

# Akustisk effekt – hur uppfattas den? \*\*

Av Rune Sagnell

Vårt hörselsinne har genom hundratusentals år utvecklats på ett sådant sätt att vi har blivit i stånd att höra ytterst svaga ljud, samtidigt som vi inte tar skada ens av mycket starka ljud. Dessa egenskaper har varit en viktig förutsättning för vår överlevnad.

Ett sinne med egenskaper av det här slaget måste fungera på ett speciellt sätt. Det kan höra skillnaden på mycket små ljudstyrkeskillnader så länge ljudet är svagt, samtidigt som det är okänsligt även för stora ljudstyrkeskillnader när ljudet är starkt.

Det är inte »tekniskt» möjligt att hörseln skulle kunna uppfatta svaga och starka ljud samtidigt. Närvaron av starka ljud »dränker» – maskerar – svaga ljud, man kan t ex inte höra löven prassla samtidigt som åskan går.

Hörselsinnets egenskaper bestämmer vilka data en ljudanläggning behöver ha för att den skall kunna prestera en acceptabel återgivning.

De tekniska prestanda hos anläggningen som bestäms av hörselsinnet är främst:

**Frekvensområde:** Ett oskadat hörselsinne hos en ung människa uppfattar ljud från ca 20 svängningar per sekund – Hz – till ca 20 000 Hz. Stora individuella skillnader

finns. Vid ökad ålder avtar förmågan att höra höga frekvenser. Området 40 – 16 000 Hz kan sägas vara ett genomsnittligt tonomfång för personer i 30-årsåldern.

**Ljudstyrkeområde:** Ett oskadat hörselsinne omspannar ett område där förhållandet mellan det svagaste och starkaste ljudet är 1:10 000 000 000 000 (ett till 10 biljoner) gånger. Det förutsätter dock som vi just har sagt att inga starka ljud får förekomma om vi skall kunna uppfatta de svaga. Om svaga och starka ljud däremot förekommer samtidigt, som t ex i musik, uppfattar vi ett ljudstyrkeförhållande på ca 1:100 000 gånger, vilket visserligen är betydligt mindre än 10 biljoner, men som ändå är ett aktingsvärt ljudstyrkeområde.

Förhållandet mellan starka och svaga partier i t ex musik kallas dynamik. Det är hur vi upplever och mäter ljudstyrkor och nivåer som nästa avsnitt av artikeln skall handla om.

## Örats reaktion på ljudstyrkeförändringar

För att undersöka hur hörselsinnet uppfattar olika ljudstyrkeändringar, kan man låta ett antal försökspersoner lyssna till olika



1 liter vatten mot Siljan motsvarar förhållandet mellan det svagaste och det starkaste ljud som vi kan uppfatta.

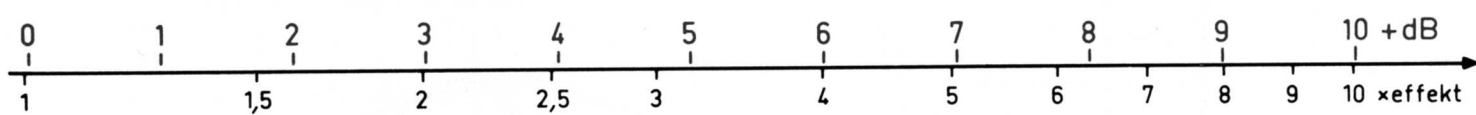


Fig. 1. Detta nomogram visar sambandet mellan det tal som skall adderas till dB-värdet och det tal med vilket effekten skall multipliceras. Om vi ökar effekten till det dubbla (multiplicerar med 2) får vi tydligen addera 3 dB. Orsaken till att 0 dB motsvarar talet 1 är helt enkelt att om vi adderar 0 dB, svarar detta mot att vi multiplicerar med 1.

typer av ljud återgivna med olika förstärkareffekt. Man finner då följande genomsnittsvärden:

- Den minsta uppfattbara ljudstyrkeändringen motsvarar en effektändring på ca 25 %. Så liten skillnad uppfattar man dock endast på brus.
- Den minsta ljudstyrkeändring som uppfattas på rena toner motsvarar en effektändring på 60 %.
- Den ljudstyrkeändring som just kan uppfattas på vanlig musik motsvarar faktiskt 100 % effektändring.
- För att vi skall uppfatta en fördubbling av ljudstyrkan krävs hela 10 ggr effektändring.

Man finner dessutom vid försök av det här slaget att t ex en 10-dubbling av effekten uppfattas i stort sett som lika stor oavsett mellan vilka effektnivåer ändringen sker. Det betyder att en ändring från 1 till 10 watt »låter» lika mycket som mellan 10 och 100 watt, mellan 50 och 500 watt osv. Det kanske verkar underligt att vi uppfattar en skillnad på 9 watt som lika stor som en skillnad på 450 watt, men detta är alltså en följd av hörselsinnets tidigare genomgångna egenskaper.

### Val av ljudstyrkeenhet

Om vi vill mäta örats reaktion för en serie olika starka ljud, verkar det väl logiskt att använda något slags mått eller enhet som beskriver vad örat upplever. Det ansåg i varje fall telefonens uppfinnare Alexander Graham Bell, och kan kallade helt enkelt en fördubbling av ljudstyrkan för en Bel. En mindre och mer praktisk enhet är en tiondels Bel, d v s en decibel (dB).

Sambandet mellan dB och effektändring framgår av fig. 1. 1 dB motsvaras som syns av ca 25 % effektändring och som vi tidigare har sagt är det den minsta uppfattbara

ljudstyrkeändringen (på brus). Det är därför som dB är en mer lätthanterlig enhet än Bel. Och systemet i sig själv är från början valt för att passa till hörselsinnet, krångligare är det faktiskt inte.

När man arbetar med ljudstyrkenivåer, effektförändringar etc på ett mer vetenskapligt eller matematiskt sätt använder man mer komplicerade formler och resone-mang. För att förstå vad dB egentligen är behövs ingen matematik.

### Decibelskalans nollpunkt

Som vi just har förklarat motsvarar en ändring med 10 dB, t ex från 40 till 50 dB en fördubbling av ljudstyrkan. Går vi från 50 till 60 dB får vi ytterligare en fördubbling osv. Går vi neråt på skalan minskar ljudstyrkan. Frågan är då vad noll dB motsvarar för ljudstyrka? Jo, man har kommit överens om att det är det svagaste ljud som örat kan uppfatta. Man kan alltså säga att vid 0 dB är det praktiskt taget tyst. Inte heller detta verkar väl speciellt krångligt?

### Sambandet mellan decibel och effekt

Vi har tidigare påvisat att det finns ett samband mellan effektändring och ljudstyrkeändring. Men observera att det är förändringen i effekt som anges av dB-enheten och inte effektens storlek i watt. Det är emellertid praktiskt att ha ett samband mellan dB och watt, och man har kommit överens om att använda skalan i fig. 2.

Studera skalan och lägg märke till att varje gång man adderar (+) 10 enheter till dB-skalan blir effekten 10 gånger (x) större och tvärt om. Lägg också märke till att 0 dB motsvarar 0,000 000 000 001 watt = 1 picowatt (=  $10^{-12}$  watt) = örats hörselgräns. Detta är alltså en överenskommelse.

Det finns också andra dB-skalar och man skiljer dem åt genom att lägga till en bokstav efter dB. Följande skalar är vanliga:

**dBm:** 0 dB = 1 mW = 0,001 watt. Används t ex för centralantenner (m står för »milli» = en tusendel).

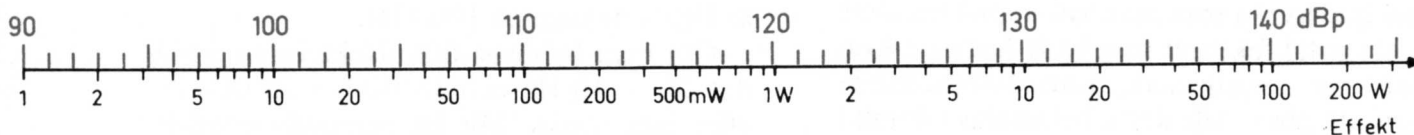


Fig. 2. Sambandet mellan effekten i dBp och motsvarande antal watt.

dBp: 0 dB = 1 pW = 0,000 000 000 001 watt. Används i ljudtekniken för att ange förstärkareffekt, akustisk effekt från högtalare etc (p står för »pico» = en biljondel).

dBf: 0 dB = 1 fW = 0,000 000 000 000 001 watt. Används för att ange känsligheten hos radiomottagare för bl a HiFi-anläggningar (f står för »femto» = en tusen biljondel).

Det finns också ett stort antal andra dB-system, men dem behöver vi inte bry oss om. Det som skiljer dem åt är för övrigt endast hur 0 dB definieras.

Med hjälp av skalan i fig. 2 kan vi nu »märka om» t ex en förstärkare från watt till dBp. En förstärkare på 20 watt är alltså exakt detsamma som en förstärkare på 133 dBp. Det är just så här som förstärkareffekterna anges i marknadsöversikten.

Nå, vad skall allt detta nu vara bra för? Jo, anta att förstärkaren på 133 dBp inte ger tillräckligt hög ljudstyrka, vilken effekt bör då i stället väljas? Vill man t ex ha dubbelt så hög ljudstyrka, måste man lägga till 10 dB, dvs förstärkaren skall kunna lämna 143 dB (200 watt). Och på exakt samma sätt gör man för andra förstärkareffekter.

Ett annat praktiskt användningsexempel är följande:

Man kan i vissa fall just uppfatta 2 dB ljudstyrkeändring. Vilken effektändring motsvarar detta? Ja, det beror faktiskt på vilken effekt man utgår från. Är förstärkaren t ex på 130 dBp (10 watt), motsvarar  $\pm 2$  dB 8–12 watt, men om förstärkaren är på 150 dBp (1000 watt), blir  $\pm 2$  dB 800–1200 watt, dvs hela 200 watts skillnad och dessa 200 watt »låter» faktiskt lika mycket – eller rättare sagt lika litet – som de 4 watten i det första fallet.

Exemplen vill visa att när man använder dB får man alltid för örat »rättvisande» skillnader. Man riskerar inte att luras av siffermässigt imponerande med praktiskt obetydliga effektskillnader.

### Decibel är inget kvalitetsmått

Så här långt har vi endast behandlat måttenheten dB. Det kanske ligger frestande nära till hands att också lägga in någon slags kvalitet i dB-begreppet. På det viset alltså att man kopplar ett visst antal dBp hos t ex en förstärkare med en anläggning av en viss klass. Detta är emellertid inte möjligt, själva effektsiffran säger ingenting om hur bra det samtidigt låter. För en högkvalitativ återgivning krävs det naturligtvis en viss ljudnivå, men dessutom ett frekvensomfång som är tillräckligt stort, låg distorsion, goda transientegenskaper, tillräckliga överstyrningsreserver m m.



Nej, dB betyder i n t e kvalitet!

### Vilken effekt behöver man

Den ljudstyrka som man vill uppnå bestäms av ett antal faktorer som både har med kvalitetskrav, musiksmak, bostadsförhållande m m att göra. Allt detta behandlas i detalj i en speciell artikel.

### Hur mäter man effekt

Vi skall i fortsättningen göra en mer detaljerad genomgång av de olika effektmätningssätt som i dag används. Det finns till en början två normsystem:

DIN (Deutsche Industrie-Norm)  
och  
FTC (Federal Trade Commission).

Enligt DIN anges den effekt som en förstärkare kan avge på 1000 Hz med 1 % distorsion under minst 10 minuter.

Enligt FTC anges den effekt som förstärkaren kontinuerligt kan avge inom hela det angivna frekvensområdet.

DIN är en *mätnorm* enligt vilken de flesta fabrikanter mäter sina HiFi-produkter. FTC är däremot en lag efter vilken alla som säljer förstärkare i USA måste ange uteffekten. Det finns också ytterligare viktiga skillnader.

Enligt DIN är den högsta tillåtna distorsionen vid max effekt 1 %. Enligt FTC får distorsionen väljas godtyckligt av fabrikanter, men vald distorsion skall uppges. Det samma gäller det frekvensområde inom vilket angiven uteffekt kan avges. I princip skulle varje fabrikant kunna ange sin egen kombination av frekvensomfång och distorsion, och olika värden förekommer också.

SHFI har valt att i marknadsöversikten redovisa FTC-effekten på två sätt, nämligen:

20 – 20 000 Hz vid distorsionen 1 %  
och  
40 – 16 000 Hz vid distorsionen 1 %.

De skillnader man finner mellan DIN-effekten och de två FTC-effekterna beror på att det är »svårare» för en förstärkare att avge hög effekt när frekvensområdet utökas. Man finner följaktligen i de flesta fall att FTC-effekten är större inom området 40 – 16 000 Hz än inom 20 – 20 000 Hz. Störst

är DIN-effekten på 1000 Hz.

Om man behöver full effekt inom området 20 – 40 Hz och 16 000 – 20 000 Hz eller inte, måste bli en personlig uppfattningsfråga, som till en del har att göra med de använda högtalarna, kraven på ljudkvalitet, typen av musik etc.

Orsaken till att SHFI har valt att redovisa både DIN- och två FTC-effekter är att detta ger bättre möjligheter att bedöma förstärkarnas effekttegenskaper.

### Förstärkarens bandbredd

Oavsett metoden för effektrevisningen uppges förstärkarnas sk effektbandbredd, vilket är det frekvensområde inom vilket effekten med bibehållen distorsion inte fallit med mer än 3 dB (dvs till hälften).

Effektbandbredden (enligt DIN) och frekvensområdet för FTC-effekten får inte blandas ihop, de definieras på helt olika sätt. För alla förstärkare anges därför effektbandbredden och man finner ofta att denna sträcker sig långt utanför det hörbara området. Orsaken är att en förstärkare för att kunna ge en god ljudkvalitet inom det hörbara området måste kunna återge ett 5 – 10 ggr så stort frekvensområde, trots att det i detta område inte finns något hörbart ljud.

### Högtalarimpedansens betydelse

De flesta förstärkare är konstruerade för att tåla 4 ohms belastningsimpedans från högtalaren. Om man ökar impedansen (minskar belastningen) till 8 ohm, minskar den maximalt uttagbara effekten.

Om man däremot belastar förstärkaren med lägre impedans kan förstärkaren skadas, men vanligen träder automatiska skyddskretsar inuti förstärkaren i funktion och kopplar bort högtalarna eller begränsar uteffekten till ett för förstärkaren ofarligt värde.

En för låg impedans kan man få genom att parallellkoppla två eller flera 4-ohms-högtalare. Detta kan ske oavsiktligt om man till förstärkaren kopplar två par 4-ohms högtalare. I det läge på högtalaromkopplaren där båda högtalarna är inkopplade, kan en parallellkoppling ske och då blir impedansen för låg.