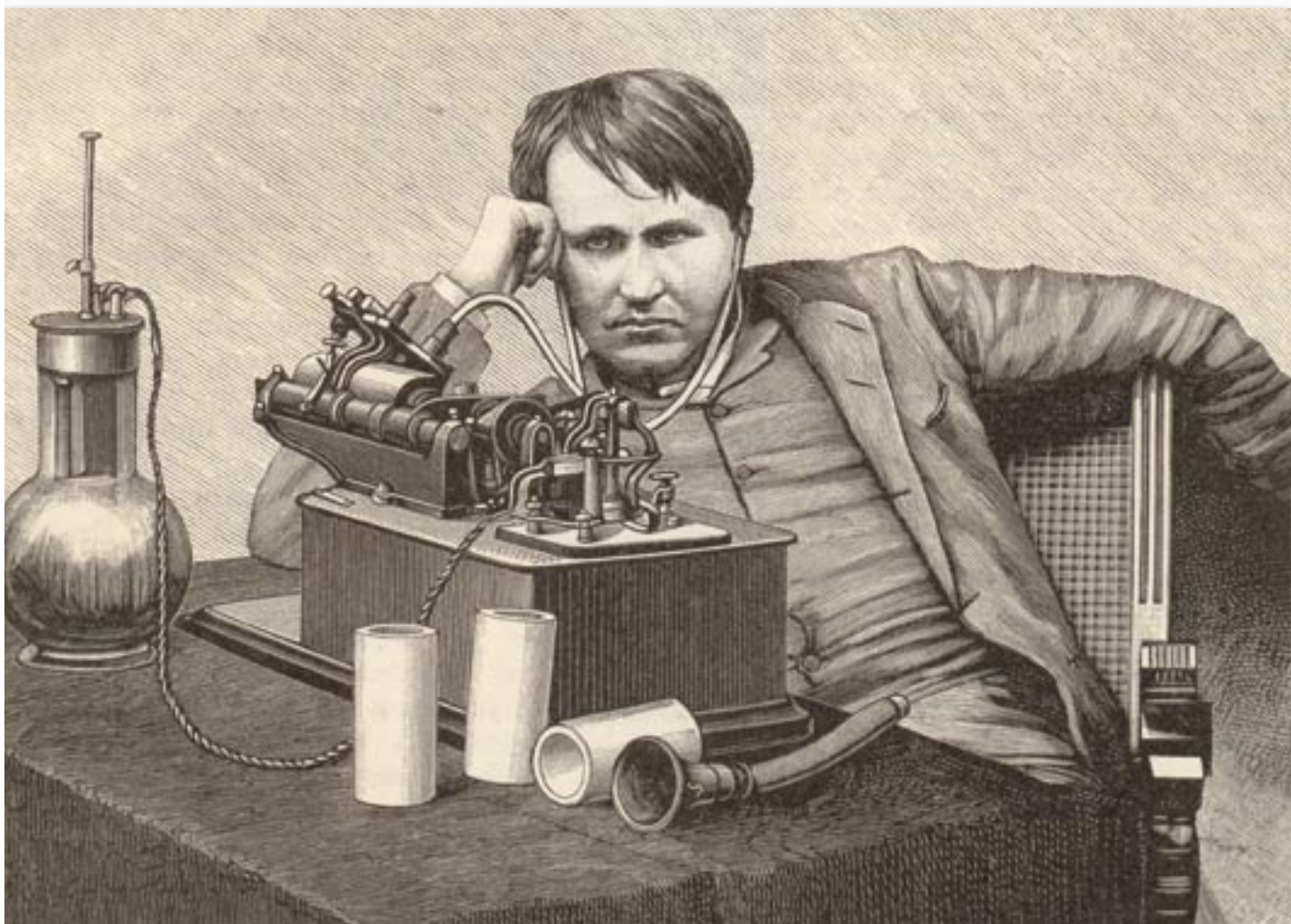


100 år med förstärkt ljud



Vi lyssnar mer än någonsin på musik och nästan all musik spelas upp i högtalare eller hörlurar. Ljud från högtalare har vi haft i omkring 100 år så det kan vara intressant att titta på vägen till det moderna högtalarljudet. Mycket har naturligtvis hänt, men ändå förvånansvärt lite om man ser på grundprinciperna. Samma sak ser man inom andra teknikområden, explosionsmotorn i våra bilar är ju i grunden samma teknik som för 100 år sedan förvisso i starkt utvecklad form.

L evande musik har fått en renässans de senaste åren. Dels beror det på att distributionen av inspelad musik drastiskt ändrats och många populärartister väljer att möta sin på publik på scen, dels att vi mer och mer konsumerar musik i vår egen lilla akustiska bubbla, skapad av bärbara mp3-spelare och vi vill gärna hör hur det låter på riktigt. Thomas Alva Edison började lyssna på sina fonografrullar genom stetoskopslangar innan han monterade dit en ljudförstärkande trätt. Senaste nya tillbehöret till dagens mp3-spelare är en högtalare. Listan över användningsområden för förstärkt ljud kan göras mycket lång och vissa användningsområden har försvunnit och ersatts av andra sätt att kommunicera. När hörde ni en bil med högtalare på taket ropa ut politiska budskap senast? De mest komplexa och omfattande anläggningarna för högtalarljud som används idag finns på populärmusikkonserter. Där har ljud, ljus och scenteknik utvecklats starkt de senaste 20 åren för att alla sinnesintryck skall påverkas på ett synkront sätt.

Hörs men inte märkas

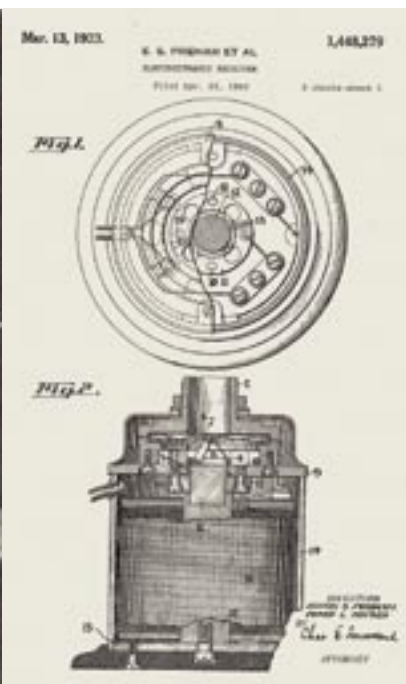
Någon har sagt att det bästa högtalarljudet är det som inte märks, det finns bara där som en del av den totala upplevelsen och jag är beredd att hålla med. Tyvärr är det ibland vasst, disorderat, för svagt eller för starkt. Men ofta är det riktigt bra och då glömmar jag tekniken helt och kan fullt ut uppleva musiken, sången och talet. Jag anser att det är en ädel konst att lyfta fram ljudet från artisten eller talaren utan att det märks. Människan har nog alltid önskat att göra sin röst bättre hörbar. Det började nog någonstans på savannen i Afrika när någon kom på att ropa i kupade händer runt munnen. Principen var att göra anpassningen mellan den låga impedansen i ljudkällan – stämband och den höga impedansen i luften. En akustisk växellåda kan man också kalla hornet eller tratten, en teknik som ännu ofta används.

Påverkan på historien

Förstärkt högtalarljud med hjälp av elektronik har sedan begynnelsen för c:a 100 år sedan använts både för underhållning och nyttoändamål och inte minst i makt och propagandasyften. Man kan utan att överdriva säga att det förstärkta högtalarljudet påverkat oss det senaste seklet genom starka musikaliska massupplevelser och i historiens gång genom förföriska politiska tal inför mycket stora åhörarskaror. Där stora ekonomiska resurser finns, kommer ofta den senaste tekniken till användning. Det gäller idag och det har också gällt historiskt. Starka ekonomiska krafter kan fungera som pådrivare av tekniken.

Hornet den akustiska transformatorn

Utvecklingen av de kupade händerna var megafonen, plåtratten, som användes i många sammanhang från sport till solosång och jazzorkester. Tom Waits använder än idag ibland en megafon för att förstärka sin råa raspiga stämma. Edison försåg sin fonograf med en megafonliknande trätt både för in och uppspelning. När man senare kunde få ett membran att röra sig med elektriska signaler låg det nära till hands att göra den akustiska anpassningen med ett horn. Hornets dimensioner bestämmer i stor utsträckning frekvensgången, ju större horn ju lägre lägsta gränshäufig och omvänt när det gäller höga frekvenser. Därför krävs flera hornstorlekar för att täcka in det hörbara området. Verkningsgraden på horn är generellt mycket högre än den för en membranhögtalare. Hög verkningsgrad är en stor fördel när man har begränsade förstärkarresurser. På 30-talet gav förstärkarna sällan effekter över 30W men det fanns specialförstärkare på upp till 500W. Dessa var avsedda för stora anläggningar i biografier och utomhusarenor. Anodspänningen för slutrören var 5 000V och formatet var som ett större kylskåp.



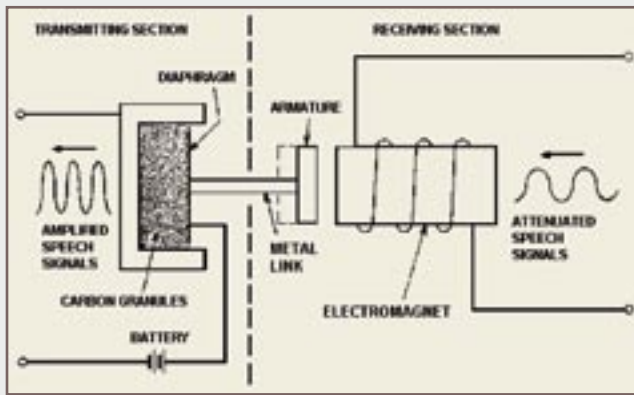
Verkningsgrad

En högtalare som har en verkningsgrad på 5 %, det betyder att 5 % av den elektriska energin blir ljud och 95 % blir värme, den ger 99dB/W/m. Alltså 1 W i 1 m avstånd blir ljudnivån 99dB, detta är ett mycket bra värde. Typiska högtalare ger omkring 90dB/W/m det motsvarar 0,62 % verkningsgrad. Låt oss tänka oss en högtalare med 100 % verkningsgrad, då det blir 112dB/W/m sådan högtalare finns naturligtvis inte. Men visst vore det intressant att få 112dB med en förstärkare på 1W. Tänk på att portabla batteridrivna apparater skulle kunna få mycket längre drifttid med högtalare med hög verkningsgrad.

Håll musikerna glada med bra monitorer

Alla musiker som spelar tillsammans är beroende att höra varandra bra för att kunna spela och det fungerade när högtalarna stod på scenen. När publikhögtalarna flyttade ut vid sidan om och ovanför scenen krävs medhörningshögtalare för musikerna. De är vanligen placerade i eller på scengolvet och strålar upp mot musikerna. Ljudet i dessa högtalare är en lämplig mix av instrumenten på scenen och kallas ofta monitormix och mixbordet står oftast vid sidan om scenen. Denna mix är mycket viktig och helt avgörande för den musikaliska kvaliteten och därmed det som publiken upplever.

Mycket ljud från liten låda



Pappersmembran

Högtalare med en talspole och stort pappersmembran kom ursprungligen ur en idé från Oliver Lodge 1898, men förbättrades av Chester W. Rice och Edward W. Kellogg runt 1925. Principen finns fortfarande i moderna högtalare; en rund och lätt talspole förbunden med ett lätt koniskt membran. Den runda talspolen är monterad i ett starkt magnetfält i en cirkulär rund spalt. Det hela är upphängt i en styv korg av pressad plåt eller gjutgods. Den runda konen är upphängd i kanten och runt talspolen så att konen kan röra sig som en kolv utan att slå emot kanterna i det smala magnetgapet. Den här tekniken har förbättrats under 90 år men är i grunden densamma. Material i koner och talspoler och magneter har förbättrats. På så sätt har frekvensgången förbättrats och förvrängningen minskats och effekttåligheten förbättrats. Verkningsgraden på denna typ av högtalare har alltid varit förvånansvärt låg, i bästa fall några få procent.

Moderna högtalare

Idag ser vi ofta kombinationer av hornhögtalare och membran-

högtalare. För att åstadkomma lämplig riktverkan bygger man högtalare i linje- eller pelare för att uppnå optimal täckning av publiken. Detta arrangemang av högtalare staplade på varandra ger en utstrålning som är bred i horisontalplanet och mer begränsad i vertikalplanet. För att ytterligare förbättra gör man pelaren en aning böjd för att få bästa spridning över publiken. Man behöver ju inte "spela för kråkorna" utan ljudet skall hamna i publiken och inte någon annan stans.

Värme

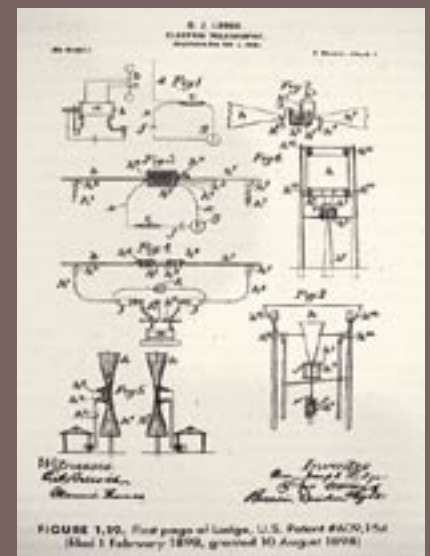
För några år sedan var verkningsgrader på 5 % vanligt bland större högtalare, men den siffran har drastiskt sjunkit till 0,5 % eftersom det är billigt att tillverka slutsteg med hög uteffekt. Det här skapar problem för högtalarkonstruktörerna, bland annat med kylningen. Hur kyls man talspolen, som ofta blir 200 grader varm, när limmet börjar smälta och konen riskerar att lossna? Totalt sett så ökar också energiförbrukningen med högtalare med låg verkningsgrad och den faktorn kommer i framtiden betyda mer och mer.

Platta membran

Som kuriosa kan jag nämna att man tillverkade i Tyskland under 20 och 30 talet högtalare med stora platta membran, dessa högtalare hade verkningsgrad runt 20 % en då nödvändig siffra eftersom förstärkarna på den tiden hade lägre effekt. Dessa högtalare var extremt dyra och komplicerade att tillverka så man övergav den lösningen.

Förstärkare utan elektronik

Det anses vara Alexander Graham Bell som 1876 uppfann något som liknar en högtalare med ett membran som en del av hans telefon. Man skall komma ihåg att då fanns inga förstärkare med elektronrör eller transistorer. Man jobbade hårt med att



förstärka svaga signaler speciellt inom telefonin. Den ena varianten var fantasifullare än den andra.

Ljud förstärkt med komprimerad luft.

Det skulle dröja nästan 20 år innan elektronröret kom, då konstruerade Thomas Edison en ljudförstärkare till sina fonografer. Den byggde på en metod som modulerade tryckluft. Denna idé levde långt in på 1910-talet i England där man sålde Victor Talking Machine. Edison övergav tidigt tryckluften och kopplade ett horn till membranet som kom i rörelse av nålen i fonografen. Hornet förstärkte ljudet bra men enbart i ett smalt frekvensband.

Förstärkning med seriekopplade kolkornsmikrofoner

Telefontekniken krävde förstärkning för att kompensera förluster i långa ledningar och man använde förstärkare som byggde på principen med en sammanbyggd hörlur och en kolkornsmikrofon ibland flera i serie. Resultatet kan vi bara ana....

Elektronikens födelse

År 1906 uppfann amerikanen Lee de Forest det första elektronröret med ett galler och det gjorde att man kunde förstärka elektriska signaler. Detta är en av de viktigaste milstolparna i elektronikutvecklingen.

Denna uppfinning möjliggjorde telefoni på långa avstånd, radioöverföringar av röster och musik och inte minst förstärkning av röster och musik. Nu fullkomligt exploderade mängden tillämpningar på att förstärka elektriska signaler. Rundradion fick sitt genombrott runt 1920 och ljudfilmen runt 1930. Även om man på Lidingö redan 1921 förevisade Sven A:son Berglunds prototyp på synkron ljudfilm.

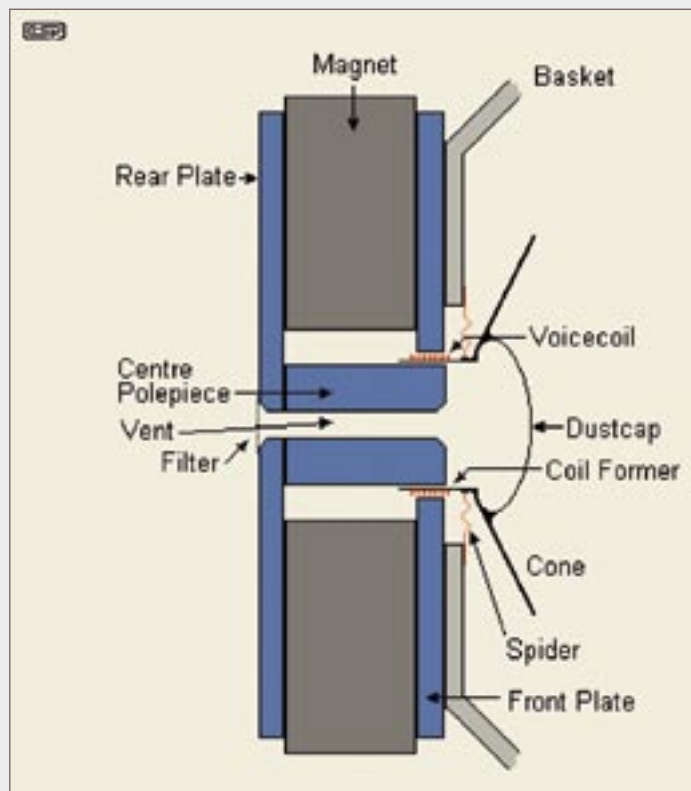
Förstärkta talare

Det dröjde ungefär tolv år innan den nya elektronrörstekniken kom till användning i ett stort sammanhang och med förstärkt högtalarljud. År 1919 höll USA:s president Woodrow Wilson tal för 50 000 åhörare i San Diego.

Högtalarna var konstruerade av dansken Peter L. Jensen och amerikanen Edwin S. Pridham under varumärket Magnavox. Det var två stora hornhögtalare med elektrodynamiska drivsystem kopplade till en trestegs rörförstärkare med två anslutna mikrofoner. När "British Empire Exhibition" öppnades på Wembley 1924 hade Western Electric och Marconi Company riggat 45 högtalare och kung George V höll tal som samtidigt direktsändes i radio och spelades in av Gramophone Company of London.

Tempelhofer Feld 1934

Ljudet går endast 340 m/s och det innebär många problem i stora arenor och utomhus. Idag kan man lösa en del problem med digital fördröjning som exempelvis i Globen i Stockholm. Men när Adolf Hitler skulle ha sina exakt koreograferade marscherande soldater var det ett stort problem med tidsfördröjningen på de enorma arenorna. Det löstes med hundratals små svampformade högtalare (Pilzlautsprecher -Telefunken) som utplacerades jämt fördelade över arenan. Musiken nådde då de marscherande med minimal fördröjning, och synkroni-



Bildtext:

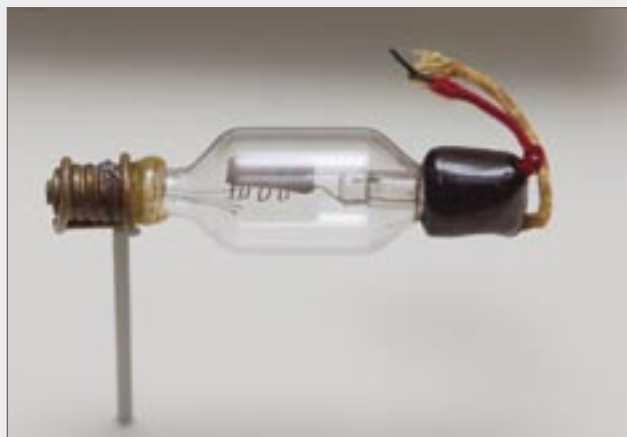
teten kunde bibehållas. Dessa högtalare användes för första gången den 1 maj 1934 på Tempelhofer Feld. Samma problem hade man vid invigningen av Peking OS 2008, men det löstes med hörsnäckor och radioöverföring till varje medverkande i de stora massscenerierna.

Film

När man i Hollywood 1928 hade bestämt sig för att synkront ljud till film var framtiden så fanns det massor av pengar för teknisk utveckling och under 30-talet var utvecklingen av mikrofoner, högtalare, förstärkare och ljudkameror mycket stark. Det var en utveckling från kolkornsmikrofoner till omställbara bandmikrofoner och högklassiga kondensatormikrofoner. Från monoljud till trekanaligt ljud, och ett fjärde kontrollspår, i filmen Fantasia (Disney). "Voice of the Theatre" symboliserade standardiserade biografhögtalare av hög klass som företaget Klangfilm i Tyskland började utveckla 1928 under namnet Euronor. Allt detta skedde på mindre än tio år.

Sedan kom kriget och utvecklingen stannade av för att ta ny fart på 50-talet med mångkanalsljud och vidfilmsformat. Magnetljud fanns en period med upp till sex kanaler, men filmkopiorna slets hårt och kunde bara köras ett fåtal gånger. På 60-talet blev konkurrensen med TV hård och biografdöden bredde ut sig. Stora biografer styckades i flera små och usla ljudanläggningar installerades. Först på senare tid har det skett en uppryckning och man har kommit tillbaka till standardisering och certifieringar av biografljudet.

Mycket ljud från liten låda



Bildtext:

Ös på bara!

Besöker man någon rockfestival ser man att halva publiken går omkring med öronproppar och barnen har färgglada hörselkåpor. Man kan tycka vad man vill om detta, men man kan konstatera att höga ljudnivåer är vanligt. Socialstyrelsens allmänna råd (SOSFS 2005:7) om höga ljudnivåer rekommenderade gränsvärdena för Ekvivalent ljud till LAeqT 100dB och 97dB (den A-vägda ekvivalenta ljudnivån under en viss tidsperiod) när barn har tillträde är fullt tillräckliga för en god musikupplevelse och vem vill ha tinnitus? Någon frågar då, hur har det blivit såhär? Ja, man får titta i backspegeln.

Crooners

I början fanns det tekniska begränsningar och det var inte självklart att allt skulle förstärkas. När man började förstärka sången och musikinstrumenten så var kapplöpningen igång. På 30-talet kom kraftfulla rörlutsteg till rimliga priser, framförallt framtagna för biografbruk. De så kallade "crooners" som Bing Crosby, Frank Sinatra och Nat King Cole ville gärna sjunga med en mjukare och intimare stämma och ändå nå en stor livepublik, samtidigt sjunga tillsammans med ett fullbesatt storband. Den enda lösningen var att förstärka rösten med mikrofon och högtalare. Mikrofontekniken fanns nyutvecklad, bandmikrofonen med proximity-effekt (bashöjning på nära avstånd) och förstärkare med högtalare. Nu kunde sångaren göra sig hörd i den då så populära storbands miljön.

Elgitarren

Samtidigt utvecklades den ganska tonsvaga gitarren och blev förstärkt, först fick den traditionella gitarren med resonanslåda mikrofoner, men snart insåg man att resonanslådan var överflödigt. Adolph Rickenbacker och George D. Beauchamp utvecklade elgitarren och kom 1931 med en gitarr som till formen liknade en banjo. Den var solid och försedd med mikrofoner. Till denna behövdes förstärkare och högtalare som ofta byggdes in i samma transportabla låda. Patentet på

tekniken i gitarren LapSteel A-22 blev klart först 1937 eftersom patentmyndigheterna inte kunde bestämma sig för om det var ett instrument eller någonting elektriskt. Nu gick den generella ljudnivån upp, för man kunde ösa på med både elgitarer och sång som var förstärkta.

Elbasen

På 50-talet insåg man att den gamla kontrabasen var för tonsvag och för stor och ömtålig att ha på turné och den elektriska basgitarren ersatte den i rockbanden. Den var byggd efter samma principer som elgitarren. Nu krävdes större högtalare för att kunna återge de låga frekvenserna. På grund av gitarmikrofonernas egenskaper och rörförstärkarnas höga inimpedans så blev kabellängden begränsad och gitarristen stod oftast nära sin högtalarlåda och fick då sin medhörning på köpet. Och nu spelade man ännu starkare. Men fortfarande var trummor och slagverk starkast i orkestern. De fick snart konkurrens från gitarrer och förstärkt sång så "batteriet" växte med fler pukor, cymbaler och fetare baskaggar och därmed höjdes även ljudnivån. Fortfarande stod alla högtalare på scenen och ljudbalansen sköttes av musikerna själva. Man gjorde mixningen på scen av både medhörning och publikljud.

Mixern

På 60-talet kom ännu fler elektroniska instrument, som elektriska pianon, syntar, orglar och dessutom kom snart någon på att sätta mikrofoner på trummor och lägga ut det i högtalare utanför scenen och då höjdes ljudnivån ännu mer. Men då krävdes det att någon annan än musikerna skötte balanseringen av ljudet. Snart kunde man se, på ambitiösa arrangemang, en ljudtekniker mitt i salongen med sitt mixbord. Samtidigt hade halvledarförstärkare kommit med höga effekter som kunde användas för publik och monitorhögtalare. Men rörförstärkarna har levt kvar i instrumentförstärkarna med sin speciella karaktär som många uppskattar.

Summering

Jag tror att framtidens högtalare kommer att låta bättre än i dag, men med lägre effektbehov. Även på detta område vill man spara på energi, LCD lampor blir vanliga på scen med mindre värme och lägre energiförbrukning. Samma trend tror jag på när det gäller högtalare. Detta kommer också att gynna utvecklingen av portabla apparater som får längre drifttid.

Att spela sönder öronen på publiken är en dålig strategi för alla, därför tror jag att man mer och mer kommer att sansa sig när det gäller höga nivåer och satsa på hög kvalitet och göra snygga mixningar men med rimliga nivåer. De som säljer öronproppar må klaga...

Jag tror inte toppen är nådd det blir mer levande musik framöver till glädje för alla, i stor del förmedlade via mikrofoner och högtalare.

Artikelförfattaren är verksam som musiktekniker och föreläsare i ljudteknik och kan kontaktas via e-post: hakan.lindberg@mikrofonen.se

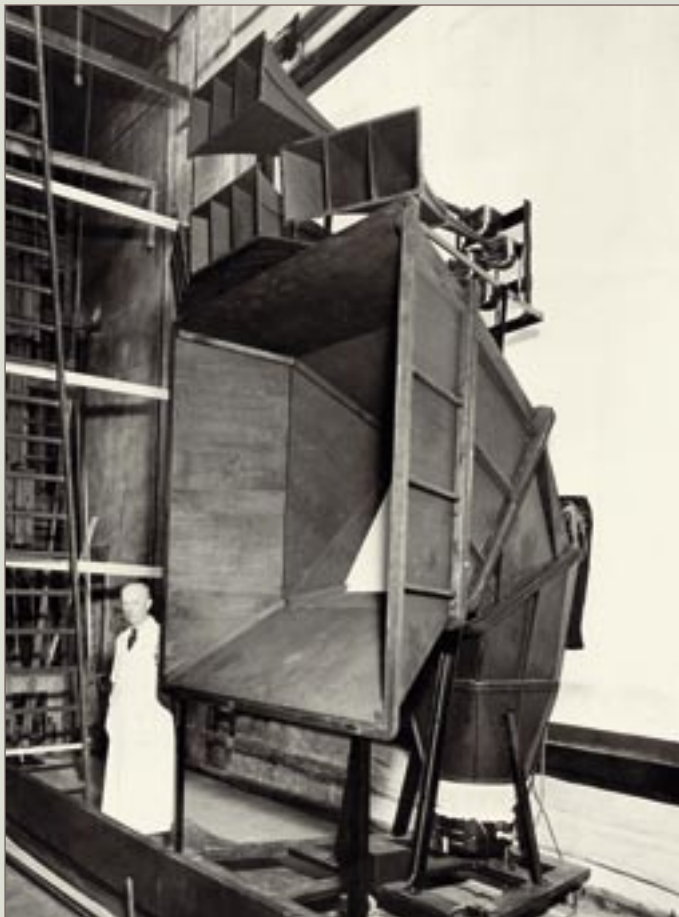
HÖGTALARE

Håll publiken glad

Publikljudet är nästa mix som görs och det är den som publiken hör via högtalarna runt scenen. Mixpulten placeras ute i publiken för att där få en representativ ljudbild, inte för långt bak på grund av tidsfördröjningen och ofta lite asymmetriskt för att minska kamfiltereffekten från högtalarna. Här mixas alla mikrofoner och instrument samman med hjälp av kompressorer och limiterar för att kontrollera nivåerna, filter för att få fram rätt karaktär på röster och instrument. Dessutom används smala filter för att minska risken för rundgång där man kan sänka nivån på just den frekvens där rundgången riskerar att starta. Den frekvensen beror på frekvensgången i mikrofoner och högtalare. Här balanseras musiken så publiken får den bästa upplevelsen.

Håll lyssnarna glada

Det är inte ovanligt med direktsändningar i TV eller radio eller live produktion av musik. Då görs en publikmix direkt och det inspelade materialet kan mixas om vid ett senare tillfälle. Det betyder att de flesta stora livekonserter mixas minst fyra gånger, var och en med helt olika krav och förutsättningar. Kom ihåg att det hela vilar på musikerna och den första mixen, monitormixen som bara musikerna hör, blir den fel så är det mycket svårt att rätta till nivåerna på en musiker som inte hör vad de andra gör. Idag har ofta monitorhögtalarna ersatts av hörsnäckor och radiosändare, men ändå måste ljudet i dessa mixas rätt.



Högtalaren Euronor 2 på en bild från 1941 och biografen Skandia med installerat Ernst Orlando. Euronor-högtalaren är fyra meter hög, bastratten är 2,6 meter lång och trättöppningen är 4 kvm. Högtalaren återger frekvensområdet 30-12.000 Hz.

A