

FAQ Lawaai Prof. J. Malchaire

VOORTPLANTING VAN HET LAWAAI

| | |
|---|----|
| 1. Hoe plant lawaai zich voort? | 1 |
| 2. Wat is een vrij veld?..... | 2 |
| 3. Hoe plant lawaai zich voort in een vrij veld? | 2 |
| 4. Waar moet een scherm worden geplaatst en welke geluidsvermindering wordt daardoor bereikt? | 2 |
| 5. Wat is een diffuus veld? | 3 |
| 6. Hoe plant lawaai zich voort in een diffuus veld? | 4 |
| 7. Wat is de nagalmtijd T_{60} van een lokaal? | 4 |
| 8. Wat zijn de optimale waarden van de nagalmtijd? | 4 |
| 9. Hoe kan de nagalm in een lokaal worden verbeterd? | 4 |
| 10. Wat is isolerend materiaal en waardoor wordt het gekenmerkt? | 6 |
| 11. Soorten isolatiemateriaal voor een enkelvoudige wand | 7 |
| 12. Wat is een dubbele wand en welke akoestische eigenschappen heeft hij? | 7 |
| 13. Wat is het belang van kieren, gaten, ... voor de akoestiek? | 7 |
| 14. Wat is het verschil tussen geluidsdemping en geluidsisolatie? | 8 |
| 15. Hoe kan de geluidsisolatie tussen twee lokalen verbeterd worden?..... | 8 |
| 16. Wat is voor de akoestiek, het verschil tussen enkele en dubbele beglazing? | 9 |
| 17. Welke verschillende soorten verende materialen zijn er? | 9 |
| 18. Wat is de resonantie van een machine? | 10 |
| 19. Wat is een schokdemper? | 10 |
| 20. Waarom dempt een trillingsdemper soms de trillingen niet?..... | 11 |
| 21. Hoe plant lawaai van een hogere verdieping zich voort naar het lokaal eronder? | 11 |
| 22. Wat is het belang van een vloerbekleding? | 11 |
| 23. Wat is een vlottende vloersteen of vloer? | 12 |
| 24. Hoe kunnen impactgeluiden worden verminderd of vermeden? | 12 |

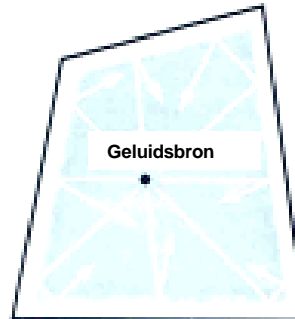
1. Hoe plant lawaai zich voort?

Lawaai plant zich op drie verschillende manieren in een lokaal voort. Elke manier vraagt om een specifieke oplossing.

- 1. Rechtstreekse voortplanting:** lawaai plant zich rechtstreeks voort van de bron naar het oor van de werknemer. Het geluidsniveau wordt voornamelijk bepaald door de afstand. Om dit rechtstreekse lawaai te verminderen kan
 - de werknemer verder van de geluidsbron weg gaan werken
 - een scherm tussen geluidsbron en werknemer geplaatst worden: dit principe wordt bijvoorbeeld langs autosnelwegen toegepast.
- 2. Weerkaatsing:** lawaai wordt weerkaatst op wanden, plafonds, vloeren, machines en bereikt het oor van de werknemer op onrechtstreekse wijze.
 - De oplossing bestaat erin deze weerkaatsing te verminderen door de wanden meer absorberend te maken.
 - Een absorberend vals plafond is vaak een goede oplossing.
- 3. Overdracht via de structuur:** trillingen van machines gaan over op de vloer en worden versterkt door staalplaten of panelen, die op hun beurt gaan trillen en lawaai veroorzaken.

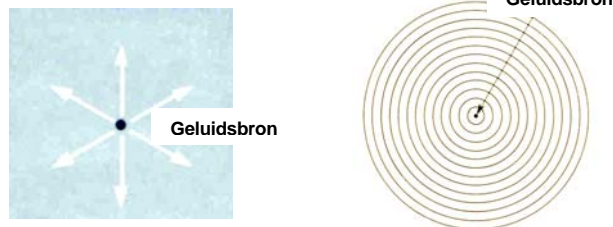
- Het overbrengen van trillingen via de vloer wordt tegengehouden door verende materialen zoals springveren, rubber of kurk.

Het geluidsniveau dat de operator hoort, is de som van deze drie componenten. Hij kan vaak moeilijk precies bepalen waar het lawaai vandaan komt.



2. Wat is een vrij veld?

- Directe voortplanting van het geluid zonder weerkaatsing (nagalm) tegen de wanden: typische situatie in de buitenlucht of in een sterk absorberende ruimte.



3. Hoe plant lawaai zich voort in een vrij veld?

- Het geluidsniveau vermindert met 6 dB als de afstand tussen de geluidsbron en de werknemer verdubbelt.

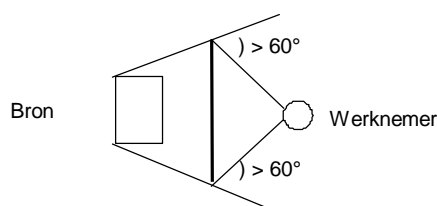
Voorbeeld:

| | | |
|-----|--------------------|------------------|
| Als | op 1 m van de bron | 90 dB(A) |
| | op 2 m van de bron | 84 dB(A), - 6 dB |
| | op 8 m van de bron | 72 dB(A), - 18dB |

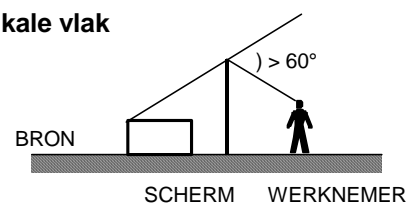
4. Waar moet een scherm worden geplaatst en welke geluidsvermindering wordt daardoor bereikt?

- In een vrij veld levert de plaatsing van een scherm tussen de geluidsbron en de werknemer een bijkomende geluiddemping op.
- De schermen moeten evenwel voldoende ruim bemeten zijn
 - in het horizontale vlak (de lengte van het scherm) en
 - in het verticale vlak (de hoogte van het scherm),
 zodat de hoeken, zoals aangegeven op onderstaande figuren, groter zijn dan 60°.

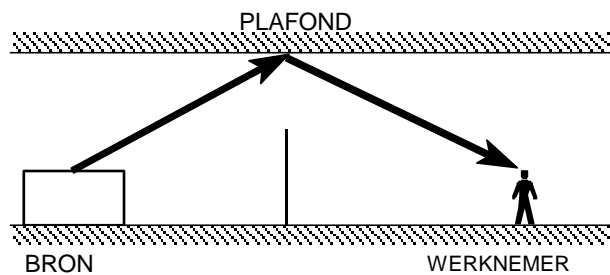
Horizontaal vlak



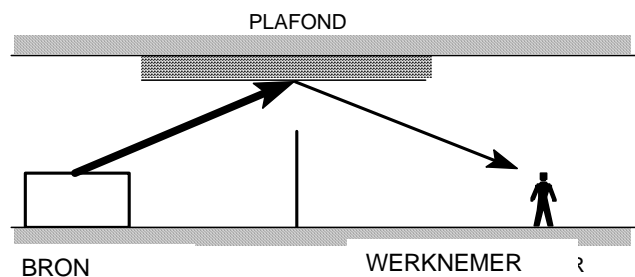
Vertikale vlak



- In een gewoon lokaal kan die geluiddemping evenwel geheel verloren gaan door de weerkaatsing van het geluid tegen de wanden of het plafond.

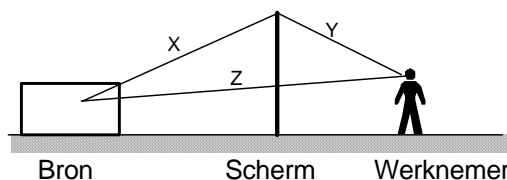


Dat gedeelte van het plafond moet dan bekleed worden met sterk absorberende materialen.



- Prognose

De geluiddemping kan nauwkeuriger voorspeld worden door de afstanden X, Y en Z (m) te berekenen in het horizontale en het verticale vlak.



en door de volgende formule toe te passen: $N = (X+Y-Z) \text{ Frequentie}/170$

| N (-) | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1 | 2 | 4 | 8 | 10 |
|--------------------|---|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|
| Geluiddemping (dB) | 0 | 3 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 14 | 17 | 18 |

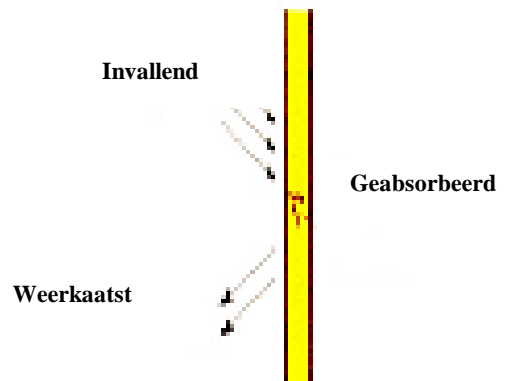
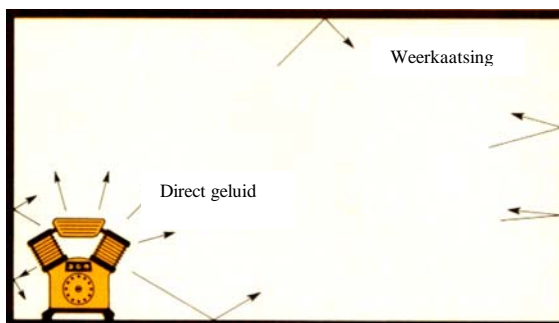
5. Wat is een diffuus veld?

Dat is de rechtstreekse voortplanting in combinatie met de voortplanting tegen de wanden (nagalmveld) tussen de geluidsbron en de werknemer. In de werkomgeving is dat de meest voorkomende situatie.

6. Hoe plant lawaai zich voort in een diffuus veld?

Het geluidsniveau vlakbij de werknemer wordt bepaald door:

- het geluidsniveau bij de bron
- de afstand tussen de geluidsbron en de werknemer (rechtstreeks veld)
- de oppervlakte van de wanden en het volume van het lokaal:
 - hoe groter de ruimte, hoe zwakker het geluidsniveau
- de absorptie van het geluid door de materialen waarmee de wanden bekleed zijn
 - hoe meer de wanden absorberen, hoe zwakker het geluidsniveau in het nagalmveld
 - het geluidsniveau neemt af met ± 3 dB (in het nagalmveld) wanneer de gemiddelde absorptiecoëfficiënt van de oppervlakten verdubbelt.



7. Wat is de nagalmtijd T_{60} van een lokaal?

De nagalmtijd T_{60} (uitgedrukt in seconden) is de tijd die nodig is om het geluidsniveau van het nagalmveld in het lokaal met 60 dB te doen dalen nadat het geluid abrupt werd afgebroken.

- De nagalmtijd wordt bepaald door het volume van het lokaal en door de geluidsabsorptie van de materialen waarmee de wanden bekleed zijn, en wordt berekend aan de hand van de formule van Sabine:

$$T_{60} = 0,16 V / S a \text{ (seconden)}$$

waarbij V = het volume van het lokaal in m^3
 S = de oppervlakte van wanden, vloer en plafond in m^2
 a = de gemiddelde absorptiecoëfficiënt.

- Net als de absorptiecoëfficiënt varieert T_{60} in verhouding tot de frequentie.

8. Wat zijn de optimale waarden van de nagalmtijd?

- In kantoren, leslokalen en kleine werkplaatsen, moet T_{60}
 - idealiter tussen de 0,5 en de 0,7 seconden liggen bij alle frequenties
 - in de praktijk wordt een tolerantie van +50% bij 125 Hz en +10% bij 250 Hz toegestaan.
- In fabrieken:
 - moet T_{60} 1 seconde bedragen bij alle frequenties.

9. Hoe kan de nagalm in een lokaal worden verbeterd?

- De procedure omvat de volgende fasen:

- alle oppervlakte-elementen identificeren: S_i
- op grond van tabellen de absorptiecoëfficiënt bij 500 Hz of bij alle frequenties bepalen: a_i
- de "equivalente absorptieoppervlakten" van elk oppervlakte-element berekenen: $S_i a_i$
- de "totale equivalente absorptieoppervlakte" berekenen: $S_a = \sum S_i a_i$
- het volume V van het lokaal berekenen
- de formule van Sabine toepassen.

Daarbij wordt de volgende tabel gebruikt:

| Gedeeltelijke oppervlakten | S_i | a_i | $S_i a_i$ |
|----------------------------|-------|-------|-----------|
| Plafond | -- | -- | -- |
| Muur 1 | -- | -- | -- |
| Muur 2 | -- | -- | -- |
| ---- | -- | -- | -- |
| ---- | -- | -- | -- |
| Totaal | S | - | $S a$ |

Deze berekening is meestal niet erg nauwkeurig, omdat de absorptie door voorwerpen in het lokaal (machines, kasten, ...) moeilijk te voorspellen is.

- Verbetering van de akoestiek van een lokaal als T_{60} **bij 500 Hz** of bij alle frequenties **bekend is**
 - Berekening van het volume: V
 - Berekening van de **reële totale equivalente absorptieoppervlakte** op grond van de meetwaarde van de nagalmtijd T_{60} :
 - ✧ $S a_{opt} = 0,16 V / T_{60 \text{meetwaarde}}$
 - Berekening van de **wenselijke equivalente absorptieoppervlakte** voor een oppervlakte-element (meestal het plafond) dat van een extra bekleding met een absorberend materiaal kan worden voorzien
 - Berekening van de voor dat oppervlakte-element **vereiste absorptiecoëfficiënt**, door te delen door de oppervlakte
 - Keuze van het geschikte **absorberende materiaal**.

Voorbeeld:

- T_{60} meetwaarde bij 500 Hz = 1 seconde
- T_{60} gewenst bij 500 Hz = 0,5 seconde
- Afmetingen van het lokaal $5 \times 4 \times 3 = 60 \text{ m}^3$
- Huidige equivalente absorptieoppervlakte: $S a_{reel} = 0,16 \times 60 / 1 = 10 \text{ m}^2$
- plafond (gepleisterd): $S = 20 \text{ m}^2$ $a = 0,03$ $S a_{plafond} = 0,6 \text{ m}^2$
- Gewenste equivalente absorptieoppervlakte $S a_{opt} = 0,16 \times 60 / 0,5 = 20 \text{ m}^2$
- Dus, gewenste equivalente absorptieoppervlakte voor het plafond = $S_{opt} - (S a_{reel} - S a_{plafond}) = 20 - (10 - 0,6) = 10,6 \text{ m}^2$
- Oppervlakte plafond is 20 m^2
- Dus $a_{plafond} 500 \text{ Hz} = 10,6 / 20 = 0,5$

- Keuze materiaal: niet-samengeperste houten platen

10. Wat is isolerend materiaal en waardoor wordt het gekenmerkt?

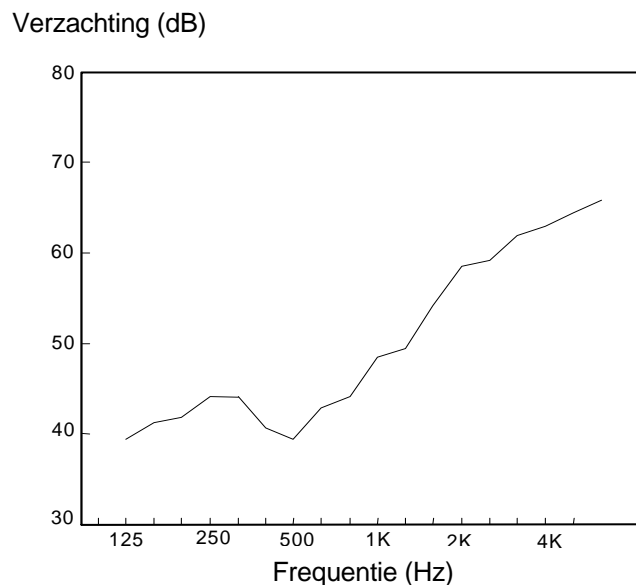
- **Definitie**

Een isolerend materiaal voorkomt dat het geluid doordringt tot in het aangrenzende lokaal.

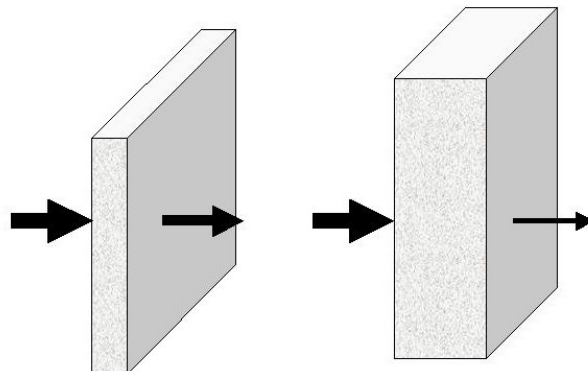
- De isolatie tussen 2 lokalen is de geluidsdemping tussen het ene lokaal en het andere. De isolatie wordt bepaald door de structuur en alle materialen die de twee lokalen van elkaar scheiden.
- De geluidsdemping is een wezenlijk kenmerk van een materiaal.

- **Geluidsdemping door een enkelvoudige wand**

- Hoe zwaarder het materiaal, hoe hoger de geluidsdemping
- De geluidsdemping (R) varieert in verhouding tot de frequentie. De volgende figuur geeft het specifieke verloop van de geluidsdempingscurve weer:



- De geluidsdemping is doorgaans groter bij hoge tonen dan bij lage tonen.
- Er is een knik in de curve op een "kritische" frequentie die kenmerkend is voor het materiaal in kwestie.
- De **orde van grootte** van de geluidsdemping bij 500 Hz:
 - ✦ bedraagt ongeveer 40 dB voor een wand van 100 kg/m²
 - ✦ neemt toe met 4 dB als het gewicht wordt verdubbeld
 - ✦ neemt toe met 4 dB als de frequentie wordt verdubbeld.



11. Soorten isolatiemateriaal voor een enkelvoudige wand

Er zijn 3 categorieën:

- **Zware** materialen (zwaar beton):
 - hoog gewicht per m^2 en dus ook een grote geluidsdemping
 - lage kritische frequentie en dus weinig hinderlijke plotselinge afname van de geluidsdemping.
- **Halfzware** materialen (baksteen en vooral pleisterkalk):
 - matig gewicht per m^2 en dus ook een matige geluidsdemping
 - kritische frequentie rond de 500 Hz; de plotselinge afname van de geluidsdemping bij deze materialen heeft tot gevolg dat het geluid van de menselijke stem bijvoorbeeld minder goed afgezwakt wordt.
- **Lichte** materialen (hout, holle bakstenen, glas, ...)
 - laag gewicht per m^2 en dus een veel kleinere geluidsdemping.

12. Wat is een dubbele wand en welke akoestische eigenschappen heeft hij?

Een dubbele wand bestaat uit twee lagen die elkaar zo weinig mogelijk raken.

- Zulk een wand levert een even grote of zelfs grotere geluidsdemping op dan een enkelvoudige betonnen wand.
Voorbeeld: twee gipsplaten met een tussenruimte van 10 cm.
- Het voordeel wordt tenietgedaan als de twee platen aan elkaar bevestigd zijn met harde steunbouten (geluidsbruggen).
Voorbeeld: 2 gipsplaten met een tussenruimte van 15 cm en beide gedragen door afzonderlijke steigers

13. Wat is het belang van kieren, gaten, ... voor de akoestiek?

Een gat of kier laat alle geluidsenergie door

- Een materiaal dat het geluid met 40 dB verzwakt, laat 1/10.000ste van de geluidsenergie door
- Een gat met een oppervlakte S laat dus evenveel geluid door als een materiaal met een geluidsdempend effect van 40 dB en een oppervlakte van 10.000 S
- Een gat van 1 dm^2 laat evenveel geluid door als een materiaal met een geluidsdempend effect van 40 dB en een oppervlakte van 100 m^2
- Een gat doet het geluidsdempend effect van isolatiematerialen teniet, en hoe groter het gat, hoe groter de afname van de geluidsdemping.

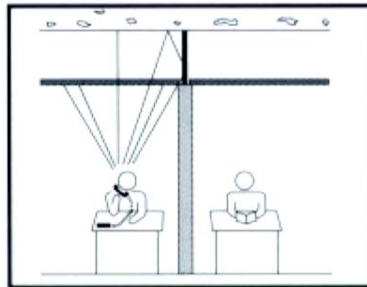
Voorbeeld: De scheidingswand gaat slechts tot aan het vals plafond. Dit vals plafond, vervaardigd in absorberend materiaal, isoleert niet. Het geluid weerkaatst op het harde plafond en verspreidt zich naar het aangrenzende lokaal.

- **Aanbevelingen:**
 - Vermijd of **dicht** zo veel mogelijk de **gaten, kieren** of de elementen met een geringe geluidsdemping
 - ✧ openingen in afschermkappen
 - ✧ leidingen, vooral ventilatiekoekers in muren
 - ✧ aftakdozen
 - ✧ kieren rond deuren en ramen
 - ✧ ruimten achter deurkozijnen
 - ✧ ...

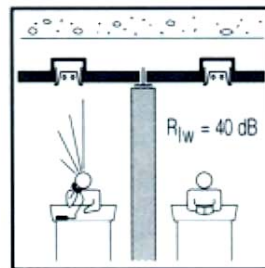
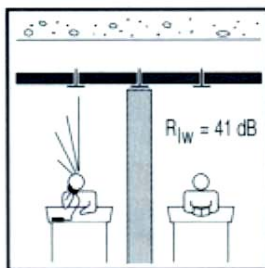
- **Zorg voor een goede afwerking**

- ✦ Alle *zichtbare en onzichtbare* gaten moeten gedicht worden met isolerende materialen (beton, pleisterkalk,...) in plaats van met absorberende materialen.

Voorbeeld: De scheidingswand werd boven het vals plafond verlengd tot aan de structuur met een hard element.



- Voorbeeld:
1. Het vals plafond werd verzward en is zodoende meer isolerend
 2. De akoestische brug gevormd voor de verlichting werd tenietgedaan door een zware structuur die elke verlichting dekt.



14. Wat is het verschil tussen geluidsdemping en geluidsisolatie?

- Geluidsdemping is een wezenlijk kenmerk van een materiaal en hangt af van zijn
 - ✦ aard
 - ✦ dichtheid
 - ✦ dikte
 - ✦
- Het is dus een theoretische waarde
- Isolatie tussen 2 lokalen wordt bepaald door:
 - ✦ de geluidsdemping door de materialen van de gezamenlijke scheidingswand
 - ✦ de geluidsdemping door de materialen van de zijwanden
 - ✦ de oppervlakten van de zijwanden en de gezamenlijke scheidingswand
 - ✦ het soort verbinding tussen deze wanden
 - ✦ de homogeniteit van de oppervlakten: deuren, kieren, gaten, zwakke plekken, ...
- Dit is dus wat er in de praktijk bestaat, de manier waarop het gebouw gezet is.

15. Hoe kan de geluidsisolatie tussen twee lokalen verbeterd worden?

Als de isolatie tussen twee lokalen onvoldoende is, komt het er in de eerste plaats op aan:

- de kieren, gaten en zwakke plekken op te sporen en af te dichten
- verbeteringen aan te brengen aan de scheidingswand.

De onderstaande tabel geeft de benaderende decibelwinst aan die verkregen wordt door verschillende mogelijke verbeteringen aan een wand (die bijvoorbeeld bestaat uit twee gipsplaten van 20 mm dik met een tussenruimte van 5 cm):

| Verbetering | Decibelwinst |
|--------------------------------------|--------------|
| Dubbele dikte 1 zijde | + 3 |
| Dubbele dikte 2 zijden | + 5 |
| Enkelzijdige elastische bevestiging | + 6 |
| Dubbelzijdige elastische bevestiging | + 10 |
| Losstaande tussenwanden | + 10 |
| Absorptie in holle ruimte | + 5 |

Regel van de cumulatieve verbetering: grootste getal = 1/2 som van de andere getallen.

16. Wat is voor de akoestiek, het verschil tussen enkele en dubbele beglazing?

- Enkel glas heeft een te laag gewicht per m² (bij een dikte van 3 tot 5 mm) om een geluidsdemping van meer dan 30 dB (bij 500 Hz) op te leveren
- Warmte-isolerende dubbele beglazing biedt weinig voordelen, omdat de tussenruimte niet groter is dan 10 tot 12 mm
- De bijhorende omkadering, het totale gewicht en de luchtdichtheid zorgt bij dubbele beglazing nochtans voor een merkkelijk betere geluidsisolatie.
- Dubbele ramen hebben een belangrijk isolerend effect als ze opgebouwd zijn uit 2 enkele frames met een tussenruimte van 10 à 15 cm om zo een dubbele wand te creëren,
- Er bestaan ook **speciaal geluiddicht dubbele** glazen.

17. Welke verschillende soorten verende materialen zijn er?

Deze materialen voorkomen de trillingsoverdracht van een machine doordat de trillingen niet worden overgedragen op een staalplaat of op een wand (vloer, muur, ...) die ook zou trillen en het geluid zou verspreiden.

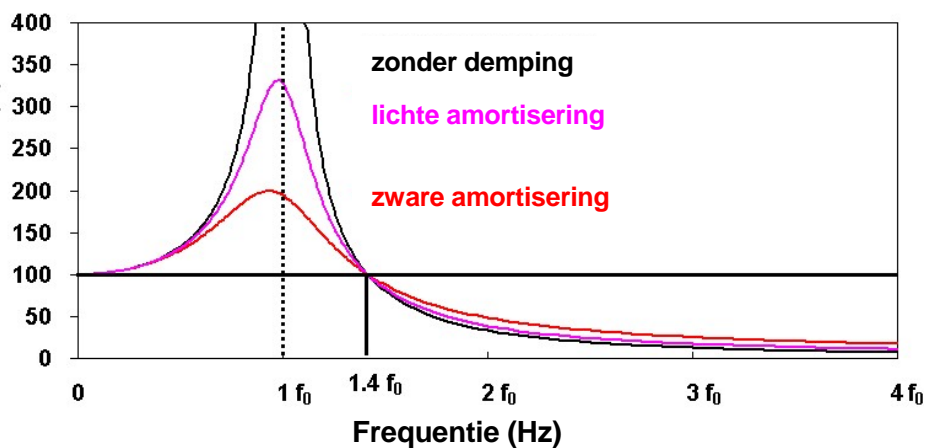
- Het gaat om de volgende materialen, gerangschikt van minst naar meest efficiënt:
 - vilt
 - kurk
 - rubber
 - springveren
 - luchtkussens (het meest doeltreffend)

- Deze materialen bestaan in de vorm van blokken ("silent blocs"), matten of matten onder een betonblok (vlottende vloersteen, zie "Stabiliteit" hieronder).

18. Wat is de resonantie van een machine?

- Verende materialen **versterken** de trillingen rond de zogenaamde resonantiefrequentie f_0 , die afhangt van:
 - het gewicht van de machine
 - de kenmerken van het materiaal
- Verende materialen dempen trillingen boven de $1,4 f_0$.

Overdraagbaarheid (%)



- De keuze van het materiaal wordt dan ook bepaald door:
 - het gewicht van de machine
 - ◊ f_0 neemt af naarmate het gewicht toeneemt, als het verende materiaal daarbij niet geheel platgedrukt wordt
 - de frequenties van de te dempen trillingen
 - ◊ f_0 moet idealiter 2 tot 4 keer lager liggen.
- Stabiliteit
 - Bij een lage f_0 kan de machine minder stabiel worden.
 - In dat geval wordt de machine het best gemonteerd
 - ◊ op een betonnen sokkel (vergroting van de massa en verlaging van het zwaartepunt)
 - ◊ of op een verende mat (springveren, kurk, enz.).
- In sommige gevallen moeten er niet alleen verende materialen worden aangebracht
 - onder de machine, in de hoofdas van de trillingen
 - maar ook aan de zijkanten, in de secundaire trillingsassen.

19. Wat is een schokdemper?

Schokdempers mogen niet verward worden met verende materialen.

Eigenlijk versterken zij de overdracht van trillingen, maar tegelijkertijd dempen zij de gevaarlijke bewegingen als de trillingsfrequenties dicht bij de resonantiefrequentie liggen (bijvoorbeeld bij het aanzetten van een ventilator).



20. Waarom dempt een trillingsdemper soms de trillingen niet?

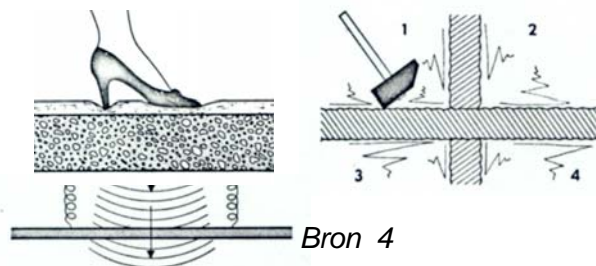
Een trillingsdemper heeft geen enkel nut meer:

- als het verende materiaal geheel platgedrukt wordt (wat gemakkelijker waar te nemen is bij een springveer dan bij een rubbermat)
- als er harde verbindingen bestaan tussen de machine en haar omgeving (water-, lucht-, elektriciteitsleidingen, ...)
- als brokstukken zich rond de sokkel ophopen en zo het verend materiaal blokkeren
- als het materiaal verouderd is (bijvoorbeeld: rubber bij hoge temperaturen, corrosie door de inwerking van ozon, ...).

21. Hoe plant lawaai van een hogere verdieping zich voort naar het lokaal eronder?

Er zijn twee soorten lawaai:

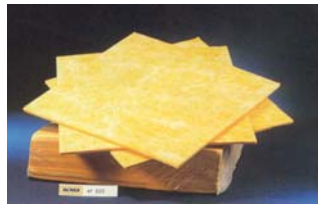
- Geluiden (stemmen, luidsprekers, ...) die zich voortplanten door de vloer en het plafond
 - De vloer moet geluidsdempend en zwaar gemaakt worden
 - In het lokaal beneden kan een plafond gehangen worden dat dienst doet als dubbele wand
- Trillingen, schokken (hamerslagen, stappen, verplaatsing van zwaar voorwerp, ...) worden overgebracht door de structuur en kunnen lawaai veroorzaken in het lokaal eronder.
 - De vloer moet een verende bekleding krijgen
 - Er kan een vlottende vloersteen of vloer geplaatst worden



22. Wat is het belang van een vloerbekleding?

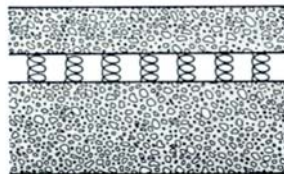
- vinyltegels geven een verwaarloosbare demping
- 2,5 mm linoleum geeft een kleine demping
- 6 mm linoleum op kurk geeft een matige demping

- tapijt geeft een grote demping, hoe dikker het tapijt hoe meer demping



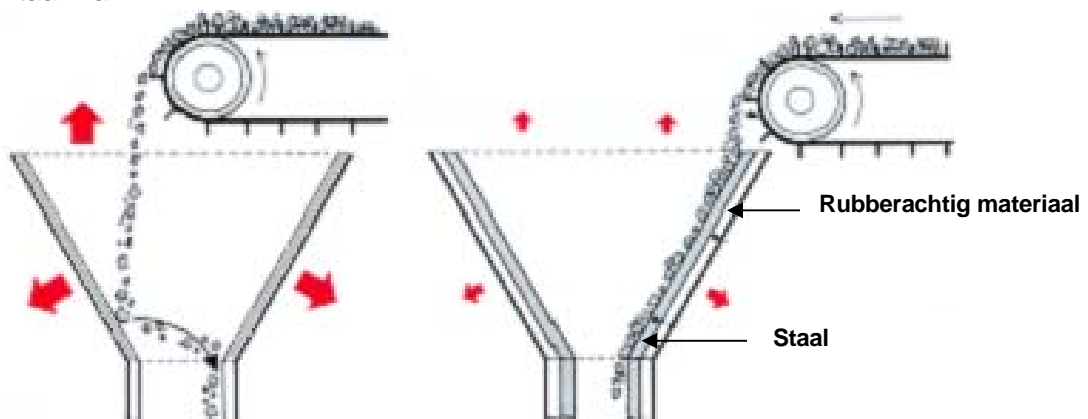
23. Wat is een vlottende vloersteen of vloer?

- Een vlottende vloersteen is bijvoorbeeld een **asfalt- of betontegel van 6 cm dik**, die geplaatst wordt op een verende matras, bijvoorbeeld speciale glas- of rotswol.
 - Een vlottende vloer wordt eveneens op een verende matras geplaatst
 - Er mogen **geen verbindingen** bestaan tussen de tegel en de ruwbouw (akoestische bruggen). Dat is de grootste moeilijkheid bij een vlottende vloertegel of vloer, waarvan het principe eenvoudig is:
 - Geen verbinding tussen tegel en vloer via betonresten tussen de platen van verende materialen tijdens de productie van de tegel
 - Geen verbinding tussen de tegel en de zijmuren
 - ...
- Het besluit is dus dat het toezicht op de constructie van de vlottende vloersteen moet gebeuren door specialisten.

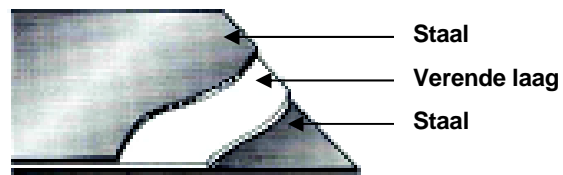


24. Hoe kunnen impactgeluiden worden verminderd of vermeden?

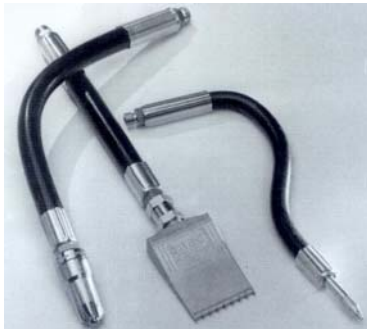
- Door de manier van werken te veranderen
- Door 2 voorwerpen eerst tegen elkaar te plaatsen alvorens het ene met het andere voort te duwen.
- Door metalen voorwerpen die op een metalen oppervlak neerkomen, van minder hoog te laten vallen
- Door voorwerpen, onderdelen, te laten vallen op een schuin oppervlak in plaats van op een horizontaal vlak



- Door verende materialen te gebruiken om de schokken van vallende objecten te dempen.



- Door een geluidsdemper op de gasontspanner (gasontsnapping) en op de luchtpistolen te plaatsen.



- Door te voorkomen dat ontsnappend gas of een luchtstraal loodrecht op een oppervlak gericht wordt