

HIFI4ALL.DK

Lyd & Højttalerbyg - 8. del

Arne Rodahl [29.03.2009]

Eksperimenter - 8. del af Arne Rodahls artikelserie omhandlende den forunderlige verden omkring lyd og højttalerbyg.

8. del

EKSPERIMENTER

Når teorien er på plads, kan legen begynde og opbygning af et nyttigt erfaringsgrundlag kan tage sin spinkle start. Eksperimenter med højttalerens variable danner basis for opbygning af højttalerkonstruktørens måske vigtigste værktøj, erfaringen. En egenskab der til stadighed er under udbygning og først får sin gradvise betydning efter adskillige års arbejde med lyd og højttalerbyg. Begynderen må altså udvise lidt tålmodighed inden erfaringen for alvor kan komme til nytte.

Efter at have beskæftiget sig blot en smule med højttalerkonstruktion, finder man hurtigt ud af, at mange beregninger og målinger kan gradbøjes mere eller mindre, ligesom der er vide rammer, hvad angår valg af kombinationer af kabinetter, filtre og drivere. Dette betyder at ingen højttaler kan konstrueres eller bygges ideel, - alle højttalere har deres eget særpræg og deres egen lyd på godt og ondt.

Det gode er, at højttalerkonstruktører såvel professionelle som amatører kan boltre sig med idéer og kreativitet uden snævre grænser, så individuel smag og særpræg kan få lov at blomstre. Og det er vel lige netop denne individualitet, der gør denne hobby levedygtig i vor tids teknologiske verden... og skulle janteloven melde sin ankomst, så negliger den blot og dyrk din hobby med største fornøjelse!

Janteloven:

- Du skal ikke tro du er noget
- Du skal ikke tro du er lige så meget som os
- Du skal ikke tro du er klogere end os
- Du skal ikke bilde dig ind at du er bedre end os
- Du skal ikke tro du ved mere end os
- Du skal ikke tro du er mere end os
- Du skal ikke tro at du duer til noget
- Du skal ikke le ad os
- Du skal ikke tro at nogen bryder sig om dig
- Du skal ikke tro du kan lære os noget

(Aksel Sandemose)

Måderne at eksperimentere på er individuelle, - gør man det på skrømt bidrager det nok ikke så effektivt til opbygningen af erfaringsgrundlaget på sigt. Bringer man derimod lidt systematik ind i eksperimenterne, eventuel suppleret med notater, så er man godt på vej.

Systematik med eksperimenterne

Endnu engang anvendes tovejssystemer som de foretrukne systemer grundet deres relative enkle opbygning, der til trods indeholder mange fundamentale teknikker til belysning af konstruktion og funktion.

Der startes fra scratch med udgangspunkt i de områder, der er gennemgået i tidligere afsnit: [2. del / Valg af drivere](#), [3. del/ Kabinetkonstruktioner](#), [4. del / Øvelshøjttalere](#), [5. del / Delefilter](#) samt [7. del / Måling og computeren](#).

Eksperimenter med højttalerkonstruktioner er så omfattende et område, at de følgende eksempler kun er toppen af isbjerget og kun tænkt som en igangsætter og en lille forsmag på, hvad det vil sige at eksperimentere med højttalerbyg. Hovedvægten lægges på teoretiske eksperimenter med brug af computeren, hvorved fundamentet til efterfølgende eksperimenter får en rationel indgang til det praktiske arbejde med kabinetter, filtre m.m. og eventuelle målinger.

Eksperimenter der rækker ud over de her beskrevne er uendelige og overlades til læserens nysgerrighed, kreativitet og fantasi. I det følgende vil der være forslag til eksperimentalområder med anvendelse af beregninger, simuleringer og målinger baseret bl.a. på programmerne LAB 3.1.3 og RT Capture, der kan downloades gratis som demoversioner (forkortede udgaver) på www.lsp-lab.com, www.wavecapture.com - samt www.lalena.com. Lignende programmer kan anvendes.

Idet artikelserien er møntet på begyndere, er kun enkelte elementer medtaget fra de mange muligheder computerprogrammerne har at byde på. For de nysgerrige er der mængder af muligheder i programmerne til yderligere eksperimenter.

Kabinetter, - eksperimentale områder for bashøjttalere

Udgangspunktet er eksperimenter med to enkle og overskuelige kabinetsystemer, hvilket vil sige trykkammer og basrefleks. Hertil kommer det lidt mere komplicerede båndpassystem.

Teoretiske eksperimenter foretages med beregninger og simuleringer på computeren, hvor anvendelse af f.eks. LAB 3 programmet giver mange muligheder til at finde de foretrukne udgangspunkter inden man begynder med praktiske eksperimenter. Disse kan enten foretages med et bestående højttalersystem f.eks. øvelshøjttaleren beskrevet i 4. del eller bygning af et nyt system baseret på beregninger og simuleringer. Endelig kommer vi også til det spændende båndpaskabinet, der anvendes til subwoofere.

En god start med teoretiske eksperimenter på computeren

Anvendelse af computerprogrammet LAB 3.

Obs! Print og gem er ikke muligt i programmets demoversion.

- Klik på "Box Design" i programmets værktøjslinje.
- Klik på "Simulator Settings". Vælg det ønskede frekvensområde.
- Klik på "New Box Design"

Computerprogrammet er nu klar til at foretage beregninger og simuleringer med eksempler vist på plancherne nr. 57 (trykkammer), nr. 58 (basrefleks) og nr. 59 (båndpas).

Trykkammersystem: Computerberegninger og simuleringer.

Med trykkammersystemet kan der eksempelvis foretages eksperimenter med kabinetrumfang, dæmpevat samt baffelmål. Systemet er mindre kritisk med hensyn til afvigelser fra det "optimale", hvilket betyder at eksperimenter sandsynligvis ender med en lykkelig udgang.

Planche nr. 57 – brugervejledning

Blå felter - betingede valg og forudsætninger

Simuleringsområde: "SPL"



Kabinetsystem: "Closed". Valg af system baseret på driverens Thiele / Small parametre. Brug eventuel EBP-nøglen (se del 2, "Valg af drivere").

Obs! Nogle drivere kan anvendes til både trykkammer og basrefleks.

Driver, Thiele / Small parametre: Parametrene Qts, Vas og Fs er betingede ved udførsel af alle beregninger og

simuleringer. Driver uden angivelse af de tre parametre kan kun anvendes ved udmåling af disse, f.eks. med LAB 3 programmet. Vælg "Calculator, Thiele / Small". Målingerne fordrer special hardware, f.eks. fra Metri eller Clio.

Thiele / Small parametrene indsættes i "Quick T/S" eller hentes fra biblioteket "Select lib", der tillige kan udbygges yderligere med ønskede drivere.

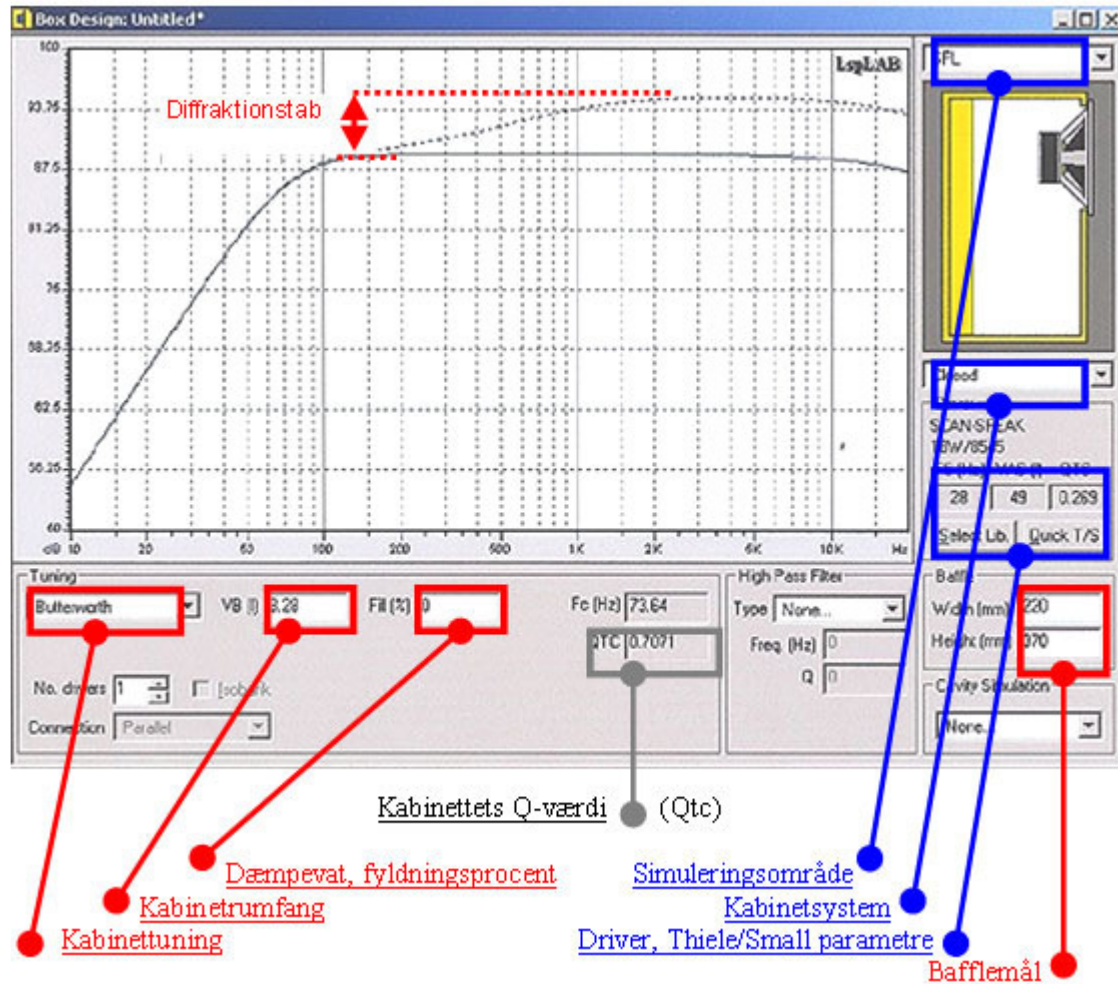


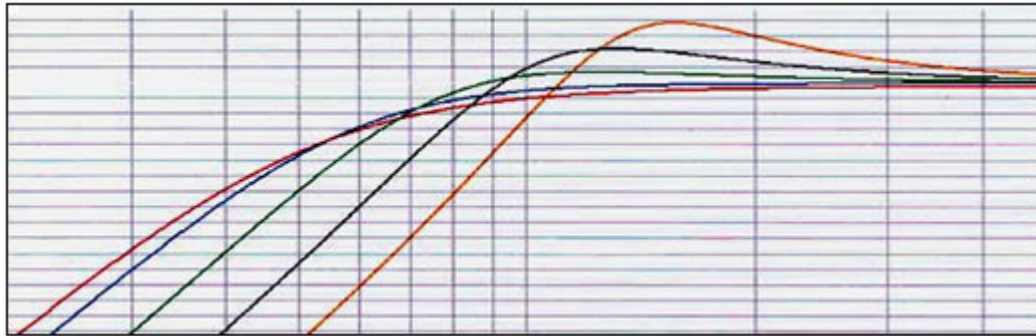
Planche nr. 57.

Røde felter: Eksempler på eksperimentale områder

Udgangspunktet for beregninger er som nævnt baseret på driverens Thiele / Small parametre samt valget af tuningen, - Bessel, Butterworth eller Chebyshev, hvilket fører til programmets beregnede simulering. Denne simulering vil være springbrættet til efterfølgende eksperimenter.

Efter valget i de blå felter er foretaget, kan eksperimenterne begynde i de røde felter.

- Start i feltet "Tuning" og vælg én af de tre muligheder. Programmet udfører beregnet simulering i henhold til det valgte i "simuleringsområdet".
- Eksperimenter med individuelle kabinetrumfang "VB" (liter). Bekræft ændrede rumindhold med "User" i tuningsfeltet. Nyt simuleret SPL beregnes og simuleres automatisk. Kabinettets Q-værdi svarende til det ændrede kabinetrumfang vises i det grå felt.



Eksempler på frekvensrespons affødt af kabinetts Q -værdier (Q_{tc}).

Q -værdi 0,6 - Rød kurve, Bessel afstemning:

Kraftig dæmpning. Fin impulsgengivelse. Fast men "slank" bas. God dybtonegengivelse.

Q -værdi 0,7 - blå kurve, Butterworth afstemning:

Godt kompromis mellem præcision, impulsgengivelse, frekvenslinearitet og dybtone-gengivelse. Ofte anvendt.

Q -værdi 0,8 - (ikke vist), Chebyshev afstemning:

Tæt på Butterworth afstemning, men svagere dybtonegengivelse.

Q -værdi 0,9 - grøn kurve:

Lidt mere basfyld, men knap så lav dybtonegengivelse og mindre god præcision.

Q -værdi 1,1 - sort Kurve:

Fyldig bas, svag dybtonegengivelse og dårlig præcision.

Q -værdi 1,4 - orange kurve:

Kraftig, buldrende og upræcis bas, ingen dybtonegengivelse og dårlig præcision.

- Eksperimenter med dæmpevat "**Fill %**". Bekræft ændret fyldningsprocent med "**User**" i tuningsfeltet. Fyldningsprocent på 100 % er typisk. Nyt SPL beregnes og simuleres automatisk.
- Eksperimenter med bafflemål og relaterede diffraktionstab. Jo mindre bafflemål desto principielt bedre stereoperspektiv og gradvis højere startfrekvens for diffraktionstab. Simuleret diffraktionstab vises relateret til punkteret kurve i simuleret SPL. Diffraktionstab udgøres af niveauforskellen mellem de lave frekvenser (bølge-længder der overstiger bafflemålene og herved afbøjes), - relateret til de højere frekvenser (bølgelængde der er mindre end bafflemålene og derfor gradvis reflekteres fra bafflen og forstærkes med op til 6 dB).

Basreflekssystem: Computerberegninger og simuleringer

Med basreflekssystemet kan der eksempelvis foretages eksperimenter med kabinetts rumfang, portafstemning, dæmpevat samt baffelmål. Systemet er følsomt overfor ændringer fra "det optimale", men her er det computeren kommer til hjælp når ændringer ønskes foretaget. Man skal være opmærksom på, at ændringer af rumfanget samtidig medfører ændringer af portafstemningen. Ændres kabinetrumfanget beregner programmet automatisk den optimale portafstemning ved en ændring af portens længde.

Planche nr. 58 - brugervejledning

Blå felter: Betingede valg og forudsætninger

Simuleringsområder: "SPL" - "Port SPL" - "Cone + Port SPL"



Kabinetsystemer: "Vented".

Driver, Thiele / Small parametre: Parametrene Qts, Vas og Fs er betingede ved udførsel af alle beregninger og simuleringer. Brug evt. EBP-nøglen, se del 2 "Valg af drivere". Obs! Nogle drivere kan anvendes til både trykkammer og basrefleks. Drivere uden angivelse af de tre parametre kan kun anvendes ved udmåling, f.eks. med programmet LAB 3 ved hjælp af "Calculator, Thiele/ Small". Der skal til disse målinger anvendes ekstra hardware, f.eks. Metri eller Clio. Thiele / Small parametrene indsættes i "Quick T/S eller hentes fra biblioteket "Select lib.", der tillige kan suppleres med flere drivere.

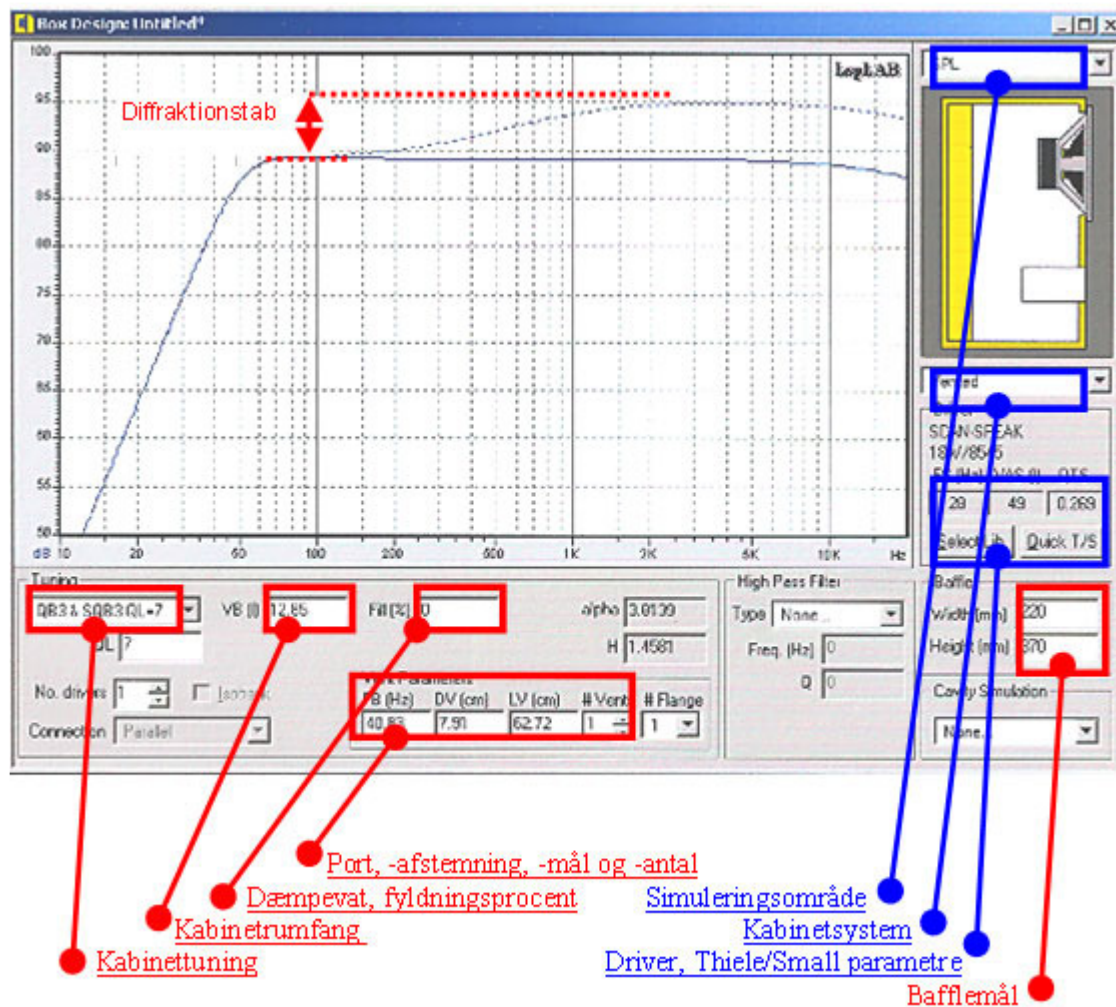


Planche nr. 58.

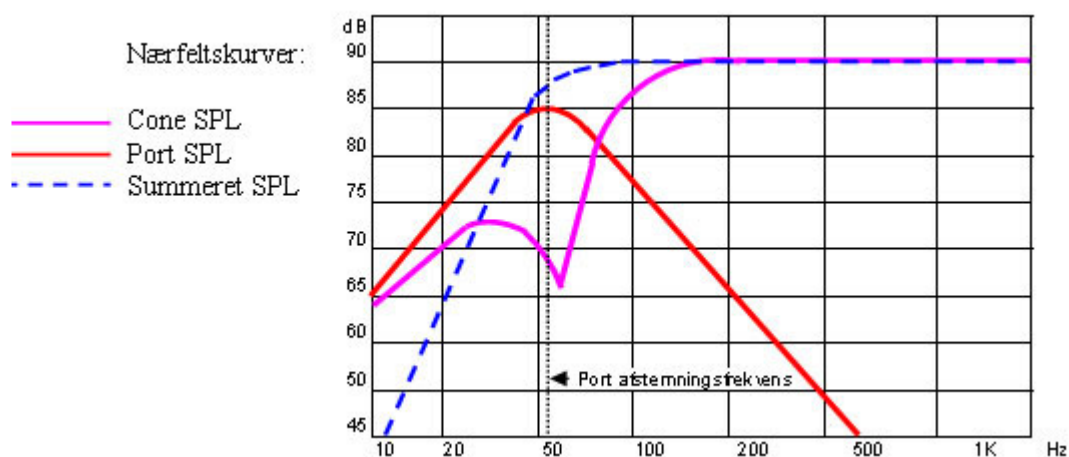
Røde felter: Eksempler på eksperimentale områder

Udgangspunktet for beregninger og simuleringer er som nævnt baseret på driverens Thiele / Small parametre og vil være den beregning programmet anbefaler, som den optimale ud fra den valgte tuning (kabinettets tæthed), hvor QL 3 er mindre, QL 7 er gennemsnitlig eller QL 15 er meget tæt. Den valgte tuning vil være springbrættet til de efterfølgende eksperimenter.

Efter de **blå felter** er udfyldte, kan eksperimenterne begynde i de **røde felter**.

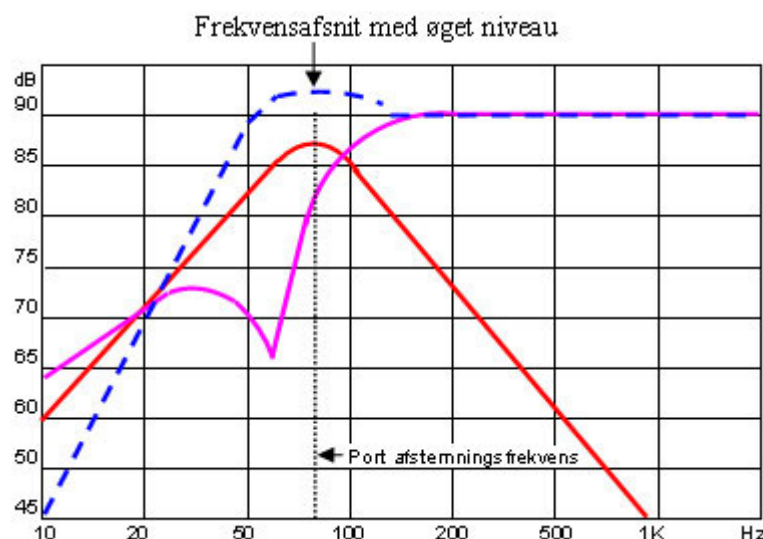
- Start i feltet **"Tuning"** og vælg et QL. Programmet udfører simulering i henhold til det valgte i **"simuleringsområde"**.
- Eksperimenter med individuelle kabinetrumfang **"VB" (liter)**. Bekræft ændrede rumindhold med **"User"** i tuningsfeltet. Ny SPL og portdata beregnes og simuleres.
- Eksperimenter med dæmpevat, **"fill %"**. Bekræft ændret fyldningsprocent med **"User"** i tuningsfeltet. Fyldningsprocent på 10-30 % er typisk. Ny SPL beregnes og simuleres.
- Eksperimenter med port. Vælg i **"simuleringsområde"** portens SPL eller cone + port SPL. Bekræft alle ændringer med **"User"** i tuningsfeltet. Portens afstemningsfrekvens **"FB"** kan ændres individuel. Ny længde **"LV"** beregnes automatisk. Portens diameter **"DV"** kan ændres individuel. Ny længde **"LV"** beregnes automatisk. Antal porte kan vælges individuel. Nye portmål beregnes automatisk.
- Eksperimenter med bafflemål og relaterede diffraktionstab. Jo mindre bafflemål des principielt bedre stereoperspektiv og gradvis højere startfrekvens for diffraktionstab. Simuleret diffraktionstab vises relateret til punkteret kurve i simuleret SPL. Se forklaring i afsnittet for "trykkammersystem".

Simuleret sammenspil mellem kabinetrumfang, dæmpevat og port kan aflæses i **Simuleringsområdet "Cone + porten SPL"**. Eksempel vist på nedenstående planche.



Eksperimenter med ændringer af kabinetrumfangets størrelse påvirker systemets nedre grænsefrekvens. Mindskes eksempelvis kabinetrumfanget i forhold til det "optimalt beregnede" vil nedre grænsefrekvens typisk blive højere, ligesom portlængden vil øges. Ændringer medfører automatisk nye beregninger af porten. Ændringer bør efterfølgende justeres med dæmpevatets fyldningsprocent samt portens afstemningsfrekvens til maksimal flad frekvensrespons.

Eksperimenter med portens afstemningsfrekvens kan som nævnt foretages for opnåelse maksimal flad frekvensrespons, men kan også foretages for opnåelse af en ønsket "sound". Eksempelvis vil en højere afstemningsfrekvens end den optimal beregnede afstedkomme et øget niveau i et frekvensafsnit, f.eks. 60-90 Hz, der af nogle foretrækkes til beat/rock musik. Det bør tilføjes at denne højere portafstemning påvirker den nedre grænsefrekvens.



Omvendt vil en lavere afstemningsfrekvens af porten afstedkomme et let faldende niveau af de helt lave frekvenser, hvilket ofte kan være fordelagtig såfremt højttaleren ønskes placeret tæt ved vægflader.

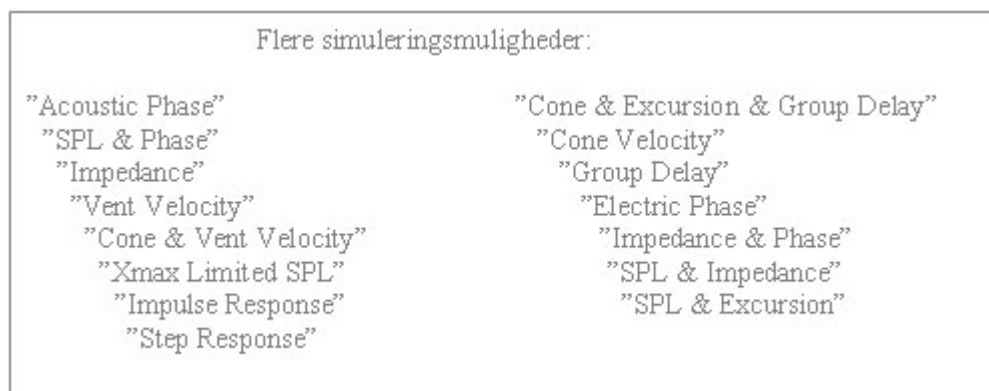
Båndpassystem: Computerberegninger og simuleringer

Med båndpassystemet (to-kammersystemet) kan der eksempelvis foretages eksperimenter med kabinetrumfang, driverkonstellationer, portafstemninger samt dæmpevat. Båndpassystemet er vel nok det mest komplicerede kabinetsystem at eksperimentere med, idet sammenspillet mellem fire parametre (forreste kammer, bageste kammer, port samt driver) åbner for et omfattende puslespil med et utal af muligheder.

Planche nr 59 – brugervejledning

Blå felter: Betingede valg og forudsætninger

Simuleringsområde: Lydtrykskurve "SPL"



Kabinetsystem: "Bandpass"

Driver, Thiele/Small parametre: Parametrene Qts, Vas og Fs er betingede ved udførsel af alle beregninger og simuleringer. Båndpassystemet fordrer drivere med Thiele/Small parametre, der typisk svarer til basreflekssystemets, ligesom drivere af "long throw typen" anbefales. Drivere uden angivelse af de tre parametre kan anvendes ved fremskaffelse af disse ved udmåling, f.eks. med LAB 3 programmet. Programmets "Calculator, Thiele/Small". Der skal til disse målinger anvendes ekstra hardware, f.eks. Metri eller Clio (se hjælpeværktøj).

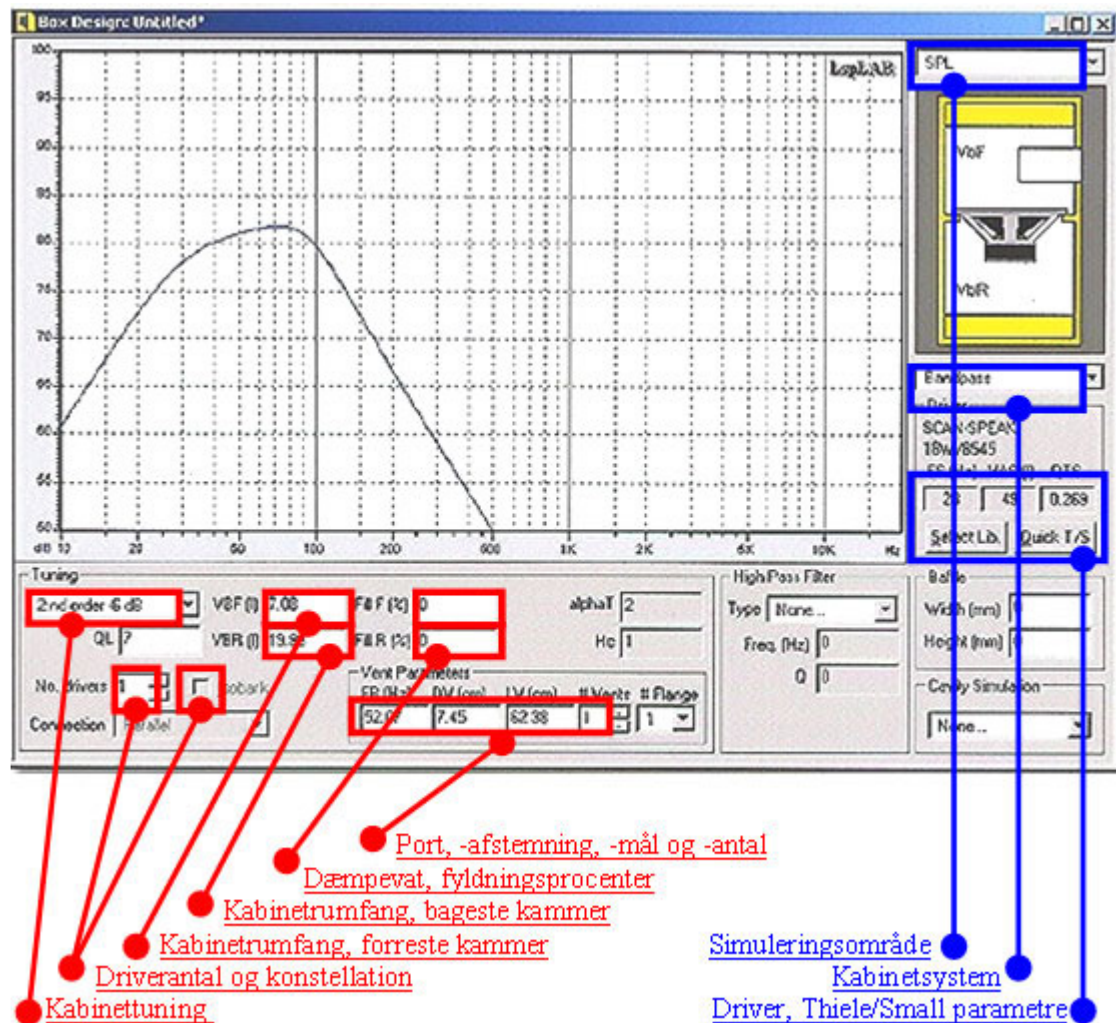


Planche nr. 59.

Røde felter: Eksempler på eksperimentale områder

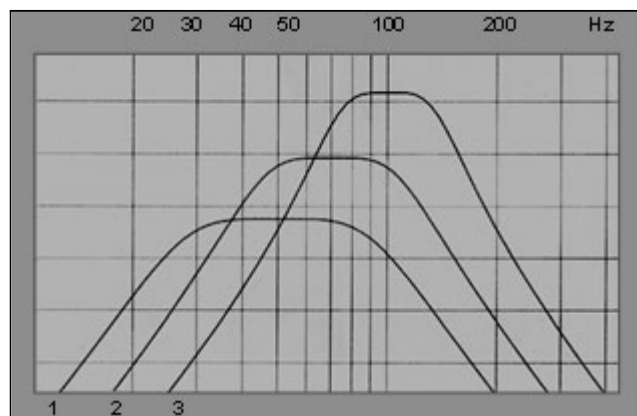
Udgangspunktet for beregninger og simuleringer er som nævnt driverens Thiele/Small parametre samt den valgte tuning. Den valgte tuning og følgende simulering vil være springbrættet til de efterfølgende eksperimenter.

Efter de blå felter er udfyldte kan eksperimenterne begynde i de røde felter.

- Start i feltet "Tuning" og vælg systemets "orden" – f.eks. 0 dB. Programmet udfører simulering i henhold til det valgte i "Simuleringsområdet".
- Eksperimenter med individuelle kabinetrumfang i forreste kammer "VBF" (liter) og bageste kammer "VBR" (liter). Bekræft med "User" i tuningsfeltet. Nye SPL og portdata beregnes og simuleres.
- Eksperimenter med dæmpevat "fill %". Bekræft ændret fyldningsprocent med "User" i tuningsfeltet.
- Eksperimenter med port. Bekræft alle individuelle ændringer med "User" i tuningsfeltet. Portens afstemningsfrekvens "FB" kan ændres individuel. Ny SPL og længde "LV" beregnes automatisk. Portens diameter "DV" kan ændres individuel. Ny SPL og længde "LV" beregnes automatisk. Antal porte kan vælges individuelt. Nye portlængder beregnes automatisk.
- Eksperimenter med driverantal og konstellationer. Antal "No. drivere" kan vælges individuelt. Ny SPL beregnes automatisk. Ved anvendelse af to drivere kan "Isobarik" (compound eller push-pull) vælges individuel.

Eksperimenter med kamrenes rumfang, hvor det bageste kammer (VBR) er trykkammer og det forreste kammer (VBF) er basrefleks, muliggør individuelle afstemninger af systemets båndbredde, transientgengivelse og følsomhed.

Eksempler på simulerede sammenspil mellem de to kamres størrelser, deres størrelsesforhold og portafstemninger ses på nedenstående skema vist som nærfeltskurver.



Kurve 1 viser stor båndbredde, der går lang ned i frekvensområdet, hvilket må betegnes som værende positive egenskaber, men egenskaber der uheldigvis er på bekostning af systemets følsomhed og transientgengivelse. Jo større båndbredde desto større er det bageste kammer (trykkammeret) relateret til det forreste kammer (basreflekskammeret).

Kurve 2 er et godt kompromis, hvor de to kamre har ca. samme størrelse. Afstemningen er et godt udgangspunkt for yderlige eksperimenter.

Kurve 3 er modsætningen til afstemningen i kurve 1, hvilket vil sige høj følsomhed og god transientgengivelse som de positive egenskaber og med lille båndbredde og svag gengivelse af de laveste frekvenser som de negative egenskaber. Jo større følsomhed og bedre transientgengivelse desto større er det forreste kammer (basreflekskammeret) relateret til det bageste kammer (trykkammeret).

Ændringer af kamrenes størrelser medfører automatisk nye beregninger af portens afstemning, der yderligere bør suppleres med en finjustering. Yderligere eksperimenter med portafstemninger kan foretages individuelt som supplement til eksperimenter med kamrenes størrelsesforhold.

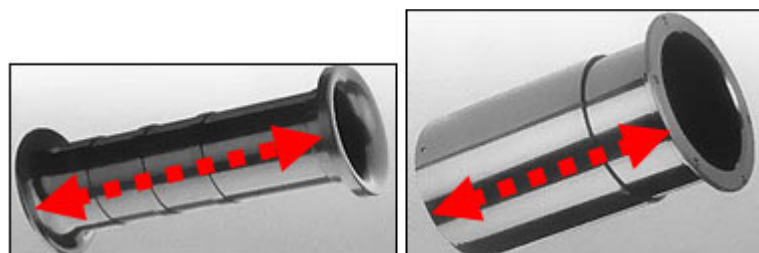
Eksperimenter med dæmpevat påvirker resultatet mindre. Det bageste kammer (trykkammeret) forsynes typisk med 30–80 % dæmpevat, hvorimod det forreste kammer (basreflekskammeret) bør forsynes med ca. 1 cm lag blødt filt eller lignende limet på siderne.

Eksperimenter med drivere omfatter antal og konstellationer ([se 3. del, Kabinetkonstruktioner](#)).

Praktiske eksperimenter med de tre kabinettyper

Et godt stykke arbejde ved computeren med beregninger og simuleringer, skal nu bestå sin prøve og føres ud i livet med praktiske forsøg. Der har formodentligt tegnet sig et "billede" af hvilke(n) kabinettype(r) de praktiske forsøg kan omfatte.

Med de tre kabinettyper, trykkammer, basrefleks og båndpas, er det bl.a. rumfangets størrelse, der kan eksperimenteres og for ikke at skulle snedkere et nyt kabinet, hver gang rumfanget ønskes ændret, kan de eksperimentale kabinetter udføres med variable rumfang. Eksperimenter med dæmpevat influerer ikke afgørende på resultatet, men bør anvendes til småjusteringer, - hvorimod ændringer af portens afstemningsfrekvens har en væsentlig betydning for gengivelse af de lave oktaver i basrefleks- og båndpassystemerne. Portens diameter er relateret til den anvendte driver og er dermed fastlagt ([se 3. del, planche nr. 17](#)). Det betyder at eksperimenter med portens afstemning foretages med dens længde. Hertil kan eksempelvis anvendes variable, såkaldte teleskop refleksrør eller standard PVC rør, der findes i adskillige diametre og kan tilpasses (saves) i ønskede længder.



Til venstre: Trompet, Ø: 8 cm, L: max 23 cm, til højre: Ø: 11 cm, L: max 28 cm.

Processen fungerer som et pendul mellem teori og praktik med ændringer og justeringer indtil det ønskede resultat er nået, - og omfatter lyttetest med udvalgte musikeksempler, brug af forskellige testsignaler med "kvik test" til skønsmæssige vurderinger samt målinger.

Tro derfor ikke at det teoretiske arbejde er ude af billedet - tvært imod, de praktiske eksperimenter må ofte ty tilbage til nye beregninger og simuleringer på computeren.

De tre eksperimentale kabinetter

Udfør tegninger efter det beregnede rumfang. Anvend 16-22 mm MDF plade, der udskæres i præcise mål på rundsav (se afsnittet 4. del, Øvelseshøjttalere).

Til rumfangsreduktion i trykkammer- og basreflekskabinetter anvendes reduktionsbokse, eksempelvis med størrelser på én liter. Boksene kan udføres af kasserede mælke- eller juicekartoner (husk at skylle dem), der evt. kan fyldes med sand. Kartonerne skal lukkes med malertape, så de er helt tætte. Husk at boksene skal kunne komme igennem hullet til til bashøjttaleren.

En liter = 1 dm x 1 dm x 1 dm (1 dm = 10 cm).

På de efterfølgende tegninger er variableerne røde.

Trykkammerkabinettet

Som tidligere nævnt er trykkammerkabinettet et enkelt og taknemmeligt system at opnå gode resultater med, - også hvad angår eksperimenter. På computeren har vi koncentreret os om kabinettets Q-værdi og dermed også kabinettets rumfang samt finjusteringer med dæmpevat.

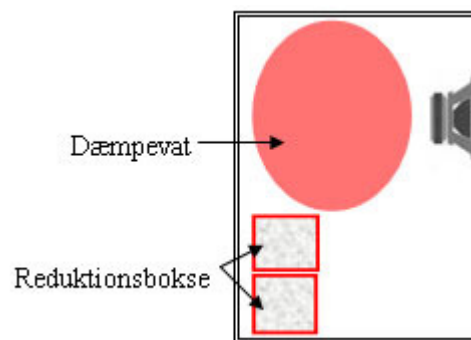


Planche nr. 60.

Start eksperimenterne med snedkerering af det største, simulerede rumfang (mindste Q-værdi), herefter kan eksperimenter foretages med reduktion af rumfang (højere Q-værdier) ved indsættelse af reduktionsbokse. Husk at finjustere alle rumfangsændringer med mængden af dæmpevat, der ikke må pakkes for hårdt.

Basreflekskabinettet

Den visuelle forskel på trykkammersystemet og basreflekssystemet er basreflekssystemets såkaldte port, - typisk udført som et rør.

Røret er den mest hensigtsmæssige udformning af porten til eksperimenter, men andre geometriske former kan selvfølgelig anvendes, blot portarealet svarer til det beregnede.

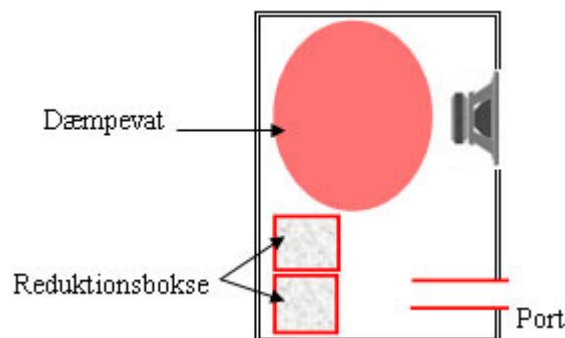


Planche nr. 61.

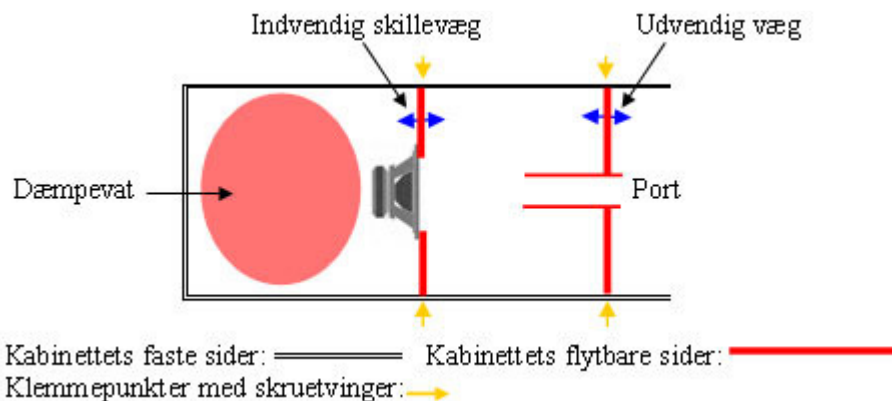
Ligesom trykkammerkabinettet er det bl.a. rumfanget, der kan eksperimenteres med, blot med den forskel at porten altid bør justeres ved rumfangsændringer. Begynd med at snedkerere det største, beregnede rumfang, hvorefter der kan eksperimenteres med mindre rumfang ved indsættelse af reduktionsbokse. Ved alle ændringer bør mængden af dæmpevat justeres uden at pakke det for hårdt. Der kan tillige eksperimenteres med portens afstemning uden at ændre kabinettets rumfang, eksempelvis ved at øge eller forkorte rørets længde.

Basreflekssystemet er mere kritisk over for ændringer af både rumfang og port end trykkammersystemet, hvorfor en eller anden form for måling kan anbefales i det eksperimenterende arbejde.

Båndpaskabinettet

I båndpaskabinettet sidder driver, dæmpevat og skillevæg skjulte og er ikke umiddelbare tilgængelige for

eksperimenter. Den traditionelle kabinetkonstruktion af trykkammer og basrefleks kan anvendes til ekspeimenter uden specielle anordninger, men så nemt går det ikke med båndpaskabinettet, her må der snedkereres et specielt kabinet, der kan åbnes og lukkes. Desuden skal to vægge være flytbare



På planche nr. 62, ses fra oven de tre faste sider samt undersiden, der er limet tæt sammen til en enhed. Desuden ses de to flytbare vægge med driver og port.

De flytbare vægge bør udføres i 22 mm MDF i præcise mål, så de slutter tæt til de faste sider. Oversiden er aftagelig og fastholdes f.eks. ved bspænding med skruetvinger. En gummipakning mellem oversiden og kanterne på de tre faste sider, skillevæggen og den flytbare væg skal sikre en tæt samling. Begynd med at snedkerere det største beregnede, totale rumfang (bageste + forreste + vægge). Udfør huller til driver og port i de to flytbare vægge og monter komponenterne. Begynd med at udmåle bageste kammer, placer skillevæggen med driver og fastspænd med skruetvinge. Udmål herefter forreste kammer, placer væggen med port og fastspænd med skruetvinge. Monter overside og fastspænd med skruetvinge (se 6. del, Subwoofere).

Kabinettets materialer, dæmpning og udformning

Egenlyd fra højttalerkabinetter influerer på lyd gengivelsen. Ofte med så store bidrag til det oprindelige signal, at en bekæmpelse af dette uvæsen kan lønne sig med hørbare forskelle. Imidlertid er det en umulig opgave at definere egenlyden fra kabinetter blot ved lytning, ligesom måling og registrering af kabinettets mange svingningsformer kræver specielt måleudstyr.

På eksperimentaltadiet må man derfor ty til brug af kendte metoder til reduktion af kabinettets egenlyd kombineret med hensynstagen til forskellige materials forarbejdningsmuligheder. Det ideelle kabinet har ingen egenlyd. Prøv at banke hårdt med knoerne forskellige steder på kabinettet, - jo mindre lyd des bedre.

Tommelfingerregler for reduktion af kabinettets egenlyd ved minimering af svingninger og resonanser:

Kabinetsidernes areal: Siderne virker principielt som en membran, hvilket betyder at de bringes i svingninger af driverne. Jo større sideareal, des større udsving og udstrålingsareal, - alt andet lige. Ergo mindre højttalerkabinetter har principielt mindre egenlyd end store kabinetter.

Kabinetmaterialers vægt og vægtfylde: Ud over kabinetsidernes areal er det tillige kabinetmaterialets vægtfylde, der influerer på mængden af egenlyd. Jo større sidernes vægt er, des mindre sættes siderne i svingninger ved lave frekvenser, hvorimod sidernes vægt ved højere frekvenser har mindre indflydelse på egenlyden. Et godt kompromis er træfiberplader (MDF) der har en brugbar vægtfylde kombineret med enkle forarbejdningsmetoder. Pladetykkelser fra 16 mm kan anvendes til mindre sidearealer med gode resultater. Til større sidearealer bør tykkelser på mindst 22 mm anvendes. Formbare materialer er næppe velegnede på begynderniveau, men omtales for helheden. Her kan bl.a. nævnes fiberbeton med en høj vægtfylde, der muliggør brugen af tyndere vægsider med tilstrækkelig stor vægt til minimering af svingninger og resonanser. I den modsatte ende af vægtskalaen er forskellig plastmaterialer, hvis vægtfylde er så lave, at de uden særlige foranstaltninger let sættes i svingninger og resonanser.

Kabinetmaterialers egendæmpning: Som tidligere nævnt har kabinetmaterialets vægtfylde indflydelse på egenlyden fra de lave frekvenser, men i væsentlig mindre grad indflydelse på egenlyden fra de højere frekvenser.

På nedenstående planche nr. 63 (www.picosound.de) ses markante øgninger af svingninger og resonanser i forskellige kabinetmaterialer i frekvensområdet fra ca. 350–1000 Hz.

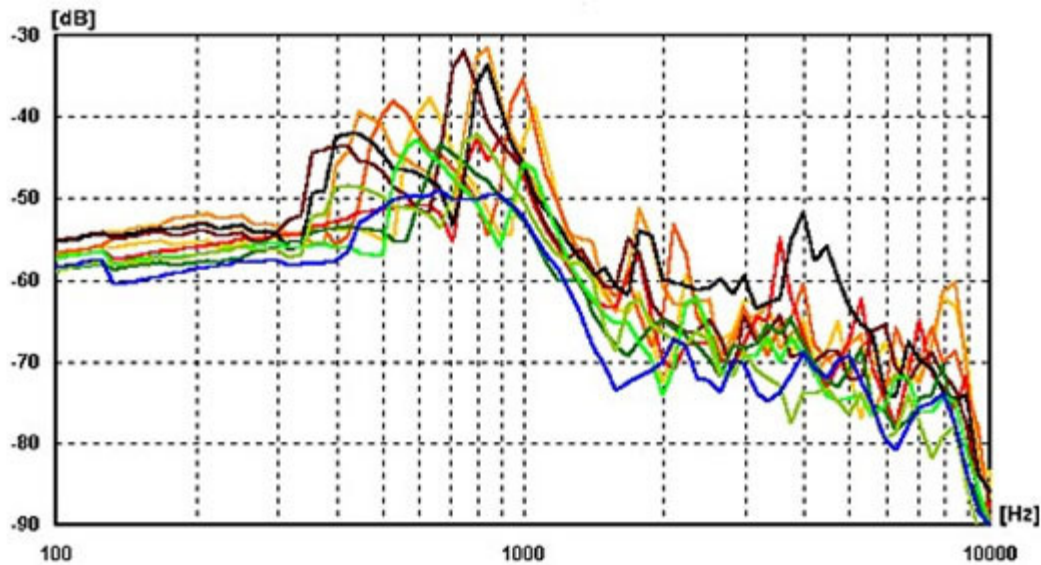
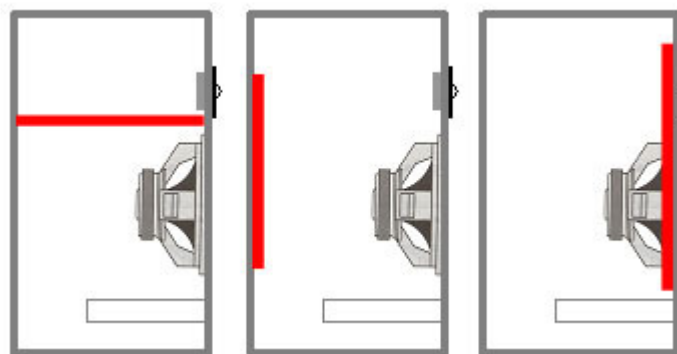


Planche nr. 63.

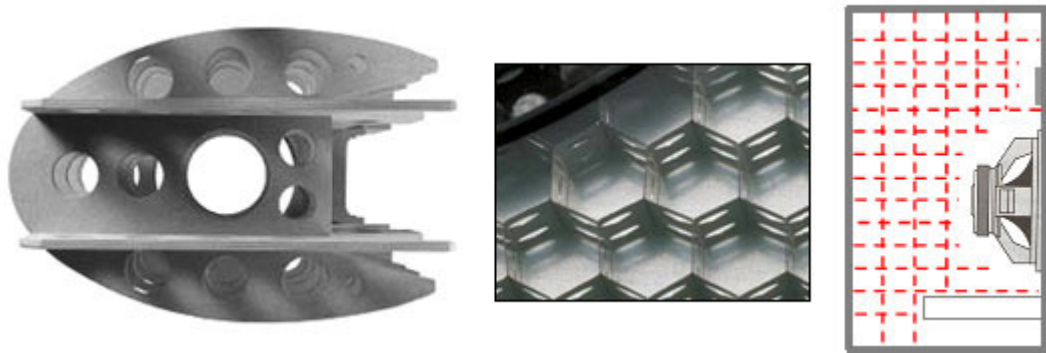
Med ørets følsomhedskurver Planche nr. 4 i hukommelsen ses et uheldigt sammenfald med kurverne i Planche nr. 63, idet adskillige materialer har markante øgninger af svingninger og resonanser grundet manglende egendæmpning i store dele af det frekvensområde, hvor netop øret har sin højeste følsomhed.

Kurverne i Planche nr. 63 anskueliggør markante forskelle på f.eks. en ganske almindelig 22 mm spånplade (gul kurve) og en trelags "sandwich" bestående af 16 mm MDF + 4 mm bitumen + 4 mm krydsfiner (blå kurve). Man kan således opnå en væsentlig reduktion af kabinetters egenlyd ved at eksperimentere med sammensætninger af flere lag bestående af materialer med forskellige hårdhedsgrader. Bitumen (en slags tjære) bør fremhæves med dets gode dæmpeegenskaber. Selv mindre bitumenplader med en tykkelse på ca. 4 mm klæbet på kabinettets inderside uden at være totaldækkende, men på strategiske rigtige steder, kan have stor dæmpende virkning.

Kabinettets indvendige afstivninger: Det kan have en gavnlig virkning, at anvende afstivning af store sidearealer. Bankemetoden med knoerne forskellige steder på kabinetfladerne kan afsløre, hvor afstivninger kan hjælpe. Enkle afstivningsmetoder ses på de tre nedenstående tegninger, der viser kobling af modstående sider i kabinettet med én eller flere lægter eller rundstokke – eller fortykkelse af kabinetsiderne med MDF plader limet på. Afstivningerne bør placeres asymmetrisk.



Matrix-systemet er en særdeles effektiv metode til dæmpning af svingning og resonanser i kabinetsider. Systemet har til opgave at forbinde samtlige kabinetsider med en fintmasket lamelstruktur med størst mulig styrke, der optager mindst muligt af kabinetrumfanget. Systemet er medtaget for helheden og er temmelig kompliceret at udføre i praksis.

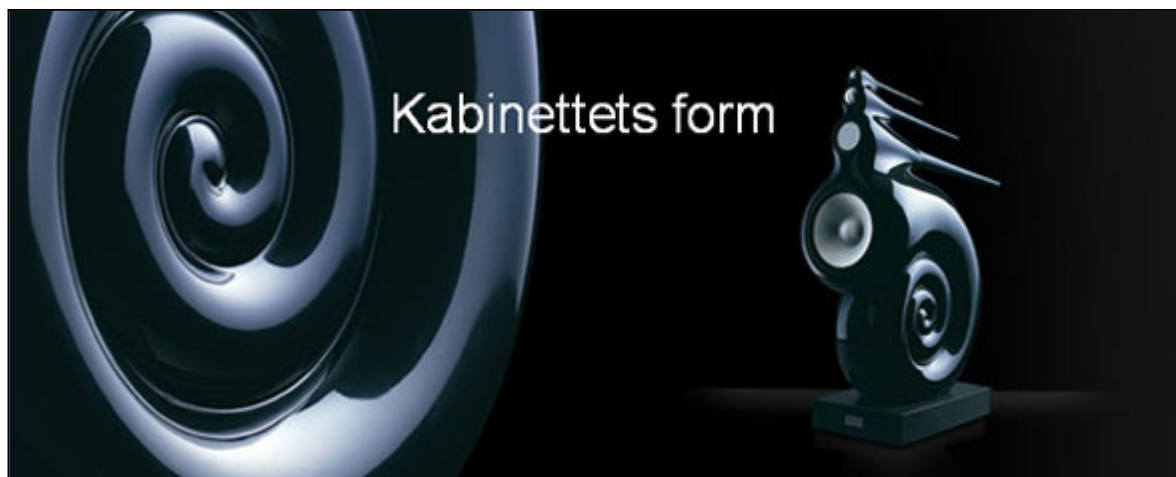


Eksempler på matrix indsats.

Dæmpning af refleksioner fra baffle: Lydbølger der afbøjes fra især diskant-højttalere og til dels mellemtoner-højttalere har så lille en bølgelængde (340 meter divideret med frekvensen), at de vil ramme højttalerens baffle og efterfølgende reflekteres. Det reflekterede signal opfattes forsinket relateret til det direkte signal og maskerer derved stereoperspektiv og diskantgengivelse. Eksperimenter med et dæmpende materiale limet på bafflen omkring driverne vil ofte resultere i hørbare forbedringer. Materialer med absorberende egenskaber, som f.eks. filt eller skumgummi med en tykkelse på ca. 5 mm kan anvendes.



Scan Speak diskant omkranset med filt.



B&W Nautilus, hvis design og teknik er forenet til en af de mest banebrydende højttalere - nok ikke en konstruktion, der er velegnet til at bygge i hobbyrummet.

Engang udtalte chefen for udviklingsafdelingen hos en bilproducent anerkendt for fremragende design og avanceret teknik, - "at et godt design havde første prioritet når det gjaldt bilernes udformning, så måtte ingeniørerne efterfølgende indordne teknikken herefter". Om det er sådan med højttalere vides ikke, men mon ikke der kan drages paralleller?

Udformning af højttalerkabinetter er ofte ambivalente, idet hensynet til individuelle sofistikerede designs kan være modstridende til teknisk ideale løsninger. Kunsten eller balanceakten er så at finde løsningsmodeller, der tilgodeser såvel design som teknik. Højttalerkabinettets udformninger udført i hobbyværkstedet begrænses af håndværkermæssige færdigheder, værktøj og materialer der ofte er en eller anden form for træ. Kabinettets form tager udgangspunkt i dets placeringssted, f.eks. på gulv, i reol eller på væg.

Enkelte tommelfingerregler for gulv- og reolhøjttalere:

- Front (baffle) bør have mindst muligt areal.
- Front bør have mindst mulig bredde.
- Kanter og flader i drivernes udstrålingsområde f.eks. fra stoffronter etc. bør undgås.
- Kanter fra drivere bør undgås f.eks. ved undersækning af disse.
- Kabinetkanter bør afrundes mest muligt.

Enkelte tommelfingerregler for væghøjttalere:

- Afstand fra baffle til væg bør være mindst mulig.
- Størst mulig afledning af trykbølger i kabinettets indre til siderne fra basdrivere, idet afstanden fra driveren til kabinetbagsiden er relativ lille sammenlignet med traditionelle kabinetter.

Valg af kabinetformen beror på prioriteringer. Om det er designet eller teknikken, der har den største betydning må afgøres af den personlige vægtning.

Delefilter, - eksperimentale områder

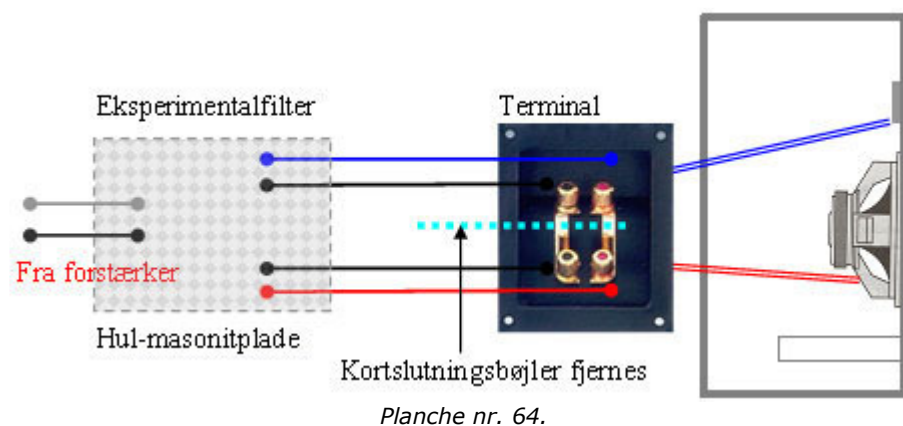
Efter nøje gennemlæsning af 5. del er den vigtigste teori formodentlig på plads og eksperimenterne kan så småt begynde. Eksperimenter med delefilter indebærer så afgjort de største udfordringer i konstruktionsarbejdet af højttalere. En "blød" opstart bør foretages med simple og enkle forsøg, hvor tovejs systemet er en god begyndelse, f.eks. kan "Øvelshøjttaleren" beskrevet i 4. del anvendes.

Teori og praktik kombineres i den eksperimentale proces, hvor computer og loddekolbe er varmet op og klar til brug, ligesom anvendelse af måleudstyr kan anbefales.



Når det færdige eksperimentalkabinet med bas- og diskantdrivere samt bi-wiring terminal er monteret, forbindes driverne separat direkte til terminalen. Husk korrekt polaritet! Terminalens kortslutningsbøjler fjernes.

Eksperimentalfiltret flyttes udenfor kabinettet og kan opbygges efter "fuglereprincippet", hvilket blot vil sige at komponenterne ligger løst f.eks. på en hul-masonitplade og loddes sammen efter et midlertidigt diagram. Alle tilledninger fra forstærker og terminal bør fastgøres til masonitpladen f.eks. med strips eller en klat silicone. **Advarsel! Undgå kortslutning af signalvejen fra forstærkeren!** Husk at notere alle ændringer i det midlertidige diagram.



Lidt om komponenterne: Se 5. del, afsnittene spoler, kondensatorer og modstande.

Beregninger og simuleringer:

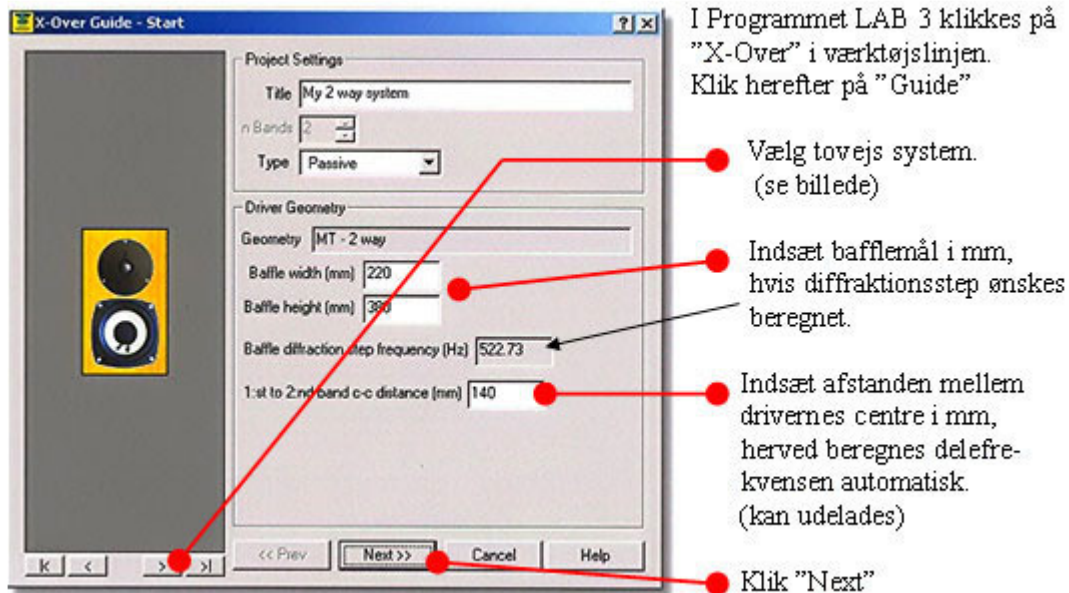


Planche nr. 65.

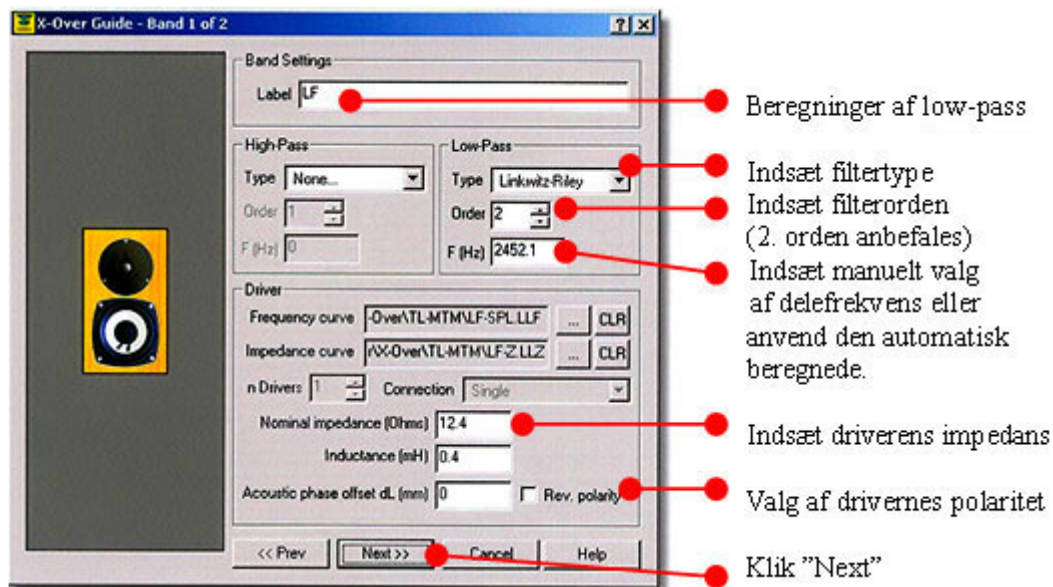


Planche nr. 66.

Samme procedure gentages i efterfølgende vindue, blot for "HF" (beregning af high-pass). Feltet "High Pass" udfyldes i stedet for "Low Pass" med samme filtertype, filterorden samt delefrekvens. Feltet "Impedance" skal svare til diskant højttalerens data. Anvendes "Linkwitz-Riley" filtret bør diskant højttalerens polaritet vendes ved at afkrydse feltet "Rev. Polarity". Klik på "Next". I næste vindue afkrydses feltet "Analyze when done" såfremt grafer ønskes og klik herefter "Finish". Diagrammet fremkommer (her kan tillige højreklikkes, hvis grafer ønskes).

Filtertyper

Eksempler og sammenligninger.

Teoretiske simulerede tovejs delefiltre med delefrekvens på 2500 Hz og symmetriske flankestejlheder på 12 dB pr. oktav (2. orden). Beregningsprogram: LAB 3

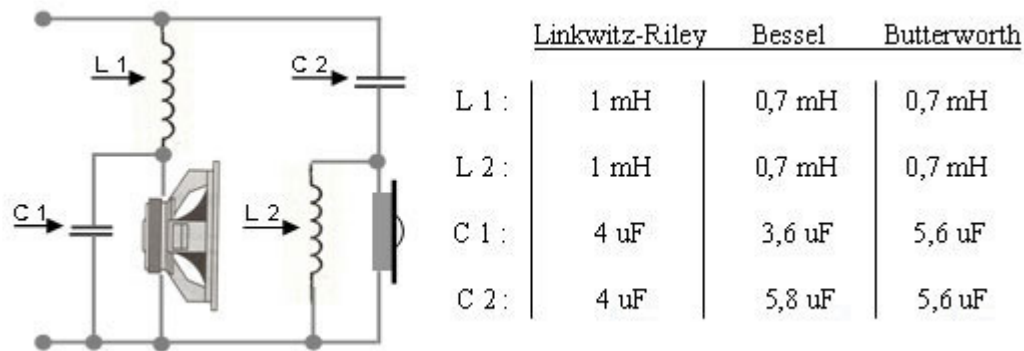


Planche nr. 67.

Teoretisk simuleret tovejs, hybrid delefilter med delefrekvens på 2500 Hz og asymmetriske flankestejlheder på 6 dB / oktav for bas og 18 dB / oktav for diskant. Beregningsprogram: Lalena. Beregninger foretages enkeltvis for bas (6 dB) og for diskant (18 dB) i Butterworth.

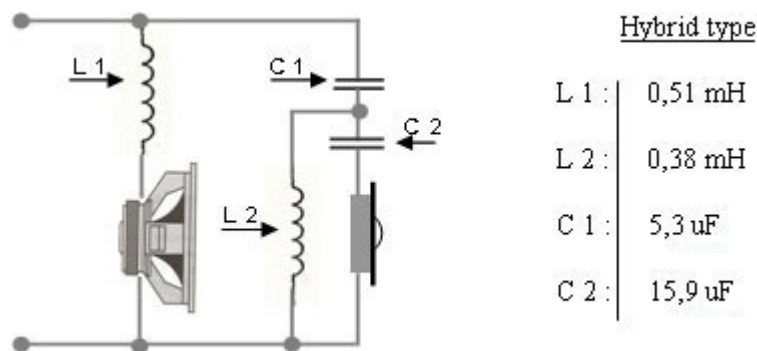


Planche nr. 68.

Se filtertypernes karakteristika beskrevet i 7. del, afsnittet "Computeren".

Korrektionskredsløb

Læs 5. del, afsnittet "Korrektionskredsløb".

Impedanskorrektion (Zobelfilter)

Anvendes til bas/mellemtonehøjttalere.

Anvend beregningsprogrammet LAB 3. Klik på "X-Over" / "Calculator" / "Zobel Network". Indsæt bashøjttalerens parametre (impedans og induktion). Klik på "Calculate". Værdierne på C3 og R1 fremkommer.

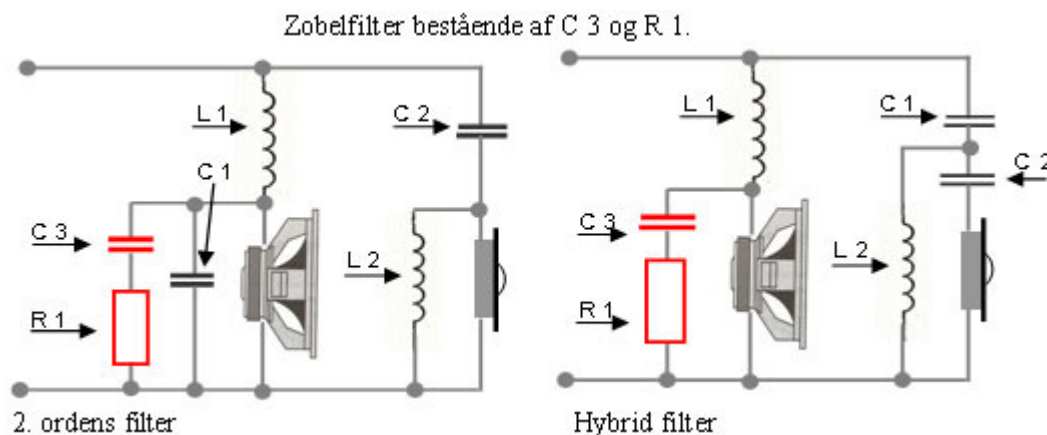
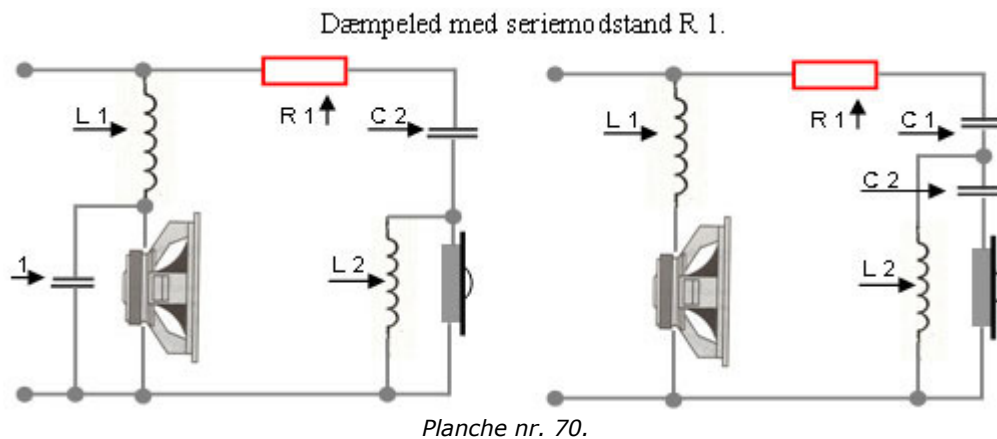


Planche nr. 69.

Dæmpeled med seriemodstand

Anvendes til mellemtone- og diskant højttalere.

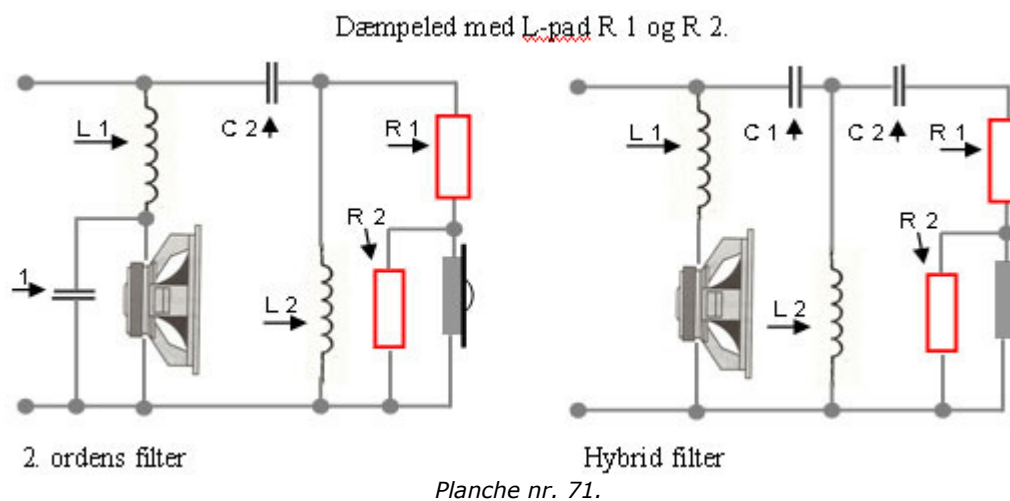
Anvend beregningsprogrammet fra Monacor CAAD 4 (findes kun på CD-ROM). Klik på "Filter" / "Dæmpning". Værdien på R1 fremkommer.



Dæmpeled med L-Pad

Anvendes til mellemtone- og diskant-højttalere.

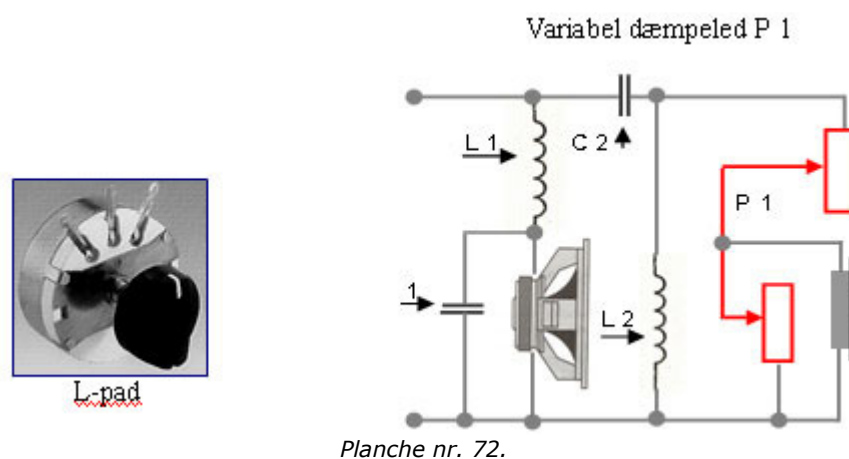
Anvend beregningsprogrammet LAB 3. Klik på "Calculator" / "L-Pad". Indsæt driverens impedans og den ønskede dæmpning (attenuation). Klik "Calculate". Værdierne på R1 og R2 fremkommer.



Dæmpeled med variabel L-Pad

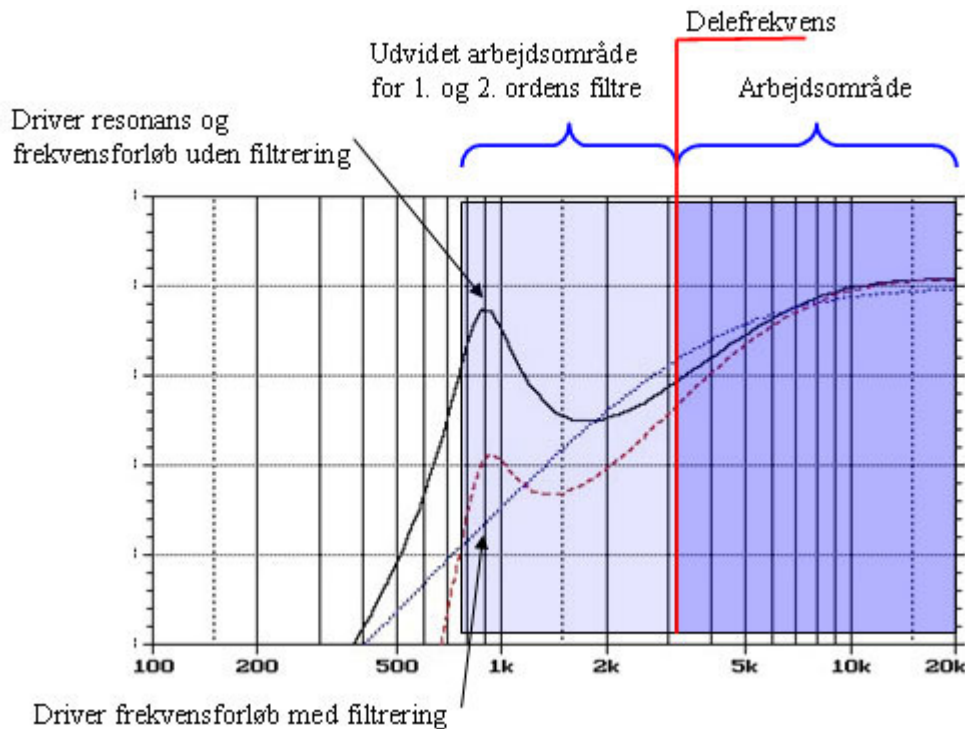
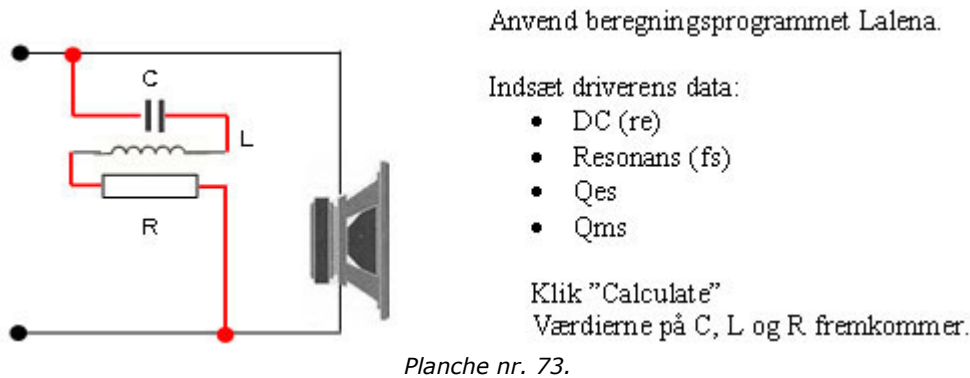
Anvendes til mellemtone- og diskant-højttalere.

Her skal der ikke foretages nogen beregning. Almindeligvis passer en L-pad til højttalerens impedans på 4-8 Ohm og dens belastningsevne bør svare til belastningen af henholdsvis diskant-højttaler på min. 15 Watt og mellemtone-højttaler på min. 50 Watt.



Sugekredse

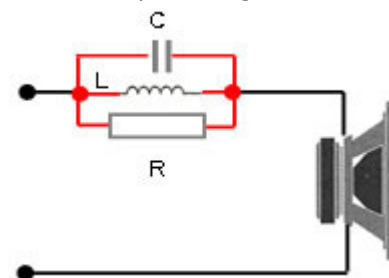
Serie Notch filter: Filtret har til opgave at dæmpe resonanser i drivere. Resonanser optræder som "peaks" på frekvenskurven, - typisk på 10 dB eller mere. Seriefiltret bør anvendes, hvor resonanspunktet optræder i driverens arbejdsområde, hvilket gælder i kombinationer med 1. og 2. ordens filtre, hvor driverens arbejdsområde rækker yderligere ca. to oktaver fra delefrets delefrekvens. Anvendelse af seriefiltre bør kombineres med målinger. Ved anvendelse af 3. og 4. ordens delefiltre er seriefiltre mindre betydende.

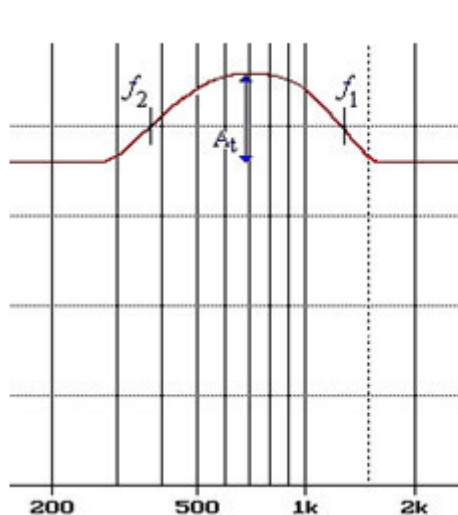


Parallel Notch Filter: Filtret har til opgave at dæmpe markante "peaks" på frekvenskurven. Parallelfiltret er vanskeligere at tune end seriefiltret, idet parallelfiltret sidder i serie med driveren. Spolen L og kondensatoren C udfører den frekvensmæssige afstemning og modstanden R påvirker filtrets Q-værdi (dæmpningsgrad). Mindre værdi af kondensatoren C og større værdi af spolen L øger filtrets bredde. Mindre værdi af spolen L og større værdi af kondensatoren mindsker filtrets bredde. Jo større modstand R, des større dæmpning. Det er set, at modstanden helt er udeladt.

Det skal understreges, at Lalena's beregningsformular ikke er præcis. Beregningerne tjener udelukkende til et udgangspunkt, der efterfølgende kræver målinger og justeringer.

Planche nr. 75 (til højre): Idet komponenterne C, L og R indgår i signalvejen, bør disse specificeres til individuelle kvalitetskrav. Se 5. del: Spoler, kondensatorer og modstande.





Anvend beregningsprogrammet Lalena.

Indsæt :

- Første -3 dB punkt (f_1 / Hz)
- Andet -3 dB punkt (f_2 / Hz)
- Dæmpning (A_t / dB)

Klik "Calculate"

Værdierne på C, L og R fremkommer.

Planche nr. 76.

Målinger og akustik følger i 9. del.

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.