

Akustik – del 3

Luften, örat och hjärnan

Text: Claes Olsson & Björn Asplind

Bild: Claes Olsson & Björn Asplind

För att förstå akustik och akustiska fenomen samt hur vi uppfattar/tolkar ljud finns det en del saker man måste känna till och förstå. Det handlar om den fysikaliska verkligheten, öronens funktion samt psykoakustik. Vi hoppas att artikeln kan hjälpa dig att reda ut vissa begrepp och funktioner.

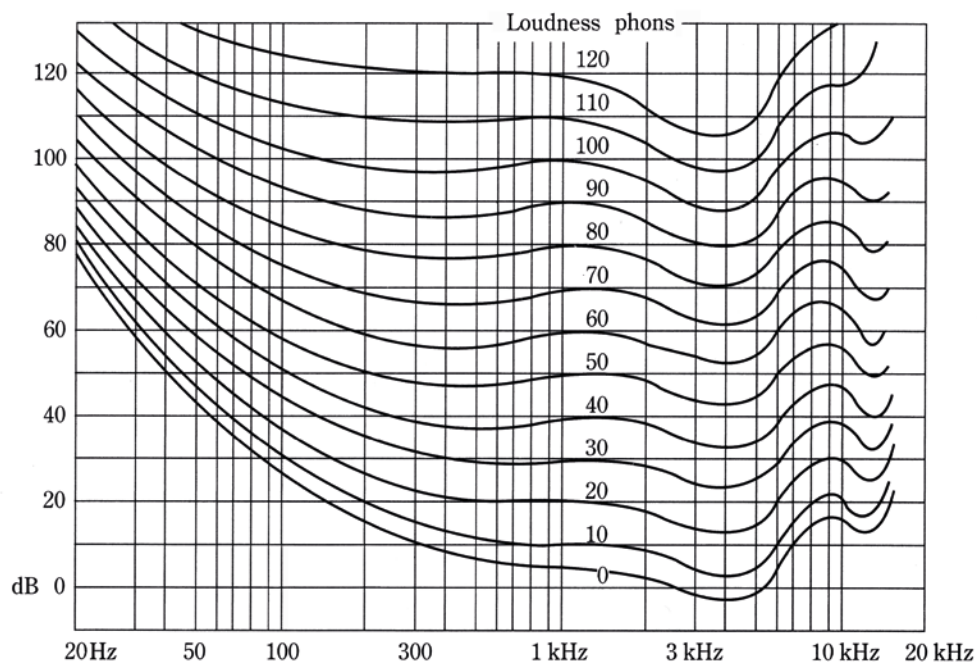
Perception av ljud

Akustik och ljud tillhör våra fysikaliska grunder och detta kan vi inte ändra på. Att vi upplever ljud på olika sätt beror på perception, alltså vad våra sinnen tolkar på grund av vad vi lärt oss genom livet. Det är först när ljudvågorna via örat når hjärnan som ljudet tolkas.

Perception är ett psykologiskt begrepp för de processer som är aktiva i att tolka sinnesintryck. Hur starkt ett ljud uppfattas beror dels på ljudtrycket och dels på ljudets frekvenssammansättning. Det mänskliga örat har ett brett känslighetsområde och hörselsinnet kan uppfatta ljudtryck från 20 μ Pa till 20 Pa. Det starkaste ljud som en människa kan stå ut med kallas smärtgräns. Smärtgränsen är en miljon gånger större än det lägsta ljud (hörtröskel) som vi kan uppfatta.

Med hörtröskel menas det svagaste ljud som en person med normal hörsel kan uppfatta. Efter som effekten av ett ljud påverkas av dess frekvensinnehåll innebär det att hörseln inte är lika känslig för låga frekvenser som för höga frekvenser. En ton på till exempel 70 dB vid 63 Hz uppfattas därför inte som lika stark som en ton på 70 dB vid 1 000 Hz. Örat är dessutom mest känsligt inom frekvensområdet 2 000 - 4 000 Hz. Detta innebär att örat, vid lägre respektive högre frekvenser, är mindre känsligt. Normal hörtröskelnivå anger de lägsta nivåer som en genomsnittlig ung person kan höra vid olika frekvenser. Det kan dock förekomma avvikelser beroende på exempelvis ålder och andra individuella skillnader.

Hörseln är också kopplad till volym. Det vill



säga ju starkare ljudtryck desto mer hör vi i basen och diskanten. Förr fanns det ofta en knapp att trycka in på vår stereoapparat där det stod Loudness. Denna funktion höjde basen och diskanten lite mer när vi spelade med låg volym. Funktionen var till för att kompensera för vårt lyssnande. Det fanns också något som hette fysiologisk volymkontroll som hade ungefär samma funktion.

Ovanstående bör man också tänka på i olika ljudsammanslagningar. Det händer alltför ofta att man höjer volymen alltefter som dagen går. När man kommer till studion nästa morgon så undrar man

varför det spelar så högt. Det är vanligt att man smyghöjer utan att märka det.

Det har med örats funktioner att göra. Det finns faktiskt en liten muskel som stänger till lyssningen lite när vi blir utsatta för höga ljudtryck och den släpper ganska så långsamt. Ju tystare miljö vi har i vår bostad när vi sover desto bättre för att kunna ha en bra lyssningsförmåga.

Rikttningsbedömning

Hjärnan använder sig av flera faktorer för att fastslå varifrån ett ljud kommer ifrån. De faktorer

som är viktigast är: amplitudskillnad, tidsskillnad samt frekvensskillnad mellan öron.

Avståndsbedömning

Faktorer som hjälper oss att bedöma avstånd är:

- Förhållandet mellan direktljud och efterklang.
- Direktljudets volym i förhållande till efterklang.
- Rummets påverkan på direktljud och efterklang.
- Ljudets frekvens- och transientinnehåll.
- Synen och förväntningarna.

Hörseln är mer kopplad till känslor än vad synen är, därför påverkas en människas känslor mycket mer av ljud.

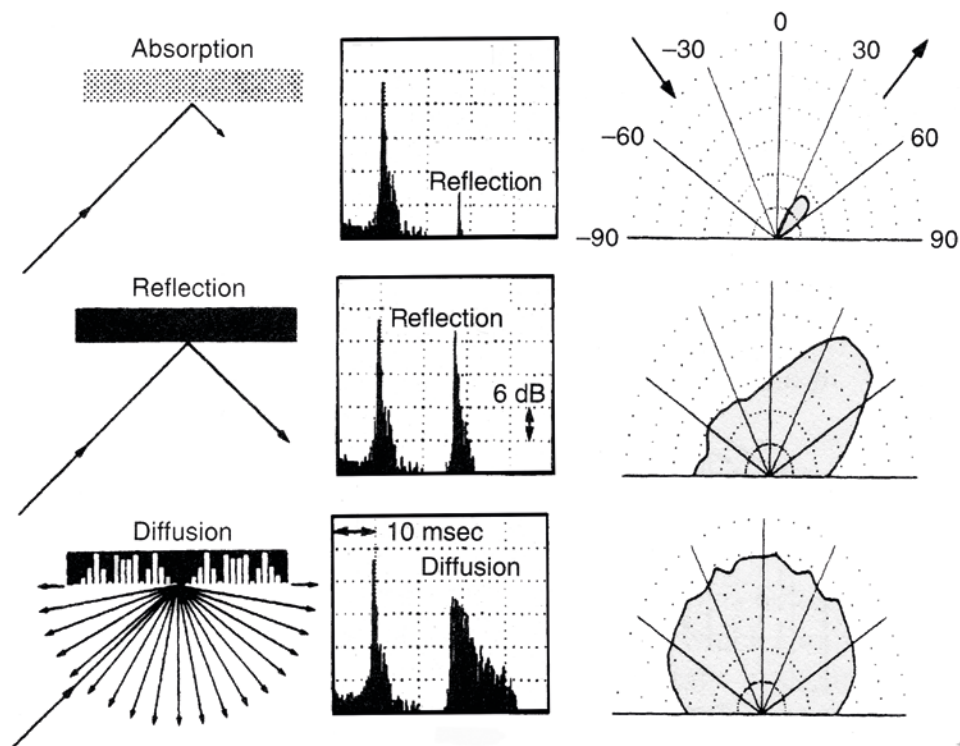
Reflexion

När en ljudvåg träffar till exempel en vägg kommer en del av den infallande ljudenergin att reflekteras i väggytan, en del kommer att omvandlas till värmeenergi, det vill säga absorberas av väggen, och en del kommer att passera genom väggen.

Hur stor del av energin som kommer att absorberas av väggen beror på vilket material väggen är byggd av. Samt i viss mån även hur stabilt väggen är monterad.

Ljudabsorption

Ljudabsorptionsfaktorn för ett material definieras som förhållandet mellan den energi som absorberas eller passerar genom materialet. Ab-



sorptionsfaktorns storlek varierar mellan 0 vid total reflektion och 1 (100%) vid total absorption. Med en ytas ljudabsorption avses produkten av absorptionsfaktorn (α) och ytans storlek (S). Hårda styva ytor till exempel betong, kakel, putsat tegel eller lättbetong har en faktor nära noll. Den är som högst för mycket porösa mate-

rial såsom mineralull och vissa textilier. Värdet kan även variera beroende på tjocklek och olika typer av montage av ett och samma material. Absorptionsfaktorn är frekvensberoende och anges i oktav- eller tersband. Absorptionskurvornas utseende varierar därför för olika typer av material.

Viktiga akustiska begrepp

Psykoakustik är läran om hur människans öra, hjärna och sinnen uppfattar ljud, (perception), det är alltså skillnad på hur olika människor uppfattar ljud och hur ljudet egentligen låter. Det är många faktorer som gör att vi uppfattar ljud på ett annat sätt än ett linjärt mätinstrument.

Boundary-effekten

Låt oss säga att en högtalare placeras nära en yta så kommer delar av ljudet att reflekteras och resultera i en basökning på 6 dB per närliggande yta. Detta gör att om du placerar en högtalare i ett hörn så ökar basen med 18 dB. Denna metod kan även utnyttjas i mikrofoner för att förstärka låga frekvenser.

Maskering

Detta är en effekt som alla har upplevt. Fenomenet handlar om hur ett ljud kan maskera ett annat ljud. Tänk att du sitter och pratar med en kompis och rätt som det är dyker det upp

två andra kompisar som ska se en match på TV. Nu blir det allt svårare att höra vad du och din kompis pratar om. Då de andras prat samt TV-ljudet överröstar/maskerar helt enkelt er dialog. I ljudbranschen används maskering bland annat till brusreducering och digital komprimering. Det är också därför man vanligtvis skär bort frekvenser i en mix innan man höjer andra för att minimera riskerna att få en mix som låter luddig.

Cocktailparty-effekten

Den kan beskrivas som hjärnans förmåga att fokusera på en ljudkälla och ignorera andra samtidigt. Detta är hjärnans sätt att motverka maskering och Haas-effekten. Denna effekt kan man öva upp och är ett måste som ljudtekniker.

Binaural fusion

Detta är hjärnans förmåga att bestämma från vilken riktning ett ljud kommer ifrån. Hjärnan jämför information från varje öra och översätter

sedan skillnaderna till en sammanslagen uppfattning om var ljudet kommit ifrån.

Haas-effekten

Den beskriver vår förmåga att uppfatta riktningen hos olika ljud. I de fall ljud når vårt vänstra och högra öra precis samtidigt och med samma ljudintensitet så kommer vi att uppfatta ljudet rakt framifrån. Ifall det blir en tidsfördröjning till det ena örat kommer vårt hörselsinne att uppfatta en sidoriktning. Haas-effekten kallas även tidsskillnadseffekten.

Haas-zonen

Den uppstår när två ljud kommer tillräckligt tätt intill varandra. Då kommer hjärnan att uppfatta dessa som ett ljud. Tiden för detta är 0-50 millisekunder och kallas för Haas-zonen. Ljudet som kommer tätt intill det första kan vara upp till 10 dB starkare innan hjärnan börjar uppfatta det som två separata ljud. Haas-zonen kan dock variera beroende på vilken typ av ljud det är. ►

Dopplereffekten

Detta är ett fysikaliskt fenomen. Frekvensen hos en ljudsignal förändras beroende på om källan närmar sig eller avlägsnar sig i förhållande till observatören. Resultatet blir att ljudvågorna komprimeras i ljudkällans riktning. Detta leder till att när ljudkällan närmar sig så komprimeras ljudvågorna och en tonhöjning sker.

När sedan ljudkällan försvinner bort så expanderar ljudvågorna igen och en tonsänkning sker. Ett typiskt exempel på dopplereffekten är när ett utryckningsfordon med påslagna sirener kör förbi dig.

Harmonisk distorsion

Beskriver hur örat börjar producera harmoniska övertoner när det blir utsatt för starka ljudnivåer. Detta händer vid cirka 100 dB och uppåt. Dessa övertoner som örat skapar ändrar hjärnans uppfattning av ljudets tonhöjd.

Octave Illusion

Det är hjärnans förmåga att återskapa frånvarande grundtoner. Man kan ta bort upp till två grundtoner och fortfarande veta vilken grundtonen är.

Linjär återgivning

Människans hörsel är inte linjär utan icke-linjär.

Ljud som kommer in i örat uppfattas inte av hjärnan som det egentligen låter. Fletcher & Munson tog fram kurvan ELC som står för Equal Loudness Contours. Denna beskriver människans hörsel och hur vi faktiskt uppfattar ljud vid olika ljudintensiteter.

Intermodulationsdistorsion

Är en beskrivning av interaktionen mellan olika frekvenser. Till exempel, om du spelar upp en ton på 500 Hz och en på 510 Hz så kommer 10 Hz att uppstå. De två motsatta frekvenserna måste ha en skillnad på ca 1-30 Hz för att effekten ska äga rum.

Rummens storlek

Måtten på ett rum (höjd, bredd, längd och kubisk volym) behöver bearbetas i flera beräkningsalgoritmer för att skapa bra ljud i ett lyssningsrum. Höjd, längd och bredd i m³ kommer att bestämma rummets resonansfrekvenser och i stor utsträckning även högtalarna och lyssnarens placering. Lite förenklat kan man säga att rumsvolymen är ett viktigt kriterium för val av de högtalare och förstärkare som behövs för att tillföra ett önskat ljudtryck. Det innebär att ett stort rum kräver både större monitorer och mer kraftfulla förstärkare än ett litet rum.

Den längsta rumsdimension, det vill säga rummets diagonal, avgör rummets förmåga att stödja låga frekvenser. En 20 Hz våglängd är 17 meter i längd. Lyckligtvis behöver vi bara en fjärdedel av denna dimension (4,25 m) för att uppnå adekvat

basåtergivning. Helst skulle vi vilja ha en diagonal som är lika med eller större än den lägsta frekvensen som vi önskar att generera i rummet.

Efterklangstid

Efterklangen karakteriseras av hur lång tid det tar innan ljudet har sjunkit under bruströskeln (omgivande ljud) sedan ljudkällan tystnat. Ett vanligt akustiskt mått på efterklang är att ange hur lång tid det tar innan ljudets intensitet minskat med 60 dB sedan ljudkällan upphört att generera ljud. Ett enkelt sätt att få en uppfattning om efterklangen i ett rum är att göra ett distinkt handklapp och sedan lyssna på det av klingande ljudet av reflekterat ljud – efterklangen.

Ifall vi spelar in i ett mycket dämpat rum så får vi en alldeles för kort efterklangstid och vi tappar bort de små fina diskantvågorna. Förhål-

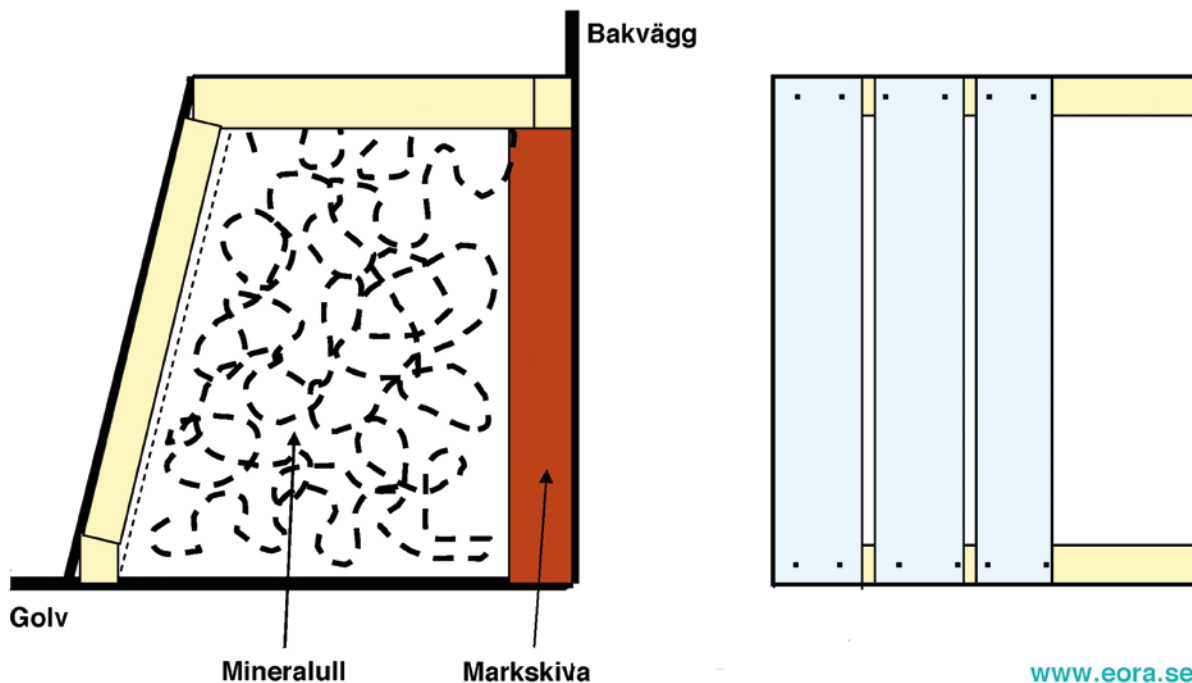
landet mellan bas/diskant blir då övervägande bas. Ifall endast ett värde på efterklangstiden anges brukar detta avse ett medelvärde över frekvensbanden 500 - 2 000 Hz eller 250 - 4 000 Hz. Ett rum kan anses ha ett diffust ljudfält om de inbördes dimensionerna (längd, bredd och höjd) har en avvikelse från varandra. Vidare ifall starkt ljudabsorberande ytor är jämt fördelade i lokalen. I stora rum med ojämnt fördelad absorption och i rum med starkt avvikande inbördes dimensioner (till exempel korridorer) bör efterklangstiden mätas eller beräknas med hjälp av datorsimulering.

När man började använda så kallade isorum fick det till följd att efterklangstiden blev kortare för det inspelade materialet än lyssningsrummets efterklang. Därav placerade man små högtalare (Auratone) på mixerbordet så kallade närfälts

monitorer för att på så sätt eliminera mycket av den upplevda efterklangen i kontrollrummet.

Rummets konstruktion

Rummet som ljudåtergivningen sker i har en mycket stor betydelse på hur ett sound låter. Rummets inverkan på ljudet är mycket större än du tror. Lyssningsrummet (kontrollrummet) är ett utrymme där man vill kunna återge många ljud med ett brett dynamik- och frekvensomfång. Därför måste lyssningsrummet anpassas för många olika typer av ljud som i princip innebär att rummet inom rimliga gränser ska bidra så



lite som möjligt med sin egen klang. Därför är det viktigt att lyssningsrummet är akustiskt neutralt. Lyssningsrummets efterklang (T60) måste vara kortare för att kunna urskilja det inspelade materialet.

Rummets väggkonstruktion har en stor betydelse för rummets basabsorption. I professionella lyssningsrum och studior är väggarna ofta uppbyggda av flera lager gips- eller plywoodskivor som är uppsatta på reglar. Den luftspalt som bildas mellan skikten fylls med någon typ av porös absorbent. Denna väggkonstruktion bildar en så kallad membranabsorbent (en typ av resonansabsorbent). Förlusterna i resonanssystemet åstadkommes genom en kombination av mekaniska förluster i membranet (gips-, plywoodskivan) och porösa absorbenter i luftspalten. Lyssningsrummets väggar kan stå för den största delen av absorptionen vid frekvenser under 100 Hz om rätt typ av konstruktion och material väljs.

Varje rum har dessutom sina egna resonansfrekvenser som skapar så kallade rumsnoder och rumsmoder (förstärkningar och utsläckningar) på bestämda ställen i rummet. Den totala sammanlagda volymen av absorberande material i rummet är också av största betydelse.

Efterklangstiden varierar med ljudets frek-

vens, eftersom rumsabsorptionen är olika stor vid skilda frekvenser.

Helmholtzabsorbenter

En Helmholtzabsorbent är ett akustiskt massafjädersystem. Det kan nämnas att i ett flertal stora kyrkor i södra Europa (Grekland, Italien, Egypten mm) finns ofta flera stora flaskor på 100–300 liter inmurade i väggarna för att minska efterklangen i basregistret.

Den består av en innesluten luftvolym och en ansluten hals, som förbinder systemet med omgivningen. Systemets resonansfrekvens bestäms av luftvolymen samt halsens längd och diameter. Den slutna luftvolymen fungerar som en fjäder och luften i halsen är en reaktiv massa. Volymen kan fyllas med olika mängder av en porös absorbent för att rätt dämpvärde skall kunna erhållas. Ljudabsorptionen sker vid absorbentens resonansfrekvens, dess Q-värde beror på systemets friktionsförluster.

Helmholtzresonatoren

En Helmholtzresonator kan användas mycket effektivt vid låga frekvenser för att dämpa vissa problematiska rumsmoder eftersom en smalbandig absorption kan uppnås. Det innebär att helmholtzresonatorer oftast blir placerade i rummets hörn el-

ler längs och i väggar där många av rumsmoderna har sina tryckmaxima. En noggrann avstämning och placering av Helmholtzresonatoren krävs för att ett önskat resultat skall kunna uppnås.

Spaltpaneler

En spaltpanel är en typ av Helmholtzabsorbent och är vanligtvis uppbyggd av brädor som ligger på ett visst avstånd ifrån varandra. Luftmassan i spalterna mellan brädorna reagerar med den fjädrande luftvolymen och bildar ett resonanssystem. Resonansfrekvensen styrs av luftvolymen bakom panelen samt brädornas tjocklek och bredd. Systemets Q-värde kan justeras genom att tillsätta olika mängder av poröst absorberande material bakom panelen.

Spaltpanel används främst vid dämpningen av frekvenser i området 100 - 300 Hz, men kan avstämmas för absorption längre ner i frekvens. Absorptionsarean vid spaltpanelens resonansfrekvens blir oftast i samma storleksordning som dess yta. Flera spaltpaneler med olika avstämningsfrekvenser kan kombineras. På det viset erhålls absorption över ett bredare frekvensområde. Spaltpaneler liksom andra resonansabsorbenter skall placeras längs väggar, hörn eller i tak där många rumsmoder har sitt ljudtrycksmaximum. **mm**

NU ÄR DET PREMIÄR FÖR MUSIKERMAGASINET S NYA PODCAST – BACKSTAGE. FÖLJ MED OSS NÄR VI TRÄFFAR ALLT FRÅN ARTISTER TILL PRODUKTSPECIALISTER, MUSIKLÄRARE OCH PRODUCENTER. MISSA INTE FÖRSTA AVSNITTET DÅ VI SÄTTER OSS NER OCH PRATAR MED DET SVENSKA POPBANDET **WEeping WILLOWS**.