimte

$T$  = nagalmtijd van het ontvangvertrek [s]

$T_o$  = referentie nagalmtijd = 0,5 s

**Luchtgeluidisolatie  $R_{res}$  van samengestelde constructies**

$$R_{res} = R - 10 \log \left[ \frac{S - S_1}{S} + \frac{S_1}{S} \cdot 10^{(R-R_1)/10} \right]$$

$S$  = totale oppervlakte in [ $m^2$ ]

$S_1$  = oppervlakte met de geringste isolatie [ $m^2$ ]

$R$  = luchtgeluidisolatie van  $S-S_1$  in [dB]

$R_1$  = luchtgeluidisolatie van  $S_1$  in [dB]

Indien  $R-R_1 \gg 10 \log \frac{S-S_1}{S_1}$  wordt:  $R_{res} = R_1 + 10 \log S / S_1$

**Theoretische massawet voor een enkelvoudige constructie [loodrechte inval]**

$$R = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{2\pi f m}{2\rho c} \right)^2 \right]$$

voor  $m > 10 \text{ kg/m}^2$  en  $f > 50 \text{ Hz}$  :

$$R = 20 \log m + 20 \log \frac{f}{500} + 12$$

$f$  = frequentie in [Hz]

$m$  = massa per  $\text{m}^2$  in  $[\text{kg/m}^2]$

$\rho c$  = specifieke akoestische golfweerstand in SI

$R$  = isolatiewaarde in [dB]

**Praktische massawet**

$$R' = 17,5 \log m + 17,5 \log \frac{f}{500} + 3$$

$R'$  = isolatiewaarde in [dB]

**Theoretische massawet toegepast op een spouwconstructie (loodrechte inval)**

$$R = 10 \log \left\{ \left[ 1 - \frac{(2\pi f)^2 \cdot (m_1 + m_2) \cdot c}{2} \right]^2 + \left( \frac{2\pi f}{2\rho c} \right)^2 \left[ m_1 + m_2 - (\rho c)^2 \cdot c - (2\pi f)^2 \cdot m_1 m_2 c \right]^2 \right\}$$

$f$  = frequentie in [Hz]

$m_1, m_2$  = massa per  $\text{m}^2$   $[\text{kg/m}^2]$

$\rho c$  = specifieke akoestische golfweerstand in SI

$c = \frac{D}{1,4 \cdot 10^5}$  = slaphed van de luchtlaag met dikte  $D$  in  $[\text{m}^3/\text{N}]$

**Resonantiefrequentie  $f_r$  [Hz]**

$$f_r \approx 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 D}}$$

$m_1, m_2$  = massa van de spouwbladen in  $[\text{kg/m}^2]$

$D$  = spouwbreedte in [m]

**Staande golven  $f_{st}$  [Hz]**

$$f_{st} = \frac{170}{b} n$$

$b$  = spouwbreedte in [m]

$n = 1, 2, 3, \dots$

**Coïncidentiefrequentie  $f_c$  [Hz]**

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{c}{\sin \theta} \cdot \frac{1}{d} \sqrt{\frac{12}{E/p}} \approx \frac{64 \cdot 10^3}{(\sin \theta)^2 \cdot d \cdot \sqrt{E/P}}$$

$\theta$  = hoek van inval van de vlakke lopende golf

$d$  = dikte van de plaat [m]

$\rho$  = dichtheid van de plaat in [kg/m<sup>3</sup>]

$E$  = elasticiteitsmodulus van het materiaal in [N/m<sup>2</sup>]

**Grensfrequentie  $f_{c,gr}$  [Hz]**

$$f_{c,gr} = \frac{c^2}{2\pi d} \sqrt{\frac{12}{E/P}} \approx \frac{64 \cdot 10^3}{d \sqrt{E/P}}$$

**Resonantiefrequentie van een trillende massa  $f_r$** 

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{mC}}$$

voor verticale opstelling:

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{u}}$$

$m_1$  = massa van het trillend lichaam in [kg]

$c$  = slaphed van de veer in [m/N]

$g$  = zwaartekrachtversnelling [m/s<sup>2</sup>]

$u = mg$   $C$  = statistische invering [m]

**Resonantiefrequentie van niet-geperforeerde panelen  $f_r$  [Hz]**

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{mD}}$$

$D$  = spouwbreedte in [m]

$M$  = massa van de plaat per m<sup>2</sup> in [kg/m<sup>2</sup>]

**Geperforeerde panelen**

$$f_1 = 35000 \cdot \frac{d}{b^2}$$

$f_1$  = frequentie waarboven geperforeerde panelen nog maar weinig absorberen

$d$  = diameter van de gaatjes in [mm]

$b$  = afstand tussen de middelpunten van 2 gaten in [mm]