

Vardagsrumsakustik, del 2

Vad kan göras åt rummet, egentligen?



Ljudåtergivning i ett bostadsrum hör inte till det lättaste. Det är knepigt nog att förstå hur ett rum med oändligt styva (oeftergivliga) och vinkelräta väggar beter sig akustiskt. Det verkliga, mer eller mindre mjukväggade, rummet, som dessutom sällan är 100% vinkelrätt (som tur är) kan vara nästan omöjligt att beskriva med siffror. Icke desto mindre kan man ofta åstadkomma stora förbättringar med ganska enkla metoder, helt utan mätinstrument.

Att mäta upp ett rums akustik i form av ståendevågmönster (vid låga frekvenser) och efterklangstid (vid lite högre frekvenser) låter sig även det göras, och då är det ännu lättare att göra någonting åt rummet, än då man famlade helt i blindo.

Denna andra del i serien om rumsakustik skall därför handla om hur man lämpligast gå till väga för att kartlägga ett rums akustiska egenskaper, samt hur man anpassar det för återgivning av musik. Även några tips om metoder att utan mätinstrument skaffa sig en uppfattning om ett lyssningsrum innehålls. Artikeln bygger på fakta etablerade under en mängd studier, utförda post 1978.

Grundprincip för förståelse av lyssningsakustik

Ett lyssningsrum kan i de allra flesta fall betraktas som en "loge" som lyssnaren sitter i och som framåt är öppen mot musikerna/ljudbilden (eller egentligen illusionen av dem).

Man kan alltså dela upp lyssningsrummets akustiska påverkan på vår musikreproduktion i två halvor:

Den första, främre halvan är den som påverkar ljudbilden, det vill säga den del av akustiken som vår hjärna inte kan skilja från direktljudet från högtalarna.

Om denna halva av lyssningsrumsakustiken har en markant inverkan på direktljudet från högtalarna har vi en dålig återgivning — en oanvändbar monitorlyssning — d v s vi kan inte vara säkra på att vi uppfattar musiken som den spelades ursprungligen. Däremot behöver det inte nödvändigtvis uppfattas som "dåligt ljud" av alla lyssnare. (Exempelvis finns det ju många som, åtminstone inledningsvis, tycker att det låter "bra" när man ställer en di- eller en bi-polhögtalare någon dryg meter framför en reflekterande vägg, trots att ljudbildens alla transienter — oavsett det svårfrånkomliga faktum att inspelningens innehåll av tidiga reflexer blir dubblerade.

Återgivningen är förfärlig — omän på ett i vissa öron tvärligt sätt.)

LJUBILDHALVAN KAN BESKRIVAS OBJEKTIVT

Ljudbildshalvan av rummets akustik kan vi mäta, beskriva och värdera med objektiva data. Kraven för att ljudbilden skall bevaras så oanfrätt som möjligt är (förenklat) att vi skall ha så få och svaga reflexer som möjligt från lyssningsrummets "högtalarhalva" inom de första 10 millisekunderna efter att direktljudet från högtalarna anländer våra öron. Viktigast är därför att direktreflexer från golvet och från väggen bakom högtalarna (samt i förekommande sidoväggar nära högtalaren) dämpas så kraftigt som möjligt.

Reflexer som kommer senare än 15 ms (5 meters gångväg) är generellt harmlösare än de tidigare av reflexerna. De "sena" reflexer som kommer från väggen bakom högtalaren bör dock vara diffuserade för att inte förändra/störa upplevelsen av ljudbilden.

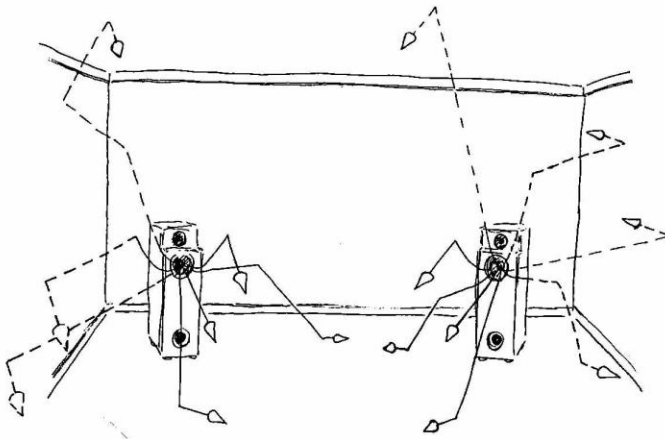
(Reflexer som kommer tidigare än 2 ms efter ljudkällans direktljud upplevs som snällt diffuserande/upplösningsminskande (speciellt om de är multipla och har lite lägre bandbredd än direktljudet). Bredbandiga reflexer (speciellt ensamma) inom intervallet 1 - 5 ms låter illa och förgrumlar ljudbildens inspelade dimensioner och klang. Odiffuserade reflexer som kommer inom 6 - 15 ms uppfattas ofta som rumsligt förskönande, främst vad djupdimensionen beträffar.

■ *Upplösningsminskande reflexer i intervallet 0 - 2 ms (0 - 68 cm) kommer från t ex dåliga övergångar mellan element och baffel, kantreflexer från illa utformade högtalarlådor, första interna reflexen från högtalarlådan eller elementschassi/membrant samt blandningar mellan flera element som arbetar i samma register. Reflexer från illa utformade delningsfilter förekommer även ymnigt. Små och platta väggmonterade högtalare får även sin bakväggsreflex i detta intervall.*

■ *Elakartade störningar i intervallet 1 - 5 ms (34 cm - 1,7 m) hittas främst golvreflexen, interna och externa reflexer från större högtalare (speciellt ljudledningar och horn men illa utförda basreflex- och slutna lådor kan uppvisa samma problem) samt reflexen från väggen bakom högtalaren då di- eller bipolhögtalare används. Tak och sidoväggar är harmlösare p g a riktningarna*.*

■ *Efter 6 ms (> 2 meter) har i regel högtalaren själv och dess närmiljö slutat avge ljud. Undantaget är då en bi eller dipol placerats mer än en meter från en odämpad bakväggen, då ju en mycket kraftig bakväggsreflex uppstår. Annars återstår bara reflexer från rummets mera avlägsna angränsningsytor, som ju vanligtvis kommer från sådana riktningar att vår hjärna lätt avskiljer dem från upplevelsen av ljudbilden.*

Är återgivningen målet är givetvis alla dessa reflexer destruktiva, i fallande viktighetsgrad.)



"Ljudbildshalvan" vid stereofonilyssning

Den andra, bakre halvan av lyssningsrummets akustik är den som avgör hur vi uppfattar vår "lyssningsloges" klang. Denna kan i de allra flesta fall tillåtas att variera en hel del mellan olika rum utan att vi egentligen uppfattar musikernas insatser olika, även om det är lätt att höra att vi då sitter i olika "loger".

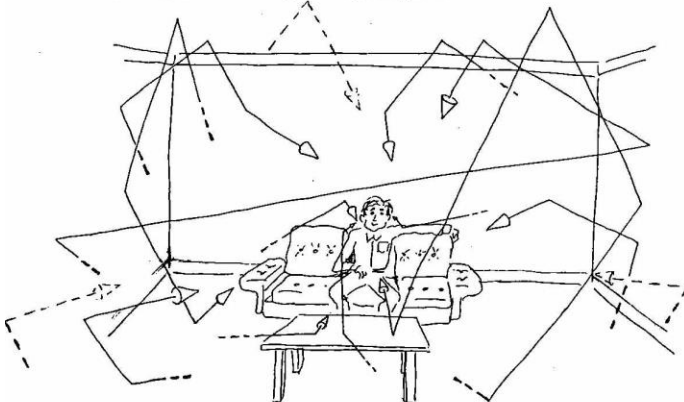
LOGEHALVAN FÖREMÅL FÖR TYCKE OCH SMAK...

Lyssningsrummets bakre halva kan vi främst värdera med subjektiva metoder. Det finns följdriktigt en mångfald uppfattningar om hur ett lyssningsrum skall vara utfört akustiskt. Tyvärr är inte alla på det klara med att detta *måste* få vara underordnat personligt tycke och smak. Några absoluta sanningar finns inte.

Inte heller hindrar det att en och samma människa från tid till annan kan ändra uppfattning om vilken miljö man helst vill sitta och lyssna på musik i. Det finns få absoluta "fel" eller absoluta "rätt", lika lite som det går att definiera om den ena eller den andra soffan att sitta och lyssna i är fel eller rätt — eller att det skulle vara fel eller rätt att dricka det vinet eller den espressoblandningen eller cognacsorten till musiklyssnandet. Det är upp till lyssnarens personliga smak helt enkelt!

...MED NÅGRA UNDANTAG

Vissa påtagliga och odiskutabla egenskaper, som t ex störande fläktsystem, eller jättelika basresonanser — som inte skulle ha kunnat uppkomma om logen verkligen hade varit öppen framåt — kan dock tvivelsutan räknas till klara felaktigheter i logehalvan. Möjligen kan man oxå hävda, med stöd i audiologiska fakta, att stereosystemets begränsningar blir mer eller mindre påtagliga i olika lyssningsmiljöer.



"Loge" vid stereofonilyssning

Vad tillhör ljudbils- respektive logeklang?

■ Vid frekvenser över ett par hundra Hz kan man förenklat säga att alla direktreflexer som kommer från golv och vägg bakom högtalaren kommer att påverka hur vi uppfattar ljudbilden (d v s musiken). I viss mån kan även reflexer från sidoväggarna ha betydelse för vår upplevelse av musikernas klang, åtminstone om högtalarna står nära sidoväggarna.

■ I basområdet emellertid, där våglängderna är långa, smälter allt samman och det blir allt svårare att härleda den ena eller andra reflexen till upplevelsen av ljudbild eller loge-klang. Basområdets beteende måste därför relateras till hur vi hör att lyssningsrummet låter då vi själv pratar i det (och vårt synintryck av lyssningsrummet!). Så tillvida får vi en referens — och kan avgöra om ljudbildens klang är färgad eller ej, d v s om den stämmer med hur det "borde" låta i logen ifråga.

Exempel: Har vi en "fet klang" i lyssningsrummet då vi pratar i det upplever vi reproduktionen som kylig om tonkurvan från högtalarna ändå är rak på lyssningsplats. Den "borde" ju varit bashöjd, eftersom vi sitter i en bashöjande "loge"!

Omvänt så upplever vi ljudet som bumligt om vi kan mäta en kraftig bashöjning på lyssningsplats, trots att rummet i övrigt har ljus klang; då "borde ju" ljudbilden klinga ljus oxå.

Bedömningen av "logens" klang gör vi normalt helt omedvetet, så snart vi kommer in i ett rum. Endast i rum med extrem akustik lägger man medvetet märke till hur det låter.

Mätningar av högtalares tonkurvor på lyssningsplats är oftast av tvivelaktigt värde

En förutsättning för att kunna avgöra hur högtalarna "skall mäta" vid lyssningsplats, är alltså att man har en uppfattning om hur rummet påverkar andra ljud som finns i det, som den loge det ju är.

Omvänt kan man konstatera att det för högtalar-dimensioneringens skull (för konstruktören alltså) inte är meningsfullt att göra mätningar av tonkurva på lyssningsplats i olika lyssningsrum. Sådana mätningar blir mera missledande än bidragande med viktig information. Högtalarens samverkan med sin närmiljö, i alla olika riktningar, är det viktigaste, ty detta malar ljudbilden.

Däremot kan det ibland vara poäng att göra tonkurvemätningar på lyssningsplats om man har speciella problem (t ex svåra basresonanser) med sin "loge-klang". Goda högtalare krävs dock om inte mätningarna skall bli missvisande även ur denna synvinkel.

Analys utan mätinstrument

För att kunna åtgärda ett rum måste man veta vad det är för fel på det. Man kan, åtminstone lite grovt, skaffa sig en uppfattning om ett rums akustiska karaktär utan hjälp av mätinstrument, åtminstone om man har något lite vana av rumsakustiska förhållanden. Exempelvis är det lätt att avgöra om ett rum har kolossalt låg dämpning (t ex ett badrum) eller om det har vansinnigt hög dämpning (t ex en matthandel). En såpass grov bedömning klarar vem som helst av att göra, genom att bara skrika lite i det och kanske klappa händerna.

Steget från att avgöra om ett rum är dåligt till att kunna åtgärda det kan dock vara ganska långt och krävar framför allt kunskap.

Noggrann analys kräver mätinstrument

Att analysera ett rum med tillräcklig precision för att kunna avgöra exakt vilka åtgärder som behövs vidtagas (med bättre specificeringar är "öka dämpningen",

"minska dämpningen" eller "tillför diffusorer") är svårare än att bara bilda sig en uppfattning om rummet.

Att klappa händer på olika platser i lyssningsrummet kan fortfarande ge viss kunskap om rummets specifika problem i efterklangskaraktären. Genom att springa omkring lite och prata och ge ifrån sig diverse olika läten (gärna märkliga då det är påkallat) kan man även få en uppfattning om beteendet en god bit ned i basområdet. Även ett absolut gehör hjälper i bedömningen.

Skall man kunna göra en mer precis beteendeanalys av ett rum — d v s vad som (tillsammans med kunskap) behövs för att kunna utföra mer precisa åtgärder mot dess problem — så krävs mätinstrument, tyvärr. Viss hjälp kan man dock ha av en exakt ritning på rummet ifråga.

Man skall dock ha i minnet att det i de allra flesta fall bara är i det lägsta basområdet som ett lyssningsrum är i behov av "precisa åtgärder"!

BÖRJA ALLTID MED DÄMPNINGEN

Skall man utan mätinstrument analysera ett rum vars huvudsakliga dämpning kommer av ett enda eller ett fåtal objekt, t ex en heltäckningsmatta och/eller en soffa eller ett par gardiner, kan man börja med att lyssna efter problem med kraftigt frekvensberoende absorption. Klappa händerna och lyssna efter vad som händer då ljudet dör ut. Framförallt heltäckningsmattor har ofta frekvensberoende absorption, och ger en tillika frekvensberoende efterklang. Upptäcker man sådana fenomen (alltså att efterklangen dör ut i form av mystiska "flirp-ljud" med lätt urskiljbara toner, istället för en mera jämnt döende efterklang) bör rummet kompletteras med annan dämpning. Exempelvis en ryg på heltäckningsmattan, tjocka stoppade soffor eller andra textila element. *Ett bra mål är en efterklangstid understigande 0,4 sekunder för alla frekvenser över 250 Hz.*

Tips: Ju större rum man har till sitt förfogande, desto mera grunddämpning av rummet (golv, textilmöbler och eventuella gardiner) krävs, eftersom stora rum från början har en längre efterklangstid än små rum.

Däremot behöver stora rum inte så mycket diffusorande element som små rum, eftersom de har färre reflexer inom det för örat känsligaste tidsintervallet. (Diffusion återkommer jag till senare i artikeln.)

När man har åstadkommit tillräcklig dämpning, gärna med så många olika typer av absorbenter som möjligt (gardiner, mattor på mattor och olika typer av sittmöbler och kuddar eller några roliga mjukdjur?) vidtar problemen i basområdet.

Lägre basområdet

Att kartlägga basområdets allra lägsta område för att kunna vidtaga lämpliga åtgärder utan vare sig mätinstrument eller ett absolut gehör går bara inte! (Även ett absolut gehör brukar vara otillräckligt då de flesta absoluta gehör fungerar dåligt på övertonsfattiga sinustoner vid låga frekvenser — som ju ståendevågor i rum är.)

Åtgärder i lägsta basområdet görs bäst selektiva (smalbandiga) och dimensioneras då olika för resonans vid t ex kontra "F" (43,65 Hz) eller ett "C" i stora oktaven (65,41 Hz). Det är alltså svårt att utan mätinstrument göra vettiga insatser för att klara upp problem i lägre basregistret, man kan inte chansa på vid vilka

frekvenser de ligger. Jag lämnar därför tillsvidare detta problem men återkommer senare i artikeln.

Övre basregistret

I det övre basregistret emellertid är det betydligt lättare. De högre ordningens resonanserna (främst halvåg och 1,5-våg) har nämligen lägre Q-värden (är mindre resonanta), men är istället desto fler. I klartext betyder detta att man inte behöver lika selektiva basabsorbenter som i det djupa basområdet, däremot behöver man ofta stor absorption. Det enklaste sättet att klura ut var i övre basregistret man bör lägga centerfrekvensen för dämpningen är att räkna ut "medelsträckan" i lyssningsrummet; närmare bestämt bredden + djupet + höjden delat med tre. Sen räknar man bara ut vid vilken frekvens detta mått utgör precis en våglängd.

Exempel:

Ett rum med måtten 5,5m * 4m * 2,4m (b*h*d) får medelsträckan: $(5,5+4+2,4) / 3 = 3,97m$.
Ljudhastigheten 340(m/s) / 3,97(m) ger frekvensen 85,64 (Hz).

Ett mindre rum om 4m * 3,1m * 2,3m ger:
 $(4+3,1+2,3) / 3 = 3,13m$.
340(m/s) / 3,13(m) ger frekvensen 108,62 (Hz).

Vanligen hamnar man någonstans runt 100 Hz med sina bredbandiga basfällor för det övre basområdet. Normalt behöver man inte ens specialdimensionera dessa absorbenter, utan bredbandiga 100 Hz-absorbenter skulle kunna vara stapelvara hos väl sorterade snabbköp för akustikprylar!

Registret över 250 Hz

När man är färdig med grunddämpningen av lyssningsrummet och åtgärdat resonanserna i basområdet återstår registret över 250 Hz. Detta register kräver normalt ingen ytterligare dämpning utöver grunddämpningen av lyssningsrummet, däremot kan det bli nödvändigt att införa ett större eller mindre antal *diffuserande element* i rummet.

Fladderekon uppstår när ett ljud av transient natur studsar fram och tillbaka mellan två parallella väggar. "Ekona" kommer dock så tätt att man inte uppfattar den som riktiga ekon, snarare låter fladderekon som övertonsrika "brumljud", som helt saknar grundton. Ett "smattrande" helt enkelt (visst är det fint med onomatopoesi!). Man letar bäst när man redan uppnått tillräcklig grunddämpning i rummet. Bästa metoden är att gå runt i rummet och klappa händerna, och bäst resultat (d v s bäst fart på fladderekona) får man då man ställer sig mellan de misstänkta parallella nakna väggytorna, med en fjärdedel av avståndet till den ena och tre fjärdedelar till den andra. Klappa händerna 25 cm rakt framför ansiktet. Uppstår ett tydligt fladder bör åtminstone den ena av de båda väggytorna diffuseras (obs: ej dämpas!) på ett eller annat sätt. Utmärkta diffusorer är tavlor, små hyllor med grejor på eller liknande attiraljer, även lite fylligare växter i mängd hjälper i någon mån till.

Riktigt effektiv diffusering får man med riktiga diffusorer — paneler som utformats så att alla infallande transienter omvandlas till en diffus ljudutstrålning, såväl i tiden som i rummet. Även diffusorer borde vara stapelvara i snabbköp för akustikprylar!

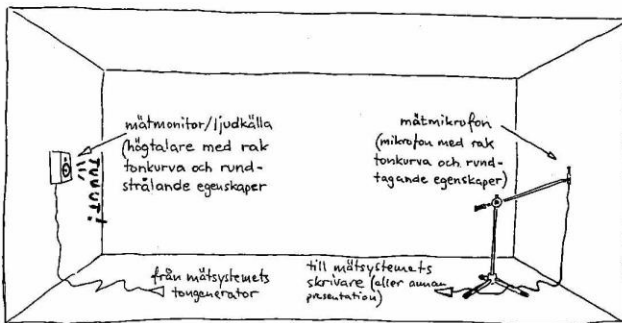
Mätningar med instrument

När man skall ge sig till att mäta upp, eller säg kartlägga, ett lyssningsrums egenskaper i djupbasområdet är det viktigt att välja mätmetoder med så hög selektivitet som möjligt. Annars kan det vara näst intill omöjligt att dra några slutsatser från mätningarna.

Min erfarenhet är att de effektivaste mätningarna (som går att använda i alla någotsånär rektangulära, L-formade, kubiska rum eller rum med etage-formationer — kort sagt alla rum som innehåller räta vinklar) är systematisk kartläggning av resonansmoderna i tre dimensioner. Detta går till på följande sätt:

Mätningen

1. Placera en monitorhögtalare (högtalare med så rak tonkurva som möjligt och så rundstrålande spridningsegenskaper som möjligt) mitt på t ex en av rummets kortsidor (mitt på betyder här mitt på såväl i höjd- som i sidled).
2. Placera därefter en mätmikrofon (eller annan rundtagande mikrofon med så rak tonkurva som möjligt i basområdet[®]) mitt på den motstående väggen.
3. Mät därefter tonkurvan i överföringen från vägg till vägg i det aktuella fallet. Tonkurvan kommer att visa stora nivåmaxima (ofta på uppåt +10 → +15 dB) vid samtliga av basområdets ståendevågor som rör sig i dimensionen mellan de båda kortväggarna.



Upprepa därefter samma procedur mellan långväggarna samt därefter mellan tak och golv (rektangulärt rum förutsätts). Var hela tiden noga med att placera såväl mätmonitor som mätmic så nära centrum av sin respektive yta som möjligt. Har rummet en mera komplicerad form än ett vanligt fyrkantigt får man försöka göra en bedömning av vilka resonansmoder som kan uppstå och utföra kompletterande mätningar i dessa moder.

Analysen

Genom att titta på de framfådda (heter det så?) mätkurvorna kan man lätt avläsa resonansfrekvenser (bara att avläsa frekvensen på pappret) och resonansernas storlek (amplituden vid resonans). Vill man även söka svar på resonansens varaktighet (Q-värde) bör man i efterhand utföra en efterklangsmätning vid alla de frekvenser där större resonanstopp kunnat observeras.

Har man ingen utrustning för detta kan man ändå skaffa sig en rimligt god uppfattning genom att från tongenerator-förstärkare-högtalare tuta ut de aktuella tonerna i rummet, och själv ställa sig på mikrofonens plats. När man letat upp den resonansfrekvens man vill undersöka efterklangstiden på, så stänger man frankt av tonen och lyssnar efter hur länge den lever kvar i rummet. Har man svårt att avgöra om tonerna lever

kvar eller inte så har man antingen lite udda hörsel, eller oxå ett alldeles förträffligt rum! Grattis i sistnämnda fallet.

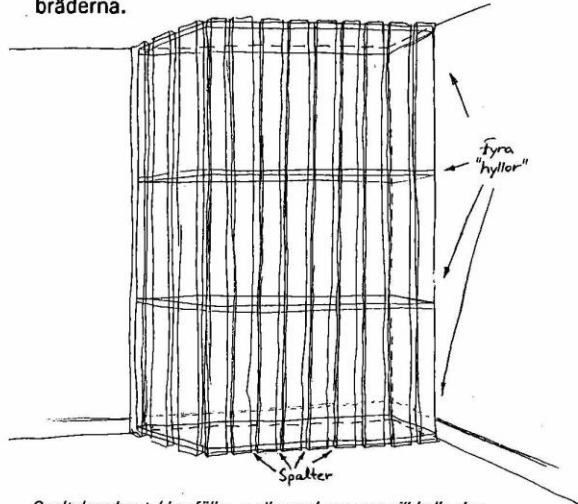
Åtgärder

Problem i basregistret är knepiga att handskas med. Detta beror till stor del på våglängderna om flera meter som vi har att göra med. Dessa medför att vi i närheten av stillastående väggar har väldigt små partikelrörelser, medan vi långt ut i rummet har stora rörelser (men små ljudtryck). Detta leder till att det är svårt att absorbera energin från en ståendevåg i basregistret med hjälp av en väggplacerad dämpskiva. För att kunna absorbera basfrekvenser måste vi långt ut i rummet, och där vill vi ju inte ha en massa dämpskivor!

Ett flertal metoder att kunna ta hand om bas även i väggarnas relativa närhet finns dock. De bygger alla på att man med en eller annan typ av mekanisk resonator gör väggen "mjuk", mer eller mindre smalbandigt, så att vi kan få upp luftpartikelrörelserna — och därmed absorbera energin i ståendevågen med vanligt dämpmaterial. Den bästa resonatorn (och den enda jag kommer att gå in på här) är helmholtzabsorbenten eller vad man nu vill kalla den.

Spaltabsorbenten

Principen är att man smäller upp ett antal horisontella "hyllor", vanligtvis 4 stycken, på väggen som skall förse med spaltabsorbent. Därefter klär man väggen med vertikala plankor/brädor som spikas mot de horisontella hyllorna. Genom att lämna ett litet mellanrum mellan varje plank bildas en resonator där vikten på luften i spalterna fjädrar mot den inneslutna luftmängden som bildas mellan de vertikala plankorna/bräderna och väggen. Sistnämnda luftvolym bestäms alltså primärt av hyllornas djup. Normalt är att man använder ett medeldjup av ett par decimeter eller någonting ditåt, samt sedan bestämmer avstämningens frekvensen med hjälp av spaltbredden mellan de vertikala plankorna/bräderna.



Spaltabsorbent / basfälla — eller vad man nu vill kalla den. Spalterna blir mycket smala (någon m m) och absorptionsförmågan begränsad om man inte dimensionerar fällan med tillräckligt djup.

Sist men inte minst är det viktigt att absorbera effekt och inte bara tillföra en ny resonans i det redan tidigare resonansdrabbade rummet! Vi fyller helt enkelt hela basfällan (se där! Ytterligare ett namn) med glasull.

Här vill jag komma med ett litet påpekande om att resonatorn måste dimensioneras med hänsyn till värmeabsorptionen i glasullen. Missar man detta kommer avstämningen att hamna för lågt. Mer om detta efter formlerna för dimensioneringen.

Om du känner dig osäker på dimensioneringen så anlita en akustiker, gärna två, ty det är inte alltid de är överens! Jag har sett exempel på de mest härresande dimensioneringar, även från professionella akustiker!

Finns det risk att "döda" basen?

En basfälla "äter" bas, det råder det naturligtvis inget tvivel om. Detta har, olyckligtvis, resulterat i en stor rädsla för användandet av basfällor, även bland professionella akustiker! Repliker som "jo, men man måste akta sig så att man inte tar bort för mycket" tyder på bristande insikt.

För att kunna komma fram till någon slutsats om vad applicerandet av vettig basdämpning i ett rum resulterar i så måste vi först förstå vad det är som basfällan egentligen äter upp:

1. En basfälla äter inte upp ljudet från högtalaren, det är ju helt givet, detta ljud passerar ju lyssnaren innan det når fällan. (Man bör alltid placera basfällorna i den från högtalarna mest avlägsna av de två tryckmaxima i varje nod.)

2. Inte heller tar en basfälla bort stödet från de till högtalaren närliggande begränsningsytorna (golv och bakre vägg t ex) — vilket ju oxå är trevligt om högtalaren nu råkar vara konstruerad för att finnas i ett verkligt rum (vilket i och för sig alltför få högtalare är).

3. Det som en basfälla "äter upp" är inget annat än de pålagrade basljud som ståendevågen i rummet bidrar med, och här kommer det allra intressantaste:

Det är inte sant att ljudtrycket i basen generellt sjunker då man applicerar basfälla/fällor i sitt lyssningsrum, ty den pålagrade ståendevågen ligger ur fas med direktljudet i lika stor del av rummet som den ligger i fas!

Det resultat som kan förväntas (förutom att basåtergivningen blir påtagligt mycket bättre artikulerad) är att medelnivån i basregistret sjunker nära väggarna (där det från början var för högt) medan det stiger i mitten av rummet (där det från början var för lågt). Ett lite klämtjäckt sätt att beskriva det på kan vara: Bumligheten nära väggarna och ihållighålligheten i mitten av rummet reduceras/försvinner!

Goda stämningar finnes ej

För att inte drabbas av ett otal stämningar från folk som byggt misslyckade absorberer efter mina exakta beskrivningar kommer jag i denna artikel inte att presentera några sådana detaljerade beskrivningar, utan endast ett fåtal mycket fundamentala formler. Den som inte klarar av att utifrån dessa snickra ihop en basfälla har säkert andra talanger, men bör avstå från att prova på att snickra akustiska verktyg på egen hand.

1. Resonans: $\omega_0 = \sqrt{k/m}$
2. Fjädring: $k = 142800 \cdot Sa^2 / V$

3. Volymen i spalten kan räknas som:

$$v = n \cdot h \cdot b \cdot (d + 1,5b)$$

(antalet spalter * spalthöjden * spaltbredden * spalt-djupet plus 1,5 ggr spaltbredden)

- k = fjädringskonstant (i spalten) (enhet N/m)
 m = massa (hos luften i spalten) (enhet kg)
 Sa = spaltarean (på absorbenten) (enhet m²)
 V = volymen (i absorbenten) (enhet m³)
 v = volymen (i spalterna) (enhet m³)
 ω_0 = vinkelfrekvensen (enhet rad/s)

Specifika vikten för luft är 1,3 kg / m³.

När basfällan fylls med dämpmaterial brukar resonansfrekvensen (= $\omega_0/2\pi$) minska med ca 10 % (p g a minskning av den adiabatiska termiska kompressionskonstanten (1,428) med runt 15 % (till ca 1,2)). Den bör alltså beräknas för ca $1/\sqrt{0,85} = 1,08$ ggr högre frekvens än önskat slutresultat.

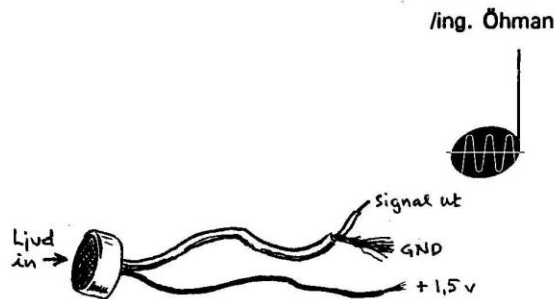
Basfällan skall fyllas med opackad glasull.

Var särdeles noggrann med att få det ordentligt tätt mot golv och vägg så att basfällans inneslutna luft bara kan passera ut i lyssningsrummet genom de därför avsedda spalterna.

Lycka till!

I del tre av artikelserien om rumsakustik...

Nästa gång kommer jag att berätta lite om "rumsellipsen". Hört talas om den? Skulle inte tro det, men jag kan avslöja att det handlar om högtalarplacering och, inte minst viktigt, placering av lyssnaren!



©Lämplig och billig mätmikrofon av elektrettyp kan köpas från ELFA, nr: 30-105-01. Mikrofonen kostar 25:05 + moms och matas från ett vanligt 1,5 volts batteri (av valfri storlek). Specifikationen på mikrofonen säger "Frekvensområde: 50 - 10 000 Hz". Inga toleranser anges, men mikrofonen är rimligt rak inom detta område (åtminstone inom 6 dB).

Har man högre krav kan man även beställa en liknande elektretmik från LTS! Jag råkar nämligen ha en uppsättning mikar av annat fabrikat som jag mätt upp och kollat. De har alla en tonkurva som ligger inom ± 1 dB 30 - 7 000 Hz samt inom $\pm 2,5$ dB 25 - 12 000 Hz.

Sätt bara in 100:- på vårt pg konto 13 18 00 - 5 och ange "mätmick" på inbetalningsblankettens vänstra halva. Mikrofonen levereras med en typisk tonkurva för mikrofonen. Tar man hänsyn till denna medleverade kurva kan man mäta med mycket hög precision!

/red