

# HIFI4ALL.DK

---

## Lyd & Højtalerbyg - 2. del

Arne Rodahl [27.10.2007]

**Højtalerens målrettede formål, højtalerenhederne, højtalerens følsomhed og belastningsevne - 2. del af Arne Rodahls artikelserie omhandlende den forunderlige verden omkring lyd og højtalerbyg.**

2. del

### HØJTTALERNES MÅLRETTEDE FORMÅL

Højtalere har specifikke formål, - universalløsninger findes ikke!

Principielt kan en højtaler kun konstrueres med optimal lydgivning, såfremt funktionsområde og akustiske konditioner kendes. Producenter af højtalere målretter deres produkter til funktionsområder, for herefter at konstruere højtalerne til specifikke formål.

Overordnede funktionsområder, - herunder specifikke formål:

#### Professionelle højtalere \*:

- Monitører til radio- og lydstudier
- Biografhøjtalere
- Teaterhøjtalere

#### PA højtalere:

- Højtalere til elektrisk forstærkede musikinstrumenter og sanganlæg til brug i større lokaler eller udendørs.
- Højtalere til brug offentlige steder, f.eks. stadioner, sportshaller, lufthavne, togstationer, butikcentre, m.m.\*

#### Højtalere i boligen:

- Højtalere til minianlæg
- Højtalere til hi-fi anlæg
- Entusiast-højtalere (high-end)
- Surround sound højtalere
- Højtalere til køkken og bad
- Indbygningshøjtalere (link og multi-systemer)
- Aktive højtalere
- Højtalere til computere

#### Højtalere til biler \*:

\*) Ikke beskrevet i artikelserien.

### PA højtalere

1. Højtalere til musik brug (instrumentforstærkning, sanganlæg og diskoteksbrug).
2. Offentlig annoncering, togstationer, stadioner og lignende (ikke beskrevet).

PA højtalere skal opfylde flere specifikke krav, hvor evnen til at afgive store lydtryk i en rimelig lyd kvalitet med lav forvrængning nok er den vigtigste. Til at opfylde dette krav fordres høj følsomhed og stor belastningsevne af driverne over lang tid. Tillige må kabinetterne være robuste og kunne tåle stød og slag. PA højtalere er typisk horns systemer med høje virkningsgrader ofte kombineret med basrefleks systemer.

Til PA højtalere kræves ikke nødvendigvis hi-fi kvalitet, hvorfor kravet til tolerancer på nogle områder er mindre end f.eks. til hi-fi højtalere og high-end. Således kan afvigelser i frekvenslineariteten og egenlyd fra kabinetterne accepteres med en relativ stor margin, idet der må indgås kompromiser, for at opnå højest mulige følsomhed sat i

relation til anskaffelsesprisen.

PA-systemer består typisk af mellemtone- og diskantthorn kombineret med et basrefleks-system, hvor basreflekssystemet varetager basområdet. Hornsystemer der kan gengive frekvenser under ca. 100 Hz har det med at blive meget store, hvorfor de sjældent anvendes.

### **Højttalere til boligen**

Højttalere til minianlæg: kompakte højttalere i pakkeløsninger med minianlæg. Højttalerne ofte udført af et plastmateriale eller af tynd spånplade, hvilke medfører en noget tvivlsom lyd kvalitet.

Højttalere til hi-fi-anlæg: er separate enheder, hvis opgave er at formidle lyd gengivelsen neutral. Højttalerne er ofte udført i solide resonansfrie træskabinetter eller specielle aluminiumskabinetter. Tovejs og trevejs systemer i basrefleksskabinetter er ofte benyttede, ligesom satellitsystemer med subwoofer benyttes grundet disse systemers gode møblerings-muligheder. Lyd kvaliteten må betegnes som neutral og er velegnet til de fleste musikformer.

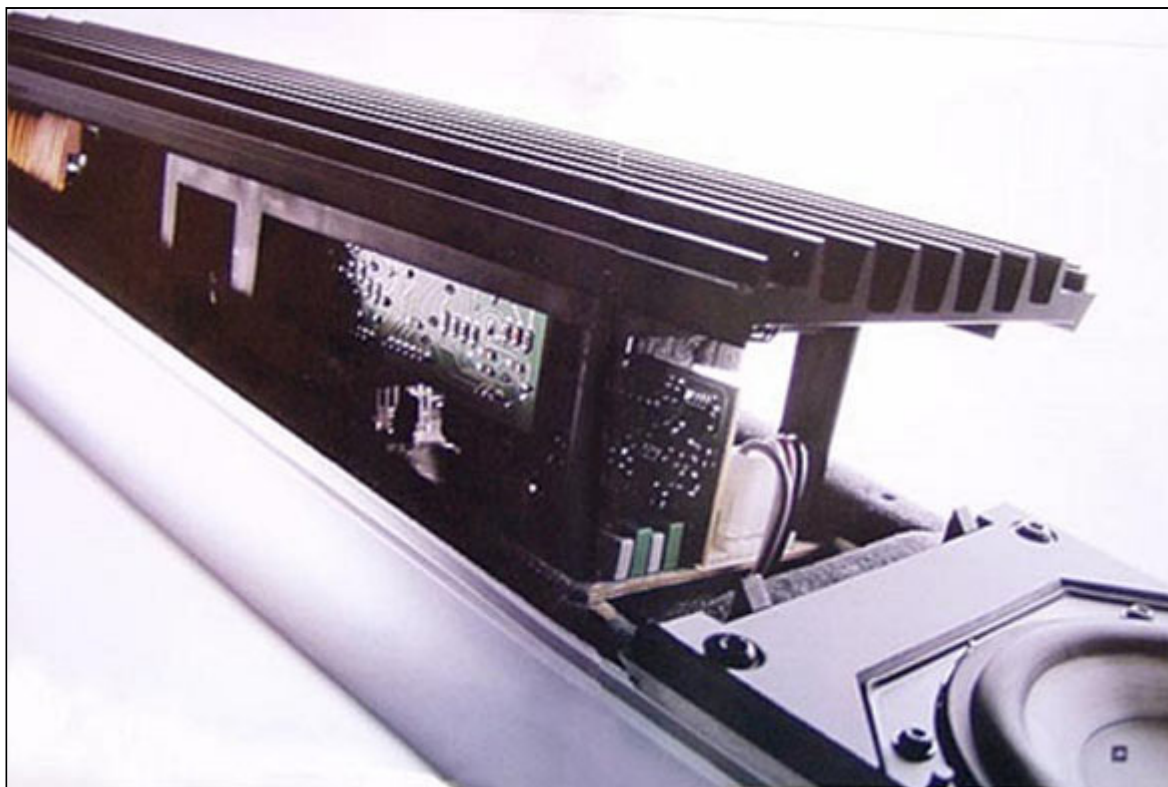
Entusiast-højttalere: (high-end) - kan nærmest beskrives som forfinede hi-fi-højttalere, der benytter drivere af meget høj kvalitet, ligesom kabinetterne er tunge og næsten uden resonanser og egenlyd. Lyd gengivelsen er særdeles neutral. Højttalernes følsomhed er ofte lav.

Surround sound højttalere: bør være komplette sæt, således at klangfarven for alle højttalere er ens. Komplette sæt indbefatter højre- og venstrehøjttaler samt centerhøjttaler enten udført som satellitter suppleret med en subwoofer, eller alle tre højttalere udført som fuldtone systemer. Bag- eller sidehøjttalere kan "nøjes" med at gengive et mindre frekvensområde fra ca. 100 Hz op til minimum 10.000 Hz.

Indbygningshøjttalere: er typisk af bredbåndstypen. Højttalerne kan i den moderne bolig indgå i linksystemer og være indbygget i lofter og vægge i rum, f.eks. i spisestue, køkken, alrum og badeværelse, hvor der er behov for baggrundsmusik og informative programmer. Køkkenet er blevet hjemmets nye "opholdsrum", hvor der stilles krav til god lyd kvalitet, design og placeringsmuligheder. Bedst egnede er satellitsystemer med en skjult subwoofer, idet de er lette at indpasse i køkkenets arkitektur og samtidig kan yde hi-fi kvalitet. Samme type systemer kan tillige benyttes i badeværelser.

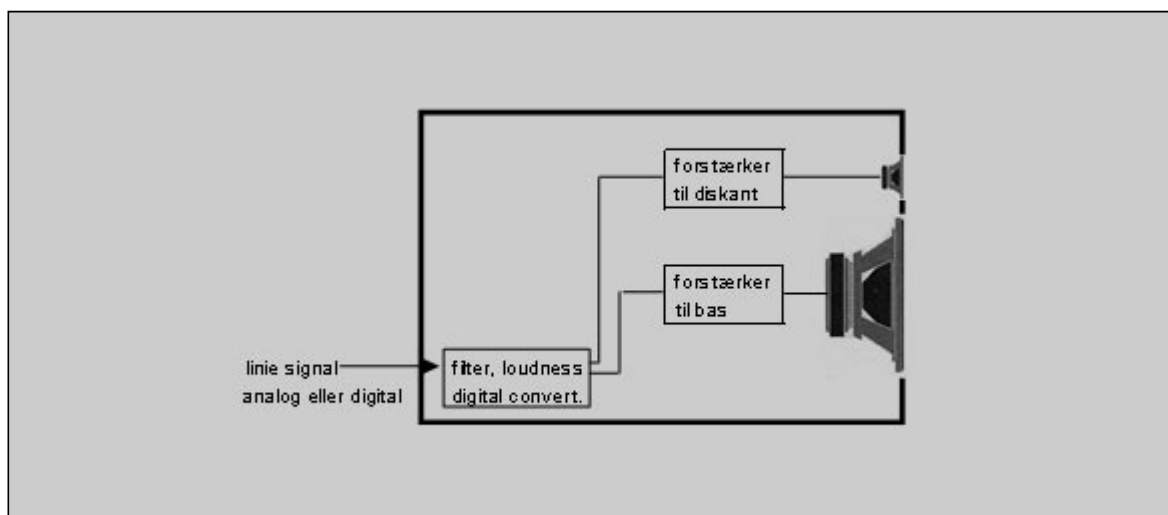
Aktive højttalere: Som begynder af højttalerbyg skal man nok ikke begynde med konstruktioner af aktive systemer; men da denne kategori vinder mere og mere indpas og måske er en af fremtidens foretrukne højttalersystemer, er systemet omtalt for helhedens skyld med en kort gennemgang af principper og fordele. Forskellen mellem en passiv og en aktiv højttaler er som udgangspunkt én eller flere indbyggede forstærkere i den aktive. Forstærkerne arbejder med et liniesignal fra programkilden, hvilket åbner muligheden, at overføre signalet digitalt og gøre overførselskablet mindre kritisk med hensyn til effekttab, støj, frekvensforløb m.m. Artikelseriens beskrevne systemer er alle passive, hvor de fleste kan forsynes med indbyggede forstærkere.

Efter hånden vinder de aktive systemer med indbyggede forstærkere frem, f.eks. producerer B&O udelukkende aktive systemer.



*B&O beolab 8000 aktiv højtalersystem.*

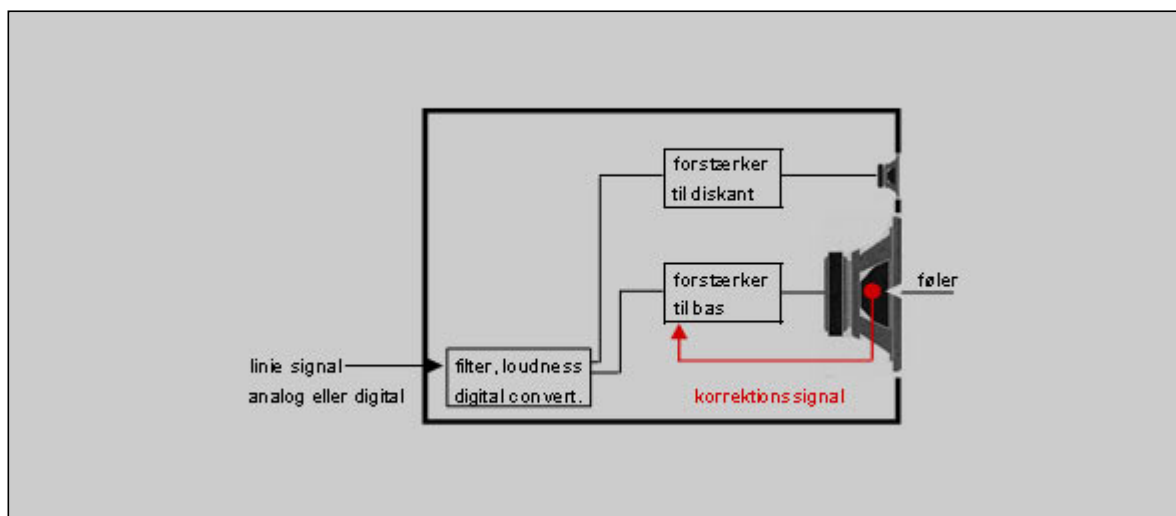
Ud over signaloverførslen åbner det aktive system for yderligere fordele i forhold til det passive system, eksempelvis kan nævnes mindre kritisk filterteknik, niveautilpasninger til de forskellige drivere, korte kabler mellem forstærkere og drivere, muligheder for korrektioner, automatisk loudness, MFB-systemer og brug af digitalteknik.



*Blokdiagram for aktiv tovejshøjtaler - planche nr. 5.*

Traditionelle forstærkere udvikler varme, således også forstærkere i aktive højtalersystemer. For at disse forstærkere ikke skal overophedes, må deres kølelegemer monteres på højtalerkabinettets yderside. En løsning der ikke altid er lige æstetisk. Med udviklingen inden for halvledertechnikken er det imidlertid lykkedes at udvikle forstærkere, der selv med betragtelige store udgangseffekter kun lige bliver lunkne og derfor kan indbygges i højtalerkabinetter uden at give problemer med overophedning.

MFB-systemet: er et korrektionssystem, der hovedsagelig anvendes i kompakthøjtalere og subwoofere. Systemet fungerer udelukkende i aktive højtalere, idet en indbygget forstærker er forsynet med et variabelt korrektionskredsløb specielt til bashøjtaleren. Kredsløbet styres ved hjælp af signaler fra en føler (piezoelement), der er anbragt i bashøjtalerens center og herved kan måle membranudsving, f.eks. resonanser og melde tilbage til forstærkerens korrektionskredsløb.



Blokdiagram for aktiv tovejshøjtaler med MFB-system - planche nr. 6.

Højtalere til computere - ofte kabinetter i plastik eller tynd spånplade med mindre god lyd kvalitet. Efterhånden som PC'en benyttes mere og mere til musik, vil kvalitetskravet være stærkt stigende og hi-fi systemer er begyndt at dukke op på markedet, bl.a. med separat subwoofer. Systemerne skal være aktive.

### Fra farvet til neutral gengivelse

Ordsproget "man kan ikke både få i pose og sæk", gælder i teorien også for en højttalers gengivekvalitet relateret til dens virkningsgrad.

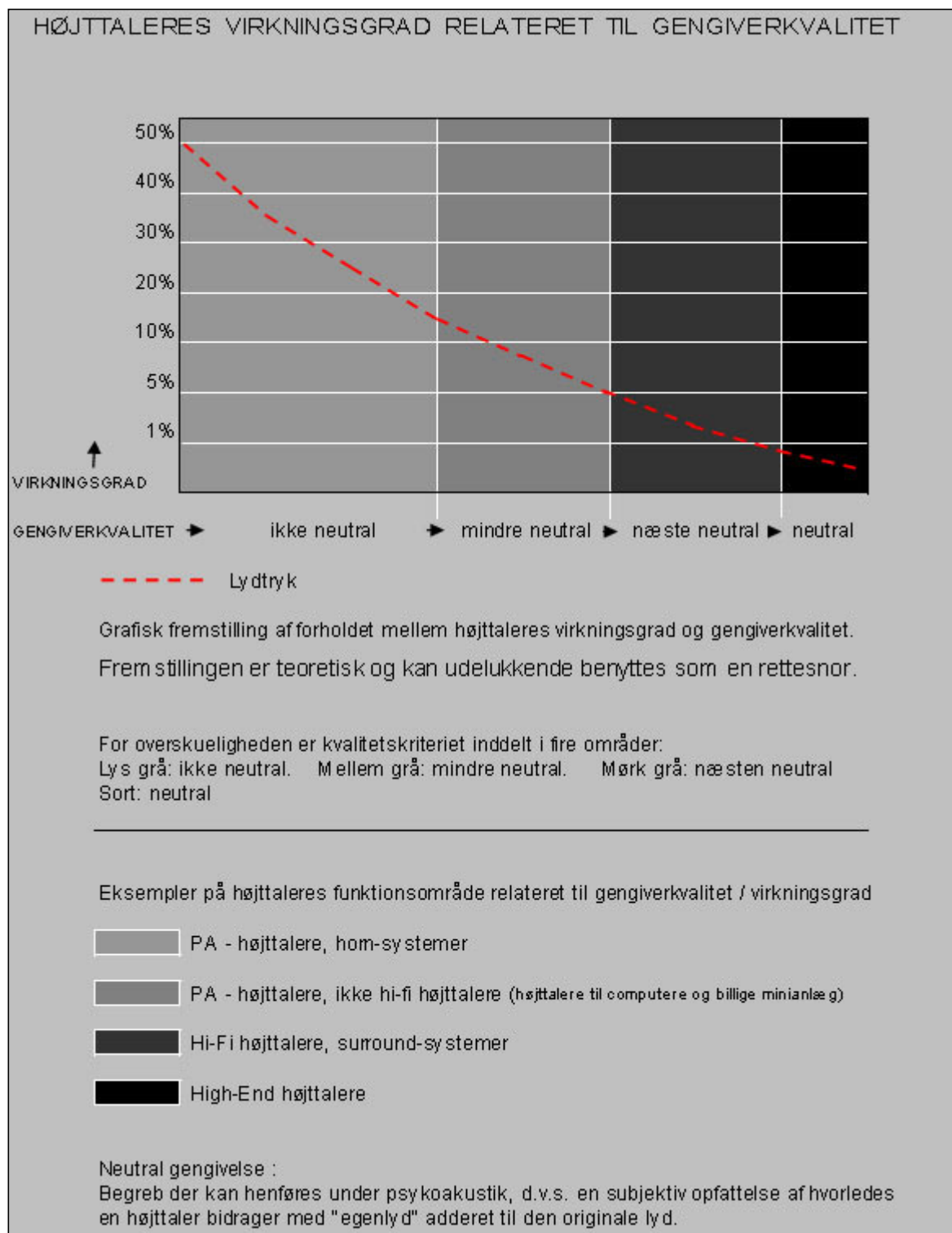


Planche nr. 7.

## HØJTTALERSYSTEMETS ELEMENTER

Højtalersystemets tre primære grundelementer er driverne (højtalerenhederne), delefiltret og kabinettet. Hertil kommer de sekundære elementer, hvilke er dæmpematerialer (vat og bi-tumen), tilslutningsterminaler, refleksporte, fronter, stativer, spikes m.m.

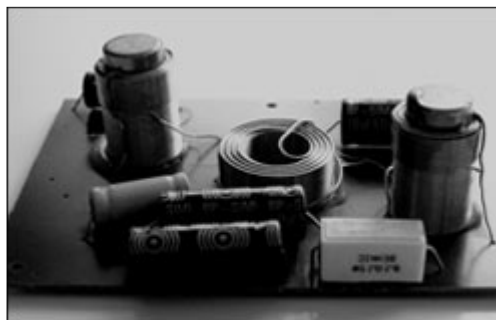
Driverne: (Højtalerenheder) har til opgave at gengive frekvensområdet svarende til det menneskelig hørbare. En enkelt driver kan dog ikke gengive hele frekvensområdet, hvorfor der benyttes særskilte drivere til bas, mellemtone og diskant med hver deres egenskaber i respektive



frekvensområde.

**Delefilteret:** Har til opgave at fordele det elektriske signal fra forstærkeren til driverne, således at de udelukkende får tildelt det frekvensområde de er konstrueret til at gengive. Filtret kan tillige have nogle sekundære opgaver som at korrigere for mindre afvigelser i driverne

**Kabinettet:** Benyttes som en vigtig del af bassystemet og fungerer kun som stativ for mellem- og diskantdriverne. De bedste kabinetter er lydæssige neutrale, - altså med minimale egensvingninger og resonanser.



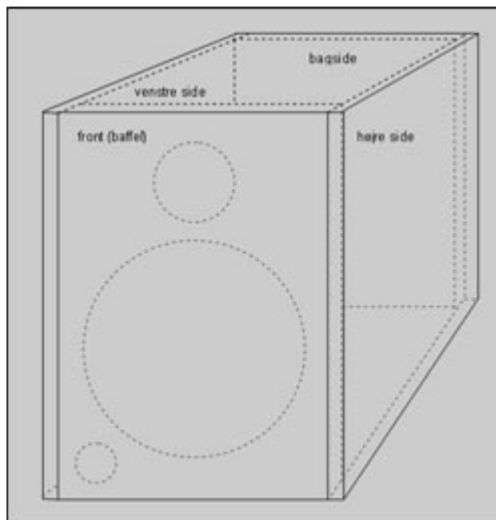
## TRANSDUCERE

En transducer er et apparat, der omsætter en fysisk størrelse til en anden energiform. Omsætningsprocessen kan bestå af flere fysiske størrelser.

Omsætningsprocessen medfører altid et "tab", d.v.s. et uønsket restprodukt, der i de fleste tilfælde bliver til varme. Jo mere effektiv transducere fungerer, des mindre varmeudvikling. Eksempelvis kan nævnes en almindelig elektrisk pære (glødelampe), - har en effektivitet på ca. 10 %, der bliver til lys, - resten 90 % bliver til varme.

Tranducer-eksempler:

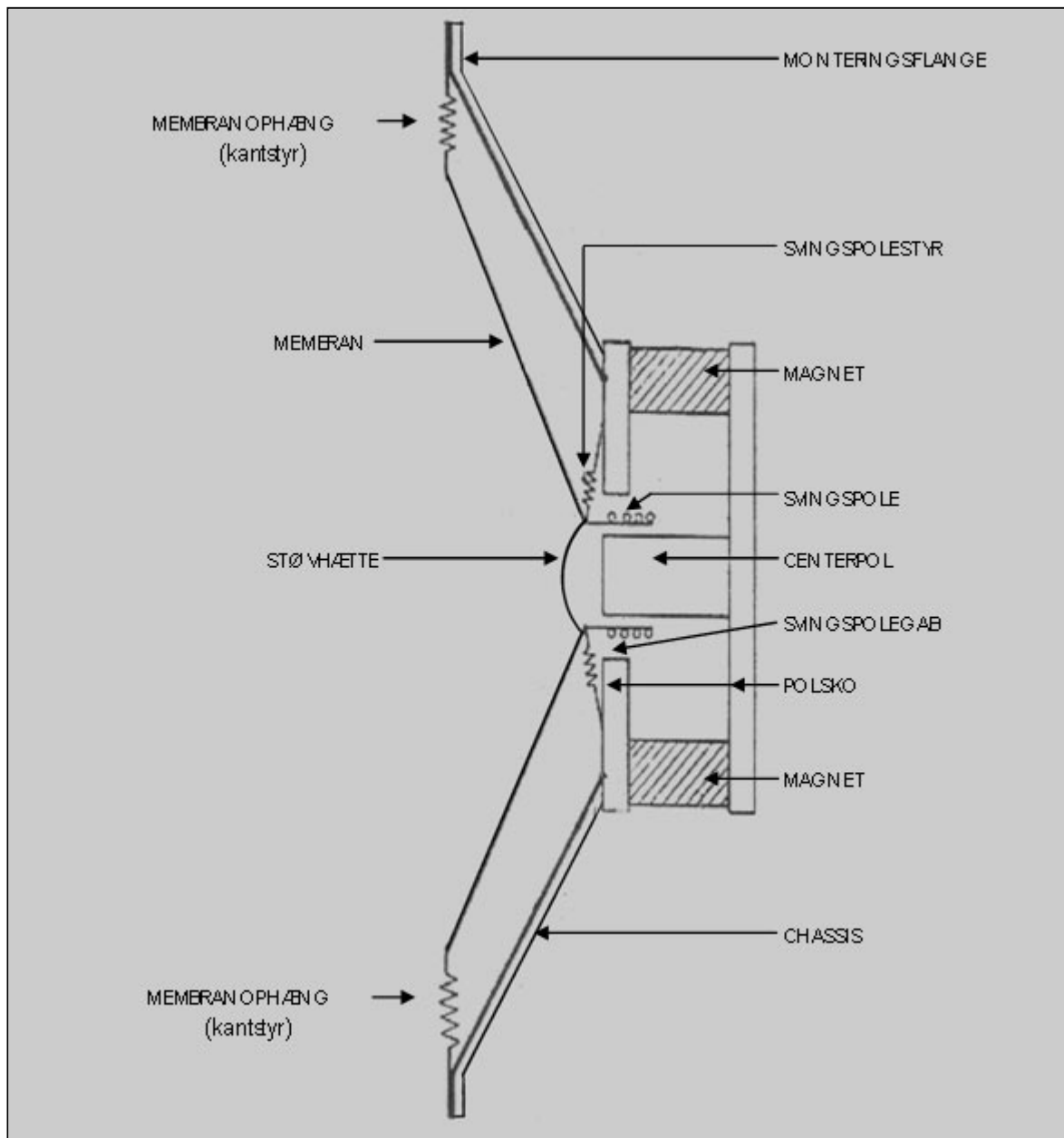
- Mobiltelefon: Fra lyd til elektricitet til radiomagnetisk bølger, - eller omvendt.
- Lampe: Fra elektricitet til lys.
- Elmotor: Fra elektricitet til rotation.
- Komfur: Fra elektricitet til varme.
- Solvarmeanlæg: Fra lys til varme.



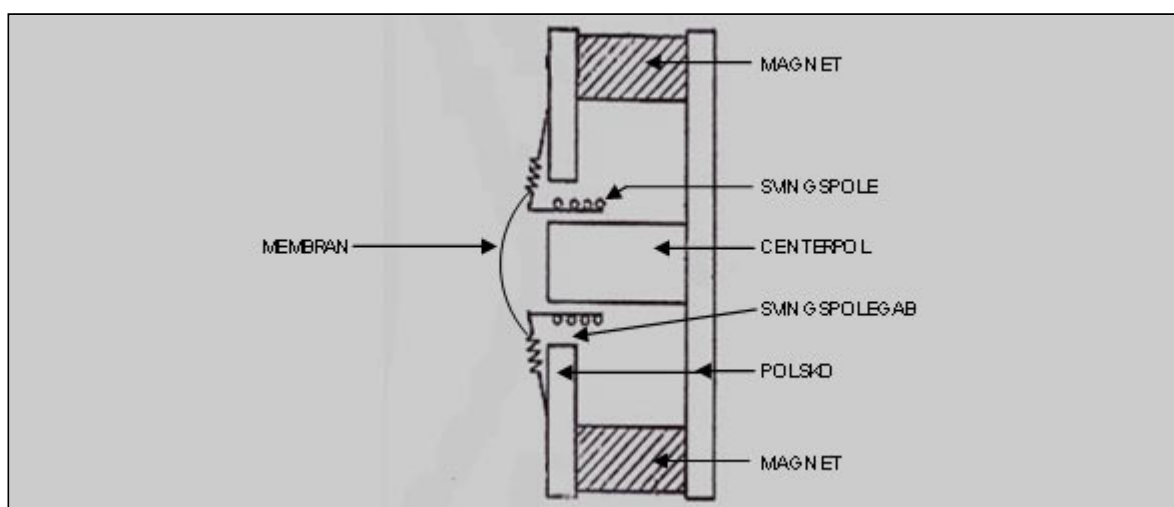
Højtaleren er en transducer, der omsætter elektrisk effekt til lyd. Dens effektivitet varierer, alt efter konstruktionsprincip. En typisk hi-fi-højtaler har en effektivitet på 1 - 3 %. Store hornhøjtalere har en effektivitet på op til 50 %. Restproduktet er varme.

## DRIVERNE

Driveren består af fem hovedelementer: Magnetsystem, svingspole, ophæng, membran og chassis.



Tværsnit af basenhet - planche nr. 8.



Tværsnit af diskantenhet (dometweeter) - planche nr. 9.

**Magnetsystemet:** er det vigtigste og dyreste element i driveren. Magnetsystemet danner sammen med svingspolen "motoren" i systemet. Ledes en strøm gennem svingspolen, vil der opstå et elektromagnetisk felt. Samspil med den faste magnet medfører, at svingspolen, der er "svejset" på membranen, sammen med denne, bevæger sig frem og



tilbage i takt med en tilført vekselspænding, f.eks. et musiksignal. De lufttryksændringer membranen skaber, opfattes som lyd. Som beskrevet i afsnittet "transducere", omsætter højttaleren elektriske svingninger til mekaniske svingninger (lyd). Hele processen foregår ved et snævert samarbejde mellem svingspole og magnetsystem. Det er uhyre vigtigt, at netop dette punkt, rent mekanisk, er udført med den allerstørste præcision for at undgå forvrængning. Magnetsystemet består af en fast magnet, polsko og centerpol. Luftmelletrummet mellem polsko og centerpol, er udformet som cirkulær spalte (svingspolegabet), hvori svingspolen med meget stor præcision, er placeret. I den cirkulære spalte er magnetens energi koncentreret til et homogent, meget kraftigt magnetisk felt. Det mest benyttede magnetmateriale er ferrit. I tidligere kvalitetsdrivere blev materialet alnico benyttet, idet dets magnetiske styrke er ca. det dobbelte af ferrit. Alnico er i dag afløst af materialet neodmium, hvis magnetiske styrke er ca. ti gange stærkere end ferrit.

**Svingspolen:** der er svejset på membranen, har til opgave at omsætte elektrisk energi til magnetisk energi og ved hjælp af det faste magnetfelt sætte membranen i svingninger. Selve svingspolen består af en cylinder, hvorpå der er viklet og limet lakeret tråd. Tråden er oftest rund og af kobber. I nogle kvalitetsdrivere benyttes firkantet tråd, hvorved der kan koncentreres ca. 25% mere tråd i magnetfeltet. Dette forøger det elektromagnetiske felt og dermed driverens virkningsgrad. Temperaturer på over 250 grader er ikke usædvanligt for svingspoler, der udsættes for en høj belastning. Dette fortæller lidt om de krav, der stilles til de materialer der anvendes til cylindere, lim og tråd. Cylinderen er ofte udført af aluminium og til drivere med stor belastning kan anvendes materialet kapton, der tåler op til 400 grader. I diskantdrivere anvendes ofte en magnetisk olie i magnetfeltet for at aflede varmen fra svingspolen til de omkringliggende polsko.

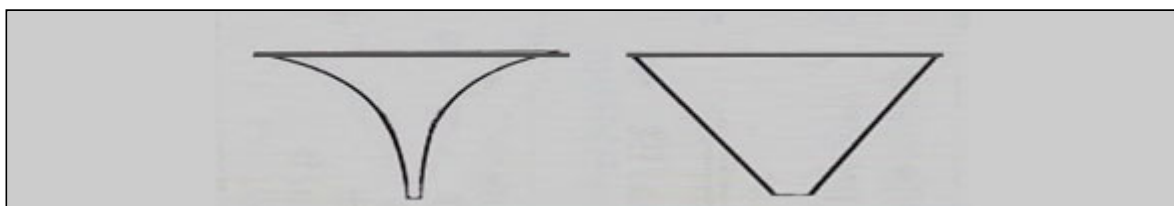
**Ophænget:** Specielt i bashøjttalere skal svingspole og membran bevæge sig et stort stykke frem og tilbage. For at minimere forvrængning skal hele bevægelsesarealet være lineært. Såfremt svingspolen bevæger sig delvist ud af luftgabet, opstår forvrængning (ulinearitet). Modsat kan svingspolen ramme bunden af luftspalten med mekanisk beskadigelse til følge. Ophænget kan enten være meget stift for at begrænse svingspolens vandring i basrefleks-systemer eller det kan være meget blødt. Drivere med et blødt ophæng (højkompliante) udnytter fjedervirkningen fra den indespærrede luft i lukkede kabinetsystemer (trykkammer) til at dæmpe membranbevægelsen. I artikelseriens senere afsnit "Kabinetkonstruktioner" ses begrebet "Vas", der er en parameter til beregning af kabinetets rumfang. Vas betegner rumfanget (liter) af en given mængde indespærret lufts eftergivenhed svarende til membranophængets eftergivenhed i driveren. Anden betegnelse er ækvivalentvolumen.

**Membranen:** har sammen med svingspolen til opgave at omsætte elektromagnetiske svingninger til lyd. Den ideelle membran omsætter lyd til omgivende luft, svarende til det tilførte signal. Dette er imidlertid kun teori. Alle membraner har sin "egenlyd", der adderes til det originale lydbillede. Man siger at lyden farves. Vigtige faktorer er membranens stivhed så fleksninger undgås, samt dens vægt, styrke, udformning og egendæmpning, faktorer der på flere punkter ofte er modstridende.

**Membranmaterialer:** Producenter af drivere forsker intenst i membranmaterialer og membranudformninger, da man netop på disse område kan opnå store forbedringer. Gennem de senere år er nye materialer kommet til, ikke mindst takket være nye og omfattende målemetoder via computere. Til bashøjttalere anvendes ofte papmembraner med en rimelig kvalitet. Papmembraner anvendes tillige til kvalitetsdrivere med en coating af pap, idet de har en "blød og musikalsk" lydgenivelse. Papmembraner kan udformes med en bølget overflade, hvilket har til opgave at øge membranens stivhed og dermed reducere opbrud. Af andre anvendte materialer kan nævnes polypropylene og i den dyre ende anvendes bl.a. kevlar og karbon fibre.

Til diskant højttalere af dometyper anvendes hovedsagelig et membranmateriale af et meget tyndt, vævet stof (f.eks. silke) belagt med en tynd film. Typen betegnes "softdome" grundet dens silkebløde gengivelse. Her udover anvendes polyamid (plastik), aluminium og titanium, disse typer kan imidlertid have tendenser til såkaldte "S-lyde" også kaldet "ringning".

**Membranudformninger:** Membranudformningen har en væsentlig betydning for lydudstrålingen, især spredningen. For membraner gælder generelt, at det effektive areal skal mindskes for gengivelse af stigende frekvens. I bashøjttalere med et konisk membrantværsnit vil en membranformmindskelse ske for hurtigt og resulterer i et lydtryksmaksimum, der hvor den effektive svingende membranmasse modsvarer svingspolemassen, - hvorefter lydtrykket vil være faldende. Der anvendes derfor kun hyperbolske membrantværsnit, hvor membranformmindskelsen er ideel og resulterer i en ret-linet og jævn lydtrykskurve.

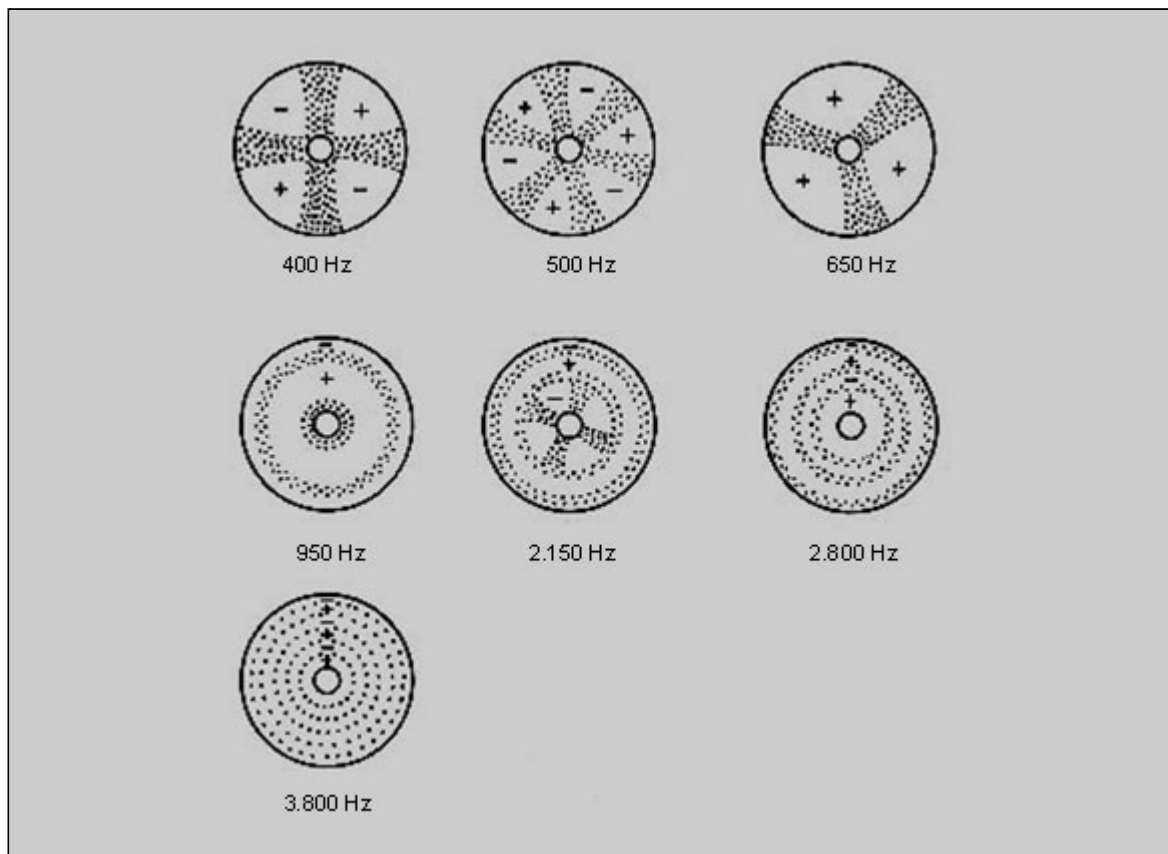


Principskitse for hyperbolsk udformning til venstre og konisk til højre.

I diskant højttalere anvendes stort set udelukkende domeformede membraner, der har en bedre spredning end kegleformede membraner.



**Membranopbrud:** Membranen i en bashøjttaler bevæger sig ved lave frekvenser (under ca. 300 Hz) som et stempel, d.v.s. at hele membranarealet er i fase. I frekvensområdet over ca. 300 Hz bliver svingningsformen langt mere kompliceret, idet det kun er den inderste del af membranen der svinger her. Er membranen ikke stabil og tilstrækkelig stiv vil den bryde op med fleksninger, hvilket betyder at forskellige områder af membranen bevæger sig ude af fase. Membranopbrud høres som forvrængning og kan i tilfælde komme op på 20 %. I hi-fi højttalere er dette dog mindre hørbart grundet ørets ringe følsomhed ved lave frekvenser. For at begrænse membranopbrud dæmpes mellem og høje frekvenser i bashøjttalere i delefiltre. Eksempler på membranopbrud ses i planche nr. 10.



Membranopbrud - planche nr. 10.

**Chassiset:** Bærer alle driverens komponenter og fungerer tillige som monteringsfundament til fastgørelse på kabinettet. Det er vigtigt at chassiset er stift og robust, da dets opgave er at bære komponenterne med stor præcision. De mest stabile chassiser er de trykstøbte (diecast), der ofte anvendes i dyre high-end drivere. I de lidt billigere standard drivere anvendes oppressede pladechassiser, hvis stabilitet er knap på højde med de trykstøbte.

Én driver er ikke ideel til at gengive hele det hørbare frekvensområde, hvorfor frekvensområdet opdeles i flere afsnit (typisk to eller tre). Hvert afsnit varetages af drivere, der er konstrueret til de respektive frekvensafsnit. Til denne deling kræves tillige delefiltre.

**Bashøjttaleren:** De ændringer i lufttrykket, vi opfatter som lyd, er frembragt af membranens bevægelser. Mængden af luft der skal flyttes, for at vi kan opfatte lyden, afhænger af frekvensen. Der skal således flyttes mere og mere luft jo lavere frekvenser, der ønskes gengivet. Derfor skal bashøjttaleren enten have et stort membranareal, eller alternativt en lang membran- og svingspolevinding. Den samlede volumen luft der flyttes pr. svingning (membranareal gange vinding), er afgørende for styrken af lyden. Bashøjttaleren er den største driver i højttalersystemet. Dens membran kan være ophængt i blødt gummi, syntetisk skum eller lærred. Den svingende masse (membran og svingspole) samt ophængets eftergivenhed bestemmer driverens resonansfrekvens. Bashøjttalere til hi-fi brug bør have så lav en resonansfrekvens som muligt. Der er grænser for, hvor blødt ophængt kan gøres, uden at det går ud over dets styrende egenskaber, og en yderligere nedsættelse af resonansfrekvensen må derfor opnås ved at forøge membranens masse. En forøgelse af membranmassen går imidlertid ud over driverens effektivitet, idet driverens "motor" (svingspole/magnet) får mere masse at sætte i svingninger. Man kan så hæve effektiviteten ved at forøge magnetstyrken, hvilket medfører en prisforøgelse.



*Eksempler på store bashøjtalere 10", 12", og 15".*

De viste eksempler har typisk et brugbart frekvensområde op til ca. 1.000 – 1.500 Hz, herover er frekvensspredningen ikke god, ligesom membranopbrud kan forekomme. De tre størrelser kan således udelukkende bruges i trevejsystemer.



Eksempler på 8" bas-mellemtonehøjtalere. De to øverste eksempler har typisk et brugbart frekvensområde op til ca. 2.000 – 2.500 Hz. Planchens nederste eksempel viser en high-end enhed med kevlar membran med frekvensområde op til ca. 3.000 Hz. 8" højtalerne kan betegnes "in between", idet de både kan anvendes i trevejsystemer og i tovejsystemer. 8" er mest velegnede i trevejsystemer, men kan i tovejs systemer med en velegnet diskant-højtaler yde en ganske god kvalitet.



Eksempler på små bas-mellemtonehøjtalere 4", 5" og 6½". De viste eksempler har typisk et brugbart frekvensområde op til ca. 2.000 – 3000 Hz og er velegnede i tovejsystemer, idet de tillige kan gengive

mellemtoneområdet med en god opløsning og spredning.

Eksempler på "de lidt anderledes":



*Til venstre: 6½" bas-mellemtone med fase-plug og kevlar membran. Midt: 8" bashøjtaler med lille magnet til trykkammer. Til højre: 6½" bas-mellemtone med neodymmagnet. Kun ca. 5 cm i dybden, gør den velegnet til brug f.eks. i væghøjttalersystemer. En udfordring for designere.*

### SKAL DER FLYTTES LUFT?



*15" bashøjtaler til PA-systemer. Neodymmagnet. 300 watt RMS. Følsomhed 102 dB.*

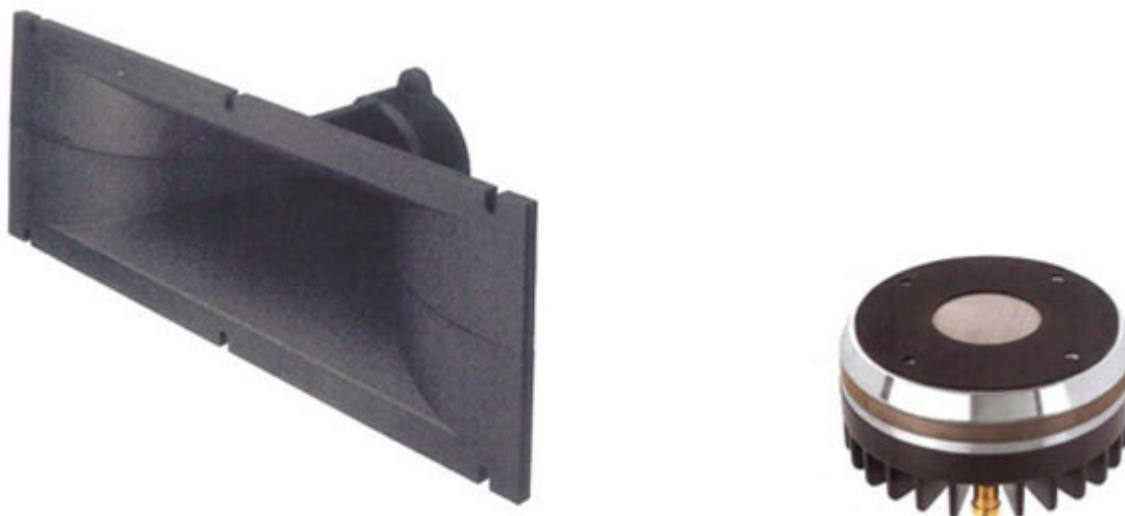
Mellemtonehøjtaleren: kan have forskellige udformninger, men dens membranareal er altid mindre end bashøjtalerens (ideelt ca. det halve). Membranen kan være formet som en keglestub eller som en halvkugle (dome). Egenskaberne for de to typer er lidt forskellige, hvad angår spredning af lyden. Det er ønskeligt at opnå en spredning af lyden, der er konstant over hele frekvensområdet. En driver med keglestubformet membran samler lyden i en stråle ved de høje frekvenser, hvor den domeformede membran udviser disse egenskaber i mindre grad. Mellemtonehøjtalere skal have deres eget kabinet, der som regel er trykkammer, hvor rumindholdet på ca. ½ - 2 liter er ukritisk. Nogle mellemtonehøjtalere er sammenbyggede med kabinettet, der bl.a. har til opgave at separere trykbølger fra bashøjtaleren. Mellemtonehøjtalere har typisk et frekvensområde fra ca. 400 til 4.000 Hz.



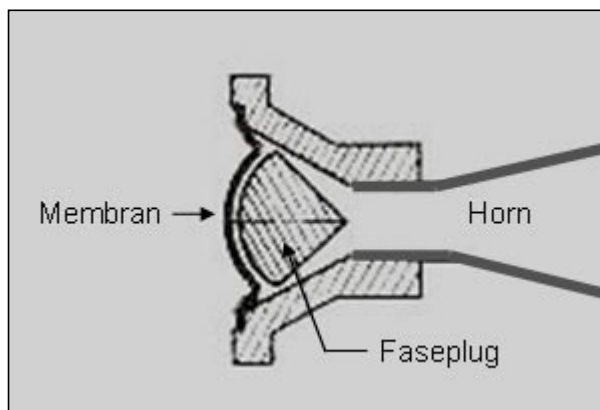
*Til venstre: 2" mellemtonehøjtaler med domemembran. Midt: 4" mellemtonehøjtaler med keglestubmembran. Til højre: 5" mellemtonehøjtaler med keglestubmembran og integreret kabinet.*

### TIL DE STORE LYDTRYK

Hornhøjttaleren: består af en kompressionsdriver samt et horn og anvendes, hvor der er behov for store lydtryk f.eks. i PA-systemer. Princippet er ens for både mellemtone og diskant.



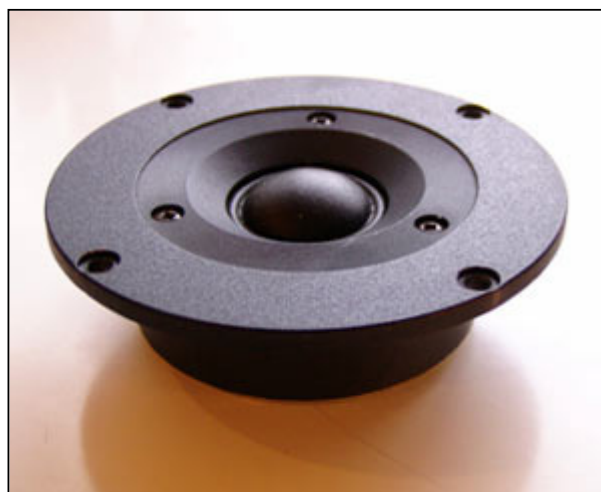
Til venstre: Horn. Spredning: Vertikalt: 40 grader, horisontalt: 90 grader. Til højre: Kompressionsdriver til mellemtonehorn. Følsomhed: 110 dB.



Snit af kompressionsdriver - planche nr. 11.

Kompressionsdriveren er specialkonstrueret til kun at fungere sammen med et horn. Driveren skal udføres med stor præcision for at fungere optimal. Dens opbygning består af magnet, svingspole, membran samt faseplug. Placeringen af faseplug'en har til opgave at koncentrere lydbølgerne fra membranen præcist i det punkt hvor hornet starter samt fasetilpasse lydbølgerne til hornet.

Diskanthøjttaleren: er konstrueret til kun at gengive de højeste frekvenser. Ældre typer kan have en membran udformet som er flad keglestub, mens den mest benyttede er den domeformede membran. På billedet til højre, ses en 1" dometweeter med tekstilmembran. Diskanthøjttalerens membranareal er væsentlig mindre end mellemtonehøjttalerens for at opnå så god lydspredning som muligt. For diskanthøjttalere gælder særlige krav til membranmateriale og svingspole, idet disse komponenter udgør den samlede vægt af den masse, der sættes i svingninger. Denne masse skal være så let som mulig, for at opnå et bredt frekvensområde samt en god impulsforarbejdning. En diskanthøjttalermembran bliver udsat for accelerationer, der kan overstige tyngdekraften flere hundrede gange. Dette betyder at membranen ikke kun skal være let, men også særdeles stiv og stabil. Svingspolen skal ligesom membranen være så let som mulig, hvilket opnås ved at bruge en tynd tråd samt et let rør. Svingspolen udsættes, ud over en stor mekanisk påvirkning, også for en stor temperaturbelastning, - op til flere hundrede grader. I mange kvalitetsdrivere benyttes "magnetisk olie", der afleder varmen fra svingspolen til magnetens polsko. Den magnetiske olie består af en tynd olie, hvori der opslæmmed meget fine stålpartikler, som herved kan fastholde olien i magnetfeltet. Diskanthøjttalere har typisk et frekvensområde fra ca. 2.000 Hz til over





det hørbare.

Andre typer diskant-højtalere: Ringradiator diskant-højtaler, Piezo elementer. Elektrostatisk elementer. Bånddiskanter. Heil elementer. Regularphase elementer.

Coaxialhøjtalere: er en sammenbygning af bas-højtaler, mellemtonehøjtaler og diskant-højtaler, hvor mellemtone og diskant-højtalerne er placeret i centrum af bas- mellemtone-højtalerens membranudformning. Coaxialhøjtalere kan inddeles i to kategorier: 1) Hi-hi-højtalere 2) Autohøjtalere. Coaxialhøjtalere til anvendelse i hi-fi-systemer har diskantelementet placeret i driverens centerpol, hvorved påvirkning af bas-mellemtonemembranens udstråling undgås. Systemet kendes bl.a. fra KEF og Tannoy. Den specielle placering af diskantelementet bevirker en meget præcis punktformighed i lydbilledet ved lyttepositioner nær højtalerne, hvilket gør systemet velegnet til brug f.eks. sammen med computere og som monitører i studier.



*Måske en driver for den kreative designer. 5" coaxialhøjtaler med diskantelementet placeret korrekt i driverens centerpol. Velegnet til både hi-fi og som autohøjtaler.*

En anden type coaxialhøjtaler har diskantelementet placeret foran bas-mellemtone-membranen (typisk i autohøjtalere), konstruktionen synes ikke som nogen heldig løsning i hi-fi-øjemed, idet placeringen griber forstyrrende ind i den vigtige mellemtone spredning.

Alternative drivere er bredbåndshøjtalerne (full range), der indgår i etvejsystemer. Membranudformningen har til opgave at gengive størst muligt frekvensområde. Etvejsystemer fordrer selvfølgelig ikke delefiltere.

Den lille 3" enkelmembranede bredbåndshøjtaler er egnet til hi-fi brug samt kreative designløsninger for kabinetter. Det lille membranareal er nødvendigt for at kunne gengive diskantområdet, der fint rækker op til 15.000 – 17.000 Hz med en god spredning, men det lille areal er desværre også årsag til begrænsninger med hensyn til frekvensområdet under ca. 80 – 100 Hz samt enhedens evne til at afgive tilstrækkelige lydtryk. På billedet til højre ses, en 3" bredbåndshøjtaler med kevlar membran og neodymmagnet. Ved at anvende fire enheder f.eks. i en slank søjle opnås imidlertid et membranareal på ca. 120 cm<sup>2</sup>, - til sammenligning har en 6½" enhed et areal på ca. 140 cm<sup>2</sup>, og så begynder det at være en brugbar gengivelse i mindre lytterum, uden dog at være på diskoteksniveau. Fordelen ved at anvende denne type bredbåndsenheder er en total mangel på det altid kritiske delefilter. De bedste enheder benytter membranmaterialer som kevlar, karbon eller glasfiber samt små, men særdeles effektive neodymmagneter.



Dobbeltmembranede bredbåndshøjtalere findes i størrelser fra 5" og op til 12" og fordrer, grundet den særlige membrankonstruktion, ingen delefiltere. På billedet til højre ses, en 8" dobbeltmembranet driver med papmembran. Typen er ofte anvendt i forskellige hornkonstruktioner, til PA-højtalere og til autohøjtalere, hvorimod den er mindre velegnet til hi-fi gengivelse grundet den særlige diskantmembran, der har det med at gå sine egne veje. Frekvensforløbet er ikke specielt lineært, men rækker ved hjælp af den ekstra diskantmembran op til ca. 15.000 Hz.



### Valg af drivere

Når man står for at skulle bygge en højtaler, har man sandsynligvis allerede gjort sig nogle tanker om hvilken type det skal være. Vil man som udgangspunkt sikre sig at

højttaleren kommer til at fungere optimal (akustisk, elektrisk og placeringsmæssigt), må man vælge højttalerens specifikke formål ud fra de funktionsområder, der er beskrevet i afsnittet: "Højttalerens målrettede formål". Når det så er gjort, kan man begynde at finde de bedst egnede drivere, der vælges ud fra følgende kriterier:

1. Kvalitet / pris.
2. Kabinetype og størrelse.
3. Tekniske specifikationer (impedans, frekvensområde og følsomhed).

Kvalitet / pris hænger som regel sammen. En tommelfingerregel siger: Jo højere kvalitet af drivere, des mere enkle delefilter. Ergo principielt et lettere konstruktionsarbejde. Drivere med lavere kvalitet, kræver ofte stejle afskæringer ved delefrekvenserne, ligesom korrektioner kan være nødvendige. Dette komplicerer konstruktionsarbejdet og medfører flere komponenter i filtret, hvorved højttalerens følsomhed forringes.

Start altid med at vælge bashøjttaleren, idet denne danner udgangspunkt for valg af kabinetype, kabinetets størrelse samt systemets følsomhed. Husk at bashøjttalere med højere følsomhed end mellemtone- og diskant-højttalere ikke kan dæmpes elektrisk. For de øvrige drivere (mellemtone og diskant) har kabinettet mindre betydning, hvilket gør placeringen ukompliceret.

Der kan være flere årsager til hvilken kabinetype man vælger, men en ting er sikkert: Bashøjttaler og kabinetype skal altid passe sammen, hvilket betyder, at man altid skal være i besiddelse af driverens tekniske data, hvor de vigtigste er Thiele / Small parametrene. Beskrivelser af kabinetkonstruktioner følger senere i artikelserien.

Trykkammer eller basrefleks? Hvis man allerede har driveren med de nødvendige data (Thiele/ Small), kan dette afgøre valget af kabinetype og omvendt hvis man har besluttet sig for at bygge en bestemt kabinetype, bestemmer dette valget af driverens data (Thiele / Small). Der findes dog en del drivere, hvis parametre muliggør valg af begge kabinetyper.

Et hjælpesystem er udviklet af Richard Small og kan benyttes som udgangspunkt. EBP (effektivitets-båndbreddeprodukt) anvendes til valg af basdrivere relateret til kabinet-type med følgende nøgletal:

EBP under 50: Transmissionliniekabinet.  
 EBP 50 – 99: Trykkammerkabinet (lukket)  
 EBP 100 – 149: Basreflekskabinet.  
 EBP 150 – 250: Hornkabinet

Nøgletallet fremkommer ved at dividere driverens resonans ( $f_s$ ) med ( $Q_t$ ) ganget med 1.1 = nøgletal.

## KOMPLETTE SYSTEMER

Étvejs (bredbånd), tovejs, trevejs, (firevejs benyttes sjældent) samt satellit/subwoofer. For alle disse systemer er følgende data gode informationer: Belastningsevne (kontinuerlig effekt), impedans, følsomhed og frekvensområde.

Étvejsystemet er elektrisk simpelt, idet man undgår delefiltret. Systemet benytter de såkaldte bredbåndshøjttalere, hvilket vil sige højttalere med en membran, der dækker det største mulige frekvensområde. For at membranen kan gengive de høje frekvenser med god spredning, må den ikke være for stor, hvorfor kvalitetsenheder typisk har en størrelse på 3" - 3½", med membranmateriale af glasfiber, kevlar eller karbon. Grundet det lille membranareal yder disse enheder et begrænset lydtryk i basområdet, hvorfor de ofte ses i konstellationer, hvor der anvendes flere enheder, ofte i søjleform og eventuelt suppleret med en subwoofer. Nogle bredbåndshøjttalere, typisk de lidt større, har påsvejet en ekstra diskantmembran (dobbeltmembran-højttalere). Systemet virker delvist, men egner sig ikke til hi-fi-systemer, hvorimod det ses anvendt i forskellige hornkonstruktioner med bagladning.

Flervejssystemerne er mere komplicerede, idet flere drivere skal kunne arbejder sammen og det altid kritiske delefilter er uundgåeligt. Jo flere frekvensafsnit et højttalersystem opdeles i, - des mere kompliceret delefilter med deraf forbundne noder.

Tovejssystemet kombinerer typisk 4", 5", 6½" og 8" bas/mellemtone-højttalere med ¾" eller 1" domediskant-højttalere. Systemerne er relativt enkle i deres konstruktion og kan yde virkelig høj lyd kvalitet, selv i kompakte kabinetter, - dog med begrænset ydelse af lydtryk. I et andet type tovejssystem benyttes to ens parallelkoblede bas- /mellemtone-højttalere med diskantdriveren placeret midt i mellem. Systemet er navngivet efter opfinder d'Appolito. Ved at anvende to basenheder opnås et større membranareal og dermed afgivelse af større lydtryk. Systemet udmærker sig tillige ved et velkontrolleret spredningsmønster af diskant og mellemtone. Tovejssystemer kan tillige kombineres med en subwoofer, de såkaldte satellitsystemer, der fungerer elektrisk som et trevejssystem.

Trevejssystemet konstrueret som et traditionelt system med bas-, mellemtone- og diskant-højttaler, vælges ofte når større lydtryk ønskes. For opnåelse af større lyd tryk, må der benyttes 10", 12" eller 15" bashøjttalere. Disse



enheder har typisk en dårlig spredning i mellemtoneområdet, hvorfor en kombination med en mindre mellemtoneenhed på 3", 4", eller 5" nødvendigvis er og hvis spredning igen glider jævnt over til diskant-højttaleren. Valget af driverne til trevejs-systemer er mere komplicerede end i to-vejs-systemet, idet frekvensbalance, faseforhold m.m. beror på et præcist samarbejde mellem de tre drivere samt delefilter. Et andet konstruktionsprincip, er 2½-vejs-systemet, der elektrisk fungerer som et trevejs-system. Her benyttes to ens bas / mellemtone-højttalere, typisk 4", 5", 6½" eller 8" samt én diskant-højttaler. De to bas / mellemtone-højttalere er elektrisk koblet parallelle, men filtreret deler således, at kun den ene enhed fungerer både som bas- og mellemtone-højttaler og den anden enhed udelukkende som bashøjttaler.

## HØJTTALERNES FØLSOMHED

Beslægtede betegnelser er driftseffekt og virkningsgrad, hvilket i al sin enkelthed betyder højttalerens effektivitet til at omsætte elektrisk energi til akustisk energi (trykbølger). Dette uanset om det er komplette systemer eller drivere.

Normerne:

- Følsomhed: 1 watt / 1 meter = X dB
- Driftseffekt: 96 dB / 1 meter = X watt
- Virkningsgrad: 2,45 divideret med driftseffekt (watt) = X %

Sammenhæng mellem de tre normer i følgende eksempler:

Følsomhed (dB)	Driftseffekt (watt)	Virkningsgrad %
102	0,25	9,8
99	0,5	4,9
96	1	2,45
93	2	1,2
90	4	0,6
87	8	0,3
84	16	0,15

## HØJTTALERNES BELASTNINGSEVNE

Højttalerens belastningsevne er næsten som at måle elasticitet i metermål, men brugbare normer og målemetoder findes og bruges som beskrevet:

Målenormer efter IEC 268-5

- RMS: Testsignal kontinuerlig i 100 timer
- Short term: Testsignal i ét sekund herefter pause i ét minut, gentaget 60 gange.
- Long term: Testsignal i ét minut herefter pause i to minutter, gentaget 10 gange.

## OVERBELASTNING AF HØJTTALERSYSTEMER

Ved følger efter overbelastning af højttalersystemer skelnes der mellem:

1. Mekanisk sammenbrud af drivere.
2. Nedbrud af svingspole i drivere.
3. Nedbrud af delefilterkomponenter.

Mekanisk sammenbrud sker hovedsagelig i bashøjttalere og ikke så ofte i mellemtone- og diskant-højttalere. Årsagen til sammenbrud kan skyldes store overbelastninger og kraftige transienter, der medfører så store membranudsving, at membranophænget beskadiges eller svingspolen banker imod magnetens bund og deformeres.

Afbrudte svingspoler er nok den oftest forekommende beskadigelse af drivere foranlediget af overbelastning.

- Varme der afsættes i svingspolerne er et biprodukt (typisk over 90 %) fra den elektriske effekt, der ikke omsættes til lyd.
- Varmemængden fremkommer ved afsat effekt i et givet tidsforløb.
- For høj varme afsat i svingspolerne skyldes for stor afsat effekt i et for langt tidsforløb.

En defekt forstærker med DC-drift (jævnstrøm fra højtalerudgangen) vil altid forårsage høje temperaturer i bashøjtalerens svingspole med afbrydelse til følge. Jævnstrøm kan ikke passere defilefiltret, hvorfor mellemtone- og diskant højtalerne skånes.

En defekt forstærker der går i selvsving, medfører et ikke hørbart, højfrekvent signal, der forårsager høje temperaturer i diskant højtalerens svingspole med afbrydelse til følge. En fejl der sjældent forekommer i moderne forstærkerkonstruktioner.

Musiksignaler består hovedsagelig af kortvarige impulser, hvis tidsforløb udgør brøkdele af sekunder og derfor ikke når at afsætte varme i svingspolerne. Først når signalerne forvrænges ved overstyring af en forstærkers udgangstrin, øges tidsforløbet drastisk og temperaturen stiger katastrofalt i svingspolerne med afbrydelse til følge. Overstyring af forstærkere betegnes klipning, grundet den grafiske fremstilling af musiksignalers transienter, der får spidserne "klippet" og bliver til forvrængning. Overstyring fremkommer ved en forstærkers utilstrækkelige udgangseffekt til et givet behov. Betragtes planche nr. 11 ses et musikstykke grafisk fremstillet. Det vandrette forløb er tidsforløbet og det lodrette forløb er effektiveauet. Effektiveauet mellem de to grønne streger gengives af en forstærker med tilstrækkelig udgangseffekt, hvorimod effektiveauet mellem de to røde streger er begrænset af en forstærker med for lille udgangseffekt. Signalet bliver "klippet" og omdannet til forvrængning. Denne forvrængning (ses ikke på planchen) udgør et væsentligt længere tidsforløb end de uforvrængede transienter.

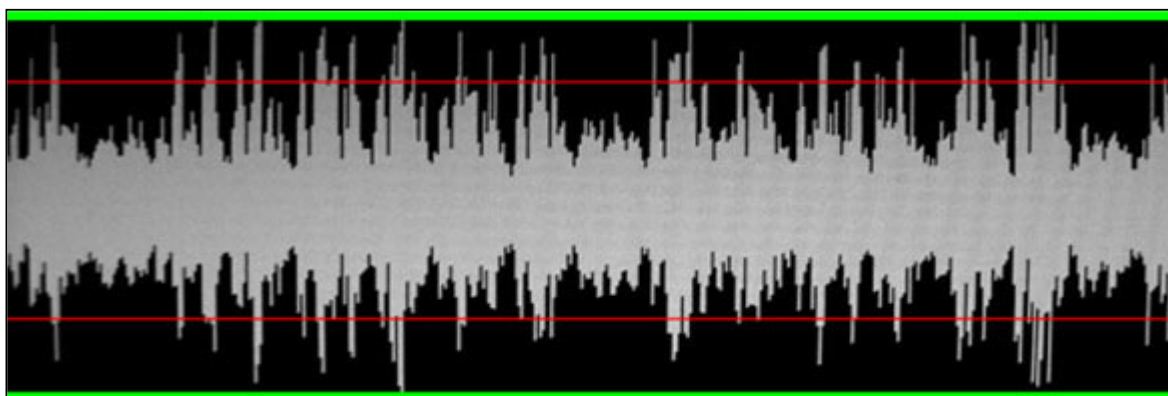


Planche nr. 11.

Summa sum'marum anvend hellere forstærkere med lidt for stor udgangseffekt frem for forstærkere med for lille udgangseffekt, relaterede til anvendte højtalere.

Nedbrud i defilefiltre forekommer typisk i forbindelse med overbelastning af driverne. Nedbruddet sker mere eller mindre tilfældigt af filtrets komponenter (kondensatorer, spoler og modstande).

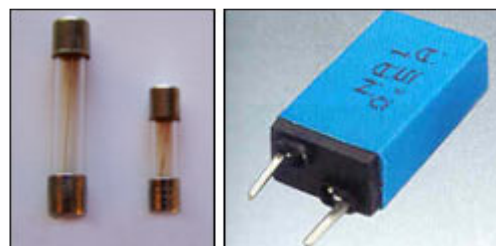
#### Sikring af komplette højtalersystemer og drivere

Sikring af komplette systemer kan kun foretages med en elektronisk sikringsenhed, der er forsynet med et justerbart følekredsløb til indstilling af brydetidspunkt, som ses af billedet til højre.



Sikring af bashøjtalere er sjældent nødvendige i hi-fi-systemer til boligen, hvorimod sikring af dyre bashøjtalere i PA-systemer kan være en god investering. Skal en sikring af bashøjtalere være effektiv, bør der anvendes omtalte elektroniske kredsløb.

Anvendes der ikke en elektronisk sikring af det komplette højtalersystem, kan det anbefales at sikre mellemtone- og diskant højtalerne med finsikringer (venstre billede af de to til højre) eller PTC modstande (højre billede af de to til højre), idet svingspolerne (især i diskant højtalere) er vikled af sårbare, tynde kobbertråde, der let smelter ved høje varmegrader. Denne sikringsmetode er dog mindre sikker grundet en længere reaktionstid.



Finsikringer (0,8 – 1 A / træg til diskant højtaler / imp.8 Ohm) og PTC-modstande fungerer ved en gradvis opvarmning grundet overbelastning. Når en given temperatur er nået afbryder sikringen. Finsikringer skal udskiftes efter afbrydelsen, hvorimod PTC-modstanden fungerer igen efter overbelastningen er fjernet. Beregninger af denne type sikringer er imidlertid noget usikre, idet beregningerne skal baseres på musiksignaler, der er temmelig komplekse. Ved nogle forsøge kan metoden bringes til at fungere.

Delefilter har stor betydning for beskyttelse af mellemtone- og diskant højttalere. Den bedste beskyttelse fås fra filter med højest mulige delefrekvenser og med store flankestejlheder (minimum 12 dB og bedst 18 dB). Delefilter beskrives i artikelseriens Del 5.

*Copyright © Arne Rodahl 2007*

*Eftertryk og erhvervsmæssig udnyttelse  
uden forfatterens godkendelse er ikke tilladt.*

---

**Udskriften er kun til privat brug - anden brug kræver skriftlige aftale med HIFI4ALL.DK!**  
Copyright © HIFI4ALL.DK- Alle rettigheder forbeholdes.