

BEHANDELING VAN DE AKOESTIEK

INLEIDING

Nadat de ruimte goed is geïsoleerd, moet men aandacht besteden aan de akoestiek.

Het is namelijk erg onwaarschijnlijk dat die meteen goed zal zijn. Bovendien zijn de kenners het niet met elkaar eens over wat de ideale akoestiek inhoudt. Dit meningsverschil betreft vooral de studioruimte. De controleruimte moet zo behandeld worden dat je de muziek, die opgenomen of gemixt wordt, optimaal kunt beoordelen. Bij de studioruimte echter gaat het om heel andere akoestische eigenschappen, die ook bepaald kunnen worden door de heersende smaak.

In sommige gevallen wordt de voorkeur gegeven aan een 'dode' omgeving (dit is een omgeving zonder galm), omdat je dan als technicus bij het toevoegen van kunstmatige effecten met een schone lei kunt beginnen. In andere gevallen, met name bij akoestische instrumenten, zullen de meeste technici en producers eerder voor een **live room** kiezen dan voor het toevoegen van kunstmatige galm met behulp van een digitale reverb of een galmplaat.

Momenteel is een sterke live room galm populair voor drums en sommige andere instrumenten. Je kunt dit bereiken door een onafgewerkte stenen of betegelde ruimte met een kale betonnen of houten vloer te gebruiken.

Omdat andere instrumenten weer beter op te nemen zijn in een wat meer gedempte ruimte, zie je vaak dat de akoestiek aan een kant van de studioruimte live is en aan de andere kant gedempt. Dit moet je niet verwarren met Live End/Dead End controleruimtes, die we later nog zullen bespreken.

Een andere, veel gebruikte, methode is het bouwen van een live room die gedempt kan worden met verplaatsbare schermen, tapijten of gordijnen. De voor- en nadelen van deze methoden zullen we later nog verder bekijken.

LUISTER OMGEVING

Omdat er een heleboel verschillende monitorsystemen bestaan en omdat er nogal verschillend gedacht wordt over het ideale ontwerp van een controleruimte, is er nog altijd geen algemeen aanvaarde standaard. De verschillen tussen controleruimtes zijn zelfs groter dan die tussen huiskamers waarin mensen naar hun stereo-installatie luisteren.

Desalniettemin bestaat er toch enige overeenstemming over de belangrijkste eigenschappen en dus gaan we die eerst maar eens nader bekijken.

EIGENSCHAPPEN VAN EEN RUIMTE

Wat zijn de belangrijkste factoren die de klank van een ruimte bepalen en waarom beïnvloedt een ruimte eigenlijk het geluid?

Het heeft allemaal te maken met het feit dat geluid door vaste oppervlakken (muren, vloeren, plafonds) weerkaatst wordt.

We horen dus niet alleen het directe geluid uit de monitor-luidsprekers (of, in

de studio, het directe geluid van de instrumenten), maar ook een hele reeks van korte echo's. Deze reeks echo's noemen we galm of ambiance. In een goede luisterruimte kan de galm zo kort zijn, dat je hem niet kunt waarnemen. Bovendien reflecteren verschillende materialen verschillende gedeelten van het audiospectrum beter dan andere en daarom is de galm die we horen, 'gekleurd'.

De ideale luisterruimte moet een klein beetje galm hebben om zo het waargenomen **volume van de monitors te vergroten** en om te voorkomen dat de ruimte onnatuurlijk klinkt. De galmtijd moet, om kleuring te voorkomen, op **alle frequenties ongeveer even lang zijn**.

Gewoonlijk kiest men in controleruimtes voor galmtijden tussen 0,3 en 0,5 seconden. De galmtijd van de laagste frequenties valt meestal wat langer uit, tenzij er uitgebreide bass trapping technieken zijn toegepast.

Een evenwichtige galmtijd kan alleen door het zorgvuldige gebruik van absorberende materialen en constructies gerealiseerd worden. Een al te rechtlijnige, wiskundige benadering kan echter misleidend zijn omdat, door de beperkte betrouwbaarheid van materialen en de aanwezigheid van apparatuur en mensen, de uiteindelijke galmtijd toch nog anders kan zijn. Een ander punt is nog dat veel van het opnamewerk tegenwoordig in de controleruimte, in plaats van in de studio, wordt verricht. Daarom is het ontwerp vaak een compromis tussen een praktische inrichting en een optimale akoestiek.

STAANDE GOLVEN

Om te beginnen moeten we rekening houden met de staande golven (of staande frequenties) van de ruimte. Die houden direct verband met de afmetingen van het vertrek. Zowel de controleruimte als de studio hebben hier last van en dat is natuurlijk niet zo vreemd; het zijn tenslotte dezelfde natuurkundige wetten, die hier de oorzaak van zijn.

Wanneer een geluidsgolf wordt opgewekt met een golflengte die precies gelijk is aan de lengte van de kamer, zal hij tussen de tegenover elkaar liggende muren heen en weer kaatsen, in fase met zichzelf. Door de versterkende werking hiervan ontstaat er een staande golf.

Als we uitgaan van een geluidssnelheid van ongeveer 333 meter per seconde, betekent dit dat een ruimte die 3,33 meter lang is, een staande golf heeft van 100 Hz.

Elk muzikaal signaal in zo'n ruimte ondergaat een **kunstmatige versterking of kleuring** op ongeveer 100 Hz (het begint in feite bij 1/2 golflengte, zie ook formule verderop). Maar daar blijft het niet bij.

Twee golven van 200 Hz passen ook precies in een lengte van 3,33 meter en drie van 300 Hz zullen ook voor staande golven zorgen.

Elk **veelvoud** van 100 Hz zal dus voor moeilijkheden zorgen. En dan hebben we het nog alleen maar over de lengte van de ruimte gehad.

De breedte en de hoogte kunnen we ook zo bekijken. Hun afmetingen zorgen voor een eigen reeks van staande golven.

Omdat deze golven bij de assen (lengte, breedte en hoogte) van de ruimte horen, noemen we ze **axiale staande golven**.

Er zijn nog andere, complexere staande golven die veroorzaakt worden door terugstuitende geluiden die een rondje door het vertrek maken.

Deze golven heten **tangentiele** en indirecte staande golven. Omdat het geluid bij het creëren van deze staande golven echter meer oppervlakken raakt, is de versterking minder dan bij axiale staande golven.

OPTIMALE AFMETINGEN

Elke ruimte heeft helaas staande golven, omdat elke ruimte nu eenmaal afmetingen heeft.

Zijn er desalniettemin maatregelen die we kunnen nemen om het ontstaan van deze golven tegen te gaan?

Uit onderzoek blijkt, dat in de best klinkende ruimtes **de staande golven gelijkelijk verdeeld zijn**.

Hierdoor zijn er bij lage frequenties geen grote pieken of dalen in de galmkarakteristieken van de ruimte.

Voordat we vervelende staande golven met absorberende constructies te lijf gaan, moeten we de afmetingen van de ruimte zo maken dat de kans dat deze ontstaan tot een minimum beperkt wordt. Een volledig verkeerde vorm voor een ruimte is de kubus. In zo'n ruimte zullen alle drie de axiale staande golven dezelfde frequenties hebben en die zullen elkaar versterken. Je hoort dan duidelijke pieken in de resonantie van de ruimte.

Andere vormen zijn beter, maar als bijvoorbeeld een afmeting van een vertrek precies twee keer zo groot is als een andere, kunnen staande golven zich nog altijd op bepaalde frequenties opstapelen. Dit zorgt voor een duidelijke kleuring van het geluid.

Zelfs afmetingen die niets met elkaar te maken lijken hebben, kunnen op bepaalde frequenties voor **openstapelingen van staande golven** zorgen.

Grote gaten tussen staande golven vormen ook een probleem.

Muzikale tonen die in zulke gaten vallen, klinken, vergeleken met de rest van het audiospectrum, nogal dood.

Je kunt dit vergelijken met dode plekken op een gitaar.

Boven de 300 Hz zitten de staande golven zo dicht op elkaar, dat we ons niet meer zo druk hoeven te maken over pieken en gaten.

Onder deze frequentie echter mogen de gaten tussen de staande golven **niet groter zijn dan 20 Hz** en moeten we dicht op elkaar zittende of samenvallende staande golven vermijden.

Dit is geen gemakkelijke taak en wanneer de afmetingen van de controleruimte **onder een bepaalde benedengrens** vallen, is het zelfs onmogelijk.

De staande golfkarakteristiek van een ruimte kun je bepalen door alle drie de axiale staande golven in dezelfde grafiek uit te zetten.

De tangentiele en indirecte staande golven laten we buiten beschouwing, omdat de wiskundige voorspellingen van deze golven vaak niet overeenkomen met de praktische resultaten.

De formules, waarmee je de frequenties van de axiale staande golven voor ieder paar tegenover elkaar liggende oppervlakken kunt uitrekenen:

$$f = 172N/L$$

Door voor N de getallen 1, 2, 3 enzovoort in te vullen, kun je een hele reeks staande frequenties uitrekenen, L is de afstand tussen de wanden.

De belangrijkste frequenties vallen echter onder de 300 Hz.

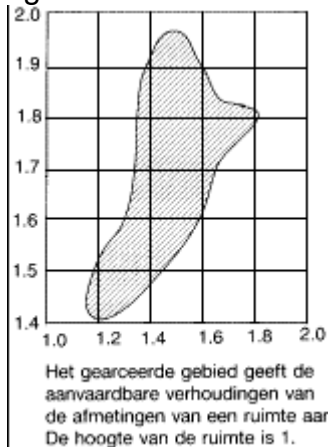
DE GRAFIEK VAN BOLT

Wanneer je geen zin hebt uren achter de rekenmachine door te brengen, kun je ook gebruik maken van een grafiek die, in 1946, door een zekere heer Bolt is gemaakt.

Het gearceerde gebied in deze grafiek geeft aanvaardbare verhoudingen tussen de lengte, de breedte en de hoogte (die op 1 is gesteld) van een ruimte aan. De grafiek is niet helemaal waterdicht want er vallen een aantal 2:1 verhoudingen in het gebied van Bolt. Wees dus een beetje voorzichtig. In de loop der tijd zijn er een aantal verhoudingen ontstaan die, zowel praktisch als theoretisch, goed werken.

Drie belangrijke daarvan zijn **1: 1,14: 1,39**; **1: 1,28: 1,54** en **1: 1,6: 2,33**.

figuur 6.2 De ruimte-ratio grafiek van Bolt



Veel mensen denken dat het bouwen van niet-parallelle muren het probleem van staande golven kan verhelpen, maar dit is slechts ten dele waar.

De staande golven met een lage frequentie blijven, net als bij parallelle muren, gewoon bestaan.

Wel kunnen, door de muren een beetje uit elkaar te laten lopen (1 meter op 10 meter lengte of zelfs 1 meter op 20 meter), de hoge frequenties beter verstrooid worden. Ook kun je zo de flutter echo's verminderen, die ontstaan door heen en weer kaatsende midden en hoge frequenties.

Een bouwkundig element dat je te allen tijde moet vermijden, vooral in de controle ruimte, is een holle constructie, zoals bijvoorbeeld een erker of een gebogen muur. Die hebben de vervelende eigenschap weerkaatst geluid in een punt te concentreren waardoor de akoestiek van de ruimte grondig in de war wordt gestuurd.

Bolle of onregelmatige oppervlakken zijn juist wel goed, omdat deze hoge frequenties verstrooien, wat leidt tot een evenwichtiger geluidsveld.

AANPASSING

Deze punten zijn allemaal wel interessant als je de mogelijkheid hebt om de afmetingen van je ruimte te veranderen. Maar als het een bestaande ruimte is, kun je eigenlijk alleen het plafond verlagen en zelfs dat kan onpraktisch zijn.

Je hoeft echter niet te wanhopen; voor popmuziek komt het er, wat de grootte en de vorm van de studio betreft, niet zo op aan.

Er wordt veel met close miking (= microfoon dicht bij de geluidsbron geplaatst) gewerkt en men streeft eerder naar een modieus dan naar een natuurgetrouw

geluid.

Voor spraak, bijvoorbeeld toneel, of akoestische instrumenten is een goede akoestiek van de eigenlijke studioruimte veel belangrijker.

Op een gelijksoortige wijze kun je een problematische controleruimte verbeteren door de juiste monitors te kiezen en ze op een geschikte plek te zetten.

ABSORBERS

Na de ergste spelbrekers bij het ontwerpen van een goede akoestiek nu een aantal bondgenoten. Het absorberen van hoge en midden frequenties is niet zo'n probleem. Er bestaan allerlei soorten akoestische tegels, schuimrubber en zware gordijnen die heel goed frequenties boven 300 Hz kunnen opzuigen en zelfs een eenvoudig tapijt kan van nut zijn. Het probleem zit hem echter in de laagste frequenties.

Laag frequente geluiden zijn problematisch omdat ze grote golflengtes hebben.

Een honderd procent absorberende bass trap moet minimaal een achtste van een golflengte diep zijn. Bij 50 Hz is dat ongeveer een meter en er zijn maar weinig studio's die zoveel ruimte hebben, dat ze zich een steenwollen muur van een meter dik kunnen veroorloven.

Een voordeel van zo'n trap is wel, dat hij tot aan zijn ondergrens voor alle frequenties even goed werkt.

Een andere, populairdere benadering is het bouwen van een gedempte, resonerende constructie, die het grootste deel van een specifieke frequentieband absorbeert.

RESONERENDE TRAPS

Er zijn twee algemeen gebruikte traps, die makkelijk te bouwen zijn: **de plaatabsorber en de Helmholtz resonator**.

Beide hebben een groot oppervlak, maar ze hebben het voordeel dat ze maar een paar centimeter dik zijn, in plaats van een paar decimeter.

Je moet je echter wel realiseren dat dit 'gestemde' traps zijn en dat ze alleen geschikt zijn voor bepaalde frequentiebanden.

Je kunt ze dus - met uitzondering van een plaatabsorber met een sterk gedempte, zachte voorkant - niet voor een breed frequentiegebied gebruiken.

DE PLAATABSORBER

De plaatabsorber is de makkelijkst te ontwerpen en te bouwen bass trap en is bovendien zeer voorspelbaar.

Hij bestaat uit een eenvoudig houten frame waarop een flexibele plaat van multiplex, hardboard of vilt is bevestigd.

Om de lage frequenties beter te absorberen is het frame gevuld met glas- of steenwol.

De resonerende frequentie wordt bepaald door de diepte van de ruimte in de plaat en door het gewicht per vierkante meter. Je kunt dus makkelijk berekenen wat de afmetingen voor een bepaalde frequentieband moeten zijn. De oppervlakte van de plaat heeft geen invloed op de hoogte van de resonerende frequentie, maar wel op de galmtijd. Hoe groter de plaat, des te

korter deze wordt.

Een volkomen doelmatige, full-range trap van een bepaalde omvang absorbeert het geluid evengoed als een open raam van dezelfde grootte. Maar dan zonder geluidlekage, natuurlijk!

De formule is:

$$F = 60 / \sqrt{M \times D}$$

waarbij F de frequentie is, die je wilt absorberen, M het gewicht van de plaat in kilogram per vierkante meter en D de diepte van de ruimte achter de plaat in meters.

Wanneer je de holle ruimte met glas- en steenwol opvult, kun je het niveau van de resonerende frequentie tot 50% verminderen.

Je verlaagt er ook de Q van de trap mee. Dit betekent dat hij over een bredere frequentieband werkt.

Een doorsnee plaatabsorber werkt voor een frequentiegebied dat zich uitstrekt tot 1 octaaf boven en 1 octaaf onder de centrale frequentie. Heel erg nauwkeurig hoeft hij dus niet te zijn.

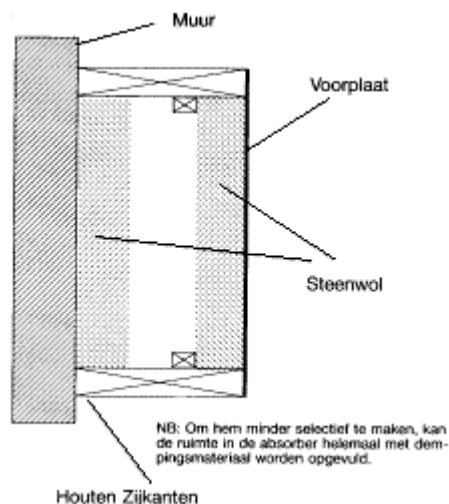
Hogere frequenties kunnen weerkaatst worden door het oppervlak van de plaat.

Er bestaan gebogen plaatabsorbers die zowel lage frequenties absorberen als hoge verstrooien.

Figuur 6.3 laat de bouwtechnische details van een conventionele plaatabsorber zien. Het is toegestaan de voorkant met akoestisch schuimrubber te bekleden zodat hij ook effectief wordt voor het midden en het hoge gebied van het audiospectrum.

NB: Om hem minder selectief te maken, kan de ruimte in de absorber helemaal met dempingsmateriaal worden opgevuld.

Figuur 6.3 Plaatabsorber



Een plaatabsorber met een onbuigzame voorplaat zal een klein gedeelte van het geluid dat hem bereikt, weerkaatsen. Dit is iets dat we natuurlijk niet willen. Daarom worden er meestal flexibele afdekvelen gebruikt, die hier minder last van hebben.

Plaatabsorbers zijn meestal op een bepaalde frequentie afgestemd. Wanneer echter zeer flexibele afdekvelen gebruikt worden en de demping in de plaatabsorber aanzienlijk is, werken ze over een heel breed frequentiegebied. Er bestaan speciale materialen, zoals vinyl waar steen doorheen is verwerkt

en zel kunststoffen waar lood in zit. Deze materialen zijn zwaar, flexibel en zeer dempend waardoor ze geschikt zijn voor bass traps met een grote bandbreedte.

Je kunt al heel goede resultaten krijgen met een, met steenwol gevulde, 20 a 30 cm diep trap die van voren met vilt bekleed is. Om de totale absorberende oppervlakte nog verder te vergroten, kun je ook de zijkanten van vilt voorzien. Met zo'n hoge dempingsgraad lijkt een trap meer op een meeverende muur dan op een resonerende plaat. De geluidsenergie wordt verbruikt bij een vergeefse poging het vilt aan het trillen te brengen.

Omdat dit soort traps zo'n groot frequentiebereik heeft, maakt de diepte van de trap niet zo veel uit.

In veel historische gebouwen zijn houten wanden aanwezig en die hebben vaak specifieke akoestische eigenschappen. Dat komt omdat er achter een houten wand meestal een luchtruimte zit. Hierdoor werkt hij als een gestemde basabsorber.

Studioconstructies van op frames bevestigde, gipsplaten hebben ook een beetje dit effect. Deze werken als trap voor de midden en lage frequenties.

In de praktijk betekent dit, dat het makkelijker is een ruimte met een lichtgewicht constructie te behandelen dan een met massieve wanden. Een flink deel van de laagfrequente energie gaat dwars door de muur heen, in plaats van weerkaatst te worden.

Dit is echter wel goed voor de akoestiek, maar niet voor de geluidsisolatie!

Je kunt het eigenlijk alleen maar doen wanneer je een lichtgewicht kooiconstructie in een ruimte met massieve wanden hebt ingebouwd.

HELMHOLZ TRAPS

Een Helmholtz resonator werkt volgens hetzelfde principe dat voor een toon zorgt wanneer je over de opening van een fles blaast.

Een fles heeft een smalle bandbreedte, maar die kun je verbreden door glas- of steenwol in de hals te stoppen.

Studio's die vol met flessen zitten, bestaan niet (althans, niet in de hoedanigheid van bass traps), maar je ziet wel vaak geperforeerde platen die als bass of mid trap dienen.

Zo'n resonerende bass trap kun je maken door een geperforeerde houten plaat op een frame te bevestigen en de zo ontstane doos met een absorberend materiaal te vullen.

De resonerende frequentie kun je met een tamelijk eenvoudige formule uitrekenen:

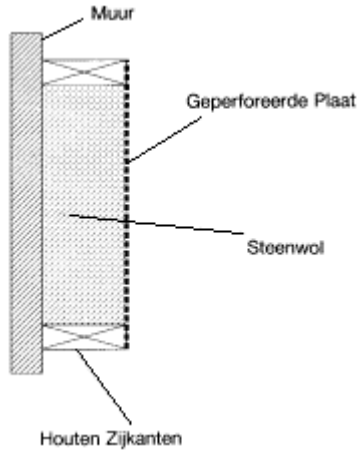
$$R = 513 \sqrt{P/DT}$$

R is de resonerende frequentie, P is het perforatie-percentages (=de totale oppervlakte van de gaatjes, gedeeld door de oppervlakte van de plaat, maal 100), T is de effectieve gatdiepte in centimeters (=dikte van de plaat plus 4/5 van de gatdiameter) en D is de diepte van de luchtruimte in de trap (in centimeters).

In figuur 6.4 zie je hoe een Helmholtz trap in elkaar zit.

Door het perforatie-percentages te variëren, kun je dit ontwerp voor zowel het lage als het midden gebied gebruiken.

Figuur 6.4 Helmholtz absorber



Wat deze trap precies doet, valt moeilijk te voorspellen, omdat de bandbreedte van de demping in de doos afhangt.

Een ander probleem is, dat het niet altijd meevalt houten platen met het juiste perforatie percentage te bemachtigen. Gewoon pegboard is beter bruikbaar voor mid range traps dan voor bass traps.

Bijvoorbeeld: pegboard met vier gaten van 3/16 inch doorsnee per 262 cm heeft een perforatie percentage van 2,75%. Als je dit bevestigt op een 10 cm diepe kast, krijg je een resonerende frequentie op 400 Hz.

Platen met een ander perforatie-percentage zijn bij een gewone bouwmaterialen-handel niet zo makkelijk te krijgen. Hiervoor zul je naar een speciaalzaak voor akoestische materialen moeten gaan.

Net als bij plaatabsorbers wordt door het toevoegen van absorberend materiaal de resonerende frequentie enigszins verlaagd en de bandbreedte vergroot.

Het is theoretisch ook mogelijk, in plaats van geperforeerd board, een reeks latten te gebruiken en hiermee een bepaald 'spleet'-percentage te creëren. In de praktijk blijkt echter dat berekeningen voor dit soort absorbers er meestal naast zitten.

Helmholtz resonatoren werden vroeger veel gebruikt, zowel in radio- als in opnamestudio's, maar tegenwoordig zie je vooral plaatabsorbers met een zachte voorkant.

ABSORBERS VOOR MIDDEN EN HOOG

De eenvoudigste absorber voor hoge frequenties is gewoon schuimrubber, zoals in kussens van banken zit.

Om veiligheidsredenen kun je het beste een onbrandbare soort kopen. Duurdere schuimrubber tegels kosten alleen maar meer vanwege hun vorm en niet omdat ze van een ander, beter materiaal zijn gemaakt.

De laagst frequentie die nog geabsorbeerd wordt, wordt bepaald door de dikte van het schuimrubber. Een dikte van 2,5 cm werkt tot ongeveer 1 kHz terwijl 10 cm dik schuimrubber nog tonen van 250 Hz kan absorberen.

De absorptie van lage frequenties kan nog verbeterd worden door het schuimrubber op een houten frame te bevestigen, dat een aantal centimeters van de muur staat.

Een soortgelijke absorber kun je maken door een 5 cm dikke, steenwollen plaat een frame te bevestigen, dat een halve decimeter van de muur af staat. Het geheel wordt afgedekt met grofmazig doek om te voorkomen dat er vezels in de lucht komen. Deze absorber werkt ook tot ongeveer 250 Hz. Tapijt is zo dun dat het alleen maar hoge frequenties kan absorberen. Beneden de 2 kHz neemt het absorberend vermogen aanzienlijk af. Als je achter het tapijt schuimrubber aanbrengt, zorgt dit voor enige verbetering. Bevestig je het geheel met een luchtruimte erachter, dan wordt de ondergrens van de absorberende werking met nog eens een octaaf (+ 1 kHz) verlaagd. Variabele absorptie van hoge en midden frequenties kan bereikt worden door dikke gordijnen een paar centimeter van de muur af op te hangen. Deze moeten voldoende breed zijn, zodat je ze in plooiën kunt hangen. Wanneer je ze voor een reflecterende muur aan een rail ophangt, kun je, door simpelweg de gordijnen 'open' te trekken een dode akoestiek in een levende veranderen.

VERPLAATSBARE SCHERMEN

Verplaatsbare akoestische schermen zijn nuttig omdat je er het geluid in een bepaald deel van een ruimte mee kunt veranderen. Dit kan nodig zijn voor het opnemen van, bijvoorbeeld, een vocale track, drums of een akoestische gitaar.

Deze schermen hebben meestal aan een kant een oppervlak van gepolijst hout of synthetisch multiplex en aan de andere kant een 10 cm dikke absorber van steenwol of schuimrubber.

Door met de harde of de absorberende kant naar de muzikant toe te staan, kunnen deze schermen voor een levende of een dode akoestiek zorgen.

De absorberende kant werkt maar tot ongeveer 250 Hz, maar dat is meestal wel voldoende. Om het oogcontact te behouden, worden soms dikke ramen van plexiglas in de schermen ingebouwd.

Voor drums en akoestische gitaren wordt meestal de live kant gebruikt, voor vocalen de dode.

Je kunt een drumcabine maken door een aantal hoge schermen in de rondte te zetten en die met een ander scherm af te dekken.

Figuur 6.5 laat zien hoe een eenvoudig akoestisch scherm in elkaar zit.

Figuur 6.5 Akoestisch scherm

