

Geluidabsorptie

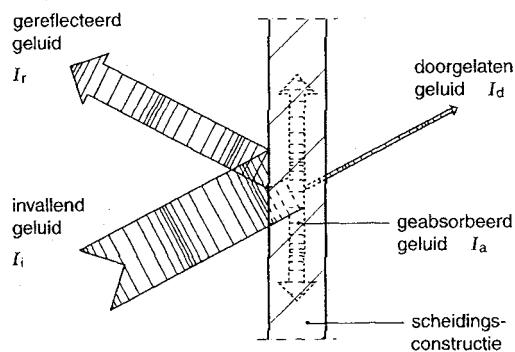
Kennisbank Bouwfysica

Auteur: ir. L. Nederlof, prof.ir. J.J.M. Cauberg

1 Geluidabsorptiecoëfficiënt

Wanneer een geluidsgolf op zo'n begrenzend vlak valt - in het algemeen een constructie met eindige dikte - dan spelen de volgende mechanismen (figuur 1):

- reflectie: een deel van het geluid wordt weerkaatst onder een andere hoek, waarbij hoek van uittrading = hoek van inval;
- transmissie: een deel van het geluid wordt doorgelaten naar de naastliggende ruimte en vormt de opmaat tot de luchtgeluidisolatie;
- absorptie: een deel van het geluid gaat verloren en wordt omgezet in warmte.



$$I_i = I_r + I_a + I_d \quad \text{met } I = \text{intensiteit geluid [W/m}^2\text{]}$$

figuur 1. gereflecteerd, geabsorbeerd en doorgelaten geluid

Door te normeren op de invallende geluidintensiteit $I_{\text{invallend}}$ [W/m²] worden de volgende grootheden ingevoerd:

Reflectiecoëfficiënt:

$$r = \frac{I_{\text{reflectie}}}{I_{\text{invallend}}} \quad (1)$$

Transmissiecoëfficiënt:

$$t = \frac{I_{\text{transmissie}}}{I_{\text{invallend}}} \quad (2a)$$

Voor een waarnemer in de ruimte aan de linkerzijde van figuur 1 zijn echter alleen de intensiteiten van invallend en gereflecteerd geluid relevant en wordt het verschil tussen beide aan het oppervlak geabsorbeerd, ook al kan een deel daarvan transmissie naar de rechter ruimte betreffen. De hoeveelheid geluid die wordt doorgelaten, is doorgaans naar verhouding erg klein. Immers, bij een normale halfsteens muur met een geluidisolatie van 40 dB geldt:

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{I_{\text{invallend}}}{I_{\text{doorgelaten}}} \quad (2b)$$

$$\log \frac{I_{\text{invallend}}}{I_{\text{doorgelaten}}} = \frac{R}{10} = 4$$

$$\frac{I_{\text{invallend}}}{I_{\text{doorgelaten}}} = 10^4$$

Geluidabsorberend gedrag wordt daarom beschreven door de absorptiecoëfficiënt te definiëren als:

Absorptiecoëfficiënt:

$$a = 1 - \frac{I_{\text{reflectie}}}{I_{\text{invallend}}} = 1 - r \quad (3)$$

Bij 100% geluidabsorptie krijgt a de waarde van 1. Dit is gelijk aan het geval van een open raam waardoor al het geluid dat daarop valt naar buiten verdwijnt en er dus geen reflectie aanwezig is.

De absorptiecoëfficiënt van een bepaald oppervlak is niet met één waarde aan te geven, omdat deze afhankelijk is van de frequentie van het geluid. In de meeste gevallen is de geluidabsorptie aanzienlijk kleiner in de lage frequenties dan in de hoge.

Elk materiaal heeft een eigen absorptiekaracteristiek. Deze wordt bepaald door factoren als de soortelijke massa, de porositeit en de laagopbouw. Tabel 1 en figuur 2 geven een indruk van de absorptiekaracteristiek voor verschillende materialen en samenstellingen.

materiaal	octaafband (frequentie) (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
grindbeton	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
gasbeton 70 kg/m ²	0.14	0.19	0.24	0.32	0.41	-
akoestische pleister	0.15	0.20	0.35	0.60	0.6	0.5
spaanplaat 6.4 kg/m ² d=8; s=30	0.16	0.58	0.75	0.53	0.54	0.42
gipskarton geperforeerd d=9.5; s=100; a=30; 6% gaatjes	0.39	0.81	0.68	0.44	0.25	0.20
houten latten breed 85; tussenruimte 25; d=12; s=200; a=25	0.60	0.85	0.80	0.82	0.70	0.62
parket, gelijmd op ondergrond	0.04	0.04	0.06	0.12	0.10	0.15
tapijt d=5met onderlaag (8mm vilt)	0.04	0.10	0.31	0.70	0.93	0.74
glas	0.1	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
gordijn katoen, geplooid 3:1 S=50; 0.4 kg/m ²	0.15	0.45	0.96	0.91	1.06	1.02

tabel 1. enige waarden voor de akoestische absorptiecoëfficiënt a

Uit tabel 1 blijkt dat de geluidabsorptie zeer gering is voor harde materialen en oppervlakken zoals van beton, glas en parket.

Hoge absorptiewaarden kunnen worden bereikt met speciale akoestische wanden en plafonds (in de orde van 80%), maar ook met tapijten en gordijnen zoals de tabel aangeeft.

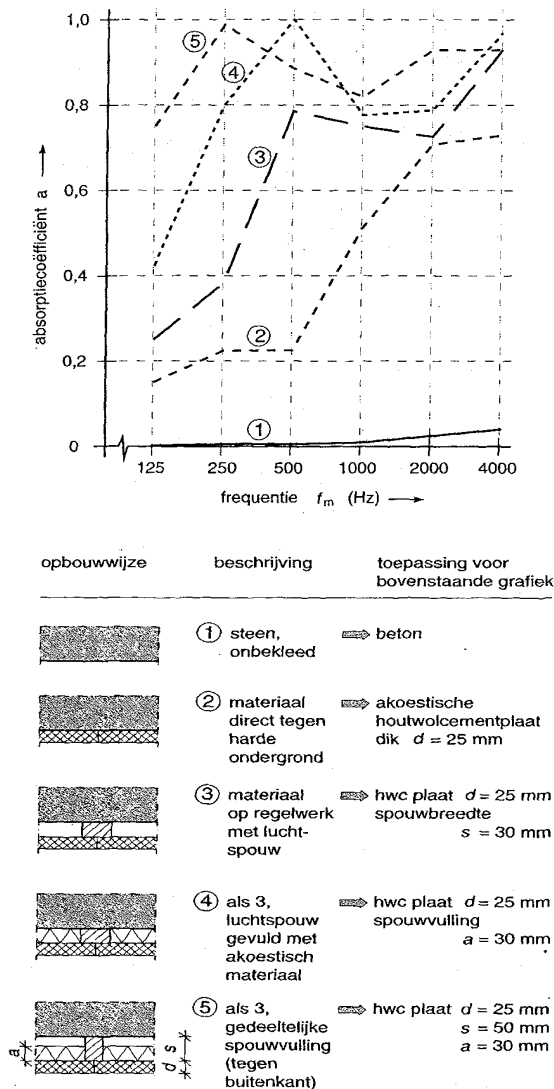
Er zijn twee manieren waarop geluidabsorptie fysisch kan plaatshebben:

1. door wrijving in poreuze materialen;
2. door resonantie.

Bij de tweede manier worden twee varianten onderscheiden:

- a. resonantie van een materiaal op een luchtlaag (dichte panelen, voorzetwanden, e.d.);
- b. resonantie van lucht op een luchtlaag (geperforeerde panelen), de zogenaamde "Helmholtzdemping".

In de volgende figuur zijn van een aantal wandafwerkingen de absorptiekenmerken verzameld:



figuur 2. vergelijking akoestische absorptie voor verschillende bouwwijzen, zie ook tabel 1

2 Betekenis geluidabsorptie

Voor de gereflecteerde intensiteit dient men te bedenken dat deze in een omsloten ruimte weer op een andere wand invalt, waarbij weer absorptie, reflectie en transmissie optreden. Indien in de ruimte een akoestische bron met vermogen P staat opgesteld, dan zal zich een stationaire toestand instellen, waarbij het geproduceerde vermogen gelijk is aan het geabsorbeerde vermogen plus het doorgelaten vermogen (ook dit is de wet van behoud van energie) in formule:

$$P = \int_S a \cdot I_i dS + \int_S t \cdot I_i dS = \int_S (1-r) \cdot I_i dS \quad (4)$$

Waarin:

- S het omsluitende oppervlak van de ruimte in m²
I_i de invallende intensiteit, plaatsafhankelijk en in principe bestaande uit een deel dat rechtstreeks afkomstig is van de bron en een deel dat afkomstig is van reflecties

In de praktijk blijkt het intensiteitsniveau van de doorgelaten intensiteit (*I_t*) al gauw 20 dB lager te zijn dan van de invallende intensiteit (*I_i*) zodat geldt:

$$10 \log \frac{I_t}{I_o} - 20 \cong 10 \log \frac{t \cdot I_i}{I_o} = 10 \log \frac{I_i}{I_o} + 10 \log t$$

Ofwel:

$$10 \log t \cong -20 = -10 \log 100 = 10 \log \frac{1}{100} \text{ dus } t = \frac{1}{100}$$

Een zó kleine transmissiecoëfficiënt mag men wel verwaarlozen ten opzichte van de absorptiecoëfficiënt en reflectiecoëfficiënt dus $a \sim 1-r$. Men kan aanvoeren dat dit niet toegestaan is voor een gat in een wand; echter, voor de berekening in de ruimte maakt het niet uit als we zo'n gat opvatten als een oppervlak met absorptiecoëfficiënt $a = 1$.

Op grond hiervan en met invoering van de gemiddelde intensiteit \bar{I} is formule (4) te schrijven als:

$$P = \bar{I} \int_S a dS = \bar{I} \cdot A \quad (5)$$

Aangezien het oppervlak zal bestaan uit een eindig aantal vlakken met bijbehorende absorptiecoëfficiënten geldt dus:

De totale absorptie in m² (o.r.):

$$A = \sum_i a_i S_i \quad (6)$$

waarin S_i het oppervlak met absorptiecoëfficiënt a_i voorstelt, terwijl gesommeerd wordt over het totaal omsluitende oppervlak.

Opmerkingen:

- de afkorting (o.r.) betekent open raam; men bedenke daarbij dat een gat (open raam) als een vlak met $a=1$ behandeld kan worden; openingen moeten dan ook worden meegeteld in de formules (5) en (6);
- voor een diffuus geluidveld is I overal gelijk, dus geldt:

$$\bar{I} = I = \frac{P_{eff}^2}{4\rho c}$$

Het bronvermogen P in formule (5) is constant, hetgeen betekent dat bij wijziging van de absorptie toch $\bar{I} \cdot A$ gelijk blijft; ofwel vóór en na het aanbrengen van absorptie is:

$$P = \bar{I}_{voor} \cdot A_{voor} = \bar{I}_{na} \cdot A_{na} \quad (7)$$

Voor een diffuus geluidveld moet gelden:

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

Zodat ook:

$$P_{effvoor}^2 \cdot A_{voor} = P_{effna}^2 \cdot A_{na} \quad (8)$$

Het aanbrengen van absorptie geeft een reductie in het geluiddrukkniveau volgens:

$$\Delta L_p = 10 \log \left(\frac{P_{effvoor}^2}{P_o^2} \right) - 10 \log \left(\frac{P_{eff}^2}{P_o^2} \right) = 10 \log \frac{P_{effvoor}^2}{P_{effna}^2}$$

Ofwel met behulp van de formule (8)

reductie van het geluiddrukkniveau:

$$\Delta L_p = 10 \log \frac{A_{na}}{A_{voor}} \quad (9)$$

Opmerking:

Wordt de absorptie (gedeeltelijk) gewijzigd, dan dient wel bedacht te worden dat de oorspronkelijke absorptie op die plaats niet meer aanwezig is.