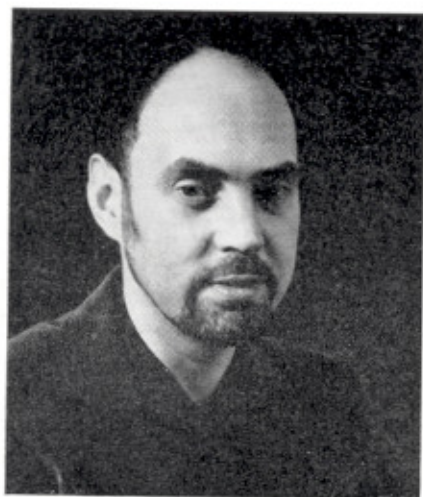




Ljudmedvetande

Stig Carlssons arbete och forskning har gällt musikåtergivning. Inte enbart att åstadkomma mer eller mindre sofistikerade HiFi-apparater utan att skapa möjligheter för en musikåtergivning med musikens alla klangliga egenskaper i behåll. Om hans inspelningsteknik kontra traditionell teknik sa Filharmonikernas chefsdirigent Antal Dorati helt nyligen (DN): "Jag vet att vid en jämförelse kommer Carlssons system att vinna överlägset." Om hans högtalare, som denna artikel handlar om, finns liknande lovord. Högtalare har sedan länge varit den svagaste länken i återgivningskedjan. Det är därför Stig Carlssons högtalare kan förväntas få stor betydelse för musikåtergivningen i framtiden.

(S. E.)

Högtalarelementen

En högtalare består av ett eller flera högtalarelement, monterade i ett högtalarhölje.

Ett elektrodynamiskt högtalarelement består av ett högtalarmembran, en elektrisk ledare i form av en spole, som är fästad vid membranet, och ett magnethus, i vars magnetfält spolen befinner sig.

Ljudanläggningens slutförstärkare driver en elektrisk ström — som pulserar i takt med svängningarna hos det ljud som skall återges — genom högtalarens spole. Magnetfältet gör då att spolen och därmed högtalarmembranet rör sig fram och tillbaka i takt med strömmen. Membranets rörelser än pressar samman (förtätar), än förtunnar luften framför membranet, dvs alstrar ljud.

Renheten hos högtalaråtergivningen är beroende av att membranrörelsens och därmed luft-rörelsens acceleration blir en exakt kopia av den elektriska strömmen genom spolen under hela rörelsen framåt, bakåt och åter. Detta ställer mycket stränga krav på att magnetfält och spole skall vara så dimensionerade, att det magnetiska flödet genom spolen hålls konstant under hela rörelsen. Det ställer dessutom mycket stränga

krav på stabilitet hos de elastiska egenskaperna — under hela rörelsen — dels hos membranupphängningen, speciellt vid låga toner, och dels hos själva membranmaterialet, när membranet vid medelhöga och höga toner inte längre rör sig som en stel enhet.

När dessa krav inte uppfylls i tillräcklig utsträckning, ger högtalaren upphov till övertoner och kombinationstoner, till de toner den skall återge, och återgivningen blir oren och mer eller mindre hopgrötad. En sådan förvrängning av återgivningen kallas "distorsion"; uppkomsten av kombinationstoner, som vanligen är mest störande, kallas "intermodulationsdistorsion". Distorsion kan uppträda hos alla länkarna i återgivningskedjan, men hos förstklassiga apparater strävar man efter att hålla den så låg som möjligt.

De högtalarelement som ingår i Stig Carlssons ortoakustiska högtalare har utvalts på grund av att deras intermodulationsdistorsion är låg. Att mellanregistret och diskantregistret återges av skilda högtalarelement bidrar också till att hålla intermodulationsdistorsionen låg. Allra renast blir återgivningen när som hos OA-6 även basregistret och mellanregistret återges av skilda högtalarelement (och skilda slutförstärkare).

Högtalarhöljet

Medan högtalarelementets uppgift är att alstra ljud, är högtalarhöljets primära uppgift att hindra ljud från membranets baksida att motverka ljud från membranets framsida.

När membranet rör sig framåt, åstadkommer det dels en luftförtätning framför sig, dels en luftförtunning bakom sig. Vid låga toner sprider sig ljudet i alla riktningar, och om inte baksidans ljud hindras att komma ut, så motverkar de båda sidornas ljud varandra. Återgivningen blir då svagare, ju lägre tonen är. Om högtalarhöljet inte effektivt omsluter högtalarelementets baksida, kommer membranrörelsen således att åstadkomma allt mindre nyttigt ljud, ju lägre tonen är.

Den vanligaste typ av högtalarhölje som helt omsluter högtalarelementets baksida är det slutna höljet, ofta kallat "sluten låda". Högtalare med slutet hölje kallas ibland för "tryckkammarhögtalare".

För att en högtalare skall kunna återge låga toner måste högtalarhöljet vara betydligt större än som behövs för att enbart omsluta högtalarelementets baksida. Den inneslutna luftvolymen fungerar nämligen som en luftkudde, som bromsar membranrörelsen mer ju lägre tonen är, och ju mindre luftvolymen är i förhållande till membranytan. Ju lägre toner ett visst högtalarelement skall kunna återge, desto större volym måste alltså det slutna höljet ha.

Återgivningen av de lägsta tonerna kräver de största förtätningarna och förtunningarna av luften och därmed de största membranrörelserna. En betydande besparing i fråga om den behövliga membranytan och membranrörelsen kan emellertid vinnas med en typ av högtalarhölje, som brukar kallas "basreflexlåda". Detta hölje är inte helt slutet utan har en speciellt utformad öppning. Luften i denna öppning och luftkudden inuti höljet bildar en akustisk resonator av den typ, som brukar uppkallas efter den tyske fysikern Helmholtz. Höljet dimensioneras så, att resonatorn blir avstämd till en ton nära den undre gränsen för högtalarens tonområde. Luftens rörelser fram och tillbaka i höljets öppning styrs av ljudet från högtalarmembranets baksida. Inom den lägsta oktaven av högtalarens tonområde är det luftförtätningarna i höljets öppning som — tack vare den akustiska resonatorns förstärkningsverkan — åstadkommer den större delen av de luftförtätningar och luftförtunningar, som högtalarmembranet annars hade måst utföra ensamt.

Vid givet högtalarelement och given resonansfrekvens hos den akustiska resonatorn bestäms basreflexlådans inverkan på återgivningen dels av innervolymens storlek, dels av hur mycket dämp-

ning som införs i systemet och var dämpningen placeras. Med hjälp av teoretiska undersökningar, verifierade av elektriska och akustiska mätningar, utvecklade Stig Carlsson nya dimensioneringsprinciper för denna typ av högtalarhölje. I jämförelse med tidigare dimensioneringsregler innebär de en minskning av höljets volym i kombination med en ökning av den dämpning som enbart påverkar membranrörelsen, medan övrig dämpning hålles minimal. Den ökade dämpningen av membranrörelsen åstadkommes hos OA-5 (och hos "ljudtärningen") genom att högtalarelementets baksida är täckt av ett skikt mineralull, vars dämpning är injusterbar vid tillverkningen. Hos OA-6 åstadkommes dämpningen i stället genom negativt utgångsmotstånd hos bashögtalarens slutförstärkare.

Detta utförande av högtalarhöljet, som är patenterat, är ensamt om att kunna ge högtalaren både en god transientåtergivning och väsentligt lägre distorsion vid låga toner än ett väldimensionerat slutet hölje ger.

Genom den låga distorsionen kan ljudet återges rent och förvrängningsfritt, även i samband med kraftiga basljud, t. ex. puk- och trumslag. Genom den goda transientåtergivningen kan även tvåra tonansatser i basregistret — slagljud och liknande — återges exakt och utan att färgas av någon form av trumliknande lådklang från högtalaren.

Neutrala riktningsegenskaper

Ljudet sprids olika från olika typer av ljudkällor och olika vid olika toner. Höga toner och höga övertoner strålas mera riktat — hörs alltså över ett mindre område — än lägre toner. Avgörande för om ljudet skall spridas i alla riktningar eller riktas i en tämligen snävt avgränsad stråle, är om ljudets våglängd är större eller mindre än storleken hos det föremål eller den mynning, som sätter luften utanför ljudkällan i rörelse, dvs alstrar ljudet.

Vid 100 Hz (ungefär G) är ljudets våglängd 3,4 m, vid 1000 Hz (ungefär h₂) är den 34 cm, vid 10 000 Hz är den 3,4 cm.

Vid låga toner är ljudets våglängd följaktligen mycket större än högtalarens dimensioner. Ett högtalarelement försett med slutet hölje (eller basreflexlåda) sprider då ljudet lika i alla riktningar. När ljudets våglängd i mellanregistret eller diskantregistret är ungefär lika med högtalarelementets diameter, riktas ljudet övervägande framåt. Och när våglängden i eller ovanför diskantregistret är mycket mindre än membranets diameter, riktas ljudet i en smal stråle rakt fram från membranet.

Musikinstrumentens riktningsegenskaper har sin del i de olika instrumentens klangkaraktärer

i konsertrummet och påverkar det klangliga skeendet. Ljudet från en violin ger exempelvis upphov till en mycket större mängd reflekterat ljud från konsertrumets väggar och tak än det utpräglade riktade ljudet från en trumpet. Återgivet av högtalare strålas däremot allt ljud ut med högtalarens riktningsegenskaper. Ofta medför högtalarens riktningsegenskaper en begränsning av de klangliga uttrycksmöjligheterna.

Högtalare har hittills brukat göras med samtliga högtalarelement, även de för diskantregistret, monterade i högtalarhöljets frontvägg. Ett sådant framåtriktat högtalarutförande medför en koncentration av diskantstrålningen till ett begränsat område rakt framför högtalaren, medan låga toner sprids i alla riktningar. Mitt i diskantstrålen från en sådan högtalare blir man ofta påtagligt medveten om ljudriktningen och om varje liten huvudrörelse man råkar göra. Den placeringen brukar de flesta lyssnare försöka undvika. I övriga delar av rummet är ljudet emellertid dovre och övertonsfattigare.

Högtalarens riktningsegenskaper påverkar även det klangliga skeendet som reflekterat ljud ger upphov till i lyssningsrummet. I ett bostadsrum av normal storlek nås lyssnaren redan inom en tjugondels sekund efter direktljudet — via väggar, tak och kanske golv — av ljud från närmare hundra olika riktningar ut från högtalaren. Om ljudet från högtalaren är olika i olika riktningar, så kommer det ljud som lyssnaren hör att undergå hastiga förändringar på ett för högtalaren (och lyssnarens placering) karaktäristiskt sätt. Ofta låter återgivningen då naturligare avlyssnad i ett angränsande rum, genom en öppen dörr, än i det rum där högtalaren befinner sig.

Högtalarkonstruktören förfogar emellertid över möjligheter att påverka högtalarens riktningsegenskaper. Högtalarelementens storlek, antal, riktning och placering kan väljas så, att högtalaren blir en vad riktningsegenskaperna beträffar neutral ljudkälla, som inte genom egna begränsningar färgar ljudintrycket.

Stig Carlssons ortoakustiska högtalare sprider allt ljud praktiskt taget lika i alla riktningar från horisontalplanet och uppåt. Detta resultat erhålles genom att mellanregistret återges av ett högtalarelement monterat med membranet riktat uppåt, och genom att diskantregistret återges av flera mycket små högtalarelement monterade med membranen riktade i kryss och något uppåt.

Ljudet från Carlssonhögtalaren låter därigenom anmärkningsvärt lika i hela rummet. Små skillnader mellan ljudet på olika platser i rummet beror mer på rummet än på högtalaren. Ljudet från Carlssonhögtalaren låter inte heller som ljud från en högtalare utan mer som levande ljud i rummet.

Hörseln och det reflekterade ljudet

Hos åtskilliga musikinstrument är det — i synnerhet vid höga diskanttöner — först inomhus som alla de klangliga skönhetsvärdena kan uppfattas. Det reflekterade ljudet från väggar, tak och ibland golv har således en mycket stor betydelse för klangintrycket. Viktigast är det reflekterade ljud som kommer inom ungefär en trettiondels sekund efter direktljudet.

Det reflekterade ljudet når lyssnaren från många olika riktningar. En viktig följd av detta är att en del störande riktningseffekter, som annars skulle uppträda i diskantregistret, mildras. Dessa riktningseffekter sammanhänger med att huvudet i diskantregistret är större än ljudets våglängd; ljudets styrka varierar då runt huvudet, beroende på ljudriktning och frekvens. Sådana ljudstyrkevariationer kan bli ganska stora och försämra uppfattbarheten i diskantregistret och vanställa klangligt ömtåliga tonkombinationer.

Värdet av det reflekterade ljudet är emellertid inte begränsat till att risken för störande riktningseffekter minskar. Hörselns möjlighet att uppfatta klangkaraktärer är nämligen — särskilt i diskantområdet — även på annat sätt beroende av reflekterat ljud i lyssningsrummet. Det är exempelvis inte möjligt att ens med utomordentligt högklassiga hörtelefoner tillfredsställande bedöma de klangliga skönhetsvärdena hos en monoinspelning av exempelvis en violin eller en stråkensemble. Men när inspelningen avlyssnas med en ortoakustisk högtalare i ett ändamålsenligt inrett lyssningsrum, får klangen liv, och dess detaljer blir urskiljbara på ett sätt som tål jämförelse med direktlyssning.

Hörseln har förmåga att med båda öronens hjälp koncentrera uppmärksamheten på ett direktljud och "sila bort" ljud från andra riktningar, däribland det reflekterade ljudet. Att det reflekterade ljudet i normala fall är det styrkemässigt helt dominerande inomhus märker man först när man täcker över det ena örat. Hörselns förmåga att undertrycka det reflekterade ljudet är emellertid inte obegränsad. När det reflekterade ljudet blir alltför dominerande, minskar möjligheterna att urskilja detaljer i direktljudet. Uppfattbarheten försämras.

För att göra det möjligt för hörseln att i full utsträckning uppfatta de ljud och klanger som utnyttjas inom musiken — dvs hela det hörbara tonområdet — är det således önskvärt dels att ljudet når lyssnaren både direkt och via flera reflekterande ytor, dels att det reflekterade ljudet tystas tillräckligt snabbt för att ge hörseln möjlighet att tydligt urskilja detaljerna i direktljudet.

De lokaler, där dessa förutsättningar kan uppfyllas, är i första hand podieområdena i en del konsertsalar och samlingssalar. Därefter lämpar sig faktiskt vanliga vardagsrum eller rum med liknande inredning bäst. Väggar och tak ger reflekterande ytor, och normalt lämnas tillräckligt mycket av dem fria. Inredningens olika reflekterande föremål skapar behövliga variationer i avstånd mellan de reflekterande ytorna, och redan tavlor gör i det avseendet nytta. Normal vardagsrumsinredning erbjuder också ljudabsorption i olika former: mjuka mattor (ju tjockare desto bättre), stoppade möbler (ju rikligare med stoppning desto bättre), gardiner, bokhyllor.

Också ljudkällans placering i ett rum påverkar uppfattbarheten. I allmänhet är det bättre att placera en ljudkälla ungefär vid mitten av en långvägg än vid en kortvägg. Lyssningsavståndet blir då i medeltal minst och kvoten mellan direktljud och reflekterat ljud därmed störst, vilket är särskilt värdefullt vid låga toner. Med ljudkällan vid långväggen undvikes också att det reflekterade ljudet kommer att färgas av de lägsta rumsresonanterna, vid vilka rummets dämpning vanligen är otillräcklig.

Men även sedan lyssningsrummets dämpning valts så, att den är optimal ur hörselns synpunkt och gör rummet lättlyssnat, kan det återstå en del reflekterat ljud, som hörseln saknar möjlighet att "sila bort" och som därför riskerar att orsaka en försämring av uppfattbarheten. När ljudkällan är placerad invid en vägg — den vanligaste platsen för en högtalare i ett bostadsrum — saknar sålunda hörseln möjlighet att undertrycka det reflekterade ljudet från den väggen, eftersom det kommer från praktiskt taget samma riktning som direktljudet. Detta reflekterade ljud kan då komma att maskera (överbästa) sådant senare utsänt direktljud som når lyssnaren samtidigt, vid de tillfällen då detta senare utsända direktljud är svagare. Endast om ljudkällan befinner sig så nära väggen, att tidsintervallet mellan ankomsten av ett direktljud och ankomsten av det motsvarande reflekterade ljudet är mindre än hörselns reaktionstid, eliminerar risken för maskering av senare utsänt direktljud. Ett tecken på att tidsintervallet är större än hörselns reaktionstid och att maskeringar alltså kan förekomma, är att hörseln uppfattar ljudkällan som lokaliserad framför väggen.

Det befriade högtalarljudet

Akustiska synpunkter av den typ som nyss redovisats har tidigare inte legat till grund för utformningen av högtalare. Flera av de karaktäristiska brister hos högtalaråtergivningen, som

kan sammanfattas under beteckningen "högtalarljud", beror just på — och är egentligen ganska självklara följder av — den utformning högtalare hittills fått. Om exempelvis högtalaren är utförd så, att ljudet kommer ut ur öppningar i framsidan av ett lådliknande hölje, så blir följden att högtalarljudet, åtminstone när det innehåller diskanttoner, ger intryck av att komma ur hål i lådans framvägg. Detta intryck är så utslagsgivande att det dominerar över de intryck, som upptagningens eventuella rumsinformerationer kan ge upphov till, och denna dominans har hittills endast kunnat hävas vid stereoåtergivning.

Men sådana brister hos högtalarljudet är i och för sig helt onödiga. Tvärtom erbjuder högtalare den fördelen framför andra typer av ljudkällor, att dess form och läget av dess ljudmynningar kan väljas inom vida gränser. Konstrukören har därmed möjlighet att utforma högtalaren så, att den undgår att sätta sin prägel på ljudet. Högtalaren kan dessutom göras sådan, att den kommer att kunna utnyttja lyssningsrummet bättre — med hänsyn till hörselns funktionssätt — än som är möjligt med "levande" ljudkällor.

Stig Carlssons ortoakustiska högtalare har en patentskyddad utformning, som tillåter den att optimalt utnyttja den vanligaste platsen för en högtalare i ett bostadsrum, nämligen invid en vägg. Väggen utnyttjas till att undvika att ljudintrycket låses vid en utpräglat punktformig ljudkälla. Dessutom uppnås att väggens närvaro inte hörs; rummet verkar inte längre begränsat av väggen.

Carlssonhögtalaren sprider allt ljud praktiskt taget lika i alla riktningar från horisontalplanet och uppåt — men inte enbart för att kunna ge goda lyssnarplatser överallt i rummet. Syftet är i lika hög grad att söka dra nytta av alla tillgängliga reflekterande ytor för att låta lyssnaren få diskantljud från så många olika riktningar som möjligt. Särskilt betydelsefullt är det reflekterade diskantljudet från väggen invid högtalaren.

Diskanthögtalarelementens avstånd från väggen är avgörande för om högtalaren skall fixera eller undgå att fixera lyssnarens storleksintryck vid en utpräglat punktformig ljudkälla. Carlssonhögtalaren är utformad så, att båda alternativen i och för sig är möjliga. Om den placeras med en långsida tätt intill väggen, ger den intryck av punktformig ljudkälla. Men när den är placerad på normalt sätt, dvs med sin bakre kortsida närmast väggen, kommer de mot väggen riktade diskanthögtalarelementen på så stort avstånd från väggen, att ljudet inte längre verkar bundet av högtalare och högtalarmynningar.

Det stora antalet olika ljudriktningar till lyss-

naren är en förutsättning för att diskantljudet skall höras utan några störande riktningseffekter, som förvanskar ömtåliga tonkombinationer och försämrar uppfattbarheten. Med Carlssonhögtalare kan stråklanger få samma lyster som i konsertsalen. När ljudintrycket inte längre låses av att ljudkällan uppfattas som tydligt punktformig, ökar dessutom väsentligt gestaltningsmöjligheterna för de rumsinformationer, som upptagningens blandning av direktljud och reflekterat ljud är i stånd att överföra.

Under 2500 Hz utsänder Carlssonhögtalaren allt ljud så nära väggen, att tidsintervallet mellan ankomsten av ett direktljud och ankomsten av det motsvarande reflekterade ljudet från väggen är mindre än en tusendels sekund. Det reflekterade ljudet från väggen, som hörseln saknar möjlighet att undertrycka, riskerar då inte att maskera senare utsänt direktljud. Att tidsintervallet mellan direktljudet och det reflekterade ljudet från väggen underskrider hörselns reaktionstid framgår nämligen av att hörseln inte registrerar ljudkällan som belägen framför en vägg. Väggen närvaro hörs sålunda inte förrän Carlssonhögtalarens bakre del vridits ut ett stycke från väggen.

När det reflekterade ljudet från väggen invid högtalaren inte längre ger upphov till maskeringar, som kan försämma uppfattbarheten i mellanregistret, framträder komplicerade stämavvävningar med ökad klarhet och genomskinlighet. När väggen bakom högtalaren inte längre märks, ökar också möjligheterna för upptagningens rumsinformationer att gestalta lyssnarens rumsintryck och liksom öppna lyssningsrummet mot upptagningslokalen.

Den känsla av frihet, som Carlssonhögtalaren ger ljudet, kan jämföras med känslan av frihet hos ljudet från en violin eller en flöjt i motsats till det mer mynningsbundna, riktade ljudet från en trumpet. Hos en högtalare är denna frihet värdefull, eftersom upptagningen kan innehålla rumsinformationer, som då får möjlighet att forma lyssnarens rumsintryck.

Den ökade uppfattbarhet, som är följden av detta sätt att sända ut ljud, har alla sorters ljud nytta av. Det kan då höras oförvanskat och med bästa urskiljbarhet precis i det skick, som mikrofonen har mottagit det, och med de klangliga förlopp i upptagningslokalen, som beror på instrumentens olika riktningsegenskaper, tydligt uppfattbara just så som mikrofonen har fångat dem. Carlssonhögtalaren kan ge en nästan kroppsligt påtaglig, plastiskt levande återgivning.

Här måste emellertid några reservationer göras. Carlssonhögtalaren är bara en av länkarna i återgivningskedjan. Den akustiska gestaltning-

en vid återgivningen beror dessutom på egenkaperna hos såväl upptagningen som lyssningsrummet. Åtskilliga upptagningar består av ett antal närbildstagningar av musikinstrumenten; ljuden från musikinstrumenten blandas elektroniskt i stället för akustiskt. Sådana upptagningar överför inte några tydliga rumsinformationer, och återgivningen får då inte heller något plastiskt liv. Och det förekommer lyssningsrum med så mycket ljudabsorberande material på väggar och tak, att lyssnaren inte får reflekterat ljud från olika håll i den utsträckning som behövs för att ge klangen liv och lyster. Detta drabbar i lika grad ljud från instrument som ljud från högtalare. Specialinredda s. k. kontrollrum, som används i samband med professionellt inspelningsarbete, uppvisar ofta brister av denna typ. Ännu oftare förekommer det emellertid att ett rum har alltför litet dämpning för att kunna fungera tillfredsställande som musikrum. Det reflekterade ljudet tystas då inte så snabbt som behövs för att hörseln i tillräcklig utsträckning skall kunna urskilja detaljer i direktljudet. Bl. a. försvåras då möjligheterna att uppfatta de rumsinformationer som upptagningen kan innehålla. Om rummets dämpning inte kan ökas, kan det i sådana fall vara lämpligare att använda en utpräglad riktad högtalare av elektrostatisk typ; en riktad högtalare ger naturligtvis — avlyssnad rakt framifrån — mindre mängd reflekterat ljud i förhållande till direktljudet än en högtalare som sprider ljudet lika i alla riktningar. I ett någorlunda ombonat vardagsrum brukar emellertid akustiken vara mycket gynnsam för musikyssning. Och Carlssonhögtalaren erbjuder möjligheter till en klangskön och plastiskt levande återgivning, som inte kan uppnås med andra medel.

Plastiskt levande återgivning redan i mono

I konsertsalen har lyssnaren ibland, då direktljudet inte är alltför svagt i förhållande till det reflekterade ljudet, möjlighet att med båda öronens hjälp koncentrera uppmärksamheten i riktning mot enstaka instrument eller instrumentgrupper. Vid monoåtergivning saknas denna möjlighet. Högtalaren återger då en färdig blandning av samtliga de olika instrumentens direktljud och reflekterade ljud i upptagningslokalen, och lyssnaren koncentrerar med båda öronens hjälp sin uppmärksamhet på direktljudet i lyssningsrummet av denna färdiga blandning från högtalaren.

Olika upptagningsteknik ger mycket olika resultat i fråga om det rumsakustiska skeende som upptagningen överför. Upptagningslokalerna kan variera från ofta kraftigt dämpade, speciella studioloekaler till normala konsertsalar, samlings-

salar och kyrkor. Det förekommer att upptagningar görs med en enda mikrofon. Ofta används dock flera mikrofoner — det händer att varje stämman i orkestern ges en egen mikrofon — och de mer eller mindre utpräglade närbildstagningarna av musikinstrumenten kompletteras med elektroniskt pålagd efterklang. Av dessa metoder är det naturligtvis bara upptagningen med en enda mikrofon som är i stånd att överföra tydliga rumsinformationer från upptagningslokalen.

En vanlig uppfattning bland tekniker har hittills varit, att monoupptagning och monoåtergivning visserligen kan överföra intryck av djup men inte är i stånd att överföra storleksintryck. Monotekniken — och inte användningen av den — skulle enligt denna uppfattning vara orsaken till att "sångerskans käft blir lika bred som orkestern".

Med Carlssonhögtalaren har emellertid upptagningens eventuella rumsinformationer fått möjlighet att gestalta storleksintryck utan att överröstas av starkare storleksintryck, förorsakade av högtalarna. Vid inspelning med en enda rundkännande mikrofon på lämpligt mikrofonavstånd i en sal med reflekterande ytor kan den blandning av direktljud och reflekterat ljud som erhålles överföra en del av det rumsakustiska skeendet i salen och bl. a. ge intryck av avstånd. Lyssnaren märker, att de olika musikinstrumenten har olika avstånd från mikrofonen, och får ett visst intryck av "djup". Dessa avståndsinformationer har också möjlighet att ge lyssnaren en viss uppfattning om ljudkällans storlek i upptagningslokalen. Med en Carlssonhögtalare kan då redan en monoåtergivning av exempelvis en kör ge lyssnaren ett tydligt intryck av att ljudkällan är utbredd — kören har "bredd" — medan en solist hörs som en klart avgränsad röst i ett större akustiskt perspektiv.

Ljud från musikinstrument som upptagits med så liten andel reflekterat ljud, att inga rumsinformationer överförs, ger med en Carlssonhögtalare intryck av att komma från själva högtalaren eller från området närmast ovanför den. Men ljud som upptagits med tillräcklig andel reflekterat ljud förefaller komma från ett område av varierande bredd bakom högtalaren på varierande avstånd från den. Intrycken av ljudkällans bredd och djup och av salens storlek bestäms av de rumsinformationer som upptagningens blandning av direktljud och reflekterat ljud överför.

Carlssonhögtalaren möjliggör på så vis redan i mono en plastiskt levande återgivning, där det är lätt att urskilja olika instrument och instrumentgrupper. Lyssnaren brukar ofta uppleva denna monoåtergivning som "stereo".

Stereoskärpan kan varieras

Vid stereoåtergivning nås hörseln av två olika uppsättningar ljudintryck från upptagningslokalen, en uppsättning från vardera högtalaren. Flera olika upptagningsmetoder är i bruk även i stereo och ger ganska olika resultat. Högtalarna kan sålunda erhålla sina respektive uppsättningar direktljud och reflekterat ljud antingen från två olikriktade mikrofonelement i en speciell stereomikrofon eller från två skilda mikrofoner på relativt stort avstånd från varandra. Det händer också att högtalarna får återge varsin närbildstagning av var sitt instrument, eller att närbildstagningar av flera instrument på olika sätt är utportionerade mellan de båda högtalarna.

När högtalarna återger var sitt instrument eller var sin grupp av instrument, så är återgivningen från vardera högtalaren i princip en monoåtergivning. Men när båda högtalarna återger samma musikinstrument, har hörseln två uppsättningar ljudintryck från respektive musikinstrument att sätta samman till något helt, dvs två direktljud att koncentrera sin uppmärksamhet på och åtföljande reflekterat ljud i lyssningsrummet att undertrycka. Hörseln kombinerar de båda direktljuden och får intryck av att ljudkällan finns i någon riktning mellan riktningarna till de båda högtalarna; det exakta riktningsintrycket beror på de båda direktljudens relativa styrka och relativa ankomsttid. Lyssnaren kan på så vis höra de olika instrumenten utplacerade i sitt lyssningsrum och får möjlighet att koncentrera uppmärksamheten i riktning mot enskilda instrument eller instrumentgrupper. Själva stereolyssningssituationen leder till en ökad koncentration på själva hörandet (ibland på bekostnad av det hörda), och lyssnaren brukar erfara en säregen, ofta lustbetonad känsla.

Med vanliga, i diskanten framåtriktade högtalare uppträder stereoverkan bara i den mycket begränsade del av lyssningsrummet, där båda högtalarna låter någotsånär lika. Dessutom är det praktiskt taget omöjligt att helt undgå störande riktningseffekter från de enskilda högtalarna. Carlssonhögtalare kan däremot, eftersom de låter lika i alla riktningar, ge god stereoverkan i en mycket stor del av lyssningsrummet (såvida inte upptagningstekniken förutsätter att lyssnaren befinner sig på lika avstånd från båda högtalarna).

En karaktäristisk egenskap hos vanliga, i diskanten framåtriktade högtalare är att de vid stereoåtergivning ger skarpare riktningsintryck — större stereoskärpa — än som svarar mot den lyssningssituation man befinner sig i när man lyssnar på "levande" ljud inomhus. Carlsson-

högtalare ger däremot, tack vare reflekterat ljud från flera olika riktningar, även i stereo ljudintryck som bättre överensstämmer med de normala lyssningsförhållandena i samband med levande musik.

Olika hänsynstaganden, bl. a. önskemålet att upptagningen skall vara kompatibel, dvs användbar även för monoåtergivning, leder ibland till upptagningsförfaranden som medför nedsatt stereoverkan. I sådana fall är det värdefullt att kunna göra avkall på högtalarens förmåga till plastiskt levande återgivning — som upptagningen kanske ändå inte tar i anspråk — för att i stället öka stereoskärpan. Carlssonhögtalaren är därför utförd så, att den alternativt kan stå med en av sina båda långsidor (i stället för den bakre kortsidan) vänd mot väggen. Med långsidan tätt intill väggen erhålles väsentligt ökad riktningsskärpa och minskad plasticitet, men högtalarens övriga egenskaper ändras ej.

En högtalares tonkurva

Tonkurvan för en ljudåtergivningsapparat visar hur tonstyrkan ut från apparaten (elektrisk spänning, ljudtryck etc.) ändrar sig, när tonens frekvens varierar men tonstyrkan in i apparaten hålles konstant. Om tonkurvan för en apparat bildar en rak, horisontell linje inom hela det hörbara tonområdet, vilket är lättast att åstadkomma hos en förstärkare, så innebär det att apparaten inte färgar återgivningen.

Det är ett grundläggande önskemål vid högkvalitativ ljudåtergivning att var och en av de olika apparaterna i återgivningskedjan har rak tonkurva, så att den sammanlagda tonkurvan blir så rak som möjligt. (I vissa led av återgivningskedjan gäller kravet på rak tonkurva i stället ett helt överföringsled, t. ex. FM-sändare och FM-mottagare; bandspelare, band och bandspelare; graveranläggning, grammofonskiva, pickup och avspelningsförstärkare.)

En högtalares tonkurva bestäms i första hand av högtalarmembranen och högtalarhöljet. Med ett förstklassigt membran, ett väl utformat slutet hölje (alternativt basreflexlåda) och lämpligt anordnad dämpning kan tonkurvan för det totala ljudflödet — bortsett från inverkan av närbelägna reflekterande vägg- och golvytor — göras tämligen rak inom ett tonområde, som normalt omfattar mellan två och sex oktaver. (En oktav betecknar fördubbling eller halvering av frekvensen.) Utanför detta tonområde avtar återgivningen. Tonområdets övre gräns sätts i regel av att ljudets våglängd blir mindre än membrandiametern. Den undre gränsen bestäms av den begränsade storleken hos dels den inneslutna luftvolymen bakom membranet i högtal-

larhöljet, dels fjädringen hos högtalarmembranets upphängning.

Vid låga toner påverkas verkningsgraden hos varje ljudkälla — och för övrigt även känsligheten hos varje ljudmottagare — av eventuella närbelägna vägg-, golv- eller takytor. Högtalare med slutet hölje (eller basreflexlåda) får sin verkningsgrad i det närmaste fördubblad av varje sådan reflekterande yta vid de toner där ljudets våglängd är mångfalt större än ytans avstånd från högtalarmynningen. Eftersom högtalare brukar vara avsedda för vissa karaktäristiska placeringar i rummet, t. ex. invid en vägg eller invid både golv och vägg, bör inverkan av placeringen medräknas i högtalarens effektiva tonkurva och beaktas vid konstruktionen av högtalaren.

Även på annat sätt inverkar lyssningsrummets egenskaper i större eller mindre utsträckning på klangfärgen hos varje ljudkälla i rummet. Om nämligen rummets dämpning inte är tillräcklig för att ge hörseln möjlighet att helt bortse från de senare stadierna av det reflekterade ljudet, så kommer den färgning som det reflekterade ljudet undergår i rummet, bl. a. på grund av rumsresonanserna, att påverka lyssningsintrycket. Vid stillaliggande låga toner medför rumsresonanserna också att ljudstyrkan ofta blir mycket olika på olika platser i rummet. I ett välinrett musiklyssningsrum brukar emellertid individuella rumsegenskaper av denna typ inte vålla större problem. De kan inte heller med framgång kompenseras genom ingrepp i återgivningens tonkurva, och de kan därför inte inräknas i högtalarens effektiva tonkurva.

Vanliga mätmetoder är otillräckliga

Tonkurvan för högtalaren är den svåraste i hela återgivningskedjan att göra någotsånär rak. Förhållandet förvärras av att den akustiska mättekniken är alltför outvecklad. De mätmetoder, som normalt används, ger tonkurvor som avviker 10 à 20 dB från högtalarens effektiva tonkurva under normala användningsförhållanden. (10 dB betyder en faktor 10, och 20 dB en faktor 100, räknat i ljudintensitet eller effekt.)

En högtalares tonkurva mäts med hjälp av en särskilt exakt mikrofon, en mätmikrofon. Mikrofonen kan inte som hörseln koncentrera sig på direktljudet och "sila bort" det reflekterade ljudet. Högtalare mäts därför i speciella ekofria mättrum, vars väggar, golv och tak har en meter-tjock, ljudabsorberande beklädnad av mineralull. Den tonkurva som uppmäts mitt framför högtalaren i ett sådant ekofritt rum brukar redovisas som "högtalarens tonkurva". Denna typ av mätning är numera internationellt standardiserad, men den lämpar sig egentligen bara för

speciella undersökningar. Den möjliggör knappast ens en ungefärlig uppskattning av hur en högtalare låter under normala användningsförhållanden.

Att tonkurvan är tämligen rak rakt fram i ett ekofritt rum säger nämligen mycket litet om hur högtalaren låter vid normal användning, även bortsett från att inverkan av närbelägna reflekterande ytor i lyssningsrummet inte ingår. Sålunda kan en högtalare ha tämligen rak tonkurva rakt fram både en, två och tre oktaver ovanför den gräns där ljudets våglängd underskrider membrandiametern. Det avtagande ljudflödet kompenseras nämligen rakt fram av att ljudet riktas i en allt smalare stråle, ju högre frekvensen är. För lyssningsintrycket i diskanten kan emellertid tonkurvas utseende i andra riktningar komma att betyda mera, och hur tonkurvan ser ut där är beroende av membrandiametern och av hur membranet rör sig vid höga toner. Antalet högtalarelement och hur de är riktade inverkar också.

Exakt mätmetod

En följd av att Stig Carlssons ortoakustiska högtalare låter praktiskt taget lika överallt i rummet, är att högtalarens effektiva tonkurva under normala användningsförhållanden då utgör ett entydigt begrepp och är lika med tonkurvan för det totala ljudflödet ut från högtalaren, när högtalaren är placerad på normalt sätt på ett golv och invid en vägg.

För mätning av de effektiva tonkurvorna i samband med konstruktionen av Stig Carlssons ortoakustiska högtalare har en särskild mätmetod utvecklats och ett speciellt mättrum konstruerats. Rummets golv och en vägg, som högtalaren placeras invid, är reflekterande, medan taket och de tre övriga väggarna är beklädda med ljudabsorberande material liksom i ett ekofritt rum. I var och en av 36 mätpunkter, jämnt fördelade över alla riktningar från högtalaren och på tre meters avstånd från högtalarens nedre bakre kant, mäts med en mätmikrofon ljudtrycket vid var och en av 85 mättoner, jämnt fördelade över frekvensskalan. Tonkurvan framräknas som summan av kvadraterna av ljudtrycksvärdena i de 36 mätpunkterna för var och en av de 85 mättonerna.

Med hjälp av denna nya mätmetod och genom olika konstruktionsåtgärder har Carlssonhögtalarnas effektiva tonkurvor kunnat göras anmärkningsvärt raka och jämna. En Carlssonhögtalare kan därför återge programmaterialet så som det är inspelat. När även inspelningen har rak tonkurva, blir återgivningen utomordentligt naturtrogen. Det förekommer emellertid ej sällan upptagningar gjorda med bassänkande

och/eller diskantlyftande mikrofoner, och i samband med dem bör tonkontroller utnyttjas för att kompensera avvikelserna i tonkurvan.

Allroundhögtalare för levande återgivning

Stig Carlssons ortoakustiska högtalare är konstruerade för högsta återgivningskvalitet i rum av bostadsrums storlek och har en speciell utformning för att utnyttja de akustiska möjligheter som placeringen vid en vägg — den normala platsen för en högtalare i ett bostadsrum — erbjuder. Hänsynstagandet till väggplaceringen har emellertid gjorts på sådant sätt, att det inte leder till någon begränsning av högtalarens användbarhet i andra sammanhang. Carlssonhögtalaren kan därför snarast betecknas som en allroundhögtalare med förmåga att även optimalt utnyttja placeringen invid en vägg.

Att placera högtalare tätt intill en vägg är fördelaktigt ur lyssningssynpunkt bara i mindre rum. I större salar bör Carlssonhögtalarna placeras på i huvudsak samma plats som av akustiska skäl skulle väljas för musikinstrument eller röster i likartade funktioner.

För att göra det möjligt att uppnå rak tonkurva under olika användningsförhållanden skall några typfall redovisas. De publicerade tonkurvorna gäller när högtalaren är placerad på golvet med sin bakre kortsida (eller ena långsidan) ett par centimeter från en vägg. Rekommenderat väggavstånd är från 0 till 10 cm. Samma tonkurvor erhålles även när två högtalare ställs med sina bakre kortsidor intill varandra på mer än en meters avstånd från väggar.

Om däremot en Carlssonhögtalare används ensam och på avstånd från väggar, återges basregistret närmare 3 dB för svagt. Detta kan emellertid lätt kompenseras genom att med den använda förstärkarens tonkontroller lyfta basen ungefär 3 dB (ett steg). Om fyra Carlssonhögtalare placeras med sina bakre partier tätt intill varandra och på avstånd från väggar, erhålles i stället närmare 3 dB för mycket bas. Det kan likaledes lätt kompenseras genom att med tonkontrollerna införa en motsvarande bassänkning.

OA-6 kan genom ändring av kondensatorn C17 och motståndet R1 i den inbyggda slutförstärkaren alternativt ges rak tonkurva vid stationärt bruk i andra placeringar än den normala placeringen med mellan 0 och 10 cm väggavstånd. (Vid väggavstånd mellan 20 och 40 cm bör sålunda C17 ökas från det normala värdet 2700 pF till 4700 pF. Vid väsentligt större väggavstånd bör C17 vara 4700 pF och dessutom R1 minskas från det normala värdet 1 M ohm till 750 k ohm.)

Copyright Stig Carlsson 1967.