

# HIFI4ALL.DK

---

## Lyd & Højttalerbyg - 3. del

Arne Rodahl [19.11.2007]

**Kabinetkonstruktioner - 3. del af Arne Rodahls artikelserie omhandlende den forunderlige verden omkring lyd og højttalerbyg.**

**KONSTRUKTION SARBEJDET** - i tre faser i artikelseriens del 3, 4 og 5.

- Konstruktioner og beregningsmetoder af kabinetter (3. del)
- Bygning af en øvelshøjttaler i praksis (4. del)
- Konstruktioner og beregningsmetoder af deflektorer (5. del)

Det vigtigste værktøj i konstruktionsarbejdet er computeren, der nok efterhånden findes på skrivebordet hos de fleste højttalerbyggere. I denne artikelserie, er lange, tidskrævende og stort set sjældent anvendte formler (der for længst er overført til computerens beregningsprogrammer), efter mange overvejelser gemt af vejen og kun få er ladet tilbage. For hvorfor sidde i timevis og bryde sin hjerne med disse beregninger på en lommeregner, når computeren kan klare beregninger og simulerede kurver på en brøkdel af et sekund? Herved får man frigjort alle ressourcer til kreativt arbejde og for de interesserede kan formlerne i utal findes på nettet. Der findes i dag en mængde beregningsprogrammer, der ikke koster en formue eller helt gratis kan hentes på nettet... og de fleste af programmerne er særdeles lette at anvende.



3. del

### KABINETKONSTRUKTIONERNE

Denne del af artikelserien omhandler den teoretiske gennemgang af de mest almindelige kabinetsystemer med tilhørende beregningsmetoder. Beregningsmetoderne danner udgangspunkt og grundlag for det senere forløb i konstruktions-arbejdet.

Højttalerkabinettet har vital betydning for bashøjttalerens funktion, idet kabinettets rumfang minutøst "styrer" bashøjttaleren, medens kabinettets betydning for mellemtone- og diskant-højttalerne kan koncentreres omkring udformningen af kabinettets front (baffle).

Kabinetter er stort set uundværlige for gengivelse af lave frekvenser med nogle få undtagelser. Når en driver udsender lydbølger vil disse udbredes i 360 grader som ringe i vandet. Såfremt driveren ikke er monteret i et kabinet, vil lydbølgerne fra membranens forside brede sig til bagsiden grundet den rundstrålende udbredelse og der vil herved ske en gradvis ophævelse af lydbølgerne, - kaldet akustisk kortslutning. Den akustiske kortslutningen vil ske med et fald i lydtrykket med ca. 6 dB pr. oktav fra ca. 150 Hz og ned.

Sørger man for at der ikke er akustisk forbindelse mellem membranens for- og bagside bliver driveren i stand til at gengive lave frekvenser, hvilket kan gøres ved at placere driveren monteret på en meget stor plade og jo større plade, des lavere frekvenser kan gengives. Konstruktionen kan forekomme noget upraktisk, idet gengivelse af f.eks. et frekvensområde ned til 50 Hz fordrer en plade på 10 m<sup>2</sup>. Alternativet er at placere bashøjttaleren i et kabinet, om end det bliver mere kompliceret at beregne, men til gengæld noget mere placeringsvenlig. I de kommende afsnit gennemgås de mest benyttede kabinettyper, der alle har til opgave, at forhindre omtalte akustiske kortslutning samt "styre" bashøjttaleren akustisk. Det ideelle kabinet bør være lydæssigt neutralt, men i praksis bidrager kabinetter altid med deres egen lyd, - mere eller mindre.

### Undtagelserne

Kabinetter er dog ikke altid uundværlige, idet der findes high-end konstruktioner næsten uden kabinetter, de såkaldte dipol-højttalere, - spændende konstruktioner i flere afskygninger, f.eks. med dynamiske elementer eller som elektrostatsystemer, men systemer der nok ikke har hjemme i højttalerbyg for begyndere, men blot nævnes for helhedens skyld.



*Jamo dipol højttalersystem - R909*

### **Kabinetsystemer til bashøjttalere**

De ofte benyttede kabinettyper er trykkammerssystemet, basreflekssystemet, slavebassystemet og båndpasssystemet, - alle beskrevet her i artikelserien. De omtalte kabinetssystemers effektive rumfang i liter skal altid beregnes og kendes, det samme gælder for dimensionering af porte i basrefleks- og båndpasssystemer. Overlad intet til tilfældigheder, såfremt resultatet skal blive godt. Alle beregninger baseres på højttalerenhedernes parametre, hvorfor disse skal kendes.

Andre kabinettyper er horns-systemet, herunder kvartbølgehornet samt transmissionslinie-systemet, der alle stiller store krav til beregninger og snedkermæssige færdigheder og derfor nok er mindre velegnede til nybegynderne.

### **Kabinetsystemer til mellemtonehøjttalere**

Idet mellemtone-driver ikke gengiver frekvenser under ca. 500 Hz, spiller et kabinet ikke nogen afgørende rolle andet end at separere trykbølger fra bashøjttaleren. Nogle drivere har dog en lille fordel af den "luftfjeder" et trykkammerkabinet på ½ - 1 liter kan yde. Kabinettet skal forsynes med dæmpevat til reduktion af forvrængning.

Trykkammerssystemet eller det lukkede kabinet, er det mest forudsigelige og håndterlige kabinet af samtlige typer, - her går det sjældent helt galt, selv uden justeringer. Andre systemer bør som regel trimmes og justeres, såfremt optimal gengiverkvalitet ønskes. Den bedste trimning foretages ved hjælp af akustisk måleudstyr og har man ikke adgang til et sådan, kan trykkammersystemet måske være det sikre valg.

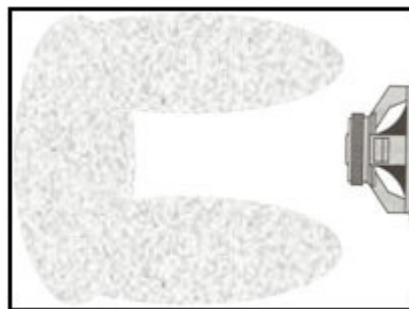
På trykkammerssystemets minusside kan nævnes en mindre følsomhed, idet halvdelen af den tilførte effekt går tabt og afsættes som varme inde i kabinettet (en driver udsender lige meget effekt bagud som fremad)

Trykkammerssystemets evne til gengivelse af lave frekvenser, aftager hurtigere i styrke end f.eks.

basreflekssystemet, men går ofte længere ned i frekvensområdet.

På plussiden hører trykkammerssystemets uovertrufne evne af samtlige systemer til gengivelse af transienter (kraftige, hurtige impulser).

Som det fremgår af navnet, er kabinettet lukket, hvilket vil sige at den indespærrede luftmasse er konstant, idet kabinettet er fuldstændigt tæt. Luftmassen virker som en fjeder, som ved hjælp af kabinetrumfanget er afstemt til driverens parametre. Kabinetrumfanget fyldes med dæmpevat, som har til opgave at reducere indvendige refleksioner og heraf følgende forvrængning.



*Trykkammerkabinet med dæmpevat - planche nr. 12.*

### **Beregninger af trykkammersystemet**

Når det drejer sig om selve konstruktionsarbejdet er trykkammersystemet det mest enkle og giver en rimelig sikkerhed for et godt resultat. Det eneste der skal beregnes er kabinettets effektive rumfang i liter, hvilket betyder at rumfanget af drivere og filter skal modregnes. Dæmpevat skal medtages i computerberegningerne. I

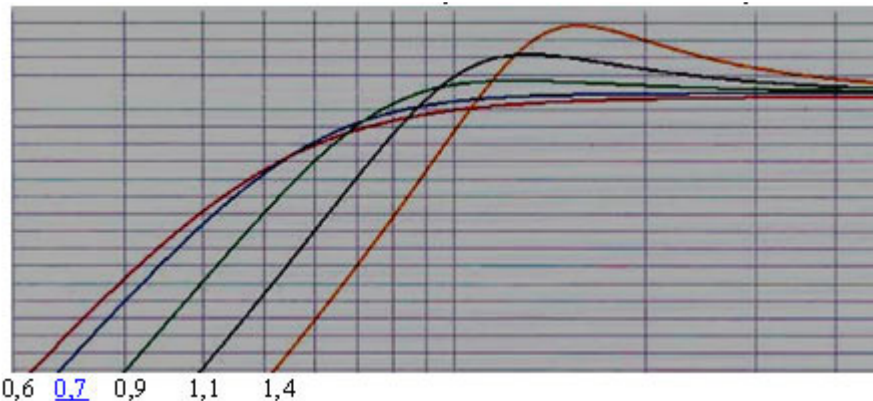
computerens beregningsprogram indsættes kabinetets Q-værdi, der vises som et simuleret frekvensforløb på nedenstående kurveblad.

#### Q-værdier:

0,6 (rød kurve). Kraftig dæmpning, fin impulsgengivelse, fast men ikke særlig fyldig basgengivelse. Anvendes ikke ofte.

0,7 (blå kurve). Bedste kompromis mellem præcision og basfyldte.

0,9 (grøn kurve), 1,1 (sort kurve), 1,4 (orange kurve). Alle tre afstemninger giver en fyldig bas på bekostning af impulsgengivelse og præcision. - kaldes også "snydebas"



Simulerede frekvenskurver for trykkammerkabinetets Q-værdier - planche nr. 13.

#### **Signalement af drivere, velegnet til trykkammersystemer**

Visuelle kendetegn: Lille magnet og blødt membranophæng. Lav resonansfrekvens ( $f_s$ ), idet den indespærrede luft i kabinettet vil medvirke til at gøre systemets resonansfrekvens høj, hvis ikke kabinettet gøres urealistisk stort og herved sætter grænser for gengivelse af lave frekvenser. Høj eftergivelighed ( $V_{as}$ ), af samme grund som lav resonansfrekvens. Lang slaglængde udtrykt som  $V_d$  (Volume displacement) med det formål at kunne flytte tilstrækkelig luft uden for stor forvrængning.

Driverens  $Q_t$  bør befinde sig mellem ca. 0,3 og 0,7 afhængig af hvilken afstemning der ønskes (forholdet mellem udstrækning af frekvensområde nedadtil og impulsgengivelse).

Driverens EBP til trykkammersystem: 50-99

#### **Indsættes i computerens beregningsprogram**

Driverens parametre:

- Resonansfrekvens ( $f_s$ )
- Ækvivalentvolumen: ( $V_{as}$ )
- Total Q: ( $Q_t$ )
- Fyldningsgrader af dæmpevat: ca. 50-80 %
- Kabinetets ønskede Q-værdi

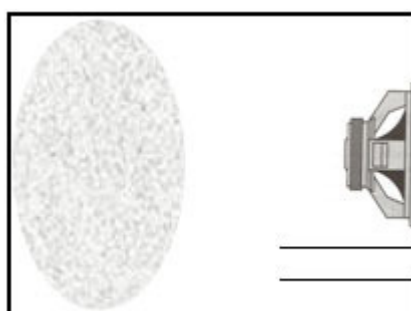
#### **Basreflekssystemet**

Det skal siges med det samme, - basreflekssystemet er væsentligt mere kompliceret at beregne end trykkammersystemet og meget følsom overfor fejlregninger. Justeringer og korrektioner er stort set altid nødvendige og optimeringer af systemet bør assisteres med måleudstyr. Når det så er sagt, skal vi se på systemets fordele, der gør det til det mest benyttede.

Den første og mest hørbare fordel, er systemets store niveau ved lave frekvenser, selv i små kabinetter. Systemets anden fordel er en reduceret forvrængning. I et korrekt afstemt system vil membranen, selv under kraftig basgengivelse, kun have relative små udsving, hvilket resulterer i en væsentlig reduceret forvrængning. Årsagen hertil er, at portens luftmasse er en betydelig mere lineær "membran" end selv den mest velkonstruerede højtalermembran og energien fra membranens bagside vil i kraft af en akustisk fasevending i port og kabinet, udsendes i fase med selve højtalermembranen. Herved er højtalermembranen fritaget for det "grove" arbejde, - det klarer porten. Man kan nærmest betegne porten som en slags subwoofer. Systemets tredje fordel er en forbedret effektivitet som følge af bagsideudstrålingen og en kraftig magnet (mindre  $Q_t$ ).

Den synlige forskel til trykkammersystemet er basreflekssystemets portåbning, der kan bestå af et rør eller en

spalte. Portens placering er oftest på kabinetets front, men kan placeres på andre sider med samme virkning, idet lave frekvenser udbredes 360 grader i alle retninger.



*Basreflekskabinet med port og dæmpevat. Placeringen af dæmpevat må ikke hindre passage mellem driver og port - planche nr. 14.*

### **Beregninger af basreflekssystemet**

Beregningerne omfatter kabinetets effektive rumfang i liter, hvilket betyder at indvendige komponenter som drivere, filter og porte skal modregnes. Dæmpevattet skal medtages i computerberegningerne.

Beregningerne omfatter tillige dimensionering af porte, der godt kan drille lidt og man derfor kan være nødsaget til at indgå kompromisser.

Portens areal er altid udgangspunktet for portberegninger og må beregnes manuelt med formlen:

Driverens membranareal ( $S_d$ ) divideret med Pi (3,1415) gange 0,6283 = portareal i  $\text{cm}^2$

Det skal bemærkes, at beregning af portarealet er mindre kritisk.

Portens længde beregnes af computeren, der samtidig beregner portens rumfang og resonansfrekvens.

Portafstemninger:

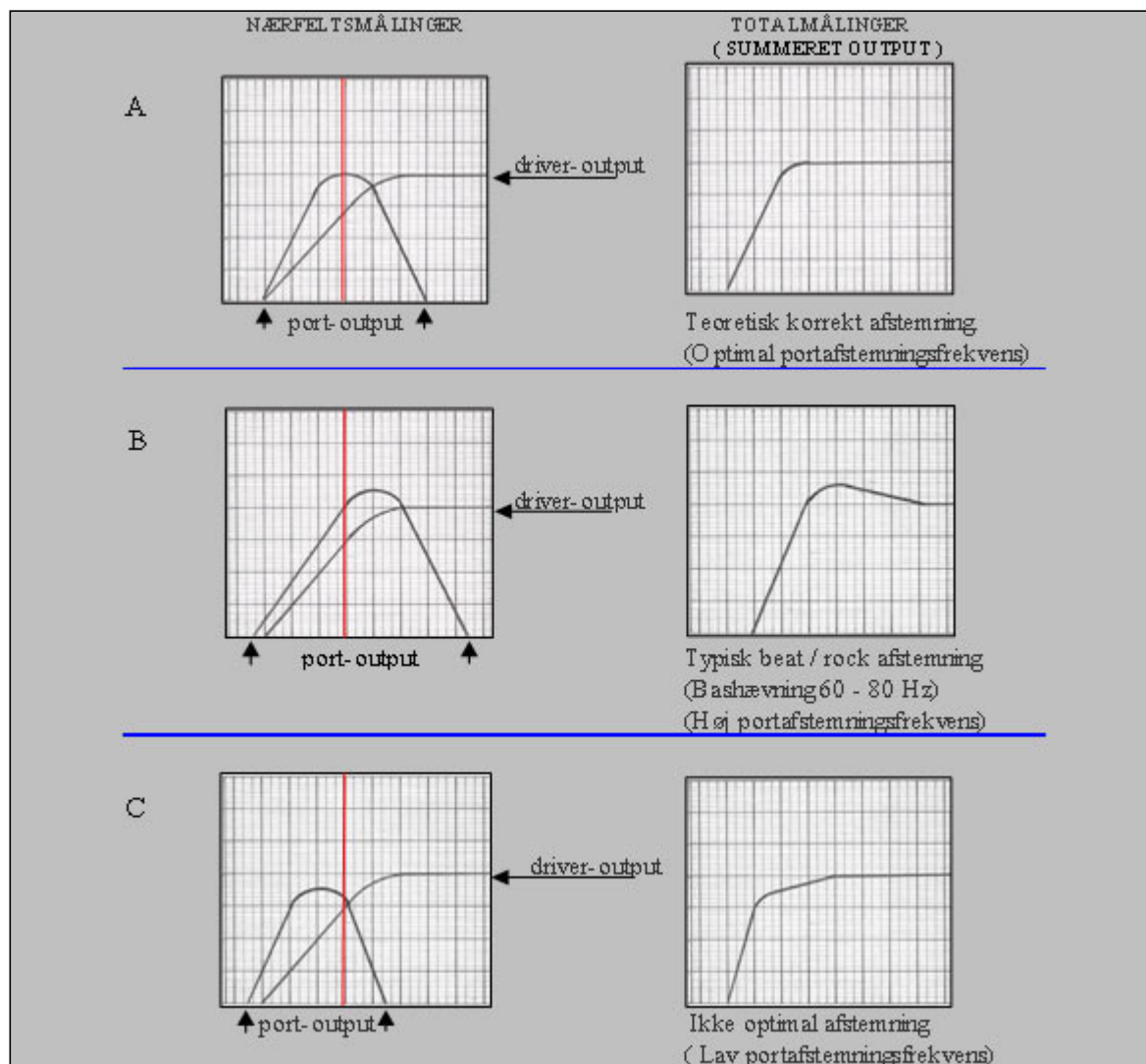


Planche nr. 15.

Planchen illustrerer forskellige portafstemninger, hvor den røde streg markerer den ideelle afstemningsfrekvens. I princippet kan porten betragtes som en nedre bashøjttaler, hvilket betyder at portens akustiske output sidestilles med en hvilken som helst anden driver ved en delefrekvens. I eksempel A er porten afstemt således at bashøjttalerens respektive portens nærfeltskurver mødes ved et fald på 3 dB, hvilket resulterer i en totalmåling med opsummeret lineær kurve. De øvrige eksempler B og C er porten afstemt henholdsvis højere eller lavere end den ideelle afstemningsfrekvens. Resultaterne ses på totalmålingernes afvigelser fra den lineære kurve.

Portdimensioner (rør):

RØR Ø:	AREAL én port	AREAL to porte, svarende til ét rør med Ø	
3 cm	7 cm <sup>2</sup>	14 cm <sup>2</sup>	4,2 cm
3,5 cm	9,5 cm <sup>2</sup>	19 cm <sup>2</sup>	4,9 cm
4 cm	12,5 cm <sup>2</sup>	25 cm <sup>2</sup>	5,6 cm
5 cm	20 cm <sup>2</sup>	40 cm <sup>2</sup>	7,1 cm
6 cm	28 cm <sup>2</sup>	56 cm <sup>2</sup>	8,4 cm
7 cm	39 cm <sup>2</sup>	78 cm <sup>2</sup>	10 cm
8 cm	50 cm <sup>2</sup>	100 cm <sup>2</sup>	11,3 cm
9 cm	63 cm <sup>2</sup>	126 cm <sup>2</sup>	12,7 cm
10 cm	78 cm <sup>2</sup>	156 cm <sup>2</sup>	14,2 cm

Planche nr. 16.

Portes rørdiameterer relaterede til driverstørrelser og membranarealer:

DRIVER	MEMBRANAREAL	RØR Ø:
3"	ca. 30 cm <sup>2</sup>	3 cm
4"	ca. 55 cm <sup>2</sup>	4 cm
5"	ca. 75 cm <sup>2</sup>	4 cm
5½"	ca. 95 cm <sup>2</sup>	5 cm
6½"	ca. 140 cm <sup>2</sup>	6 cm
8"	ca. 210 cm <sup>2</sup>	7 cm
10"	ca. 350 cm <sup>2</sup>	10 cm
12"	ca. 520 cm <sup>2</sup>	2 x 8 cm
15"	ca. 850 cm <sup>2</sup>	2 x 10 cm

*Planche nr. 17.*

Rart at vide om porte:

- Reduktion af portareal (mindre Ø) medfører kortere port - eller omvendt.
- Jo mindre portareal, des højere vindhastighed i porten og dermed risiko for vindstøj.
- For stort portareal kan mindske resonansvirkningen.
- Jo mindre kabinet, des længere port.
- Benyttes mere end én port, skal antallet indsættes i computerberegningen.

### Portens udformning

Den geometriske form af portens tværsnit er underordnet, blot det beregnede areal er korrekt. Den mest anvendte form er dog den runde, men det firkantede portareal er det letteste at beregne.



*Port med trompetmundinger - planche nr. 18.*

Porte i basreflekssystemer skaber ofte vindstøj, hvilket jo ikke er nogen nydelse at lytte til.

Årsager til vindstøjen:

- Stort lydtryk.
- For lille portareal relateret til driverens membranareal.
- Skarpe kanter ved portens ind- og udgang.

Reduktion eller fjernelse af vindstøjen:

- Sænk lydtrykket.
- Øg portarealet og tilsvarende portens længde.
- Anvend udelukkende porte med afrundede kanter (trompet munding) i begge ender.

### Signalement af drivere velegnet til basreflekssystemer

Visuelle kendetegn: Stor magnet. Relativt stift membranophæng for at undgå alt for store kabinetter.

Resonansfrekvens spiller ikke helt samme rolle som ved trykkammersystemet, idet der er flere muligheder til at styre den nedre afskæring ved kombinationer mellem driver, kabinet og port.

Driverens  $Q_t$  bør være lavt, ca. 0,2 – 0,5.

Driverens EBP til basreflekssystem: 100-149

### Indsættes i computerens beregningsprogram

Driverens parametre:

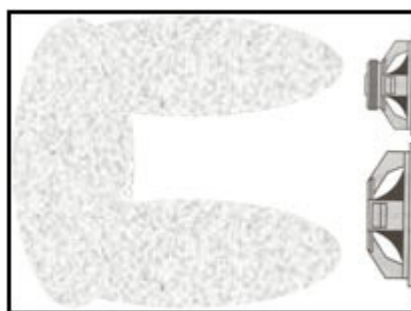
- Resonansfrekvens ( $f_s$ )
- Ækvivalentvolumen ( $V_{as}$ )
- Totale  $Q$  ( $Q_t$ )
- Membranareal ( $S_d$ )
- Fyldningsgrader af dæmpevat: ca. 25–50 %.
- Portens diameter ( $\emptyset$ ) eller areal ( $\text{cm}^2$ )

Slavebassystemet fungerer og beregnes i princippet som basreflekssystemet, men kræver en del eksperimenter med slavens resonansafstemning relateret til hele systemet.

Denne afstemning skal være ret præcis, hvis systemet skal fungere optimalt, og sker ved eksperimenter med slavemembranens vægt og der med dens resonanspunkt.

Er slavesystemet afstemt korrekt muliggør dette et endnu mindre kabinet end basreflekskabinettet og vel at mærke med den samme basgengivelse og uden risiko for den vindstøj porten i basreflekssystemet kan forårsage.

Slavenheden, der blot er en højttaler uden magnet og svingspole, flytter mere luft end den aktive højttaler og skal derfor være større, - typisk med dobbelt så stort membranareal som den aktive driver.



*Slavekabinet med dæmpevat - planche nr. 19.*

Slavesystemet er dog ikke uden ulemper idet den aktive og den passive enhed kan komme ud af takt grundet slavens inert, især hvis man spiller meget højt.

Båndpas- eller coupled cavity-systemet - benyttes hovedsagelig til subwoofersystemer og betegnes af kendere som "systemet" til gengivelse af dybe frekvenser.

Er beregningerne komplicerede til basreflekssystemet, så er de endnu mere komplicerede til båndpassystemet, idet der ikke er mindre end fire parametre, der indgår i et puslespil, som stort set kun en computer kan håndtere:

- Kabinetvolumen i lukket kammer
- Kabinetvolumen i reflekskammer
- Portdimensioner
- Driver

Hertil skal lægges de mange valgmuligheder systemet tilbyder af afstemninger (båndbredde, følsomhed og transientgengivelse), - alt efter ønsker og behov.



*Til venstre: Båndpaskabinet med én driver - planche nr. 20. Til højre: Båndpaskabinet med to drivere i push-pull - planche nr. 21.*

Båndpassystemet er oprindeligt konstrueret som et trekammersystem, men er efterhånden blevet til et

tokammersystem, der principielt fungerer på samme måde ved sammenbygning af et trykkammerkabinet og et basreflekskabinet, hvor porten er systemets eneste akustiske udgang og samtidig fungerer som akustisk filter, der kun tillader det afstemte frekvensområde at passere.

Det geniale ved konstruktionen er kombination og udnyttelse af de to systemers fordele: Trykkammersystemets uovertrufne transientegenskaber og præcise styring af membranudsving kombineret med basreflekssystemets gode evne til dybtonegengivelse med en lav forvrængning. I de to sammenbyggede kabinetter fælles skillevæg er driveren monteret. Driveren har således et kabinet på begge sider af dens membran. Se plancher nr. 20 og 21. Der er flere muligheder med hensyn til valg af driver(e).

- En enkelt driver med én svingspole (drives af monoforstærker).
- En enkelt driver med dobbelt svingspole (drives af mono- eller stereoforstærker).
- To ens drivere placeret med fronten mod hinanden i en push-pull konfiguration (drives af mono- eller stereoforstærker).
- De to driver er forbundet så de arbejder i modfase, hvorved den uundgåelige ulinearitet ophæves.

Planche nr. 20 viser brugen af en enkelt driver, bruges i stedet to drivere som vist på planche nr. 21, halveres drivernes samlede ækvivalentvolumen ( $V_{as}$ ) og resulterer samtidig i en ca. halvering af det totale kabinetrumfang.

### Indsættes i computerens beregningsprogram

Driverens parametre:

- Resonansfrekvens ( $f_s$ )
- Ækvivalentvolumen ( $V_{as}$ )
- Totale Q ( $Q_t$ )

Driverne bør være af typen med lang membranvandring.

Fyldningsgrad af dæmpevat i refleksammer: ca. 10–20 %, kammerets indvendige flader kan tillige dæmpes med påklæbet filt eller skumgummi, ca. 5–10 mm. Fyldningsgrad i det lukkede kammer: ca. 50–90 % (findes ved eksperimenter).

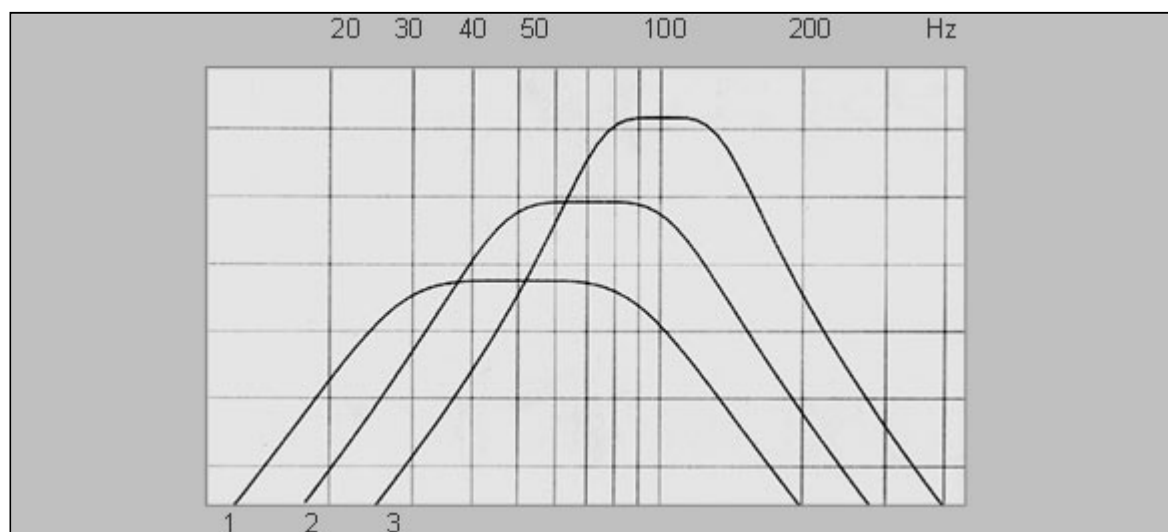


Planche nr. 22.

Ved at ændre båndpassystemets dæmpningsfaktor ( $S$ ) og Q-faktor ( $Q_t$ ), hvilket svarer til en ændring af størrelsesforholdet mellem de to kamre, kan systemets båndbredde og transientgengivelse fastlægges, eksempelvis som tre viste kurver:

1. Stor båndbredde, men lav følsomhed.
2. Godt kompromis.
3. Lille båndbredde, men høj følsomhed.

### Kabinetternes udformning

Den mest tilgængelige kabinetform er "bokskabinettet" eller det kasseformede, der almindeligvis anvendes til nævnte systemer (trykkammer, basrefleks, slave og båndpas).

Kabinettets seks sider er alle samlet til en kasse med vinkler på 90 grader.

Bokskabinettet er enkelt at udføre i hobbyværkstedet og velegnet til masseproduktion og er vel nok derfor det mest udbredte, men nok ikke altid den akustisk bedste løsning.



Andre og måske mere "designede" udformninger kan selvfølgelig anvendes så længe kabinetets rumfang er i overensstemmelse med det beregnede.

Kabinetets front (baffle) har betydning for spredningen af de mellemste og højeste frekvenser, idet disse bølgelængder er så korte, at de bliver reflekteret af kabinetets front og herved forårsager unøjagtigheder i stereogengivelsen.

I princippet bør kabinetets front altid have så lille et areal som muligt, ligesom skarpe kanter og hjørner bør afrundes så meget som muligt. Arealet omkring mellemtone- og diskant-højtalerne kan eventuelt beklædes med et absorberende materiale.

Kabinetmateriale kan være i spånplade eller i MDF, hvor MDF er anbefalelsesværdig. Pladetykkelserne influerer på kabinetets egenlyd og bør derfor vælges ud fra kabinetsidernes areal:

Mindre arealer 12–16 mm, mellemstore arealer 16–19 mm og større arealer samt high-end-systemer bør være på 19–22 mm.

Kabinetter kan om nødvendigt udføres med indvendige afstivninger, lige som indvendige større flader kan dæmpes med pålimet 4 mm bitumen (tjæremateriale).

Prøv at banke på kabinettet med knoerne: Jo mindre lyd, des bedre.

### Kabinetets dimensionsberegning

Efter computeren har beregnet rumfanget, skal dette relateres til kabinetets indvendige dimensioner, der måles i cm og herefter omregnes til dm, idet 10 cm = 1 dm.

*Rumfang : 1 dm<sup>3</sup> = 1 liter.*

Til beregning af bokskabinetet ganges de tre dimensioner i dm (højde, bredde og dybde) med hinanden og kabinetets rumfang (liter) fremkommer.

Eksempler:

10 x 10 x 10 cm = 1 x 1 x 1 dm = 1 liter.

20 x 20 x 20 cm = 2 x 2 x 2 dm = 8 liter.

30 x 30 x 30 cm = 3 x 3 x 3 dm = 27 liter.

Dæmpematerialer fordeles i kabinetterne i forskellige mængder (alt efter kabinetsystem) og består af kunstfibre (vat), glasuld, fåreuld eller lignende og har til opgave at dæmpe indvendige refleksioner af de mellemste frekvenser fra bas- mellemtonehøjtaleren, hvorved forvrængning reduceres.

Lydens hastighed nedsættes tillige i dæmpematerialet og den akustiske kabinetvolumen øges typisk med faktor 1,2.

### Hornsystemet

For opnåelse af virkelig høje virkningsgrader, må horn benyttes som kabinetsystem. Kabinetterne bliver imidlertid meget store, såfremt de skal kunne gengive de helt lave frekvenser under ca. 100 Hz.

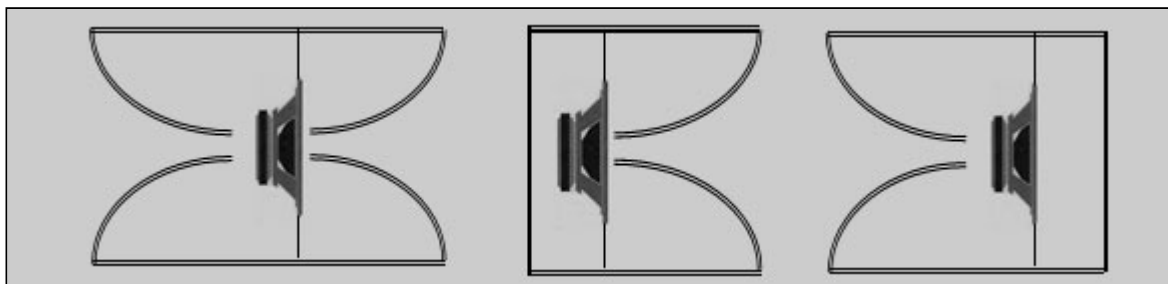
Der kan tillige være problemer med en effektiv dæmpning af hornkabinetets store flader, hvorved resonanser fra disse farver lyden i væsentlig grad. Hornsystemet bliver derfor hovedsagelig anvendt som mellemtone- og diskant-højtalere kombineret med basreflekssystemer til basgengivelsen.

### Hornsystemet i teorien

Det centrale i enhver højtalers virkningsgrad skal findes i begrebet mekanisk impedans, der nemmest kan forklares som et systems bevægelsestræghed. Betragter man højtalermembranens areal relateret til den omgivende luft, findes en meget stor mistilpasning af impedansen, idet højtalermembranens areal udgør en høj mekanisk impedans og den omgivende luftmasse udgør en lav mekanisk impedans. Denne mistilpasning medfører et stort effekttab og højtaleren får en lav virkningsgrad.

I hornhøjtalere anvendes hornet som et akustisk impedanstilpasningsled. Hornets hals (den smalle ende) har et mindre hul end driverens membranareal. Herved opstår et højt tryk i begyndelsen af hornet, hvorved hornets akustiske impedans bliver identisk med membranens impedans. Når lydølgerne bevæger sig ud gennem hornet, hvis areal gradvis udvides, fordeles lydtrykket over et stort areal. Denne gradvise overgang fra højt til lavt tryk, resulterer i en akustisk tilpasning til den omgivne luftmasse og bevirker virkningsgrader på 10–50 %.

Der findes flere varianter af hornkabinetter til gengivelse af dybe frekvenser, - enkelte principper ses skitseret på planche nr. 23. Beregninger og de snedkermæssige udførslser er temmelig komplicerede og nok ikke velegnede for begynderen.



Til venstre: Front- og bagladet. Midt: Frontladet. Til højre: Bagladet - planche nr. 23.

### Kvartbølgehornet

Er for nogen nærmest en religion og derfor en kategori af højttalersystemer, der ikke kan overses. Systemet er ganske morsom at beskæftige sig med, da det har nogle egenskaber der giver især den rytmiske musik, en overraskende dynamik, - og dette blot med en enkelt 8" driver. Når så dette er skrevet, - skal det bemærkes at systemet langt fra yder en neutral lydgenivelse og derfor ikke er velegnet til hi-fi gengivelse af musikgenre med akustiske instrumenter.

Kvartbølgehornet er som navnet antyder et horn, der er afstemt til en kvart bølgelængde, hvorfor dets virkningsgrad er væsentlig lavere end et horn afstemt til en hel bølgelængde, men til gengæld er kvartbølgekabinettet væsentligt mindre.

Der findes utallige tegninger og beregninger af systemet baserede på det bagladede princip, hvor hornvirkningen udelukkende sker i basområdet. Fordelen ved systemet er brugen af en relativ lille (5"-8") bredbåndsdriver (dobbelmembranet), der hjælpes af hornet til basgengivelsen, hvorved store membranudsving undgås. Brugen af bredbåndstypen er tillige fordelagtig ved at være elektrisk enkelt uden brug af defilte. Systemet kan tillige benyttes i tovejs konstruktioner. Beregninger af kabinettet er temmelig kompliceret, men da disse beregninger allerede er gjort, er der ingen grund til at bruge tid på dette. Tegninger kan findes på nettet.

Er man ferm til snedkeriet og i besiddelse af de nødvendige tegninger, kan disse højttalere måske være noget for begynderen, idet de er ganske enkle i den elektriske opbygning. Men husk højttalernes gengivekvalitet er ikke neutral.

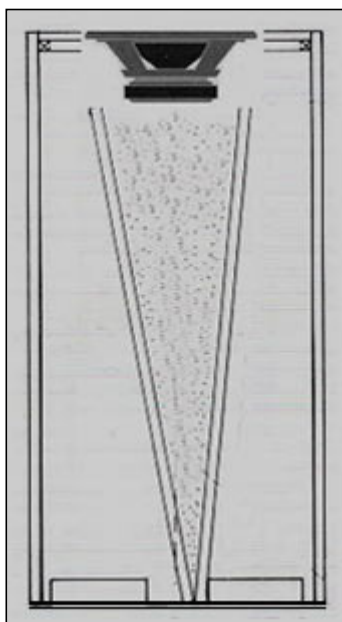


Planche nr. 24.

Princippet i kvartbølgehornet ses på planche nr. 24, hvor hornvirkningen sker via de to horn yderst i kabinettet med to firkantede hornmundinger nederst i kabinettet. I kabinettets midte er placeret et dæmpende materiale bag drivere. Det viste system er bestykket med en dobbelmembranet driver der er rundstrålende, idet driveren stråler opad.

### Transmissionsliniesystemet

I basrefleksystemet og slavebassystemet vendes trykbølgerne fra drivernes bagsideudstråling for at opnå fase-mæssig (tidsmæssig) overensstemmelse med udstrålingen fra driverens forside. I transmissionsliniesystemets konstruktion undgås påvirkning af driverens forside, idet bagsidens trykbølger sendes ind i en lang kanal

(transmissionslinie), der er dæmpet med forskellige lydabsorberende materialer. Systemet fungerer ved, at transmissionsliniens resonans ved en given frekvens anslås. Ved frekvensen, hvor resonansfænomenet opstår, kobles kanalens luftmasse til membranen, hvorved dens egenresonans sænkes. Systemets evne til at gengive de helt lave frekvenser er særdeles gode, men på bekostning af dets virkningsgrad – og de ikke altid populære store kabinetter.

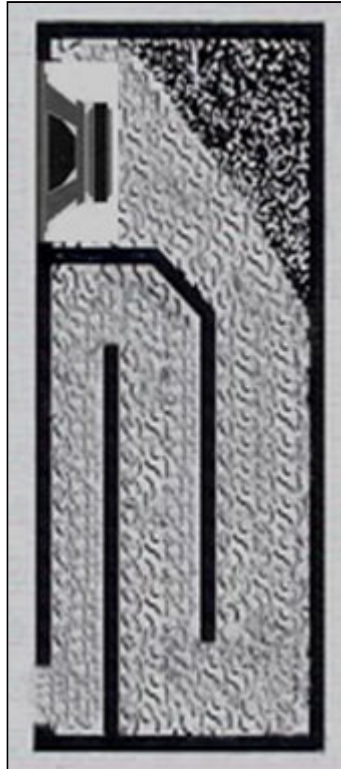


Planche nr. 25.

### Henvisninger

Webadresser på beregningsprogrammer:

#### Grenander

Lab 3 - CD-ROM (beregningsprogram) + måleprogram der forudsætter specialhardware: [www.lsp-lab.com](http://www.lsp-lab.com)

#### Monacor

CAAD 4.1 - CD-ROM: [www.monacor.dk](http://www.monacor.dk) (henvisning til nærmeste forhandler)

#### Unibox

Kristian Ougaard - [www.pvconsultants.com/audio/frdgroup.htm](http://www.pvconsultants.com/audio/frdgroup.htm)

#### Lalena

[www.lalena.com](http://www.lalena.com)

#### Hi-Fi Speaker Design

[www.mhsoft.nl/speakercalculator/index.html](http://www.mhsoft.nl/speakercalculator/index.html)

#### Linearteam

[www.linearteam.dk](http://www.linearteam.dk)

#### Visaton

[www.boxsim.de](http://www.boxsim.de)

#### Softica

Henrik Høegh - D-S-T enheder: <http://graph.flexunits.com:8080/scp-dst.htm> og <http://graph.flexunits.com:8080/index.htm>

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.