

Eksamensopgave - forside

Studerendes fulde navn: DANIEL CHRISTENSEN

Studienr.:

Studieretning/plan: DIEM

Årgang (fx BA-2): BA-2

Dato: 28/05/2014

Opgavens titel: Skriftlig eksamensopgave i Den Elektroniske Musiks Teori

Fag: Signalbehandling/akustik

Eventuel vejleder/underviser: Henrik Winther

Antal anslag: 9318

Mailet kopi til biblioteket: ja nej sæt ét kryds

Mailet kopi til arkivet (krav): ja nej sæt ét kryds

Alt skriftligt materiale afleveres som udgangspunkt i studieadministrationen i to eksemplarer (ved intern censur)/tre eksemplarer (ved ekstern censur). Kontrollér dette i din studieplan.

Der ud over mailes ét eksemplar i pdf-format til studieadministrationens arkiv (opgaver-studieadm@musikkons.dk – dato, fag og navn skal fremgå af titlen) samt ét eksemplar i pdf-format til biblioteket (projekter-bib@musikkons.dk – dato, fag og navn skal fremgå af titlen).

Opgaver mailet til biblioteket vil være offentlig tilgængelige for studerende og undervisere på konservatoriet. Det er derfor vigtigt, at disse er anonymiseret, så der ikke fremgår personnavne i opgaven. Lydfiler skal fortsat afleveres i studieadministrationen i henholdsvis tre (intern censur)/fire (ekstern censur) eksemplarer.

Lidt om beregninger af rumakustik

Et rums akustik er afgjort af en række faktorer som bestemmer hvordan luftpartikler opfører sig i et lukket rum når de eksalteres af lydølger. Modsat *det frie felt*, altså et åbent sted hvor lydølgerne kan rejse frit uden at støde ind i forhindringer, vil lydølgerne i et rum blive kastet tilbage eller opslugt af de objekter og flader det inholder.

Rummets flader (og andre objekter) vil reflektere lyden og skyde den tilbage mod lytteren.

Lytteren hører altså både den direkte lyd men også den reflekterede lyd, hvilket vil opfattes som rumklang da de reflekterede bølger vil være en smule forsinkede fordi de har rejst længere end den direkte lydkilde for at nå lytteren (se illustration 1.1)

Dette medvirker at lydtrykket er kraftigere eller svagere alt efter hvor lytteren er placeret, i sær ved visse frekvenser som vil gå i samklang med rummet da bølgelængden vil svare til rummets dimensioner. Disse kaldes for rummets *modes*.

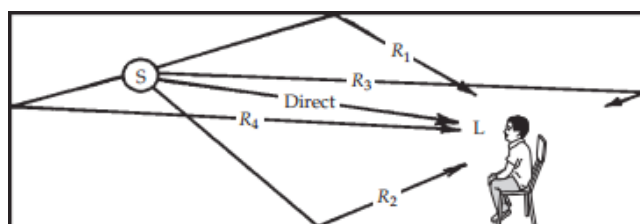


Illustration 1.1

At beregne hvordan et rum "former" lyden som rejser i det er ikke lige til – det forholder sig sådan at lydets frekvens i høj grad afgør hvordan den opfører sig. Ved lave frekvenser (< 300 hz) opstår *modes* når bølgelængden er en faktor som går op i rummets dimensioner. Lydølger kan rejse på alle leder og kanter, ikke blot de *axiale* – men disse er nemmest at beregne. (se illustration 1.2)

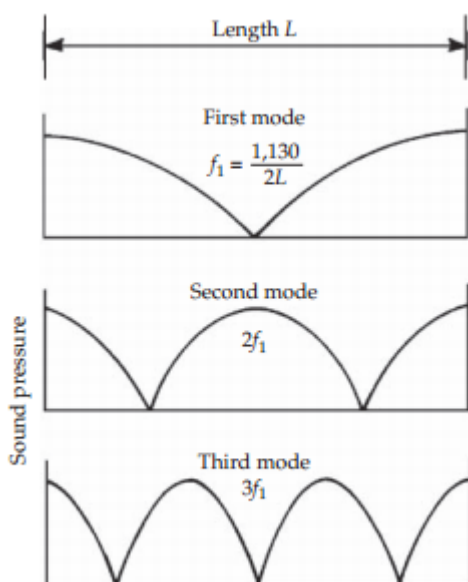


Illustration 1.2

Rummet vil begynde at resonere og forstærke de modes som passer ind i rummet. Disse svingninger vil ligeledes være længe om at klinge af. Ud fra tegningen kan vi se at lydtrykket vil være på sit højeste i hjørnerne af rummet. Andre steder i rummet vil trykket være lavt så volumen bliver pludselig subjektivt alt efter lytterens placering.

Dette er et åbenlyst problem hvis rummet skal bruges til musikalsk aktivitet eller anden lydbehandling.

Opdagelsen af at rummet forstærker visse frekvenser er ikke ny – Hermann von Helmholtz eksperimenterede allerede i 1800-tallet med at dæmpe de frekvenser hvor rummet vil resonere.

Derudover viser det sig at denne teknologi muligvis er endnu ældre, da man i danske og svenske kirker fandt indmurede flasker indeholdende dæmpende materiale. Flaskehalsene lader visse frekvenser passere og absorbere så disse ikke reflekteres tilbage og derved giver stående bølger som vil resonere i rummet.

Ved mellemhøje frekvenser ligger rummets modes så tæt at en ny beregningsmetode må tages i brug. Her vil der være tale om efterklang af frekvenser langt oppe i det hørbare niveau, reflekteret af rummet objekter og flader.

Rummets efterklangstid kan beregnes på forskellige måder: med en støjsvag lydoptager vil man kunne udløse et kort men kraftigt signal som indeholder alle frekvenser (hvid støj) og se på henfaldstiden for refleksionerne og derudfra beregne efterklangstiden.

Man sætter en nedre grænse for lydtrykniveauet hvor man erklærer at efterklangen har lagt sig. Idéelt set tager man udgangspunkt i RT60, eller blot T60, som er tiden det tager lydtrykket at falde 60dB efter kildelyden er ophørt. (se illustration 1.3)

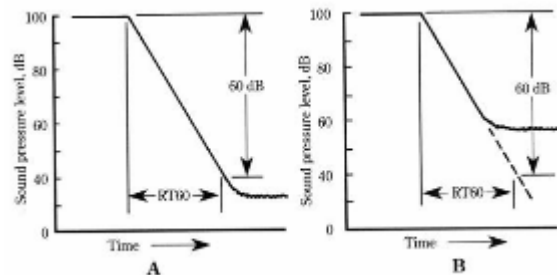


Illustration 1.3

Dog er baggrundstøj som regel et problem for denne model så typisk sætter man den grænse til 30- eller 20dB, såkaldt T30 eller T20. Ved højere frekvenser endnu vil lyden opføre sig som stråler, man kan endda bruge et spejl til at justere sin lytteposition i forhold til ens diskant-enheder – ligesom man ville gøre med en lysstråle.

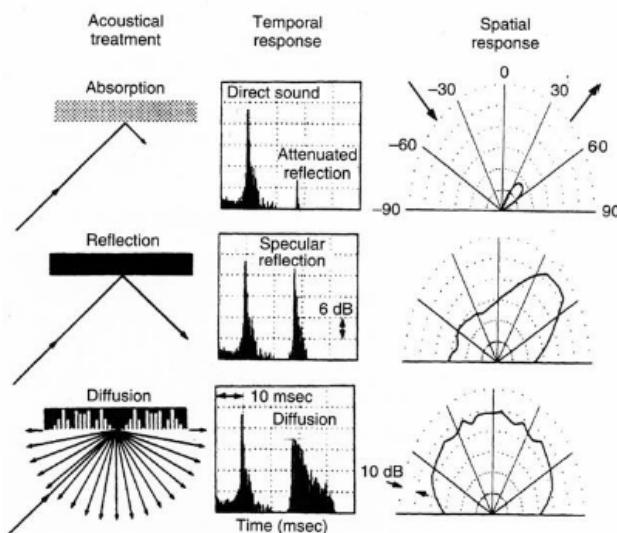


Illustration 1.4

Refleksioner i et rum kan dæmpes på flere måder. Man kan *spredde*, eller *diffusse*, de lydbølger som rammer væggene så de ikke optræder så tydeligt som en refleksion længere. Ved at diffusse splitter man egentlig lydbølgen til mindre bestanddele og lader den miste sin energi i kollisionen, ved spredning, så den ikke bliver kastet tilbage med så megen kraft. Ved at absorbere væggen kan man til gengæld "opsuge" lyd-trykket så det næsten ikke reflekteres; dette er mest effektivt ved høje frekvenser. (se illustration 1.4)

I et normalt rum vil man typisk opsætte diffusorer, for ikke at gøre rummet for "tørt". Man ønsker altså at nogle af de høje frekvenser bliver i rummet men uden at de opfattes som deciderede refleksioner. I hjørnerne kan man opsætte bas-absorbenter for at undgå kraftige mode-ressonanser, såvel som andre præferencer. Ved lydstudier ønsker man som regel et rum der ikke fremhæver visse frekvenser mere end andre – man går altså efter et så lineært frekvensspektrum som muligt.

Beregninger af mit lydværksted

Jeg valgte at kaste mig ud i at måle på mit lydværksted, da det er et lidt sjovt rum set med rumakustiske briller. Det har 2 skråvægge og et indhug ved vinduet. Ellers er det stort set kvadratisk på grundplan, hvilket generelt ikke er at foretrække når rummet skal bruges til musik og lyd, da modes vil forstærkes ved samme bredde- og længdemål. (se illustration 2.1)

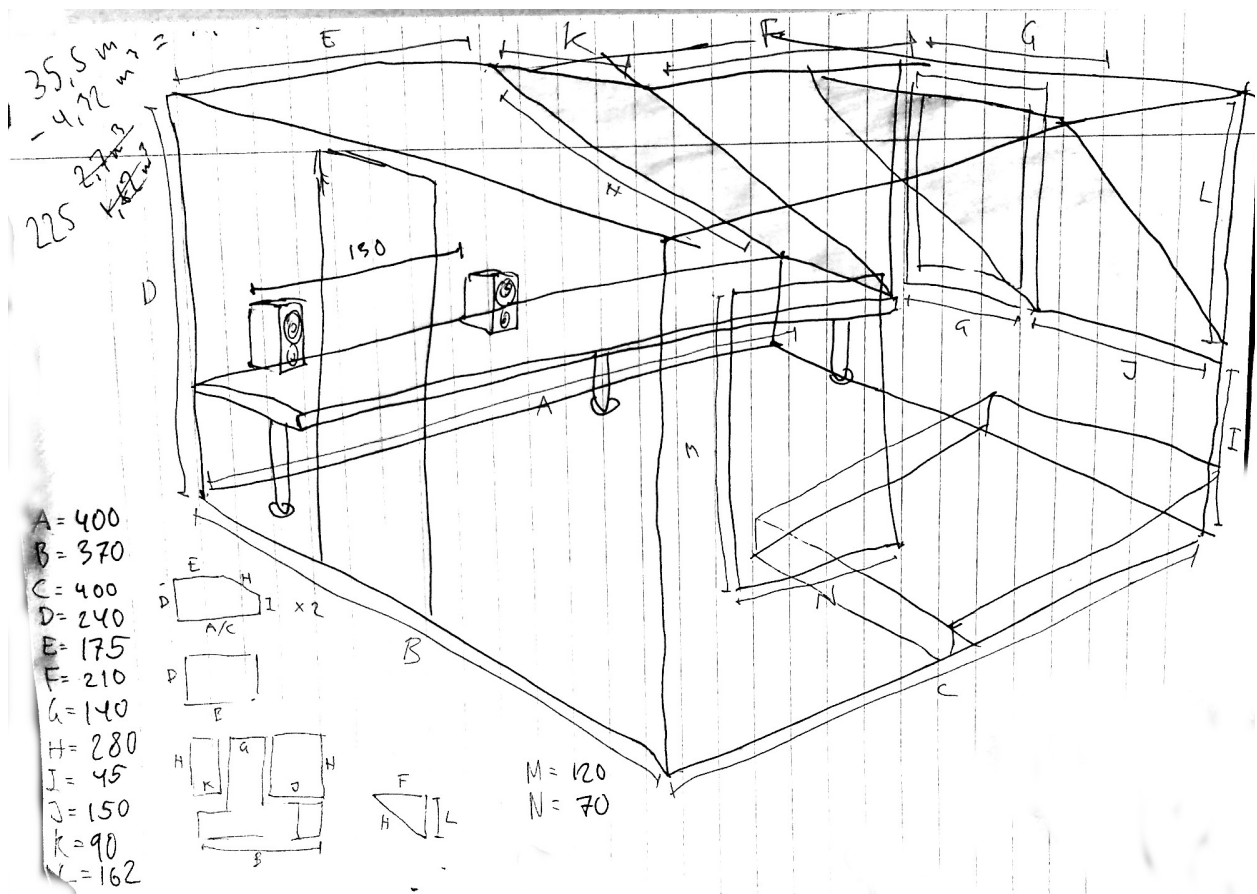


Illustration 2.1

Rummet er ikke tilment som optimalt lydstudie, jeg mixer kun i høretelefoner da det heller ikke er et anlæg beregnet til egentlig monitor-brug. Der er heller ingen sub, så frekvenser under 80 hz vil ikke kunne høres grundet højtalernes nedre begrænsning.

På væggen modsat højtalerne er der en rude på 120 x 70cm og på væggen $B \times D$, hvor døren også er placeret, er der en bogreol. På gulvet under skråvæggen er en madras. Selve arbejdsbordet er en køkkenplade i spån behandlet med et laminat, som enhver traditionel køkkenbordplade. Disse objekter kommer til at spille ind når vi skal beregne efterklangstiden i rummet.

Dette gør vi ved hjælp af Sabines formel: **$RT60 = 0,16V/Sa$** som viser forholdet mellem et rums størrelse, volumen, væggenes *absorptionskoefficient* og efterklangstiden. V er i m³ og S i m².

Absorptionskoefficienten har symbolet *a* og er et tal mellem 0 og 1 som indikerer mængden af lyd der absorberes af overfladematerialet.

Formlen kan tages ind i et regneark så man let kan regne efterklangstiden for rummet ud.

Ud fra min tegning har jeg målt kvadratmålene på rummets flader og fundet a-koefficienter der passer til fladens materiale. Sengen blev et tungt tæppe og bogreolen er blevet til gardiner, halvt trukket så fladens mål ganges med 2.

Flader	Areal	Tegningref.	Materiale	125	250	500	1K	2K	4K
Trægulv =	14,8 m ²	(B x A % seng)	(floor: wood)	–	0.15, 0.11, 0.10, 0.07, 0.06, 0.07				
Lille vindue =	1 m ²	(M x N)	(glass: ordinary window)	–	0.35, 0.25, 0.18, 0.12, 0.07, 0,04				
Væg1 =	5,5 m ²	(B x D % reol)	(concrete block, painted)	–	0.10, 0.05, 0.06, 0.07, 0.09, 0.08				
Bagvæg =	9,5m ²	(A x D)	(concrete block, painted)	–	0.10, 0.05, 0.06, 0.07, 0.09, 0.08				
Skråvæg =	2,5 m ²	(J x H) x 2	(concrete block, painted)	–	0.10, 0.05, 0.06, 0.07, 0.09, 0.08				
Stort vindue =	2,25 m ²	(G x L)	(glass: ordinary window)	–	0.35, 0.25, 0.18, 0.12, 0.07, 0,04				
Seng =	3 m ²	(150 x 200)	(Carpet: Heavy on 40oz hair felt)	–	0.08, 0.24, 0.57, 0.69, 0.71, 0.73				
Reol =	3,5 m ²	(180 x 200)	(drapes: heavy velour) x 2	–	0.14, 0.35, 0.55, 0.72, 0.70, 0.65				

Disse flader kan slås sammen til:

Væg i alt = 20 m²

Gulv i alt = 11,8 m²

Vinduer i alt = 3,25 m²

Seng = 3 m²

Reol = 7 m²

Disse mål plottes ind i et regneark der er sat op til at udregne Sabines ligning for os ud fra de absorptionskoefficienter der er på side 481 i 'Master Handbook of Acoustics 5th Edition'.

Mit lydværkstedes efterklangstid ser således ud ved de udvalgte frekvenser:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
3	Type	Areal	63	63	125	125	250	250	500	500	1000	1000	2000	2000	4000	4000
4	Trægulv	11,8	0,15	1,77	0,15	1,77	0,11	1,298	0,1	1,18	0,07	0,826	0,06	0,708	0,07	0,826
5	Vinduer	3,25	0,35	1,138	0,35	1,138	0,25	0,813	0,18	0,59	0,12	0,39	0,07	0,2275	0,04	0,13
6	Væg	20	0,1	2	0,1	2	0,05	1	0,06	1,2	0,07	1,4	0,09	1,8	0,08	1,6
7	Seng	3	0,08	0,24	0,08	0,24	0,24	0,72	0,57	1,71	0,69	2,07	0,71	2,13	0,73	2,19
8	Reol	7	0,14	0,98	0,14	0,98	0,35	2,45	0,55	3,85	0,72	5,04	0,7	4,9	0,65	4,55
9																
10																
11																
12																
13																
14	Sum			6,128		6,128		6,281		8,53		9,726		9,7655		9,296
15																
16																
17	RT			0,77		0,77		0,75		0,55		0,49		0,48		0,51
18																
19																
20	Volumen	29,5														

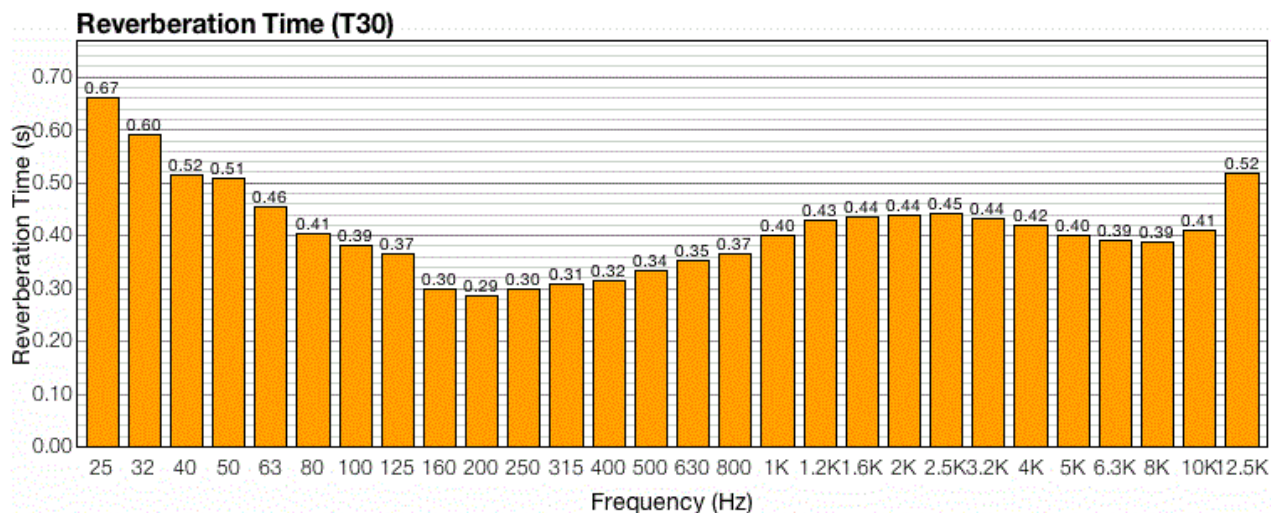
Der er tale om efterklangstider i basområdet på over trekvart sekund og omkring det halve sekund oppe i de højere frekvenser.

Ud fra rummets dimensioner vil også følgende mode-frekvenser være til stede:

f=c/2*L						
Dimensioner	4	3,7	2,4	2		
Orden	Længde	Bredde	Højde 1	Højde 2	Sorteret i rækkefølge	
1	42,5	45,9	70,8	85,0	42,5	27,5974025974
2	85,0	91,9	141,7	170,0	85,0	37,610619469
3	127,5	137,8	212,5	255,0	127,5	55,1948051948
4	170,0	183,8	283,3	340,0	170,0	74,2358078603
5	212,5	229,7	354,2	425,0	212,5	75,2212389381
6	255,0	275,7	425,0	510,0	255,0	82,7922077922
7	297,5	321,6	495,8	595,0	297,5	110,38961039
8	340,0	367,6	566,7	680,0	340,0	112,831858407
9	382,5	413,5	637,5	765,0	382,5	137,987012987
10	425,0	459,5	708,3	850,0	425,0	148,471615721
11	467,5	505,4	779,2	935,0	467,5	150,442477876
12	510,0	551,4	850,0	1020,0	510,0	165,584415584
13	552,5	597,3	920,8	1105,0	552,5	188,053097345
14	595,0	643,2	991,7	1190,0	595,0	193,181818182
15	637,5	689,2	1062,5	1275,0	637,5	220,779220779
16	680,0	735,1	1133,3	1360,0	680,0	222,707423581

Det er tydeligt at vores kvadratiske rum nu viser sit sande jeg, de to tværgående aksiale modes på langs og på tværs af rummet ligger meget tæt!

Jeg fandt et plugin som kunne køre T30-efterklansmålinger – dog med en billig shure-mikrofon.



En mindre fyldestgørende opsætning til test af rumakustik vanskeliggør en fair sammenligning mellem estimerne fra Sabines formel og RT30-testen i rummet. Jeg er overrasket over mit anlægs evne til at få de dybere bastoner med op i niveau. Det er helt tydeligt at der kan gøres meget for at dæmpe basområdet. Der kunne sættes nogle bass-traps op i hjørnerne og måske noget styrolit ind under køkkenbordpladen da de modes-frekvenser som fanges op ad muren og hjørnerne under bordet vil sende vibrationer op i pladen og videre rundt i rummet. Dette nåede jeg desværre ikke, så der er ingen komparativ måling.

Jeg synes egentlig at højtalerne position er optimal, da ruden sender svingningerne videre ud af rummet. Sad man med ryggen til skråvæggene, kunne bølgerne blive fanget og skudt ned mod lytteren igen hvilket kunne resultere i dybe resonanser.

Generelt ynder jeg gerne at spille i ret "våde" rum da jeg har mange højfrekvente ting for tiden som spiller godt sammen med et rum der reflekterer lidt. Jeg gør ikke brug af så meget dyb bas for tiden, hvilket måske gør opsætningen jeg benytter mere taknemlig når det kommer til egnede koncertsteder. Det er lige før jeg synes at DIEM-studierne er lige tørre nok! Men jeg er sikker på at jeg vil være taknemlig for det hvis jeg begynder at gøre i mere bas-spækkede kompositioner igen.