

## 6. Geluidwering

### 6.1 Inleiding

Geluidwering is een onderwerp waar we ons allemaal wel wat bij voor kunnen stellen. Als er ergens (veel) geluid wordt geproduceerd, moeten we er voor zorgen dat dit ergens anders niet tot hinderlijke of zelfs ongezonde geluidsniveaus leidt. Voldoende geluidwering is dus noodzakelijk om geluidsoverlast te voorkomen.

We zullen ons in dit hoofdstuk richten op de geluidisolatie binnen gebouwen, dus van ruimte naar ruimte. Geluidwering van de gevel (het tegenhouden van geluid van buiten) wordt in het tweede jaar behandeld. Soms kan de gevel ook tot doel hebben om te voorkomen dat geluid naar buiten wordt afgegeven (denk aan industrie- en horecageluid). Ook dit onderwerp zal hier niet aan de orde komen.

Eerst geven we inhoud aan aantal termen die betrekking hebben op geluid. Vervolgens zullen we aangeven welke bouwkundige aspecten van invloed zijn op de geluidisolatie. We zullen de eisen uit het Bouwbesluit aangeven. Het Bouwbesluit verwijst naar een meetmethode om vast te stellen of aan de eisen wordt voldaan. De metingen kunnen pas na realisatie van een gebouw worden uitgevoerd. We zullen een aantal hulpmiddelen behandelen die worden gebruikt om in het ontwerpstadium te zorgen dat er aan de eisen voldaan zal worden. Belangrijk is dat je bij een constructie opbouw en detailleringen kunt aangeven waar de kritische punten voor de geluidwering zich bevinden. Ook moet je met behulp van richtlijnen en referentiedetails aangeven of met een bepaalde opbouw en/of detaillering aan de eisen voldaan zal worden.

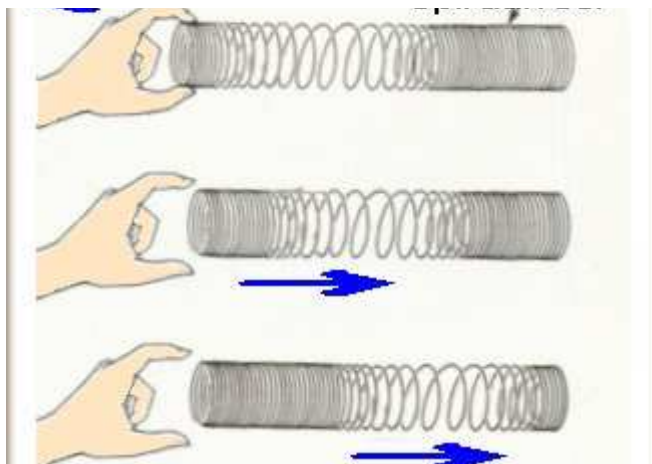
### 6.2 Wat is geluid?

De lucht om ons heen wordt op allerlei manieren in trilling gebracht. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door middel van luidsprekers, muziekinstrumenten en door de stembanden in het menselijk lichaam. In deze gevallen is het de bedoeling om geluid te produceren. Er zijn ook talloze voorbeelden waarbij trillingen worden veroorzaakt als bijeffect: voorbijrijdende auto's en treinen, overvliegende vliegtuigen, een hei-installatie op de bouw, een buurman die een gat in de muur boort en de bovenbuurvrouw die op haar hoge hakken over de parketvloer wandelt. Bedoeld of niet, in alle gevallen wordt er lucht in trilling gebracht. Dit trillen van de lucht is een golfverschijnsel dat zich vanuit een bron verspreid. Luchtdeeltjes worden door een geluidbron 'weggestoten', oftewel er wordt druk uitgeoefend op de luchtdeeltjes. Deze luchtdeeltjes willen weer terug naar de situatie van normale druk en stoten daardoor naastliggende luchtdeeltjes aan.

Golfverschijnsel

Geluid is niet één 'stoot' luchtdruk, maar meerdere 'stoten' achter elkaar. Hierdoor ontstaat in de lucht een opeenvolging van deeltjes onder overdruk en onderdruk, gemeten in Pascal [P]. Deze opeenvolging vormt een *longitudinale* golf.

Longitudinale golf

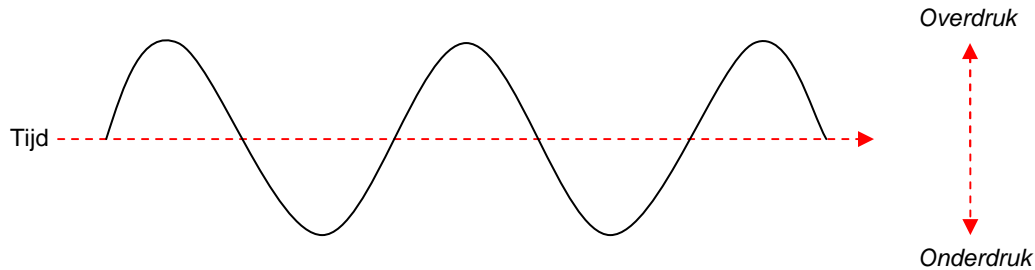


Figuur 6.1: Een longitudinale golf is een opeenvolging van over- en onderdruk in een materiaal (bijvoorbeeld lucht). Hier uitgebeeld d.m.v. een veer.

Met het trillen van de lucht bedoelen we dus de opeenvolging van over- en onderdruk. Een goed voorbeeld is een luidspreker. Deze beweegt op en neer om op deze manier over- en onderdruk (trilling) in de lucht aan te brengen.

Als we op een punt in een ruimte geluid zouden meten, meten we dus eigenlijk een opeenvolging van over- en onderdruk. Als we dit punt voor langere tijd meten kunnen we de onder- en overdruk uitzetten tegen de tijd. Hierdoor ontstaat een *transversale golf*.

**Transversale  
golf**



*Figuur 6.2: transversale golf: onder en overdruk over een tijdsperiode gemeten.*

We kunnen het karakter van de golf omschrijven aan de hand van drie eigenschappen:

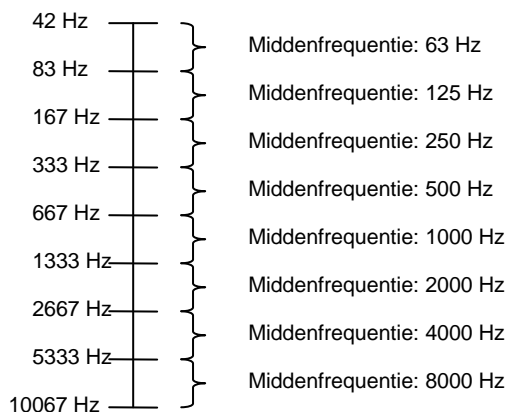
- de frequentie,
- de voortplantingssnelheid en
- de amplitude.

De *frequentie* ( $f$ ) van een golf is het aantal trillingen per seconde: het aantal keren dat een punt in de transversale golf per seconde de hele beweging van boven naar beneden aflegt. We drukken de frequentie uit in de eenheid Hertz (Hz): 1 Hertz is gelijk aan 1 trilling per seconde. Het menselijk oor kan trillingen met een frequentie tussen ongeveer 20 Hz en 20.000 Hz waarnemen. Lagere en hogere frequenties zijn voor ons niet hoorbaar en worden respectievelijk infrasoen en ultrasoon genoemd. Als we praten over lage en hoge tonen, dan refereren we dus aan de frequentie van het geluid.

**Frequentie**

Geluiden die we om ons heen waar nemen zijn over het algemeen samengesteld uit diverse frequenties. Het geluid kun je ontleden naar de verschillende frequenties. We delen geluid in in *octaafbanden*. Binnen een octaafband vallen geluiden binnen een bepaalde bandbreedte. De octaafband duiden we aan met de middenfrequentie. In figuur 6.3 is een overzicht gegeven.

**Octaafbanden**



*Figuur 6.3: octaafbanden: begrenzingen en middenfrequenties*

De *voortplantingssnelheid* ( $c$ ) van een golf is de snelheid waarmee deze zich van de bron af beweegt. De voortplantingssnelheid van geluidsgolven in lucht van 20°C is ongeveer 340 m/s. In water van 20°C is dit ongeveer 1500 m/s (5400 km /u!).

**Voortplantings-  
snelheid**

Als de frequentie en de voortplantingssnelheid van de golf bekend is, kunnen we de *golflengte* ( $\lambda$ ) bepalen:

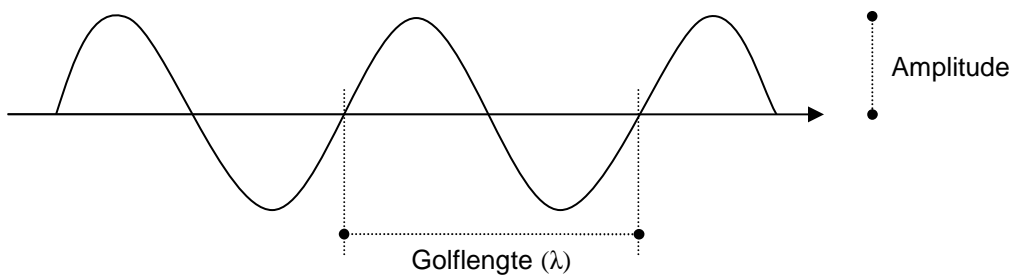
**Golflengte**

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Waarin:

- $\lambda$  is de golflengte in m
- $c$  is de voortplantingssnelheid in m/s
- $f$  is de frequentie in Hz (of 1/s).

De golflengte is de afstand die de golf gedurende één volledige trilling aflegt (zie figuur 6.4).

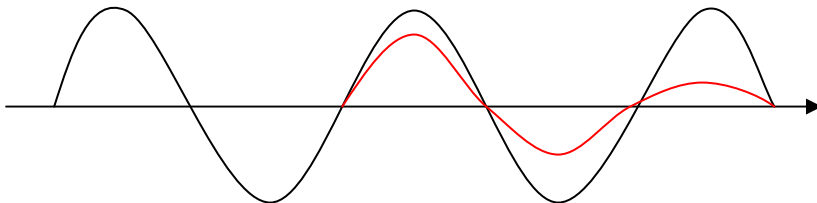


*Figuur 6.4: De golflengte en de amplitude van een golf.*

Hoe hard het geluid klinkt wordt bepaald door de *amplitude* van de golf. Dat is de grootte van de afwijking ten opzichte van de basis (zie figuur 6.4).

**Amplitude**

De frequentie van een golf blijft gelijk, maar de amplitude kan wel afnemen. Het geluid gaat dan zachter klinken. Dit is weergegeven in figuur 6.5.



*Figuur 6.5: De golf houdt dezelfde frequentie, maar de amplitude neemt af (rode golf). Het geluid sterft uit.*

Om weer te geven hoe hard iets klinkt, gebruiken we de grootheid *geluidsdruk-niveau* ( $L_p$ ). Hoe hard iets klinkt is interessant om te weten. Dit zouden we kunnen meten door de drukverschillen in lucht te meten. Het rekenen met drukverschillen is alleen erg lastig. Dit komt doordat de schaal van drukverschillen zo groot is dat wiskundige formules bijna onwerkbaar zouden worden. Bladergeritsel geeft bijvoorbeeld een druk van ongeveer  $6 \cdot 10^{-5}$  Pascal (0,0006) terwijl de pijngrens voor het menselijk gehoor op 100 Pascal ligt.

**Geluidsdruk-niveau**

Om het rekenen met geluidsniveaus enigszins te vereenvoudigen is de *decibel* [dB] bedacht. De relatie tussen luchtdruk en het geluidsdruk-niveau ( $L_p$ ) dat in decibel wordt gegeven is als volgt:

**Decibel [dB]**

$$L_p = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right) \quad (2)$$

Waarin:

- $L_p$  is de geluiddruk in dB  
 $p$  is de luchtdruk in Pa  
 $p_0$  is de luchtdruk bij de gehoordrempel in Pa

De *gehoordrempel* is het geluidniveau dat we minimaal kunnen waarnemen. Dat is natuurlijk voor ieder mens verschillend. Om verwarring te voorkomen is internationaal afgesproken dat de gehoordrempel op  $2 \cdot 10^{-5}$  Pascal ligt wat dus overeenkomt met 0 dB.

**Gehoordrempel**

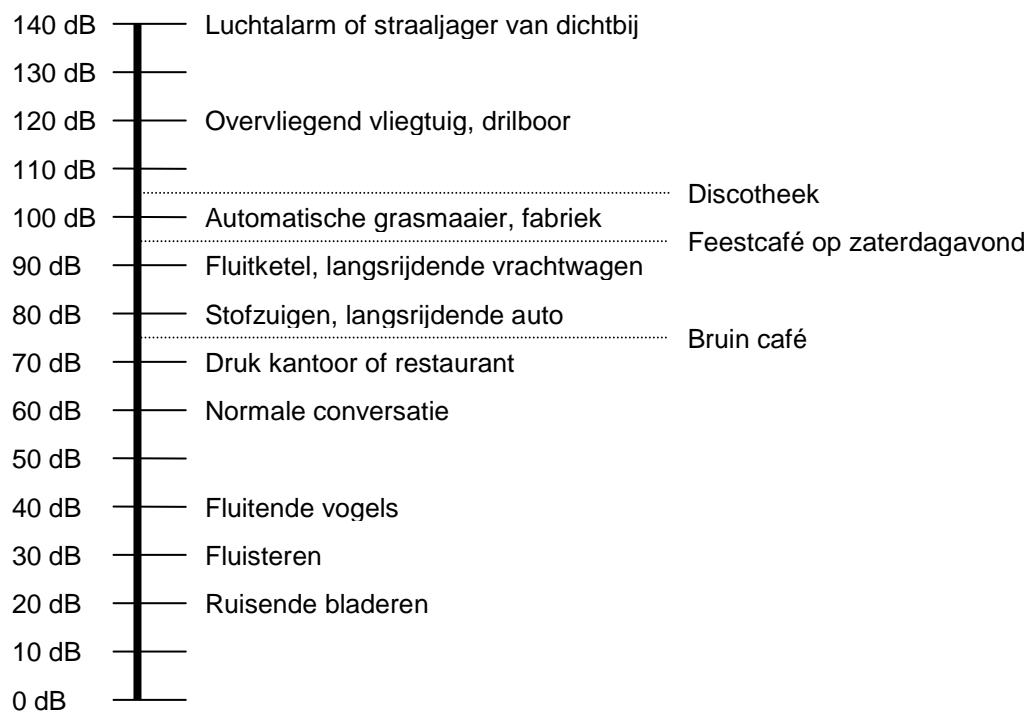
Aan het andere uiterste van het spectrum, vinden we de *pijngrens*. Geluidsniveaus hoger dan de pijngrens, veroorzaken pijn. De pijngrens ligt ongeveer bij 120 dB. Als je vaak aan geluidsniveaus hoger dan de pijngrens wordt blootgesteld, kan er schade aan het oor optreden. Net als de gehoordrempel is de pijngrens persoonsafhankelijk.

**Pijngrens**

De log geeft aan dat we met decibellen rekenen op de logaritmische schaal met het grondgetal 10. Om het geheugen op te frissen over het rekenen met logaritmen inhoudt hierbij enige weetjes:

- Elke verhoging met 10 dB betekent een verhoging van de druk met een factor 10.
- Een verhoging met 20 dB betekent twee keer een vergroting met een factor 10, in totaal dus een factor 100.
- 20 dB + 20 dB is niet 40 dB, maar 23 dB.

In figuur 6.6 kun je zien welk geluidsniveau bij welk soort omstandigheden hoort.



*Figuur 6.6: Indicatie geluiddrukkniveaus bij verschillende situaties*

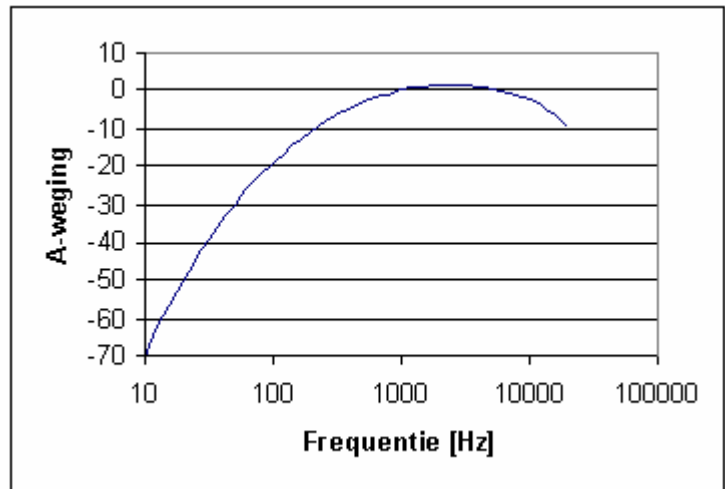
Hoe gevoelig een mens is voor een bepaald geluid hangt af van de frequenties waar dat geluid uit bestaat. Het menselijk gehoor is voor bepaalde frequenties gevoeliger dan voor andere. Dit heeft te maken met de vorm van het oorkanaal en de samenstelling achter het trommelvlies. Bij 1000 Hz bedraagt de gehoordrempel voor een gemiddeld persoon 0 dB. Bij bijvoorbeeld lage frequenties ligt de gehoordrempel hoger. Om geluid van 500 Hz voor het menselijk gehoor net zo hard te laten klinken als geluid van 1000 Hz moet het geluidniveau 3 dB hoger zijn.

Deze gevoeligheid van het gehoor is met onderzoek bepaald en vastgelegd in standaardwaarden per frequentie. Deze gevoeligheid noemen we de *A-weging* van geluid, zie figuur 6.7. Je kan een geluidmeter een filter meegeven die net zo gevoelig is voor geluiden van een bepaalde frequenties als het menselijk gehoor. Waarden die je meet met zo'n filter worden weergegeven in dB(A): decibellen gemeten met een A-weging.

A-weging

Tabel: A-weging per middenfrequentie

middenfrequentie [Hz]	A-weging [dB]
63	- 26,2
125	- 16,1
250	- 8,6
500	- 3,2
1000	0,0
2000	+ 1,2
4000	+ 1,0
8000	- 1,1



Figuur 6.7: A-weging in dB per middenfrequentie en weergegeven in een grafiek.

## 6.4 Geluidoverdracht

### 6.4.1 Geluidoverdrachtstraject

In een geluidoverdrachtstraject kun je drie elementen onderscheiden:

- Bron,
- Overdrachtsweg en
- Ontvanger.

Hoeveel geluid de ontvanger uiteindelijk opvangt, hangt af van het geluidvermogen dat door de bron wordt uitgezonden en de weg die het geluid moet afleggen. Onder de overdrachtsweg verstaan we alles tussen bron (bijvoorbeeld een luidspreker) en ontvanger (bijvoorbeeld een persoon): de ruimte waar de bron zich bevindt (de zendruimte), bouwkundige constructies, openingen zoals ventilatiekanalen en de ruimte waar de ontvanger zich bevindt.

Overdrachtsweg

### 6.4.2 Bronnen: lucht- en contactgeluid

We maken onderscheid tussen luchtgeluid en contactgeluid. Het verschil is de manier waarop de trilling wordt veroorzaakt in de zendruimte. Bij luchtgeluid wordt de lucht in het zendvertrek in trilling gebracht door een geluidsbron (bijvoorbeeld een geluidinstallatie, stemmen of een muziekinstrument), bij contactgeluid wordt een constructie rechtstreeks mechanisch in trilling gebracht (bijvoorbeeld door een hamer, een lopende persoon of een trillend apparaat).

Luchtgeluid  
contactgeluid

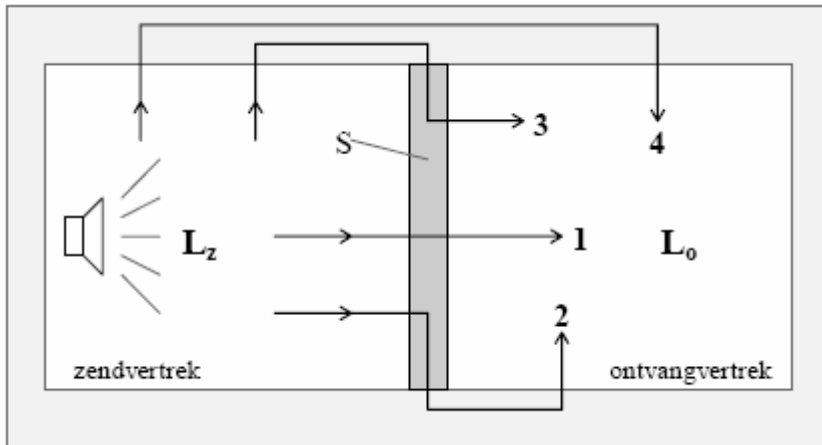
### 6.4.3 Overdrachtsweg

#### 6.4.3.1 Overdracht via constructies: directe en flankerende overdracht

Wanneer de lucht in het zendvertrek in trilling wordt gebracht door een geluidbron, zal de trillende lucht ook de constructies (wanden, vloer en plafond) van dat vertrek in trilling brengen. Deze trillingen verplaatsen zich via de constructies en zorgen er voor dat ook de lucht in het ontvang vertrek gaat trillen.

Bij contactgeluid gebeurt hetzelfde. Alleen is in dit geval niet de trillende lucht in het ontvangvertrek de reden dat de constructies gaan trillen. De trilling wordt door de bron rechtstreeks aan de constructie afgegeven.

Geluidoverdracht via de directe scheidingsconstructie noemen we directe geluidoverdracht. Geluidoverdracht tussen twee aan elkaar grenzende ruimtes, vindt daarnaast ook plaats via aansluitende constructies. Deze aansluitende constructies noemen we flankerende constructies. Wanneer geluid via één van deze constructies wordt overgedragen, spreken we van flankerende geluidsoverdracht. In figuur 6.10 zijn de verschillende wegen die een trilling door de constructie kan afleggen weergegeven.

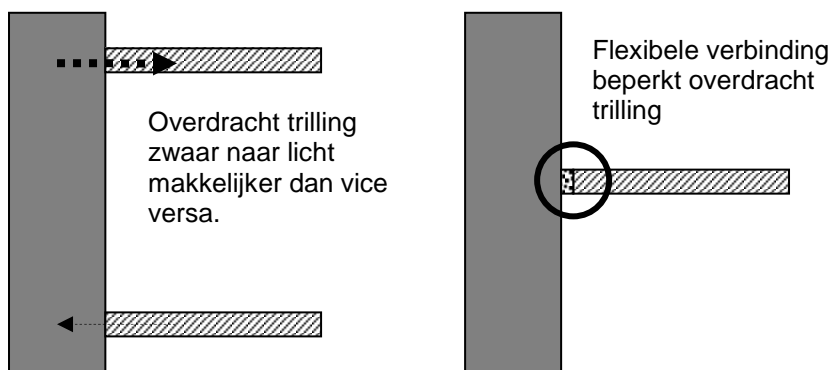


Figuur 6.10: Directe geluidoverdracht (1) en flankerende geluidoverdracht (2, 3 en 4) [6].

De directe geluidoverdracht (via '1') zegt iets over de *geluidisolatie* van een element, in dit geval de wand. Men kan dus van elk element apart de geluidisolatie bepalen, bijvoorbeeld ook van een ventilatierooster of een deur. De totale geluidoverdracht (via '1, 2, 3 en 4') geeft de *geluidwering* tussen twee ruimten.

**Geluidisolatie**  
**Geluidwering**

Of een trilling eenvoudig kan worden overgedragen van de ene naar de andere constructie hangt af van de manier waarop de constructies met elkaar zijn verbonden (star of flexibel) en van de verhouding tussen de massa van beide constructies. Een zware trillende constructie zal een lichte constructie makkelijker in trilling brengen dan andersom. Door een flexibele aansluiting zal de trilling worden gedempt.



Figuur 6.11: Flankerende overdracht

Flankerende geluidsoverdracht levert in verhouding tot de directe overdrachtsweg slechts een beperkte bijdrage aan de geluidsoverdracht. Maar flankerende overdracht is niet te verwaarlozen, zeker bij scheidingsconstructies in lichte materialen, kijk maar naar figuur 6.11. Ook geldt dat hoe hoger de geluidisolatie van de directe scheidingsconstructie is, hoe groter de relatieve bijdrage van de flankerende overdracht in de totale geluidsoverdracht zal zijn.

#### 6.4.3.2 Overdracht via lucht: geluidlekken en omloopgeluid

Geluid zal niet alleen via de constructie zijn weg van de ene naar de andere ruimte vinden, maar ook via de lucht. Dit is het geval wanneer de lucht in het zend- en ontvangvertrek rechtstreeks met elkaar in verbinding staan, bijvoorbeeld een ventilatiekanaal dat doorloopt of een kierende aansluiting. In deze gevallen is er sprake van geluidlekken.

Ook kan geluid langs een omweg van de ene andere naar de andere ruimte gaan. We noemen dit *omloopgeluid*. Een voorbeeld is geluid dat via een spleet onder een deur via de gang en een spleet onder een andere deur, naar een andere ruimte wordt overgedragen. Ook geluidoverdracht via een doorlopend verlaagd plafond valt hieronder.

Door kleine openingen (kieren en spleten) wordt vooral geluid met hoge frequenties goed overgedragen.

#### 6.4.3.3 Invloed van zend- en ontvangruimte

Tenslotte maken de ruimte waarin de bron staat (de zendruimte) en de ruimte waarin de ontvanger zich bevindt (de ontvangruimte), nog deel uit van de overdrachtsweg. In een "harde" ruimte met weinig absorptie, klinkt dezelfde bron harder dan in een ruimte waar veel absorptie aanwezig is. Zet je bijvoorbeeld een radio met de volumeknop op 10 in een ruimte met veel absorptie (gordijnen, zachte bekledingen, vloerbedekking) dan zal die minder hard klinken dan wanneer je diezelfde radio in een kale betonnen ruimte zet.

Ook het geluiddrukkniveau dat je in een andere ruimte als gevolg van de radio hoort, wordt daardoor beïnvloed. Ook al is er twee keer sprake van dezelfde bron en dezelfde constructies, toch is het ontvangstniveau in de andere ruimte anders.

Hoeveel geluid in een ruimte geabsorbeerd wordt, wordt uitgedrukt in de nagalmtijd. De nagalmtijd zal in hoofdstuk 7 worden behandeld.

**Nagalmtijd**

## 6.5 **Bouwbesluiteisen**

De eisen aan de geluidwering tussen ruimten zijn opgenomen in de Afdelingen 3.3 en 3.5 van het Bouwbesluit. Afdeling 3.3 heeft betrekking op geluid binnen dezelfde gebruiksfunctie. Deze eis geldt alleen voor woonfuncties (m.u.v. woonwagens). De eis is weergegeven in het kader op de volgende pagina.

### **Artikel 3.11 stuurartikel**

Lid 1.

Een te bouwen bouwwerk biedt bescherming tegen onderlinge geluidsoverlast tussen niet-gemeenschappelijke verblijfsruimten van dezelfde gebruiksfunctie.

Lid 2.

Voorzover voor een gebruiksfunctie in tabel 3.11 voorschriften zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan de in het eerste lid gestelde eis voldaan door toepassing van die voorschriften.

Lid 3.

Het eerste lid is niet van toepassing op de gebruiksfuncties waarvoor in tabel 3.11 geen voorschrift is aangewezen.

### **Artikel 3.12 isolatie-index**

De volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid en de isolatie-index voor contactgeluid voor de geluidsoverdracht van een verblijfsruimte naar een andere verblijfsruimte van dezelfde woonfunctie is ten minste - 20 dB. Dit voorschrift geldt niet, indien de verblijfsruimten op dezelfde bouwlaag zijn gelegen en met elkaar in open verbinding staan, of indien de ene ruimte vanuit de andere rechtstreeks bereikbaar is door een deuropening.

*Met andere woorden:*

Tussen verblijfsruimten van dezelfde woonfunctie moet een karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid en een isolatie-index voor contactgeluid worden gerealiseerd van ten minste -20 dB. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de geluidwering tussen twee slaapkamers binnen een woning of tussen de woonkamer en een slaapkamer.

De eis kan met name tot problemen leiden bij open-trap situaties wanneer zich slechts één deur bevindt tussen de woonkamer en een op de verdieping gelegen slaapkamer.

De eis geldt niet wanneer twee op dezelfde verdieping gelegen ruimten met elkaar in open verbinding staan (bijvoorbeeld een woonkamer en een open keuken) of slechts gescheiden worden door één deur (bijvoorbeeld een directe deur tussen twee slaapkamers). De eis zou dan namelijk niet of slechts heel lastig te realiseren zijn.

Afdeling 3.5 heeft betrekking op geluidsoverdracht van de ene gebruiksfunctie naar een andere gebruiksfunctie. De eisen zijn weergegeven in het kader en tabel 6.1

**Artikel 3.17 stuurartikel**

Lid 1.

Een te bouwen bouwwerk biedt bescherming tegen onderlinge geluidsoverlast tussen gebruiksfuncties.

Lid 2.

Voorzover voor een gebruiksfunctie in tabel 3.17 voorschriften zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan de in het eerste lid gestelde eis voldaan door toepassing van die voorschriften.

Lid 3.

Het eerste lid is niet van toepassing op de gebruiksfuncties waarvoor in tabel 3.17 geen voorschrift is aangewezen.

**Artikel 3.18 ander perceel**

Lid 1.

De volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied van een op een ander perceel gelegen, aangrenzende gebruiksfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde. Dit voorschrift geldt niet indien de aangrenzende gebruiksfunctie een lichte industriefunctie of een overige gebruiksfunctie is.

Lid 2.

De volgens NEN 5077 bepaalde isolatie-index voor contactgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied van een op een ander perceel gelegen, aangrenzende gebruiksfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde. Dit voorschrift geldt niet indien de aangrenzende gebruiksfunctie een lichte industriefunctie of een overige gebruiksfunctie is.

Lid 3.

De volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een besloten ruimte niet zijnde een verblijfsgebied, van een op een ander perceel gelegen, aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

Lid 4.

De volgens NEN 5077 bepaalde isolatie-index voor contactgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een besloten ruimte niet zijnde een verblijfsgebied, van een op een ander perceel gelegen, aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

**Artikel 3.19 hetzelfde perceel**

Lid 1.

De volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied van een op hetzelfde perceel gelegen aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

Lid 2.

De volgens NEN 5077 bepaalde isolatie-index voor contactgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied van een op hetzelfde perceel gelegen aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

Lid 3.

De volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid van een besloten ruimte naar een besloten ruimte niet zijnde een verblijfsgebied van een op hetzelfde perceel gelegen aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

Lid 4.

De volgens NEN 5077 bepaalde isolatie-index voor contactgeluid voor de geluidsoverdracht van een besloten ruimte naar een besloten ruimte niet zijnde een verblijfsgebied van een op hetzelfde perceel gelegen aangrenzende woonfunctie, is niet kleiner dan de in tabel 3.17 aangegeven grenswaarde.

Tabel 6.1: grenswaarden voor de geluidwering tussen gebruiksfuncties (selectie uit Tabel 3.17 uit het Bouwbesluit)

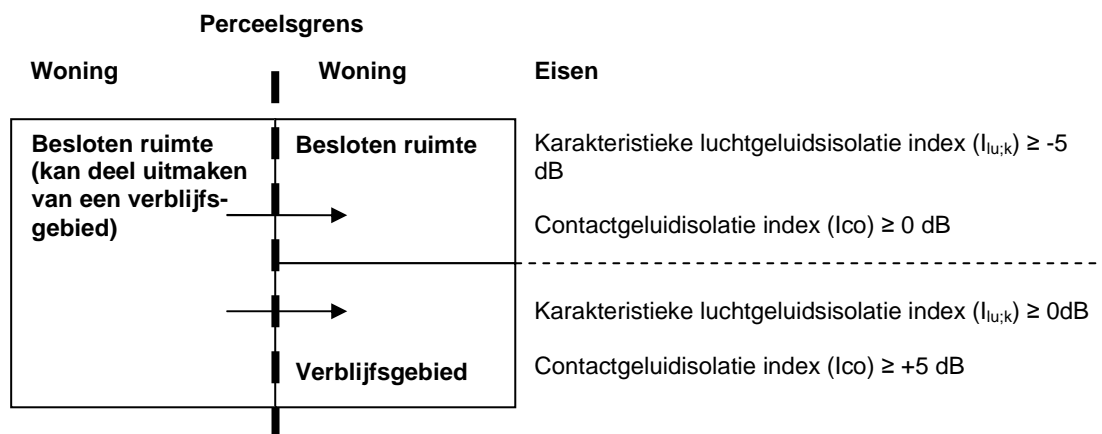
gebruiksfunctie	grenswaarden								
	artikel lid	ander perceel				hetzelfde perceel			
		3.18				3.19			
	1	2	3	4	1	2	3	4	
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	
1 woonfunctie									
a woonfunctie van een woonwagen	-	-	-	-	-	-	-	-	
b woonfunctie gelegen in een woongebouw	0	5	-5	0	0	5	-5	0	
c andere woonfunctie	0	5	-5	0	0	5	-5	0	
2 bijeenkomstfunctie									
a bijeenkomstfunctie voor geluidbelastende activiteiten	10	10	5	5	10	10	5	5	
b andere bijeenkomstfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
3 celfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
4 gezondheidszorgfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
5 industriefunctie									
a industriefunctie voor geluidbelastende activiteiten	5	5	0	0	5	5	0	0	
b andere industriefunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
6 kantoorfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
7 logiesfunctie									
a logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
b logiesfunctie gelegen in een logiesgebouw	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
8 onderwijsfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
9 sportfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
10 winkelfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
11 overige gebruiksfunctie	0	0	-5	-5	0	0	-5	-5	
12 bouwwerk geen gebouw zijnde	-	-	-	-	-	-	-	-	

Met andere woorden:

Tussen gebruiksfuncties die niet op hetzelfde perceel liggen, maar wel aan elkaar grenzen geldt een eis voor de geluidwering voor zowel lucht- als contactgeluid. De vereiste geluidwering vanuit een besloten ruimte in een gebruiksfunctie naar een verblijfsgebied in een woning (slaapkamer, woonkamer, keuken etcetera) is hoger dan naar een andere besloten ruimte in een woning (bijvoorbeeld een badkamer). Zie figuur 6.12 voor een overzicht.

Wanneer gebruiksfuncties op hetzelfde perceel zijn gelegen, zijn er in veel gevallen geen onderlinge eisen. Alleen gebruiksfuncties waar normaal gesproken geslapen wordt (woonfunctie, celfunctie en logiesfunctie) moeten worden beschermd tegen geluid vanuit gebruiksfuncties op hetzelfde perceel. Tussen een winkel en een kantoor of tussen twee kantoren op *hetzelfde* perceel geldt dus geen eis. Als twee winkelpanden aan elkaar grenzen en beide op een ander perceel staan, geldt er conform artikel 3.18 wel een eis.

Waar perceelsgrenzen lopen ligt vast en is op te vragen bij het Kadaster. Grondgebonden woningen liggen meestal op een eigen perceel. Een appartementengebouw ligt ook op één perceel, alle appartementen liggen dus op één perceel.



Figuur 6.12: De pijlen geven aan welk overdrachtstraject een eis is gesteld.

Overigens is de eis voor de geluidwering naar woningen gelijk, onafhankelijk of je het vanaf hetzelfde of vanaf een ander perceel beschouwt. Het vereiste niveau is dus even hoog tussen rijtjeswoningen als tussen twee appartementen in een woongebouw. Het zou ook niet logisch zijn als het in de ene woning stiller zou zijn dan in een andere woning.

## 6.6 Toelichting op de eisen

### 6.6.1 Luchtgeluidislatie

Het Bouwbesluit stelt de eis aan de *karakteristieke luchteluidislatie-index* ( $I_{lu,k}$ ) van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied in een woning van ten minste 0 dB. Hierin staat de  $I$  voor isolatie-index,  $lu$  voor luchteluid en  $k$  voor karakteristiek. Een hele mond vol, en 0 dB klinkt als een rare eis. Wordt er dan geen geluid geïsoleerd? Of horen we helemaal niets als een scheidingsconstructie 0 dB als eis heeft? In het kort zal uitgelegd worden hoe deze waarde tot stand is gekomen.

Karakteristieke  
luchteluidislatie-index,  $I_{lu,k}$

Het Bouwbesluit wijst *NEN 5077* aan als norm voor de bepaling van de geluidislatie binnen gebouwen. Deze norm is een meetnorm. Dit wil zeggen dat de norm voorschrijft hoe je een geluidmeting uit moet voeren. Een dergelijke geluidmeting heeft tot doel te bepalen wat de geluidwering is van bijvoorbeeld een woningscheidende constructie: een wand tussen twee rijtjeshuizen of een vloer tussen twee appartementen.

NEN 5077

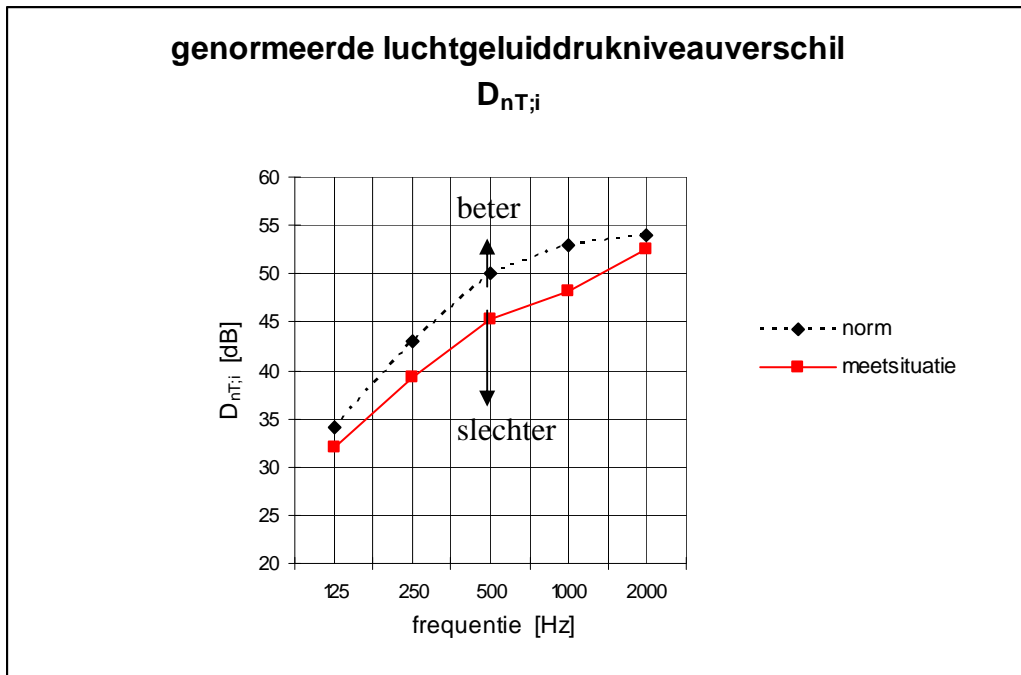
De luchteluidislatie van een constructie wordt gemeten met behulp van een ruisbron. De geluidbron wordt aan een zijde van een scheidingsconstructie geplaatst. Hier wordt het zendniveau gemeten: hoeveel decibellen de geluidbron per frequentie produceert. Aan de andere zijde van de scheidingsconstructie wordt het ontvangsniveau gemeten: hoeveel decibellen er over blijven. Met deze twee gegevens kan een uitspraak worden gedaan over de geluidislatie van een scheidingsconstructie. Je hebt de geluiddruk-niveaunderschillen gemeten.

De geluidwering wordt gemeten in de middenfrequenties die in het dagelijks leven het meest voorkomen door menselijke spraak en geluidsapparatuur. Dit is de 125 Hz t/m 2000 Hz band. De vereiste geluidislatie is vastgelegd door per middenfrequentie een genormeerd luchteluiddruk-niveaunderschil te vereisen. Deze genormeerde luchteluiddruk-niveaunderschillen worden in de norm afgekort tot  $D_{n,T}$ . Deze waarden zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 6.2: Normwaarden voor het genormeerde geluiddruk-niveaunderschil (tabel 1 uit [3]).

Octaafband met middenfrequentie [Hz]	125	250	500	1000	2000
Normwaarde voor $D_{n,T}$ [dB]	34	43	50	53	54

Als je een meting hebt uitgevoerd heb je per middenfrequentie bepaald wat de luchtgeluidsisolatie van een scheidingsconstructie is. Deze waarden moet je vergelijken met de  $D_{n,T}$  waarden. Dit levert onderstaande meetgrafiek op.



Met de gemeten  $D_{n,T}$  waarden kan de isolatie-index voor luchtgeluid, de  $I_{lu}$  worden bepaald. In de grafiek ligt de meetcurve (de rode lijn) over het gehele gebied onder de normcurve (de zwarte, gestippelde lijn).

Als we het dus hebben over een isolatie-index voor luchtgeluid van 0 dB wil dit dus niet zeggen dat er geen geluid wordt waargenomen. Het zegt iets over het verschil tussen de gemeten waarden en de genormeerde waarden. 0 dB geeft aan dat de geluidwering evenveel bedraagt als met de norm is bedoeld. Een negatieve waarde geeft aan dat er minder geluid wordt geïsoleerd dan de normwaarden voorschrijven. Bij een positieve waarde wordt meer geluid geïsoleerd. Bij de geluidsisolatie tussen twee verblijfsruimten in een woning (afdeling 3.3 uit het Bouwbesluit) mag de geluidsisolatie dus gemiddeld 20 dB onder de normwaarden liggen.

Maar we zijn er nog niet, want het Bouwbesluit stelt een eis aan de  *karakteristieke* luchtgeluidsisolatie-index. Karakteristiek wil in dit verband zeggen dat de gemeten waarden van een constructie in elke situatie zou moeten leiden tot dezelfde isolatie-index. Dit vereist enige nadere uitleg.

Je kunt je voorstellen dat als in een ruimte waar ontvangsniveaus worden gemeten vlak bij een wand wordt gemeten zal hier het geluidniveau iets hoger liggen dan ver van deze wand af. NEN 5077 schrijft dan ook voor dat in de ruimte waar ontvangsniveau bepaald wordt op een aantal plekken verdeelt over de ruimte een waarde gemeten moet worden. Hierdoor krijgt men een gemiddelde waarde.

Je kunt je ook voorstellen dat als ontvangsniveaus gemeten worden in een hele grote ruimte, men gemiddeld een lager ontvangsniveau zal meten dan wanneer in een heel kleine ruimte wordt gemeten. Immers, in een hele grote ruimte bevindt men zich gemiddeld verder van de wand af, dan in een kleine ruimte.

Dit zou betekenen dat een scheidingsconstructie waarbij aan tenminste één zijde een hele kleine ruimte ligt meer geluid zou moeten weren om aan de eis te voldoen dan scheidingsconstructies waar een grotere ruimte aan grenst. Om deze oneerlijkheid uit de systematiek te halen is bepaald dat we in Nederland een karakteristieke geluidsisolatie-index, de  $I_{lu,k}$  bepalen.

## 6.6.2 Contactgeluidisolatie

Ook aan de *isolatie-index voor contactgeluid* ( $I_{co}$ ) stelt het Bouwbesluit een eis. De  $I_{co}$  moet ten minste +5 dB bedragen. De contactgeluidisolatie moet eveneens met NEN 5077 worden bepaald en gaat op een gelijknamige manier als het bepalen van de  $I_{LW,k}$ .

Contactgeluid-  
isolatie-index,  
 $I_{co}$

Contactgeluid wordt gemeten met een hamerapparaat. Een voorbeeld van een hamerapparaat is weergegeven in figuur 6.13. Dit hamerapparaat genereert tikgeluiden door met stalen gewichtjes (een soort hamers) op een constructie te slaan. Dit genereert een signaal wat in alle middenfrequenties een voldoende hoog en meetbaar geluidniveau uitzendt. Dit contactgeluidsignaal is genormeerd en is altijd gelijk. Je hoeft dus geen zendniveau te meten, want deze is altijd hetzelfde.



Figuur 6.13: Hamerapparaat (Bron: Brüel & Kjær).

Je moet wel, net als bij luchtgeluidisolatiemetingen het ontvangsniveau (en de nagalmtijd) meten. Dit gebeurt ook in de middenfrequenties tussen de 125 en de 2000 Hz.

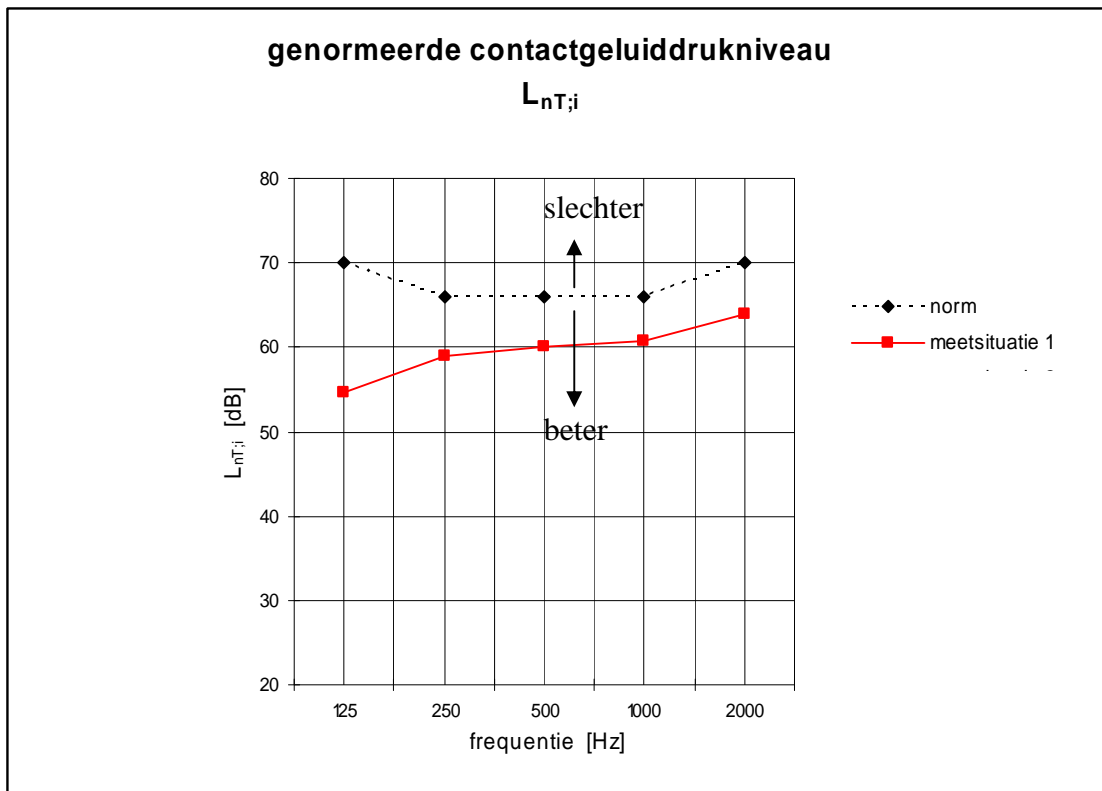
Ook hier zijn genormeerde geluiddruk-niveaoverschillen bepaald. Bij contactgeluiden worden deze afgekort tot  $L_{n,T}$ . Deze waarden zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 6.3: Normwaarden voor het genormeerde contactgeluidniveau (tabel 3 uit [7]).

Octaafband met middenfrequentie [Hz]	125	250	500	1000	2000
Normwaarde voor $L_{n,T}$ [dB]	70	66	66	66	70

Als je een meting hebt uitgevoerd heb je per middenfrequentie bepaald wat de contactgeluidisolatie van een scheidingsconstructie is. Deze waarden moet je vergelijken met de  $L_{n,T}$  waarden. Dit levert meetgrafiek op zoals weergegeven op de volgende pagina.

Met de gemeten  $L_{n,T}$  waarden kan de isolatie-index voor contactgeluid, de  $I_{co}$  worden bepaald. In de grafiek ligt de meetcurve (de rode lijn) over het gehele gebied onder de normcurve (de zwarte, gestippelde lijn). In tegenstelling tot luchtgeluidisolatie geeft dit aan dat er een positieve waarde wordt gemeten. Dit is ook de bedoeling, want het Bouwbesluit stelt een eis aan de  $I_{co}$  van +5 dB. Er moet dus gemiddeld 5 dB beter dan de normcurve worden gepresteerd.



## 6.7 Geluidwering op twee manieren

Als we het even toespitsen op de woningbouw zijn er twee methoden die toegepast worden om een woningscheidende constructie voldoende geluidwerend te maken.

De methode die in de nieuwbouw het meest wordt toegepast is de woningscheidende constructie voldoende massa meegeven. De andere, minder vaak toegepaste methode is een constructie met een spouw toepassen. Hoe deze twee methoden leiden tot geluidwering wordt hieronder uitgelegd.

### 6.7.1 Massa (homogene constructie)

Een glazen plaat laat meer geluid door dan een gemetselde wand, de geluidisolatie van een betonnen wand is beter dan van een gipswand. Dit voelen we allemaal aan, maar wat is de reden hiervoor? Voor de geluidwerende eigenschappen van een constructie is de massa erg belangrijk.

Dat veel massa geluid dempt is te verklaren door het feit dat trillende lucht beter in staat is om een lichte constructie in trilling te brengen dan een zware. Daarnaast is het zo dat elke constructie bij een bepaalde frequentie extra hard gaat trillen, de zogenaamde *eigenfrequentie*. Een goed voorbeeld hiervan zijn de tuien van de Erasmusbrug. De tuiconstructie heeft ook een eigenfrequentie. Als de wind er onder een bepaalde hoek met een bepaalde snelheid langs blies ontstond deze eigenfrequentie waardoor de tuien extreem heen en weer bewogen.

Eigen  
frequentie

Dit fenomeen moet bij een woningscheidende constructie dus voorkomen worden. Het mag niet zo zijn dat geluiden in een frequentie die veel voorkomt zorgen voor het extra hard trillen van de constructie. Deze trillingen leiden dan tot geluidoverlast.

Een prettig bijkomstige eigenschap van zware constructies is dat de eigen frequentie bij hele lage frequenties liggen. De kans dat er door 'normale' woongeluiden overlast ontstaat is hierdoor kleiner geworden.

Hoeveel massa je nodig hebt in een woningscheidende constructie kan uitgerekend worden. Bovendien zijn uitvoeringsinvloeden niet in een berekening mee te nemen. Welke massa je zou moeten kiezen in welke vorm is omschreven in NPR 5070. In paragraaf 6.8.1 wordt hier meer uitleg over gegeven.

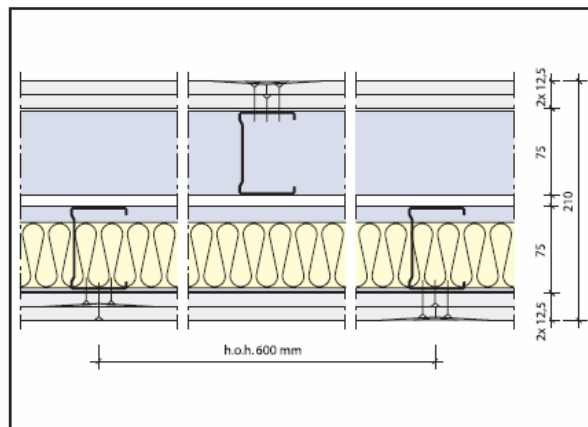
## 6.7.2 Spouwconstructies

Door de constructies aan de zend- en ontvangzijde los van elkaar te houden, wordt trillingsoverdracht van de ene naar de andere ruimte voorkomen. Theoretisch kun je zo door het toepassen van spouwconstructies hoge geluidisolaties realiseren met relatief lichte constructies. Wanneer de spouw voldoende groot ( $> 100$  mm) is en de spouwbladen volledig van elkaar zijn losgekoppeld, zou je de geluidisolatie van de bladen zelfs op mogen tellen. In de praktijk is de situatie uiteraard meestal minder ideaal [4].

Bij een spouwconstructie wordt de trilling langs drie wegen overgebracht van het ene naar het andere spouwblad:

- via koppelingen tussen de beide spouwbladen;
- via de verbindingen tussen de beide spouwbladen ter plaatse van de randaansluiting;
- via de luchtlaag tussen beide spouwbladen.

Koppelingen tussen de beide spouwbladen kunnen zowel bedoeld als onbedoeld worden gecreëerd. Onbedoelde koppelingen zijn bijvoorbeeld afval in de spouw door slordige uitvoering of een te lange schroef. Dit moet uiteraard worden voorkomen. Daarnaast zijn er koppelingen die een constructieve functie hebben zoals wapening.



*Figuur 6.14: Los houden van de spouwbladen. Links: verende bevestiging plafond aan vloer (Bron: Nevima); Rechts : gescheiden stijlen in een wand(Bron: Gyproc).*

### 6.7.2.1 Spouwmuren

De akoestische prestatie van een constructie kan worden verbeterd door deze koppelingen te voorkomen of flexibel uit te voeren waardoor directe overdracht van de trilling van het ene naar het andere spouwblad zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Een woningscheidende spouwmuur zal om deze reden altijd zonder spouwankers ('ankerloos') worden uitgevoerd. Zie voor andere voorbeelden figuur 6.14.

De luchtlaag in een spouw functioneert als een verende verbinding tussen de beide spouwbladen. Een spouwconstructie vormt daardoor een systeem bestaande uit twee massa's (de spouwbladen) gekoppeld door een veer (de spouw). We noemen dit een massa-veersysteem. Afhankelijk van de massa's van de spouwbladen en de afmetingen van de spouw, treedt er bij een bepaalde frequentie resonantie in het systeem op, de massa-veerresonantie.

**Massa-  
veersysteem**

**Resonantie-  
frequentie**

Bij de *resonantiefrequentie*, is de geluidisolatie van de constructie erg laag, omdat de constructie resoneert: meetrilt met de lucht. Voor frequenties lager dan resonantiefrequentie is de geluidisolatie van het systeem gelijk aan die van een even zware enkelvoudige plaat. De winst is vooral te halen bij frequenties boven de resonantiefrequentie. De geluidisolatie van het systeem neemt dan naarmate de frequentie stijgt snel toe. Een spouwconstructie met een goede geluidisolatie moet dus een lage resonantiefrequentie hebben [2]. Het verzwaren van de spouwbladen en het verbreden van de spouw leidt tot een verlaging van de resonantiefrequentie.

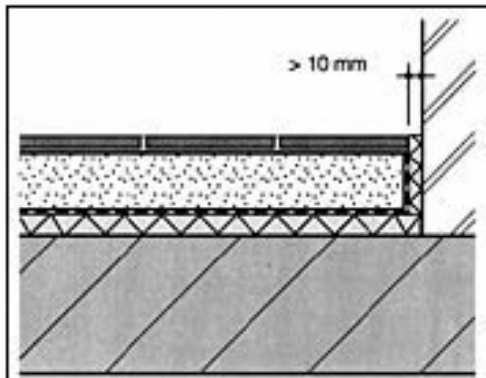
De geluidisolatie van een spouwconstructie kan verder worden verbeterd door er een geluidabsorberend materiaal in aan te brengen. Het mag duidelijk zijn dat een spouwmuur vooral bedoeld is om de luchtgeluidisolatie te verbeteren.

Welke opbouw je zou moeten kiezen in welke vorm is omschreven in NPR 5086. In paragraaf 6.8.2 wordt hier meer uitleg over gegeven.

#### 6.7.2.2 Verend opgelegde dekvloer

Om de contactgeluidisolatie van vloeren te verbeteren, zou het logisch zijn ook een spouw in de vloer aan te brengen. Het maken van een spouwconstructie in een vloer is alleen niet zo eenvoudig. Vloeren zijn onderhevig aan mechanische belastingen. Hierdoor kan je niet zomaar een luchtspouw in een vloer aanbrengen. De spouw zal moeten worden opgevuld met een draagkrachtig materiaal. Echter, het draagkrachtige materiaal zal het geluid wel moeten dempen. Gelukkig zijn hiervoor speciale materialen ontwikkeld. Deze materialen veren in onder druk. Een dergelijke opbouw wordt dan ook een verend opgelegde dekvloer genoemd, of minder accuraat een zwevende dekvloer.

Een voorbeeld van een verend opgelegde is aangegeven in figuur 6.15.



*Figuur 6.15: verend opgelegde dekvloer (Bron: [www.sbr.nl](http://www.sbr.nl)). Door tussen de dekvloer en de constructievloer een flexibele laag aan te brengen, wordt trillingsoverdracht in de vloer tegengegaan. Dit is met name effectief voor de contactgeluidisolatie.*



*Figuur 6.16: minerale wol als verende laag onder een dekvloer (bron: [www.isover.nl](http://www.isover.nl)).*

## 6.8 Werken met de NPR

Zoals gezegd is het slechts beperkt mogelijk om de geluidwering tussen ruimten vooraf te berekenen. De eis in het Bouwbesluit gaat uit van een meting achteraf. Uiteraard is het van belang om een gebouw zodanig te ontwerpen dat je mag verwachten dat aan de eisen voldaan wordt. Als er achteraf maatregelen moeten worden getroffen om de geluidwering te verbeteren, zal dat vaak erg omslachtig en kostbaar zijn.

Op basis van ervaring, opgedaan uit vele metingen in verschillende situaties zijn er hulpmiddelen opgesteld; hulpmiddelen die tijdens het ontwerpen gehanteerd worden. Eén van de belangrijkste hulpmiddelen zijn de Nederlandse Praktijkrichtlijnen (NPR). In het kader van geluidwering zijn twee praktijkrichtlijnen van belang: NPR 5070 [8] en NPR 5086 [9]. Beide richtlijnen hebben betrekking op woningen en woongebouwen. De NPR 5070 heeft betrekking op steenachtige constructies terwijl NPR 5086 in gaat op lichte woningscheidende constructies.

**NPR 5070**  
**NPR 5086**

### 6.8.1 NPR 5070

In NPR 5070 wordt voor een aantal veel toegepaste steenachtige woningscheidende wanden en vloeren aangegeven met wat voor aansluitende gevels, wanden, vloeren en daken deze gecombineerd kunnen worden zodat er verwacht mag worden dat er aan de eisen  $I_{u,k} \geq 0$  dB en  $I_{co} \geq 5$  voldaan wordt. Ook wordt aangegeven of er uitgegaan moet worden van een starre of een flexibele aansluiting tussen de constructies. In onderstaande figuren zijn woningscheidende wanden en vloeren aangegeven die conform NPR 5070 toegepast kunnen worden om de Bouwbesluit eis te realiseren. Door te kiezen voor een zwaardere woningscheidende constructie, kunnen de flankerende constructies soms lichter worden uitgevoerd. Om een goede geluidwering te realiseren, moet worden gekeken naar de combinatie van constructies en niet alleen naar de directe scheidingsconstructie. Hoe je met de NPR 5070 kan werken wordt onderstaand omschreven.

Na een korte omschrijving van de uitgangspunten en een toelichting wordt in §5.4 van de NPR een keuzematrix gegeven welke woningscheidende constructies gekozen kunnen worden. Deze worden aangegeven met een minimaal te behalen massa.

Omschrijving	WONINGSSCHEIDENDE WANDEN			
	Enkelvoudige wand		Ankerloze spouwwand	
	$\geq 525$ kg/m <sup>2</sup>	$\geq 575$ kg/m <sup>2</sup>	2 x $\geq 200$ kg/m <sup>2</sup>	2 x $\geq 250$ kg/m <sup>2</sup>
AANSLUITENDE CONSTRUCTIES	1 en A	2 en B	3 en C	3 en D

Figuur 1 – Keuzematrix voor eengezinswoningen voor  $I_{u,k} \geq 0$  dB en  $I_{co} \geq +5$  dB

Omschrijving	WONINGSSCHEIDENDE WANDEN			
	Enkelvoudige wand		Ankerloze spouwwand	
	$\geq 525$ kg/m <sup>2</sup>	$\geq 575$ kg/m <sup>2</sup>	2 x $\geq 350$ kg/m <sup>2</sup>	
WONING-SCHEIDENDE VLOEREN	$\geq 800$ kg/m <sup>2</sup>	1 en A	2 en B	4 en D
	$\geq 500$ kg/m <sup>2</sup> + verend opgelegde dekvloer met $\Delta L_{lin} \geq 10$ dB	1 en B	2 en B	4 en D

	$\geq 400 \text{ kg/m}^2$ + verend opgelegde dekvloer met $\Delta L_{lin} \geq 13 \text{ dB}$	1 en B	2 en B	4 en D
--	---	--------	--------	--------

Figuur 2 - Keuzematrix voor woongebouwen voor  $I_{lu,k} \geq 0 \text{ dB}$  en  $I_{co} \geq +5 \text{ dB}$

De  $\Delta L_{lin}$  is een maat voor de verbetering van de contactgeluidisolatie die verende laag tussen de vloeren moet behalen. Voor dit moment is het voldoende te weten dat hoe hoger de  $\Delta L_{lin}$  is hoe meer de dekvloer de contactgeluidisolatie verbeterd.

De aangegeven minimaal te behalen massa van de woningscheidende wand of vloer is de basis waaraan de constructie moet voldoen.

Hierna zijn er nog veel randvoorwaarden waaraan alle aansluitende constructies moeten voldoen. Bij aansluitende constructies wordt het volgende bedoeld:

- gevels
- binnenwanden
- daken
- niet-woningscheidende vloeren (begane grondvloer en verdiepingvloeren bij eengezinswoningen).

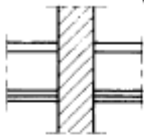
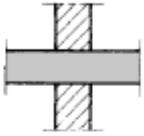
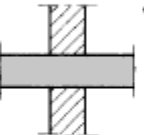
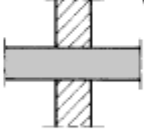
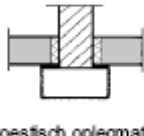
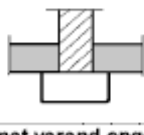
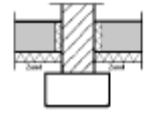
In de keuzematrices staan cijfers en letters. Deze verwijzen naar volgende tabellen in de NPR. Van één zo'n tabel is nevenstaand een voorbeeld gegeven.

Stel je moet de geluidisolatie van een woningscheidende wand in een rijtjeswoning bepalen. Je kiest voor een woningscheidende wand van 250 mm beton. Beton heeft een volumieke massa van  $2350 \text{ kg/m}^3$  (zie tabel 6.3). Bij een dikte van 250 mm heeft de wand dus een oppervlakte massa van ( $0,25 \times 2350 \approx$ )  $585 \text{ kg/m}^2$ . Uit de matrix zien we dat we moeten kijken bij '2 en B'. In de navolgende tabellen, waarvan hiernaast een voorbeeld is gegeven, zijn randvoorwaarden gegeven.

Voor niet-woningscheidende vloeren kunnen we bijvoorbeeld zien dat de verdiepingvloer zwaarder moet zijn dan  $400 \text{ kg/m}^2$  want bij figuur V4 staat een '-' wat betekent dat een vloer tussen de  $250 \text{ kg/m}^2$  en  $400 \text{ kg/m}^2$  niet mogelijk is.

Zo zijn er in de NPR ook tabellen voor de overige aansluitende constructiedelen (gevels, binnenwanden en daken).

Overigens worden in de praktijkrichtlijn ook aanwijzingen gegeven voor een hoger kwaliteitsniveau ( $I_{lu,k} \geq 5 \text{ dB}$  en  $I_{co} \geq 10 \text{ dB}$ ).

Aansluitende niet-woningscheidende vloeren bij enkelvoudige wand	A	B
 V1	+	+
 V2 $\geq 600 \text{ kg/m}^2$	+	+
 V3 $\geq 400 \text{ kg/m}^2$	+	+
 V4 $\geq 250 \text{ kg/m}^2$	-	-
 B1 $\geq 250 \text{ kg/m}^2$ Met akoestisch oplegmateriaal	+	+
 B2 $\geq 350 \text{ kg/m}^2$	-	+
<b>B2a met verend opgelegde dekvloer</b> $\Delta L_{lin} \geq 10 \text{ dB}$	+	+
 B3 $\geq 200 \text{ kg/m}^2$	+	+

Figuur 6.17: Fragment uit een tabel in NPR 5070.

Tabel 6.4: Richtwaarden van de volumieke massa van een aantal veelvoorkomende bouwmaterialen conform tabel 1 uit [8].

Materiaal	Volumieke massa kg/m <sup>3</sup>
gevelklinkers	1900
kalkzandsteen	1750
lichte gebakken steen	1100
gipsblokken zwaar	1250
gipsblokken licht	825
gipskartonplaten	740
gipsvezelplaten	1000
verzwaarde gipsvezelplaten	1250
cellenbeton zwaar	800
cellenbeton licht	600
gewapend grindbeton zonder toevoeging van granulaat	2400
ongewapend grindbeton (met menggranulaat maximaal 20% grindvervanging)	2300
gewapend grindbeton (met menggranulaat maximaal 20% grindvervanging)	2350
zandcement dekvloer	1900
anhydriet dekvloer	2200

### 6.8.2 NPR 5086

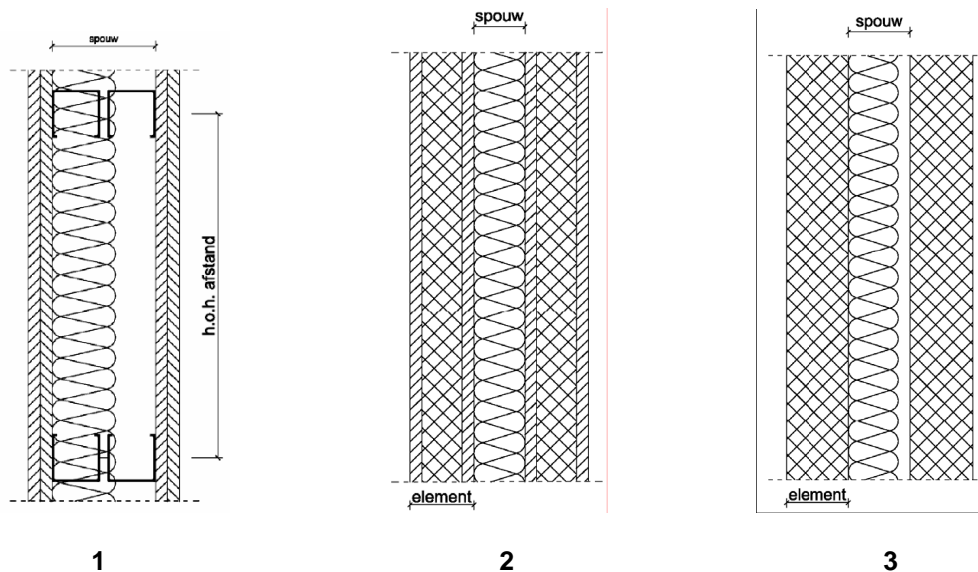
NPR 5086 gaat in op lichte woningscheidende wanden (tot 200 kg/m<sup>2</sup>). Het gaat hierbij om de volgende soorten wanden:

- spouwwanden van gipskartonplaten/gipsvezelplaten met gescheiden stijl- en regelwerk;
- spouwwanden met sandwichpanelen;
- spouwwanden met steenachtige blokken of panelen.

De geluidwering van deze wanden hangt af van de massa van de bladen, de breedte van de spouw, het type en de dikte van de spouwvulling en het aantal en het type koppelingen tussen de spouwbladen. In tabel 6.4 zijn woningscheidende wanden gegeven die conform NPR 5086 toegepast kunnen worden om de Bouwbesluit eis te realiseren. In figuur 6.18 zijn bijbehorende principe doorsneden gegeven.

Tabel 6.4: Woningscheidende wanden conform NPR 5086 [9]

Totale massa spouwbladen	Spouwbreedte	Spouwvulling (minerale wol)	Stijlen	h.o.h. afstand stijlen	figuur 6.18
Wand met gipskartonplaten o.i.d. en gescheiden regelwerk					
≥ 46 kg/m <sup>2</sup>	≥ 155 mm	≥ 70 mm	Hout of metalen C-profielen, gescheiden	≥ 400 mm	1
Wanden met sandwichpanelen					
≥ 64 kg/m <sup>2</sup>	≥ 90 mm	≥ 40 mm	n.v.t.	n.v.t.	2
≥ 72 kg/m <sup>2</sup>	≥ 60 mm	≥ 40 mm	n.v.t.	n.v.t.	2
Lichte steenachtige spouwconstructies					
≥ 200 kg/m <sup>2</sup>	≥ 50 mm	≥ 40 mm	n.v.t.	n.v.t.	3



Figuur 6.18: Principedoorsneden lichte woningscheidende wanden [9]

In de praktijkrichtlijn is aangegeven met welke aansluitende gevels, wanden, vloeren en daken de lichte woningscheidende wanden gecombineerd kunnen worden en op welke manier de aansluitingen uitgevoerd moeten worden, zodat wordt voldaan aan  $I_{Lr,k} \geq 0$  dB respectievelijk  $\geq -5$  dB. Hiervoor zijn voorbeelddetails uitgewerkt in de NPR.

Voor beide praktijkrichtlijnen geldt dat een keuze van de constructies volgens de richtlijn geen 100% garantie biedt dat er aan de eisen wordt voldaan. Vooral de kwaliteit van de uitvoering (naden en kieren) is van grote invloed op de uiteindelijke prestatie. Denk ook aan de invloed van kanalen en leidingen die de wand kruisen.

## 6.9 Werken met de SBR-Referentiedetails

Voor de kwaliteit van de *detailering* en de uitvoering is van grote invloed op de uiteindelijke prestatie. Of een goede uitvoering mogelijk is hangt in grote mate af van de kwaliteit van het detail.

Detailering

Bij het ontwerpen van bouwkundige details komen veel aspecten van de bouwkunde samen. Een detail moet de nodige krachten en spanningen kunnen opvangen en overdragen. Daarnaast zijn er diverse bouwfysische aspecten zoals vocht- en waterkering, thermische isolatie en uiteraard geluidisolatie die bij het maken van een detail aandacht moeten krijgen. Er komt dus nogal wat bij kijken om een goed detail te ontwerpen. Een belangrijke bron die door veel bouwkundigen wordt gebruikt zijn de SBR-referentiedetails [10]. Dit is een uitgebreide database met voorbeelddetails.

De SBR-referentiedetails hebben als uitgangspunt details weer te geven met gebruikelijke bouwmethoden die voldoen aan de bouwregelgeving die geldt in Nederland. Ze worden regelmatig geactualiseerd om de regelgeving bij te houden. Ze zijn dus ook opgesteld aan de hand van de eisen die de NEN 5077, NPR 5070 en NPR 5086 aan constructies stellen.

Er zijn verschillende boeken met referentiedetails:

- Combinatiedetails: details voor de woningbouw met een hoofddraagconstructie op basis van gietbouw, stapelbouw of prefab beton. Op het gebied van geluidisolatie zijn hierin dus vooral de uitgangspunten van NPR 5070 verwerkt.
- Houtskeletbouw details: details voor de woningbouw met een hoofddraagconstructie op basis van HSB-elementen. Op het gebied van geluidisolatie zijn hierin dus vooral de uitgangspunten van NPR 5086 verwerkt.
- Comfortdetails: details voor de woningbouw waarbij het uitgangspunt is details weer te geven met een hogere Rc-waarde en geluidisolatie dan vereist is vanuit het Bouwbesluit.

- Duurzaam detailleren: details voor de woningbouw waarin de uitgangspunten van duurzaam bouwen zijn verwerkt.
- Renovatie details: details van veel voorkomende renovatie werkzaamheden binnen de woningbouw.
- Verbouwingsdetails: details van veel voorkomende verbouwingen binnen de woningbouw.
- Details voor de utiliteitsbouw: details voor de utiliteitsbouw.

Voor dit moment zijn dus voor de combinatiedetails en houtskeletbouw details interessant.

Alle details zijn op eenzelfde manier opgebouwd, zie de volgende pagina. Aan de voorzijde van elk blad is het detail weergegeven en op welke positie dit detail zich bevindt.

De achterkant van het detailblad geeft aanvullende informatie over het detail.

In figuur 6.19 zijn twee voorbeelden gegeven van aandachtspunten in een detail die de geluidisolatie tussen twee woningen sterk kunnen beïnvloeden. Juist voor dit soort aandachtspunten geven de SBR-referentiedetails het goede voorbeeld. Probeer bij het gebruik van de details niet blind het detail over te trekken maar ga na waarom bepaalde punten zijn aangegeven.

draagstructuur/-structuren waarin dit details toepasbaar is  
type langsgevelbouw behorend bij dit detail  
variant omschrijving van het detail

Isometrie waarin met een wit bolletje de locatie van het details is aangegeven

Detailcode  
351.0.1.02  
WG

Toepassing:  
W = woning  
WG = woongebouw  
W + WG = woning en woongebouw

Tekstkader met aanvullende informatie

Detailcod

Verkleinde weergave van de detailtekening

Bouw fysieke prestaties en aanbevelingen

Bouwfysische prestaties		Bewoond		R <sub>e</sub> of U <sub>g</sub>		R <sub>e</sub>	
Bewoeld	R <sub>e</sub> of U <sub>g</sub>	R <sub>e</sub>	Bewoeld	R <sub>e</sub> of U <sub>g</sub>	R <sub>e</sub>	R <sub>e</sub>	R <sub>e</sub>
gevel	gevel	gevel	gevel	gevel	gevel	gevel	gevel
3,00	0,24	0,24	3,00	0,24	0,24	0,24	0,24
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

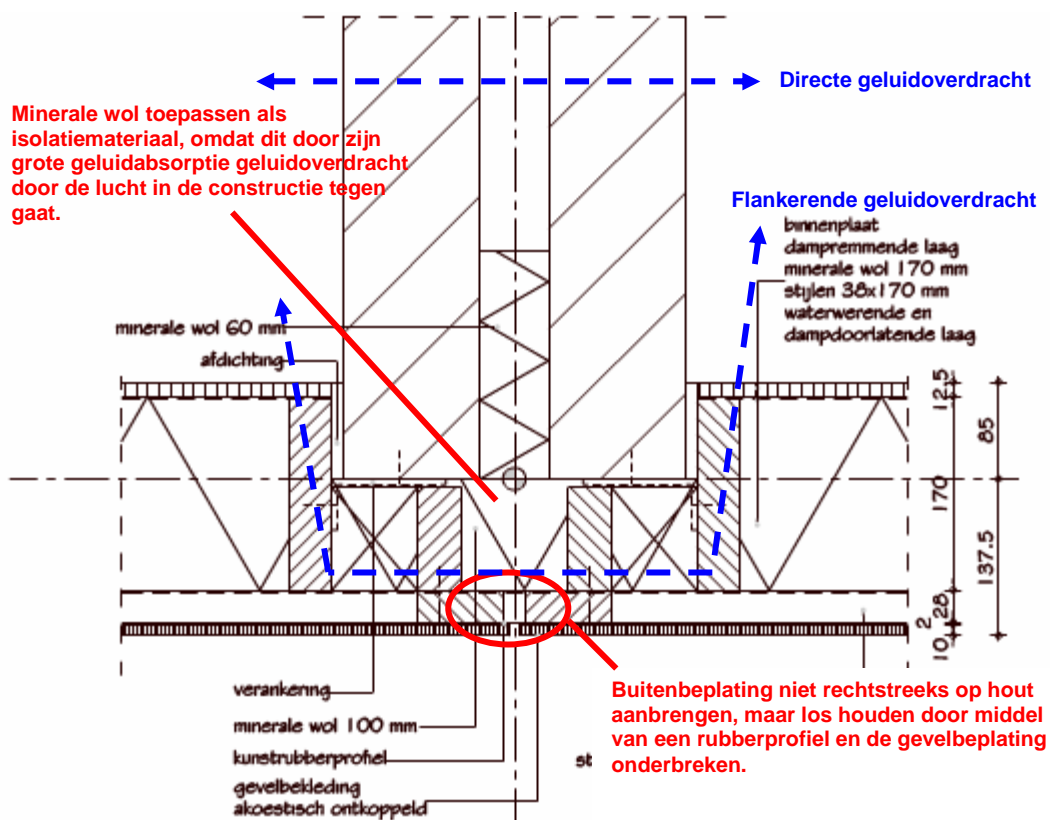
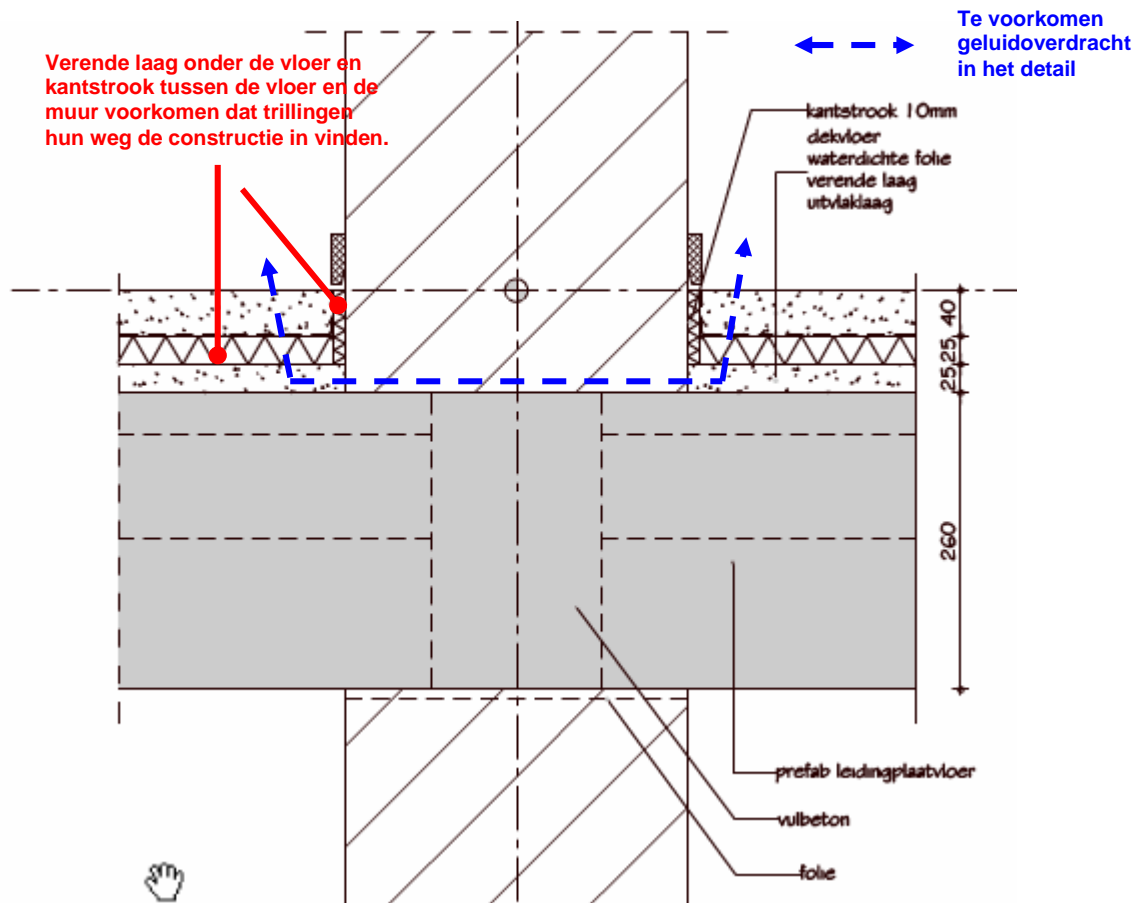
Bouw fysieke prestaties behorend bij dit detail op schaal 1:5 met materiaalaanduidingen, afmetingen, referentielijnen en peilmaten

Ontwerpaanbevelingen: aandachtspunten voor de ontwerper, tekenaar en/of hestekschrijver hii toenassinn van

Uitvoeringsaanbevelingen: aandachtspunten voor de werkvoorbereider, uitvoerder en/of projectleider bij toepassing van dit detail

Eventuele verwijzing naar betreffend (e) artikel(en) uit het Bouwbesluit

SBR Referentiedetails Woningbouw, © SBR, november 2005



Figuur 6.19: Geluidisolatie in aansluitdetails. Boven: (zwevende dek-)vloer en een massieve bouwmuur (detail 367.2.0.05 uit de SBR-referentiedetails); Onder: houten buitengevel op een ankerloze spouwmuur (detail 204.2.2.02 uit de SBR-referentiedetails) [10].

## **6.10 Beperkingen van de norm**

De eis in het Bouwbesluit is geformuleerd in een grootheid die alleen door meting achteraf is vast te stellen. Het is slechts beperkt mogelijk om vooraf berekeningen uit te voeren. Wanneer uit metingen achteraf blijkt dat de vereiste geluidisolatie niet wordt gerealiseerd, dan zal een akoestisch adviseur op basis van de meetresultaten, tekeningen en gegevens over de uitvoering analyseren wat de oorzaak hiervan is. Het achteraf verbeteren van de situatie zal vaak ingrijpend en kostbaar zijn.

Met behulp van de praktijkrichtlijnen en de SBR-referentiedetails, moeten daarom de constructies en detailleringen zorgvuldig worden gekozen. Een nauwkeurige uitvoering van vooral de aansluitingen is van essentieel belang voor het uiteindelijke resultaat.

Bij ontwerpen die erg afwijken van de standaardmethoden, bieden de praktijkrichtlijnen en SBR-referentiedetails veel minder houvast. In die gevallen moet een specialist ingeschakeld worden. Ook kunnen laboratoriummetingen aan constructieonderdelen en details in dergelijke gevallen helpen om toch op voorhand voldoende zekerheid over de te realiseren geluidisolatie te krijgen.

De vereiste geluidisolatie is gebaseerd op een gangbare geluidproductie. Wanneer de geproduceerde lucht- of contactgeluiddrukkniveaus hoger liggen dan dit gemiddelde, is de kans groot dat er toch hinder ontstaat in een aangrenzende gebruiksfunctie. Er zijn in de wetgeving geen concrete eisen opgenomen aan de hoeveelheid geluid die in een woning geproduceerd mag worden. Voor enkele andere gebruiksfuncties (horeca, industrie) worden vanuit de wetgeving wel grenzen opgelegd aan de hoeveelheid geluid die er geproduceerd mag worden.

## **6.11 Gerelateerde onderwerpen**

De geluidwering hangt in eerste plaats samen met de gekozen bouwwijze: lichte of zware bouw. Bij zware bouw zal geluidwering vooral gerealiseerd worden door de aanwezigheid van massa. Bij lichte bouw zullen spouwconstructies moeten zorgen voor voldoende geluidwering. Een belangrijk voordeel van licht bouwen is dat op materiaalgebruik flink bespaard kan worden. Bovendien is demontabel bouwen met lichte materialen veel eenvoudiger.

Geluidisolatie is van invloed op de constructie opbouw en detailleringen. Wanneer er spouwconstructies worden toegepast, is vooral de combinatie met brandwerendheid en thermische isolatie van de constructies van belang. Akoestisch gaat de voorkeur uit naar minerale wol als spouwvulling. Dit is ook gunstiger met het oog op brandwerendheid. Andere isolatiematerialen zijn goedkoper, makkelijker te verwerken en realiseren een thermische isolatie in dezelfde orde van grootte of beter. De keuze moet zodanig zijn dat aan de eisen op alle gebieden wordt voldaan. Ook ten aanzien van het gebruik van plaatmaterialen zal vooral de combinatie van de brandwerende en akoestische eisen van belang zijn bij de materiaalkeuze.

In de detaillering moeten vanwege de geluidwering vaak ontkoppelingen worden gerealiseerd. Vaak moeten in een detail ook de nodige krachten worden overgedragen waardoor onderlinge bevestigingen en verbindingen noodzakelijk zijn. Bij het uitwerken van details moet dit spanningsveld worden opgelost.

Naast het bepalen van de geluidwering tussen twee verblijfsruimten kan er ook gerekend en gemeten worden aan de geluidisolatie bij de volgende situaties:

- Geluidoverdracht door leidingschachten;
- Geluidwering tussen een liftschacht en een verblijfsruimte;
- Geluidisolatie tussen installatieruimten en een verblijfsruimte.

## 6.12 Aanvullende eisen aan de geluidwering

In het Bouwbesluit worden minimale eisen gesteld aan de geluidwering. Zoals al eerder gesteld, zijn deze eisen gebaseerd op een gangbare geluidproductie in woningen. Om ook voldoende bescherming te bieden bij hogere geluidproductie of om wanneer een lager niveau in de ontvangruimte wordt nagestreefd, kunnen er strengere eisen worden gesteld.

In de norm *NEN 1070* [11] worden verschillende kwaliteitsniveaus omschreven, k1 t/m k5. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar het aspect geluidwering binnen gebouwen, maar ook naar bescherming tegen geluid van buiten en installatiegeluid. De niveaus zijn gerelateerd aan het percentage gehinderden dat verwacht kan worden (tabel 6.4). Het kwaliteitsniveau dat in het Bouwbesluit wordt nagestreefd, k3, komt overeen met het niveau "voldoende". Dat betekent dat wanneer er wordt gebouwd volgens het Bouwbesluit nog altijd 10 tot 25% van de mensen gehinderd wordt door geluid. Dat is een behoorlijk hoog percentage.

NEN 1070

K5 is het niveau dat elke woning behaald. K1 is het niveau wat met de huidige stand der techniek nog redelijkerwijs haalbaar is.

In de door het ministerie van VROM uitgegeven gezondheidskaart [12] worden verschillende prestatieniveaus omschreven. Voor wering van burengeluiden worden vier verschillende niveaus aangegeven. Deze worden gekoppeld aan de karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid. Zie figuur 6.19. Naar verblijfsgebieden van woningen wordt conform het Bouwbesluit een karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid van 0 dB vereist. Dit valt binnen kwaliteitsniveau C.

Gezondheids-  
kaart

Kwaliteitsniveau	$I_{L_{nk}}$ [dB]	Risico	Omschrijving	Gehinderden (indicatief)
A	$I_{L_{nk}} \geq +6$	Nauwelijks tot geen risico voor de gezondheid	Zeer luide spraak is in het algemeen niet verstaanbaar, gewone spraak en muziek niet hoorbaar; luide muziek en feestjes wel hoorbaar maar nauwelijks hinderlijk. Loopgeluiden zijn niet storend waarneembaar.	< 10%
B	$+1 \leq I_{L_{nk}} < +6$	Beperkt risico voor de gezondheid	Bescherming tegen ontoelaatbare storing, uitgaande van een gedrags-/leefpatroon waarbij men rekening houdt met elkaar. Spraak soms waarneembaar, maar niet verstaanbaar. Zeer luide spraak verstaanbaar, harde muziek goed hoorbaar. Loopgeluiden e.d. soms storend.	10% tot 25%
C	$-4 \leq I_{L_{nk}} < +1$	Verhoogd risico voor de gezondheid	Ook bij gelijksoortige leefpatronen en aangepast gedrag, zal regelmatig storing optreden. Spraak en muziek is vaak hoorbaar. Zeer luide spraak goed verstaanbaar en muziek storend. Loopgeluiden zijn veelal hinderlijk.	25% tot 50%
D	$I_{L_{nk}} < -4$	Onacceptabel risico voor de gezondheid	Er wordt feitelijk geen bescherming geboden tegen geluiden. Gewone spraak is vaak verstaanbaar, muziek en luide spraak, loopgeluiden veelvuldig hinderlijk.	> 50%

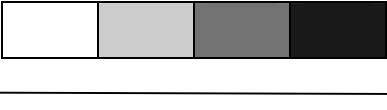
Figuur 6.19: Prestatieniveaus conform de gezondheidskaart [12].

Wie hoge kwaliteit wil afleveren, moet dus meer doen dan alleen aansluiten bij de eisen van het Bouwbesluit. Overlast is nooit helemaal uit te sluiten. Bouwen in overeenkomst met het Bouwbesluit, zal in veel gevallen tot hinder leiden. Tegenwoordig wordt daarom bij woningbouw voor het duurdere deel van de markt door de opdrachtgever vaak een niveau vereist dat 5 dB hoger ligt dan de Bouwbesluit eis. De karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid en de isolatie-index voor contactgeluid naar een verblijfsgebied moeten dan respectievelijk 5 en 10 dB bedragen.

In woongebouwen wordt ook vaak een isolatie-index voor contactgeluid vereist tussen boven elkaar gelegen woningen van 10 dB. Tegenwoordig worden steeds vaker harde vloerafwerkingen toegepast (laminaat, parket) waar vroeger vaak vloerbedekking werd gebruikt. Voor de contactgeluidisolatie is dat ongunstig. Om toch de harde vloerafwerkingen mogelijk te maken zonder dat er te veel overlast ontstaat voor de benedenburen, wordt vaak een hogere contactgeluidisolatie gevraagd.

## 6.13 Plaats in het bouwproces

We zullen tot slot nog kort aangeven op welke momenten in het bouwproces het onderwerp geluidisolatie een rol speelt.

<p>Verklaring kleuren:</p>  <p>Toenemende aandacht voor dit onderwerp in dit stadium</p>								
	<b>Programma van eisen (PvE)</b>	<b>Schetsontwerp (SO)</b>	<b>Voorlopig ontwerp (VO)</b>	<b>Definitief ontwerp (DO)</b>	<b>Bestek</b>	<b>Bouwvoorbereiding</b>	<b>Uitvoering</b>	<b>Beheer</b>
<b>Geluidisolatie</b>								

### Programma van eisen (PvE)

Hierin stelt de opdrachtgever aan welke eisen de uitwerking van het gebouw moet voldoen (aanvulling op de wettelijke eisen).

De opdrachtgever kan een geluidwering vereisen die hoger is dan in het Bouwbesluit is vastgesteld.

### Schetsontwerp (SO)

Een zeer globaal ontwerp van het gebouw, de gebouwindeling en de gevels

Geen aandacht voor (interne) geluidwering.

### Voorlopig ontwerp (VO)

Een verder uitgewerkt ontwerp dan het schetsontwerp, op een kleiner schaalniveau. Nog niet alles is uitgedetailleerd.

De bouwwijze zal in dit stadium vast worden gelegd. Of er zwaar of licht wordt gebouwd bepaalt op welke manier de geluidwering vooral tot stand gebracht zal moeten worden. Verder zal er wellicht al aandacht zijn voor de opbouwen van constructies.

### Definitief ontwerp (DO)

Het ontwerp ligt nu vast. De tekeningen zullen ook worden gebruikt voor de uitwerking van het bestek.

Constructieopbouwen van scheidingsconstructies en flankerende constructies moeten zorgvuldig worden gekozen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van richtlijnen en ervaringsgegevend.

Eventueel kan er een gespecialiseerd adviesbureau worden ingeschakeld om de keuzes te controleren. De detaillering moeten kritisch worden bekeken. De SBR-referentiedetails vormen een belangrijk hulpmiddel.

### Bestek

In het bestek wordt de technische omschrijving gegeven op basis waarvan een aannemer het werk moet kunnen maken.

Zie definitief ontwerp.

### Bouwvoorbereiding

De aannemer voert zijn calculaties uit, producten worden besteld.

Geen aandacht voor (interne) geluidwering

## **Uitvoering**

*De daadwerkelijke realisatie van het bouwwerk.*

Keuzes die zijn gemaakt bij de uitwerking van een gebouw, met name in de detaillering, moeten niet alleen op de tekeningen terecht komen. Het is erg belangrijk dat een en ander goed wordt uitgevoerd. Het realiseren van ontkoppelingen, het goed uitvoeren van een zwevende dekvloer, het voorkomen van onbedoelde contactbruggen tussen spouwbladen etcetera zijn van essentieel belang. De bouwvakkers die het werk uitvoeren moeten hier goed van worden doordrongen.

Ook in de uitvoeringsfase, namelijk voor oplevering, zullen vaak (steekproefsgewijs) metingen van de van de geluidwering worden uitgevoerd om te controleren of de beoogde en/of vereiste kwaliteit is gerealiseerd.

## **Beheer**

*Na het gereedkomen van een gebouw, moet er aandacht blijven voor het in een goede staat houden van het gebouw.*

Geen aandacht voor (interne) geluidwering.

### **Praktijkvoorbeeld**

Een projectontwikkelaar die tevens aannemer is, bouwt kleine appartementen voor starters. Er is gekozen voor lichte woningscheidende wanden uitgevoerd in cellenbeton. Omdat iedere centimeter telt, wordt er slechts een zeer beperkte spouw toegepast. De woningscheidende constructie is volgens de praktijkrichtlijnen niet voldoende. Vlak voor oplevering blijkt uit metingen dat de geluidwering tussen de woningen inderdaad niet volstaat. De contactgeluidisolatie is geen probleem, maar de luchtgeluidsisolatie is onder de maat. Uit de meetgegevens en waarneming ter plekke door kan worden afgeleid dat er twee problemen zijn:

- De boven elkaar gelegen badkamers staan direct in verbinding met elkaar via een ventilatiekanaal. Dit vormt een groot geluidlek.
- De geluidwering van de woningscheidende wand is onvoldoende.

Het eerste probleem kan relatief eenvoudig worden aangepakt door dempers aan te brengen in het ventilatiesysteem. Het tweede probleem vraagt wat meer aandacht. De opdrachtgever is er van overtuigd dat de aansluitingen ter plaatse van de flankerende constructies allemaal goed ontkoppeld zijn uitgevoerd. De oplossing wordt daarom gezocht in de scheidingswand. Omdat de oplevering al bijna moet plaatsvinden, is men al vrij ver gevorderd. De badkamers zijn al betegeld en de keukenblokken zijn ingemeten. Het is dus niet overal mogelijk om voorzetwanden te plaatsen. De adviseur en de aannemer komen samen tot een plan waar voorzetwanden geplaatst worden zodat in ieder geval ter plaatse van de verblijfsgebieden aan één zijde van de constructie een voorzetwand aanwezig is. Met een theoretische berekening wordt bepaald welke verbetering maximaal gerealiseerd kan worden voor de scheidingswanden. Er wordt enige marge aangehouden, omdat een theoretische verbetering in de praktijk vaak niet gehaald kan worden. De aannemer brengt de voorzetwanden en dempers aan en uit metingen blijkt dat nu wel aan de Bouwbesluit-eis wordt voldaan. De ruimte die de ontwikkelaar dacht uit te sparen door de spouwbreedte te beperken, is nu echter weer verloren gegaan door het plaatsen van voorzetwanden.

### **Literatuurverwijzingen:**

[1] Franssen E.A.M., Dongen J.E.F. van; Ruysbroek J.M.H.; Vos H; Stellato R.: *Hinder door Milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland – Inventarisatie verstoringen 2003*, RIVM rapport 815120001, RIVM en TNO, 2004. (beschikbaar via [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl))

[2] Martin, H.J: *Dictaat Geluidisolatie*, Technische Universiteit Eindhoven, 2005 (toegankelijk via <http://sts.bwk.tue.nl/bps/> onder onderwijs/readers).

[3] Nederhof, L, Cauberg, J.J.M.: *Massawetten voor enkelbladige constructies*, Kennisbank bouwfysica, 2005. (toegankelijk via [www.kennisbankbouwfysica.nl](http://www.kennisbankbouwfysica.nl))

[4] Linden van der, A.C. e.a.: *Bouwfysica*, ThiemeMeulenhoff bv, 2006.

[5] Nederhof, L, Cauberg, J.J.M.: *Luchtgeluidisolatie van spouwconstructies*, Kennisbank bouwfysica, 2005. (toegankelijk via [www.kennisbankbouwfysica.nl](http://www.kennisbankbouwfysica.nl))

[6] Nederhof, L, Cauberg, J.J.M.: *Luchtgeluidisolatie – genormaliseerde luchtgeluidisolatie*, Kennisbank bouwfysica, 2005. (toegankelijk via [www.kennisbankbouwfysica.nl](http://www.kennisbankbouwfysica.nl))

[7] *NEN 5077 Geluidwering in gebouwen – bepalingmethoden voor de grootheden luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidwering van scheidingsconstructies en geluidniveaus veroorzaakt door installaties*, Nederlands Normalisatie Instituut, 2001.

[8] *NPR 5070 Geluidwering in woongebouwen – voorbeelden van wanden en vloeren in steenachtige constructies*, Nederlands Normalisatie Instituut, 2005.

[9] *NPR 5086 Geluidwering in woongebouwen – geluidwering van lichte woningscheidende wanden*, Nederlands Normalisatie Instituut, 2006.

[10] Nieman, H. e.a.: *SBR – Referentiedetails*, Stichting Bouwresearch, 200 (beschikbaar in verzamelbanden en via [www.briswarenhuis.nl](http://www.briswarenhuis.nl)).

[11] *NEN 1070 Geluidwering in gebouwen – Specificatie en beoordeling van de kwaliteit*, Nederlands Normalisatie Instituut, 1999.

[12] Bouwman, J. e.a.: *Gezondheidskaart, ministerie van VROM*, 2004 (toegankelijk via [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl) bij brochures en publicaties).

#### **Overige bronnen:**

[13] Overveld, van, M. e.a.: *Praktijkboek Bouwbesluit 2003*, Ministerie van VROM, 2005 (toegankelijk via [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)).

[14] BrisWarenhuis, BRIS bv: [www.briswarenhuis.nl](http://www.briswarenhuis.nl) (tekst van het Bouwbesluit, NEN-normen en gerelateerde regelgeving).

[15] BRIS bv: [www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl) (tekst van het Bouwbesluit)

[16] Dessing, J.: *Praktijkgids Bouwbesluit – Geluid*, Nederlands Normalisatie Instituut, 2005.