



Bouwen met akoestiek

Het creëren van een goede akoestiek is een van levensbelang bij muziekpodia als het Amsterdamse Muziekgebouw aan 't IJ. (Foto Peutz)

Het creëren van een goede akoestiek is een van de voornaamste redenen die een rol speelt bij de keuze voor een wand of plafond. Hoewel akoestiek in de dagelijkse praktijk een vaak terugkerend onderwerp is, is het al weer een geruime tijd geleden dat Plafond & Wand het onderwerp akoestiek er speciaal heeft uitgelicht. In een serie artikelen frissen we dit onderwerp op. Deze artikelenreeks is een weergave van de tijdens een studiemiddag van Peutz behandelde onderwerpen. In dit eerste deel zullen de basisbegrippen van de bouwakoestiek worden behandeld. In deel twee zal worden ingegaan op de te hanteren norm- en streefwaarden en deel drie zal gericht zijn op de akoestische kwaliteit op productniveau.

DEEL 1: BASISBEGRIPPEN

Een goede akoestiek blijkt bepalend te zijn voor de beleving en waardering van een werkplek of verblijfsruimte in een gebouw. De toegepaste materialen en constructies dragen in belangrijke mate bij aan deze akoestiek. Wat zijn belangrijke invloedsfactoren voor een goede akoestiek en hoe kan een architect een goede akoestische omgeving ontwerpen? Alvorens verder op akoestische aspecten in te gaan, is het ver-

standig enkele basisbegrippen te behandelen.

Geluid

Geluid bestaat uit een trillende beweging van luchtdeeltjes, die door het gehoor waarneembaar zijn. Deze trillende beweging wordt opgewekt door een geluidbron (stembanden, luidspreker, machine) en wordt via een tussenstof (lucht, een vloeistof of een vaste stof) verder geleid naar het gehoororgaan waar de trillingen als geluid worden waargenomen. Door de geluidbron worden de luchtdeeltjes in trilling gebracht waardoor luchtverdichtingen en -verduunningen ontstaan. De luchtdeeltjes voeren een trilling uit rond hun evenwichtstoestand. De geluidgolf plant zich in dezelfde richting voort als

de bewegingsrichting van de luchtdeeltjes. Dit noemt men een longitudinale golfbeweging. De snelheid van deze golfbeweging hangt af van de massa en de elastische eigenschappen van de materie. Zo is de geluidssnelheid in lucht bij een normale atmosferische druk en bij 20°C circa 340 m/s. In water ongeveer 1480 m/s en in ijs zelfs 3200 m/s.

Frequentie

De snelheid waarmee de drukverhogingen en -verlagen elkaar opvolgen, is een maat voor de toonhoogte. Bij langzame drukvariaties (trage golven) horen we een lage toon en naarmate de variaties in de druk sneller worden, horen wij hogere tonen. De tijd tussen twee drukpieken is de periodetijd. Het omgekeerde van de periodetijd is de frequentie, het aantal malen per seconde dat een drukpiek optreedt. De frequentie wordt uitgedrukt in Hertz (Hz). De afstand tussen twee drukpieken noemen we de golflengte. Het verband tussen frequentie, voortplantingssnelheid en golflengte bedraagt: $f=c/\lambda$. Bij 100 Hz bijvoorbeeld bedraagt de golflengte circa 3,4 m en bij 1000 Hz circa 34 cm. De hoorbare drukvariaties voor het menselijke oor liggen in een frequentiegebied tussen 20 Hz (golflengte 17 m in lucht) en 20.000 Hz (golflengte 17 mm in lucht). De belangrijkste frequenties liggen in het bereik van 125 tot 2000 Hz. Bij de hoge frequenties hebben we het overigens vaak over kilohertz (2 kHz = 2000 Hz).

Geluidspectrum

Om praktische redenen wordt het frequentiegebied ingedeeld in frequentiebanden. Het hoorbare gebied kan zo worden ingedeeld in tien octaafbanden ofwel dertig tertsbanden. Zuivere tonen hebben maar één frequentie. Een muziektoon heeft naast de grondtoon ook hogere (harmonische) frequenties. De geluiden die we in ons dagelijks leven tegenkomen (industrie, wegverkeer, treinen, stofzuiger enzovoorts) bestaan uit een mengsel van geluid met verschillende toonhoogte en verschillende geluidsterkten.

Het samenspel aan geluidsterkte in verschillende frequentiebanden noemen we een geluidsspectrum. Geluid van een geluidbron plant zich over het alge-

meen in alle richtingen (bolvormig) voort. Doordat de geluidenergie zich, bij het bewegen van de bron af, over een steeds groter oppervlak verdeelt, neemt de geluidsterkte ook steeds verder af. Deze afname is omgekeerd evenredig met het boloppervlak. We noemen dit geometrische afname. Uitgedrukt als geluidniveau bedraagt de geometrische afname van een puntbron 6 dB per afstandverdubbeling.

Reflecties en nagalm

Als we naar de geluidvoortplanting in een ruimte kijken, dan zal het geluid zich in eerste instantie van de bron naar de toehoorder voortbewegen. Het overbruggen van deze afstand kost tijd. Het geluid zal dus enkele milliseconden nadat het door de bron is uitgezonden hoorbaar zijn. Het geluidniveau is ook afhankelijk van de afstand: hoe verder weg, des te lager het geluidniveau (geometrische uitbreiding). Naast dit zogenoemde 'directe geluid' zendt de geluidbron ook in andere richtingen geluid uit. Door reflectie tegen wanden, plafond en vloer kan ook dit geluid bij de toehoorder terechtkomen. Door de langere afgelegde afstand zal dit geluid echter later arriveren en een lager geluidniveau hebben. Indien de wand niet alle geluidenergie reflecteert, maar een deel doorlaat of absorbeert, zal de geluidreflectie verder in niveau afnemen.

Alle reflecties samen geven een in de tijd afnemend geluidniveau bij de toehoorder. Het geluidniveau neemt in de tijd regelmatig af, langs een rechte lijn. De nagalmtijd is gedefinieerd als de tijd die het geluid erover doet om 60 dB in niveau af te nemen. Een lange nagalmtijd betekent dat de reflecties niet of nauwelijks worden geabsorbeerd. Dit zal het geval zijn in ruimtes met harde vlakken zoals bij een zwembad of in een lege woonkamer. Wanneer er geluidabsorberende materialen worden toegepast zoals gordijnen, tapijt of een bankstel, zal de nagalmtijd veel korter zijn.

Geluidabsorptie

Er blijkt een relatief eenvoudige relatie te zijn tussen de nagalmtijd, de geluidabsorptie en het volume van een ruimte. Deze relatie is door de Amerikaan



Kennisbehoefte

Peutz is een onafhankelijk adviesbureau voor de bouw en industrie. Op het gebied van de akoestiek heeft Peutz een jarenlange ervaring en behoort het adviesbureau binnen én buiten Nederland tot een van de toonaangevende specialisten. Naast haar onderzoeks- en adviestaken organiseert Peutz studiebijeenkomsten voor professionals die hun kennis willen verdiepen. Er blijkt een duidelijke behoefte te bestaan aan kennis over de bouwakoestische begrippen en streefwaarden, maar ook over werkingsprincipes en toepassingsmogelijkheden van bouwakoestische materialen. Vandaar dat Peutz op 29 januari 2008 in de vestiging in Mook een studiemiddag Bouwakoestiek organiseerde voor relaties die in de dagelijkse praktijk met het vakgebied bouwakoestiek te maken hebben. Voor meer informatie, zie www.peutz.nl

Sabine experimenteel bepaald en later ook theoretisch afgeleid.

De geluidabsorptie is de effectieve absorptie in m². Zo geeft 10 m² materiaal dat 100 procent van de opvallende geluidenergie absorbeert evenveel geluidabsorptie als 20 m² materiaal dat 50 procent van de opvallende geluidenergie absorbeert. Men spreekt ook wel over de geluidabsorptie in m² 'open raam' (o.r.). Een open raam geeft immers 100 procent 'geluidabsorptie' omdat alle opvallende geluidenergie uit de ruimte verdwijnt.

Opgemerkt wordt dat er hierbij van wordt uitgegaan dat alle energie in alle richtingen even goed is verdeeld, een zogenaamd diffuus geluidveld. Over

luidabsorptie invloed heeft op het geluidniveau. Dicht bij de geluidbron is het directe geluid van de geluidbron nog heel sterk en wordt het geluidniveau bepaald door de afstand tot deze geluidbron. Op grotere afstand is het directe geluid van de geluidbron echter niet meer zo sterk en is de bijdrage van alle reflecties in de ruimte veel sterker. Bij een diffuus geluidveld is het totaal aan al die reflecties op alle posities in de ruimte ongeveer even sterk.

Het geluidniveau hangt dan niet meer af van de afstand tot de bron. Omdat de reflecties worden beïnvloed door de geluidabsorptie in de ruimte, hangt het geluidniveau in het zogenaamd nagalmveld af van de totale hoeveelheid

lend en doorgelaten geluidvermogen. Geluidisolatie is daarmee een materiaaleigenschap. Geluidreductie wordt daarentegen behalve door de geluidisolatie, tevens beïnvloed door de ruimteakoestiek en de afmetingen van de ruimte. De geluidisolatie van een wand wordt in eerste instantie bepaald door de massa van die wand.

Maar ook de frequentie van de golf- lengte van de geluidtrilling speelt een rol. Voor een zekere frequentie zijn de golflengte in de lucht en in de constructie gelijk. Dit wordt de grensfrequentie of coïncidentiefrequentie genoemd ('coïncidentie' in verband met het 'samenvallen' van golflengtes). Bij deze frequentie zal de energie heel makkelijk worden overgedragen en heeft de constructie een lage geluidisolatie. De grensfrequentie is afhankelijk van het materiaal en de dikte van het materiaal. Zo zal een materiaal opgebouwd uit drie lagen een veel hogere grensfrequentie hebben dan een massieve constructie met eenzelfde dikte.

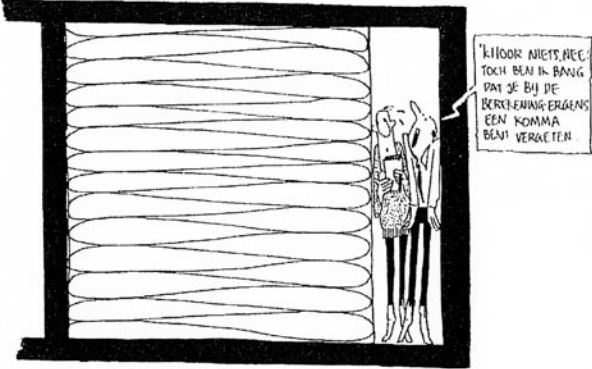
Een hogere grensfrequentie is over het algemeen gunstig, zeker als de dip hierdoor buiten het beschouwde frequentiegebied valt. Bij dubbelbladige wanden (spouwwallen) is er sprake van twee massa's met hiertussen een (lucht)veer. Deze opbouw heeft een grote invloed op de geluidisolatie. Zoals bij elk massa-veer systeem is er sprake van een specifieke resonantiefrequentie waarbij de wand gemakkelijk in trilling is te brengen. Bij deze frequentie treedt een zeer lage geluidisolatie op.

Onder deze frequentie gedraagt de wand zich als een gekoppelde constructie volgens de massa-wet op basis van de totale massa van de wand. Boven de resonantiefrequentie is er in feite sprake van een ontkoppeling van beide bladen en neemt de geluidisolatie zeer snel toe, met circa 18 dB per octaaf. Indien de resonantiefrequentie voldoende laag ligt, kan een dergelijke spouw- wand een relatief hoge geluidisolatie hebben, veel hoger dan de massieve wand met dezelfde massa. Bij hoge frequenties wordt de geluidisolatie in negatieve zin beïnvloed door de coïncidentiefrequentie en door staande golven tussen beide spouwbladen (spouwresonantie). ■

□ Sabine:

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

T = nagalmtijd (s)
V = Volume (m³)
A = Absorptie (m² o.r.)



De Amerikaan Sabine leidde de relatie af tussen de nagalmtijd, de geluidsabsorptie en het volume van de ruimte.

het algemeen is daar geen sprake van. Vooral ook het verdelen van de geluidabsorptie over alle vlakken maakt dat de ruimte diffuser zal zijn. Een ruimte waar alle geluidabsorptie bijvoorbeeld tegen het plafond zit, zal een langere nagalmtijd hebben dan op grond van de formule van Sabine wordt uitgerekend. Als bekend is hoe groot de ruimte is en welke materialen worden toegepast, is het mogelijk om met de formule van Sabine de nagalmtijd te berekenen.

Nagalmveld

De geluidabsorptie in een ruimte heeft niet alleen invloed op de nagalmtijd. Wellicht nog veel belangrijker is dat ge-

absorptie in de ruimte en niet het volume. Natuurlijk is het zo dat je in een grote ruimte vaak meer absorptie hebt of kunt aanbrengen dan in een kleine ruimte. Er kunnen dus twee redenen zijn om geluidabsorptie aan te brengen: reductie van de nagalmtijd of reductie van de luidheid.

Geluidisolatie

In veel situaties gaat de interesse ook uit naar het geluidniveau dat van een ruimte naar een aangrenzende ruimte gaat. De mate waarin een constructie geluid tegenhoudt, wordt beschreven met het begrip geluidisolatie. De geluidisolatie is gedefinieerd als tien keer de logaritme van de verhouding van opval-