



UNIVERSITETET I AGDER

## Opptak av akustisk musikk

-et fokus om å foreviggjøre en akustisk musikkopplevelse så identisk og virkelighetsnær som mulig.

**Espen Grundetjern**

**Veileder**

Knut Tønsberg

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.*

Universitetet i Agder, 2014

Fakultet for kunstfag

Institutt for rytmisk musikk

## **Forord**

Etter å ha fullført en interessant, utfordrende og lærerik forskningsprosess, ønsker jeg å takke mine inspirasjonskilder: Fredrik Sahlander og Per Elias Drabløs som mine tidligere hovedinstrumentlærere, og Sigurd Hole som min nåværende hovedinstrumentlærer. Jeg har dere å takke for at jeg er den utøveren jeg er i dag. Trygve Rypestøl, Thomas Edvardsen og Kristoffer Tokle, som er medmusikere på CD-platen. Knut Øystein Lauvland, som har vært en levende lærebok, inspirasjonskilde og fagområdeekspert. Veileder Knut Tønsberg, som har med sin positive, hjelpsomme og dyktige drivkraft, sørget for god veiledning og oppfølging. Takk.

Til min kone; takk for god støtte og positive holdninger.

Kristiansand, april 2014

Kandidat Espen Grundetjern

# Innholdsfortegnelse

<b>Kapittel 1. Innledning</b>	<b>1</b>
1.1. Min egen bakgrunn	1
1.2. Begrunnelse for valg av tema	2
1.2.1. Kommersialiseringen	3
1.3. Problemstilling	5
1.4. Avgrensning av oppgaven	6
1.5. Videre struktur i oppgaven	7
<b>Kapittel 2. Teori og litteratur</b>	<b>9</b>
2.1. En gjennomgang av de mest «basic» parameterne ved lyd	9
2.1.1. Hva er lyd?	9
2.1.2. Frekvens	11
2.1.3. Amplitude	12
2.1.4. Fase	13
2.1.5. Støy	13
2.2. Den teknologiske biten, «Less is more»	15
2.3. Å observere forandringer ved en lydbølge	17
2.4. Å digitalisere analog lyd	17
2.4.1. Bit og hertz	17
2.5. Avrunding av kapittelet	19
<b>Kapittel 3. Metode og forskningsprosess</b>	<b>20</b>
3.1. Valg av metode	20
3.2. Observasjon	21
3.2.1. Kvantitativ og kvalitativ observasjon	21
3.3. Intervju	22
3.3.1. Intervju som en kvalitativ metode	23
3.4. Litteratur og sammenligninger	24
3.5. Testinger og målinger	24
3.6. Studio i praksis	25
3.7. Presentasjoner av tema for klassen	25
3.8. Avrunding av kapittelet	25
<b>Kapittel 4. Resultatutvikling</b>	<b>26</b>
4.1. Kompresjon	26
4.1.1 Kompresjon kommersialiseres	27
4.2. Analoge og digitale opptak	29
4.2.1. Analoge opptak	29
4.2.2. Digitale opptak	30
4.3. Et digitalt signal	31
4.3.1 Jitter, en ujevn lydstrøm	32

4.4. Målemetoder for analoge signaler	34
4.4.1. Total Harmonic Distortion (THD)	34
4.4.2. Inter Modulation Distortion (IMD)	35
4.4.3. Transient Intermodulation (TIM)	35
4.5. Lyttemonitorens rolle	36
4.5.1. Hva er en god monitor?	36
4.5.2. Ulineær Forvrengning	37
4.5.3. Lineær forvrengning	39
4.5.4. Doppler	42
4.5.5. Fysiske forutsetninger	43
4.5.6. Monitorer komprimerer	50
4.5.7. Monitorer sett i et historisk perspektiv	51
4.5.8. Et viktig hensyn	52
4.6. Forsterkerens rolle	53
4.6.1. Litt om komponentene	53
4.6.2. Forsterkerens målemetoder	54
4.6.3. Negativ tilbakekobling	56
4.6.4. Operasjonsforsterker	59
4.6.5. Et viktig hensyn	62
4.7. Kabler	62
4.7.1. Materiale	63
4.8. Avrunding av kapittelet	63
<b>Kapittel 5. Drøfting og refleksjon</b>	<b>64</b>
5.1. Hva er musikk?	64
5.1.1. Et musikkstykke skal gjenskapes	65
5.2. Kompresjon selger	66
5.2.1. En reaksjon på kompresjon	69
5.3. Målinger selger	69
5.4. Mine erfaringer i studio	70
5.5. Vår evne til å lytte	71
5.6. Avrunding av kapittelet	72
<b>Kapittel 6. Konklusjon</b>	<b>73</b>
6.1. Svar på problemstillingen	73
6.2. Grunnlag for videre forskning	74
<b>Litteraturliste</b>	<b>75</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>77</b>

## Kapittel 1. Innledning

I denne oppgaven presenteres relevante kriterier med hensyn på å gjenskape en akustisk musikkopplevelse i et opptak, der livaktighet og en naturtro klang skal ivaretas. Det blir presentert objektive og konkrete observasjoner, samt subjektive meninger og synsinger.

Som utøver av et akustisk instrument og tilsynelatende hi-fi interessert, har jeg et mål om å beherske en studiosituasjon, der akustisk musikk skal gjøres opptak av. Min identitet som musiker, baserer seg like mye på hvordan lyden fra mitt instrument brer seg med tanke på klang, tone og dynamikk, som hvordan jeg fraserer melodier, harmonier og rytmemotiver. Min oppfatning i opptakssituasjoner, er at fokuset ofte ligger sterkest på det musikalske, og mindre på det akustiske. Jeg vil gjerne høre min egen kontrabass så identisk seg selv som mulig i et opptak, slik som i virkeligheten, og vil også vite hvilke hensyn man må ta i studiosituasjoner der andre akustiske instrumenter og besetninger skal gjøres opptak av.

Denne oppgaven handler om opptak av akustisk musikk, med fokus på prosessen der lyden bearbeides som et elektrisk signal, og hvordan det påvirker det akustiske utgangspunktet.

### 1.1. Min egen bakgrunn

Da jeg var 5 år fikk jeg en gammel sort hvitt TV av mamma og pappa som ikke funket. Grunnen til dette var at jeg ønsket så sterkt å åpne TV-en for å se hva som var inni. Pappa har senere fortalt meg, at jeg kom opp i stuen med en sikring i hånda og spurte «hva er det for noe? Den er visst ødelagt.» Pappa lo høyt, og sa at det var en sikring, og ga meg en ny som var i orden. Da jeg byttet sikringen var TV-en i orden.

Så lenge jeg kan huske, har jeg vært interessert i elektronikk, og hvordan maskiner fungerer. Min interesse for musikk har alltid vært til stede, men ble ikke praktisert før jeg begynte å spille el-bass i konfirmasjonsalderen. Den første el-bassen jeg fikk manglet «Pickups<sup>1</sup>», og jeg måtte da sette bassen sammen selv. Da spilte jeg samtidens populærmusikk, blant annet Franz Ferdinand og Green Day. På den tiden var ikke basspillingen noe seriøst, men jeg var med i diverse band som spilte på blant annet skoleavslutningen på ungdomsskolen. I 2006 begynte jeg på musikklinjen ved

---

<sup>1</sup> Pickups er mikrofonene på el-bassen.

## Kapittel 1. Innledning

Vågsbygd videregående skole, og det var da jeg begynte å spille kontrabass. Siden den tid, har jeg hatt en stor interesse av akustisk musikk, der jazz står meg nærmest. Samtidig begynte jeg å jobbe i hi-fi bransjen som selger og reparatør, og ble interessert i autentiske lydgjengivelser. Etter at jeg fullførte videregående, begynte jeg på bachelor studie i utøvende rytmisk musikk ved Universitetet i Agder (UiA) med kontrabass som hovedinstrument. I overkant av to år har jeg også fått benytte det nye lydstudioet (studio A) i Sigurd Kønns hus (K-bygget) ved UiA. I 2012 tok jeg et 30 studiepoengs fag i musikkteknologi i forbindelse med mitt siste år på bachelorprogrammet i utøvende musikk rytmisk, og fikk da tilgang til K-byggets lydstudio.

### 1.2. Begrunnelse for valg av tema

Tilgangen til studioet i K-bygget har gitt meg muligheten til å gjøre opptak av egenkomponert musikk, og for det er jeg meget takknemlig. Men etter flere episoder i studioet, opplever jeg samtlige ganger nye årsaker til frustrasjoner. Disse frustrasjoner førte til spekulasjoner om studiomonitorennes evne til å gjenskape lyden som blir gjort opptak av, var tilstrekkelig. Spekulasjonene oppsto etter at jeg gjorde opptak som jeg i utgangspunktet var fornøyd med ut ifra hva jeg hørte i studio, men da jeg tok lydfilene med meg hjem for analysere de på mitt daværende anlegg som besto av BBC referanse monitor *Harbeth monitor 40.1*, registrerte jeg problemer. Da hørte jeg mange elementer i lyden som jeg burde hørt i studio, og burde gjort annerledes i opptaksprosessen. Disse elementene opplever jeg vanskelig å «fikse på» i etterkant, da de allerede er blitt gjort. De første gangene trodde jeg det bare var studiomonitoren som jeg ikke kjente godt nok til, og derfor førte til at jeg ikke tok riktige hensyn i forhold til plasseringer av mikrofoner. Dessuten etter flere forsøk, har det vist seg at det også gjelder mikrofonforsterker og andre elektroniske komponenter i lydkretsene.

I løpet av min periode i hi-fi bransjen, har jeg deltatt på samtlige årlige hi-fi messer i Horten. Dette har ført til en anskaffelse av gode kontakter, og der av blant annet Knut Øystein Lauvland. Lauvland begynte som skolelærer på 70-tallet, med en høy interesse for pedagogikk og formidling. Parallelt med å undervise, hadde han lyd som hobby, og utviklet produkter. Disse lydproduktene har vært benyttet av universitetet i Trondheim (tidligere NTU), som har hatt tilgang til flere produkter i konkurranse med hverandre, hvor Lauvlands produkter ble preferert. Lauvlands forsterkere ble installert til studioformål på musikk instituttet i Trondheim. Han jobbet samtidig

## Kapittel 1. Innledning

som utøvende sanger, og var ansvarlig for lydopptak i både komplekse akustiske miljøer som Nidarosdomen, av blant annet pianisten Leif Ove Andsnes, og andre mer intime miljøer som Trondheim jazzforum. Noen år senere begynte han å utvikle og produsere høyttalere med avanserte konstruksjoner, som førte til at han ble headhunta til å bli veileder for studenter i Trondheim på 80-tallet. I begynnelsen av år 2000, jobbet han som veileder for masterstudenter i blant annet Grimstad og NTH i Trondheim, med hovedfokus på lyd, akustisk lyd, støy og akustisk støy. I senere tid har han utviklet tekniske løsninger som han selv kaller «kjerringa mot strømmen». Disse tekniske løsningene beskriver han som enkle, i den forstand at de har få komponenter, og derfor har en særegen egenskap til å gjengi høy presisjon med hensyn på tidsforsinkelse av frekvenser. Dette har skapt store interesser, og åpnet for diskusjoner, særlig i Danmark, og omfatter både høyttalere og forsterkere.

Muligheten til å bruke Lauvlands kunnskap og erfaringer overført til mine studiointeresser, har gitt meg nyttige erfaringer med studiobruk som jeg kan ta med meg videre. Dette har ikke minst gitt meg en ekstra «gnist» til å jobbe med feltet. Av disse grunnene oppstod tanken om å bruke masteravhandlingen som en mulighet til å utvide min egen kunnskap, og hevder følgelig at det er naturlig å inkludere Lauvland som en vesentlig kilde i denne oppgaven.

### 1.2.1. Kommersialiseringen

Ett karakteristikum ved det musiske og det levende mennesket mener jeg er livaktigheten. Musikk som er komprimert og «forflatet» dynamisk, oppleves ofte som jevn støy, og blir kjedelig i lengden.

Teknikken i dag gjør alt den kan for å skape balanse (at alle instrumentene skal ha like høyt lydnivå), slik at lyden blir enklere å kringkaste til tv, radio etc. Dette skaper et behov for den tekniske løsning, der disse kravene til den perfekte balanse har «ødelagt» mye, etter mitt skjønn. Balanse krever kompresjon, der «jevn grøt» ofte blir resultatet. «Gøy musikk som kunne vært fantastisk levende, blir (...) kjedelig.» (Sitat Lauvland).

Hvis lydteknikerens mål er å reprodusere musikk som skal avspilles på «lydplanken» under TV-en, eller reiseradio og DAB-produkter, og skal reprodusere hele frekvensområdet, samt tilsynelatende all dynamikk, i en to toms membran,<sup>2</sup> gir komprimering mening. Men dersom målet er å gjenskape en atmosfære av musikken så nært opp mot «det levende livet», har jeg valgt å lage meg selv en

---

<sup>2</sup> To toms membran er et høyttalerelement der diameteren er to tommer.

## Kapittel 1. Innledning

modell. Denne modellen kommer jeg tilbake til.

Anvendelse av musikkinstrumenter er gammelt, og trommer har blitt brukt til musikk, dans og kommunikasjonsmiddel i hele menneskets historie. «Skal trommene gjennom digitale kompressorer, og ha maksimum 8 db<sup>3</sup> dynamikk, blir lyden ikke den samme som Kalahariørkenen for 7 millioner år siden. Kompresjon handler om å forflate dynamikk og kontraster mellom mykt og svakt, og hardt og sterkt.» (Sitat Lauvland). Hvis disse parameterne mister sin naturlige livaktighet, vil da det kommuniserende med musikken tapes, og oppfattes som bakgrunnsstøy?

Jeg har valgt å se på oppgaven som en reaksjon på den såkalte «kommersialiseringen» eller markedstilpasningen av lydproduksjoner i de moderne studioer. Med kommersialisering mener jeg at studioer behandler lydopptakene for å tilpasse det brede marked. Spørsmålet er om det resulterer til en lavere prioritering av lydgjengivelsen, da det brede markedet i dag består av Mp3-spillere og andre type musikkmedier, der praktiske og estetiske løsninger har en høyere prioritering enn lydgjengivelsen. Disse musikkmediene har sine fordeler som individuelle produkter, men er et tilbakeskritt fra tidligere musikkmedier i forhold til å formidle objektive faktorer som påvirker alle de potensielle musikalske faktorene.

Opgaven har også et formål om å være en veiledende pekepinn på hvilke kriterier en lydtekniker bør ta hensyn til i en studiosituasjon der opptak av akustisk musikk skal gjennomføres. For at jeg skal kunne presentere den kommersialiserende tendensen i studio, har jeg valgt å fokusere på å finne «feil», eller utfordringer som ofte oppstår i studiosituasjoner. Ved hjelp av undersøkelser, sammenligninger og tester av diverse lydprodukter som utnyttes i et standard studio i dag, ønsker jeg å presentere og forklare løsninger på hvordan lydteknikeren kan løse disse utfordringene. Ved å se på ulike utfordringer som har oppstått i studio sett i et historisk perspektiv, vil jeg også få innblikk i hvilke påvirkninger den stadige utviklingen av utstyr fører til.

---

<sup>3</sup> Db er forkortelse på desibel, og brukes som en måleenhet på lydstyrke.



### 1.3. Problemstilling

Helt siden de første opptakene ble gjort av Loe Scott's i 1857 (Recording History) har det vært et fokus på å gjenskape musikk, og resultert til en stadig utvikling av nye lydprodukter. Sett i et musikkteknologisk perspektiv, der målet er å gjøre opptak av akustisk musikk, altså å gjenskape en musikalsk «performance» så nært virkeligheten som mulig, settes det store krav til teknologien. Opptaksutstyret må kunne gjengi en jevn frekvensgang<sup>4</sup> innenfor et tilstrekkelig frekvensspekter<sup>5</sup>, og sørge for fornuftig gjenskapelse av dynamikk<sup>6</sup> og fasegang<sup>7</sup>. Dersom disse faktorene blir tatt hensyn til, og gjennomført tilstrekkelig, vil mikrodetaljer<sup>8</sup> og lyder som «pinking» av strenger, knirking i stoler, tramping av takten og snufsing tydeliggjøres, og være eksempler på ytterlige faktorer som kan være vesentlige i en gjenskapelse av en atmosfære i et «musisk» øyeblikk. Med dette som utgangspunkt, har jeg kommet fram til følgende problemstilling for masteroppgaven:

**Hvilke hensyn må en lydtekniker ta i en studioopptakssituasjon, der målet er å gjenskape en atmosfære av akustiske lyder i et stuemiljø så identisk som mulig virkeligheten?**

#### Begrepsavklaring

- Atmosfære: En omgivelse og sammensetninger, som gir en stemning.
- Akustiske lyder: Lyder som utøveren gir fra seg, og som oppstår i opptaksrommet.
- Stuemiljø: sluttproduktets tilhørighet, altså i heimen.

Det er viktig for meg å presisere et skille mellom de ulike typer kriterier som menes i forhold til hvilke hensyn som må tas. Disse kriteriene har jeg valgt å dele i tre hovedgrupper. Den ene gruppen beskriver de objektive kriteriene hvor man har matematiske og konkrete målemetoder for analyse av lyd. Den andre gruppen beskriver de subjektive kriteriene hvor man snakker om synsing om tonalitet, klang, mykt, hardt og hva som er vakkert. De tredje kriteriene ligger i grenseland mellom de objektive og subjektive kriteriene. Disse hensynene mener jeg at kan være lurt for en lydtekniker å være oppmerksom på i en opptakssituasjon, og har derfor valgt å også

---

<sup>4</sup> Med frekvensgang menes lydstyrkens forhold mellom alle frekvenser innenfor en gitt avgrensning.

<sup>5</sup> Med frekvensspekter menes avgrensningen fra lavest til høyest frekvens.

<sup>6</sup> Med dynamikk menes forholdene mellom svakt og sterkt.

<sup>7</sup> Med fasegang menes forholdet mellom tidsforskyvninger av frekvenser.

<sup>8</sup> Med mikrodetaljer mener jeg lyder som har en høy frekvens, eller lyder som oppstår og avslutter fort.

## Kapittel 1. Innledning

forklare hvilke kriterier som er de mest relevante.

For å kunne svare på denne problemstillingen, ønsker jeg å se på hvilken måte musikken oppleves i heimen. For å analysere dette, velger jeg å gjøre noen forenklinger. Vi vet at det er et stort mangfold av lyd og lydatmosfære blant folk og på salgsmarkedet. Vi hører på tv og radio, der alle disse lydproduksjonene har stor variabel kvalitet. Men for å forstå hva som skjer i studio, velger jeg å forenkle på følgende måte:

Jeg tar dermed utgangspunkt i at mikrofonen som skal ta opp musikken er perfekt teknisk, og anlegget i heimen som er tilpasset stuen, også er perfekt teknisk. Med andre ord, hva er det da som er situasjonen i studio? Jeg har som mål å gjenskape akustisk musikk, og det stiller høye krav til kvalitet på både opptak og sluttbrugerprodukt.

For å finne og analysere «feil» som oppstår i studio, har jeg valgt å forutsette at mikrofonen som tar opp musikken, og sluttbrugerproduktet som avspiller musikken etter studio, er perfekt teknisk.

**Målsetting:** Jeg vil bevisstgjøre lydteknikers forhold til valg av hensyn som må tas i en studiosituasjon, for at et studio skal produsere minst mulig «ødeleggelse»<sup>9</sup> av lyden. Med dette vil jeg åpne for et større fokus på å gjenskape en autentisk opplevelse av akustiske instrumenter i et stuemiljø, og på den måten skape en reaksjon på kommersialiseringen og markedstilpasningen.

### 1.4. Avgrensning av oppgaven

For å avgrense et stort tema, har jeg valgt å gjøre følgende forenklinger:

Jeg vil kun forske på opptak av akustisk musikk, da akustisk musikk har en klar referanse i form av instrumenter. Dersom det er snakk om elektronisk musikk, eller akustiske instrumenter som blir bevist bearbeidet til å høres annerledes ut, befinner dette seg utenfor mitt forskningsfelt. I tillegg har jeg valgt å fokusere på hensyn som jeg hevder har mistet et fokus i det kommersielle markedet, for å påpeke hensynenes relevans. Disse hensynene baserer seg på endringer av lyd i form av elektroniske bølger. Jeg har valgt å ikke forske på mikrofonteknikk og akustiske forutsetninger i forhold til plassering av instrumenter og mikrofoner, da dette feltet i seg selv kunne representert

---

<sup>9</sup> Jeg mener at alle faktorer som forandrer lydsignalet til noe som er mer ulikt utgangspunktet, er en ødeleggelse av lyden.

## Kapittel 1. Innledning

en egen masteravhandling. Selv om dette er et vesentlig hensyn med tanke på å besvare problemstillingen, har jeg i denne oppgaven valgt å forutsette at mikrofonteknikken er perfekt.

Når det gjelder forklaringer av elektroniske kretser og akustiske teknikker, har jeg valgt å unngå formelnivå. I stedet for forklarer jeg formlene med ord, for å gi en forståelse av begrepenes mening og hensikt. På denne måten unngår jeg nøyaktige tallforklaringer på fysikkteoretiske og matematiske formler, men med et fokus på å presentere teoriens hensikt og opphav, slik at dette lettere kan oppsøkes hvis ønskelig. Dessuten baserer de fleste formlene seg på komplisert fysikk, som krever en teknisk forståelse utenfor mitt kompetansenivå.

Fokuset i oppgaven baserer seg på en forklaring av hvordan produkter som blir solgt i det kommersielle markedet, i tillegg til de produktene og idealene som blir mest brukt i et standard studio i dag, bearbeider lyd kvaliteten.

Jeg vil også påpeke at oppgaven i seg selv ikke fungerer som en komplett veiledning for en studioopptakssituasjon. Jeg forklarer ikke hvordan å operere et studio fra a til å, men presenterer derimot tanker og teorier rundt viktige hensyn for å gjenscape et «uendret» lydbilde.

### **1.5. Videre struktur i oppgaven**

I kapittel 2 presenterer jeg relevant teori og bakgrunnsmateriale med hjelp av referanser fra tidligere forskning. Dette hevder jeg er et viktig grunnlag for forståelse av resultatutviklingen i kapittel 4.

Kapittel 3 beskriver hvilke metoder som har blitt brukt, og forklaring på valg av metoder. Her vurderer jeg om innsamlet data er relevant for besvarelsen, og dets pålitelighet. Problematikken med eventuelle forskningsetiske dilemmaer vil også diskuteres i dette kapitlet.

Kapittel 4 dreier seg om tolkning, resultatutvikling og analyse av det innsamlede data. Her presenteres framstillingen av funnene, og eventuell ny viten.

I kapittel 5 diskuteres funnene fra kapittel 4 opp mot problemstillingen. Tanker om funnene diskuteres også på grunnlag av egne erfaringer og meninger.

## Kapittel 1. Innledning

Kapittel 6 konkluderer besvarelsen. Her presenteres hvilke funn jeg har kommet fram til, og eventuelt hva jeg ikke har kommet fram til. Forslag til nye problemstillinger ut ifra mine resultater, presenteres også her.

## Kapittel 2. Teori og litteratur

Da kapittel 1 presenterte bakgrunn for valg av tema og problemstilling, presenterer jeg i dette kapittelet tidligere forskning, forklaringer på konkrete teorier og litteratur i feltet. Dette representerer et vesentlig grunnlag for videre forståelse av oppgaven.

### 2.1. En gjennomgang av de mest «basic» parameterne med lyd

#### 2.1.1. Hva er lyd?

“A sound is said to exist if a disturbance propagated through an elastic material causes an alteration in pressure or a displacement of the particles of the material which can be detected by a person or by an instrument.” (Beranek, 1954, s. 3) Altså en forflytning av molekylerne i luften eller andre materialer. Disse bølgene kalles «longitudinale bølger», og er en betegnelse på bølger som sprer seg i alle mulige retninger. “By contrast, waves on the surface of water are circular. The vibratory motion of the water molecules is in a small circle or ellipse<sup>10</sup>, but the wave travels horizontally” (Beranek, 1954, s. 7). Med dette menes at en bølge på vannets overflate ikke kan kalles en longitudinal bølge, da bølgen kun kan bevege seg i to retninger. Men dersom lyd sprer seg i vann, oppfører det seg som en longitudinal bølge. Det som skjer er at med en gang man setter luften eller andre materialer i bevegelse, oppstår det fortyninger og fortetninger av molekylerne, og på denne måten kan man kalle det for lydbølger. Grunnen til at man oppfatter det som lyd, er fordi den longitudinale bølgenes energi får trommehinnen i øret til å bevege seg parallelt med lydbølgen, og vil da sende signalet videre til hjernen. En fortykning av luft vil si at noen av molekylerne har forflyttet seg fra dens opprinnelige plass, og over til en annen plass. Dette oppstår ved en utløsning av energi. I det man for eksempel klapper i hendene, oppstår det en friksjon mellom to flater, og dermed utløses energi. Noe av denne energien vil overføres til varme, mens resten vil overføres til bevegelse som får luftmolekylerne i nærheten til å forflytte seg. Denne forflytningen gjør at molekylerne i det området der kollisjonen oppstod, vil bevege seg bort fra sin opprinnelige plass, og dermed skape en fortykning av luften. Denne plassen som molekylerne nå har blitt forflyttet til vil da få et høyere antall molekyler,

---

<sup>10</sup> En ellipse i matematikken, er en geometrisk figur som er en «flattrykt sirkel».

## Kapittel 2. Teori og litteratur

og dermed en fortetning av molekyler. Denne fortetningen kan ikke holde seg stabil, og må derfor fortsette å spre seg helt fram til energien dør ut.

Jo tettere samling av molekylene, jo fortere beveger lydbølgene seg basert på Newtons andre lov som sier at kraft er lik masse gange akselerasjon. I luft vil både temperaturen og fuktinnholdet bestemme tettheten på samlingen av molekylene. I tørr luft ved 21 °C er lyd hastigheten 344 meter pr. sekund, som tilsvarer 1 238 km/t. Men dersom lyden brer seg i vann, vil hastigheten være mer enn fire ganger så høy, da molekylene i vann henger tettere sammen. Det vil si at lyden også brer seg fortere i materielle ting som for eksempel en lang stålstang. Hvis man slår en hammer på den ene enden av en 300 meters lang stålstang, vil lyden nå den andre enden av stangen fortere via jernstangen enn via luften.

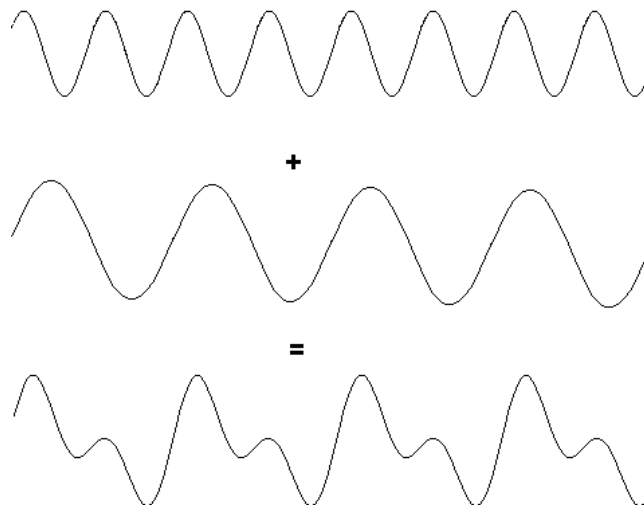
Som nevnt over baserer lyd seg på en energitransport som brer seg i luften der molekyler blir forflyttet i form av longitudinale bølger. Hvordan disse bølgene oppfører seg i forskjellige materialer og temperaturer, baserer seg på fysiske lover og regler som man har nøyaktige formler på. I tidsperioden 8 September 1588 – 1 September 1648 levde en kjent mann som het Marin Mersenne. Denne mannen blir ofte referert til som «father of acoustics», da han var en av de første fysikerne til å sette formler på hvordan lyd brer seg blant molekyler. Det var han som i 1636 blant annet fant ut av formler på lydets hastighet. (Wikipedia, 2014b) Grunnen til at jeg nevner dette, er fordi jeg vil presisere at temaet akustikk er gammelt, og at dens fundamentale fysiske lover er tilsynelatende uendret i løpet av det siste århundre. Boka «Acoustics» av Leo L. Beranek som jeg har referert til tidligere, ble skrevet i 1954, og regnes fremdeles til å være «bibelen» i mange av de store hi-fi miljøene i verden ifølge Lauvland. Hi-fi er en forkortelse på to engelske ord: «High fidelity», og betyr høy naturtrohet. Tanken er ikke å trekke hi-fi-verden inn i denne oppgaven, men det interessante er at de fysiske lovene som bestemmer hvordan lyd oppfører seg, er helt like i hi-fi miljøene som i studio miljøene. Selv om denne boka er fra 1954, holder den fremdeles oppdatert kunnskap den dag i dag.

### 2.1.2. Frekvens

Frekvens brukes i mange sammenhenger, og brukes ofte i situasjoner som for eksempel hvor høy skrittfrekvens man har når man går eller løper, eller bildefrekvensen på i film. Der en hendelse gjentar seg i løpet av en gitt tid, kaller man det frekvens. Altså antall bilder per sekund eller antall skritt i minuttet, måles i frekvens. I dette tilfelle snakker vi om longitudinale bølger, hvor da en fortynning til neste fortynning, eller en fortetning til neste fortetning er en hendelse. Eller forklart som elektroniske bølger, en bølgetopp til neste bølgetopp. For å beskrive dette, sier vi at antall bølger eller «svingninger» per sekund betegnes som Hertz (Hz). Denne måleenheten er oppkalt etter den tyske fysikeren Heinrich Rudolf Hertz. Altså, 1Hz er en svingning per sekund. Hvis frekvensen er 1Hz, tar det altså et sekund for en bølgetopp til neste. Og siden lyden forplanter seg i 344 meter pr. sekund, vil det si at bølgelengden på 1Hz er 344 meter.  $Bølgelengde = \text{meter pr. sekund} / \text{Hz}$ . Det hørlige området for et menneske er 20Hz til 20KHz (20 000Hz), det vil si 17m til 17mm bølgelengde.

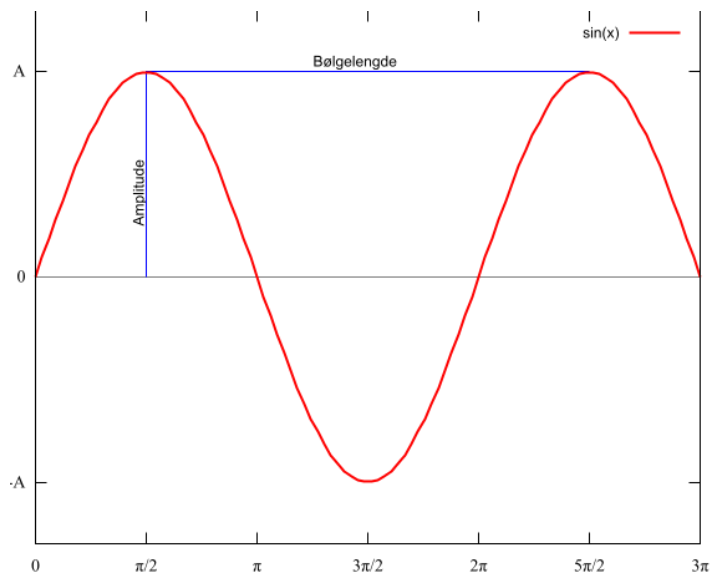
En lydbølge som kun består av en frekvens, kalles for en «sinusbølge». «I et pistolskudd, utløses bølger fra 0hz til uendelig.» (Sitat Lauvland). Denne lydforflytningen er sammensatt av uendelig med sinusbølger. På samme måte som bølger i vann beveger seg oppå hverandre, beveger også lydbølger seg slik at mindre bølger beveger seg oppå større bølger, og konstruerer en unik bølge som er sammensatt av alle bølger (se figur 1 på neste siden). Det er slike sammensetninger av sinustoner som skaper den totale klangstrukturen til lyden fra for eksempel et musikkinstrument, og er grunnen til at man kan skille og gjenkjenne klanger fra hverandre.

## Kapittel 2. Teori og litteratur



**Figur 1:** Figuren viser der to sinusbølger settes sammen til en sammensatt bølge. Hentet fra [http://www.brendmo.net/mkurs/musikkurs\\_1.html](http://www.brendmo.net/mkurs/musikkurs_1.html)

### 2.1.3. Amplitude



**Figur 2:** Figuren viser en sinusbølge, der den vertikale blå streken forklarer bølgens amplitude, og den horisontale blå streken forklarer bølgelengden. Hentet fra <http://no.wikipedia.org/wiki/Amplitude>



## Kapittel 2. Teori og litteratur

Som vist på figur 2, ser man at amplituden er avstanden mellom midtpunktet til toppunktet eller null punktet til høyeste plussverdi av bølgen. Amplituden har da en positiv verdi<sup>11</sup>, og beskriver styrken, eller lydnivået på bølgen. Jo høyere bølgen er, jo høyere lyd. Dersom flere sinustoner summeres, vil også enkeltsinustonenes amplitude summeres, og forårsaker en sammensatt bølge med en høyere totalamplitude. I tilfelleler der amplituden går fra lavt til sterkt på kort tid, som for eksempel av et pistolskudd, oppstår også transienter. Dette forårsakes av at et pistolskudd inneholder alle frekvenser fra 0 til uendelig, og at alle disse frekvensene starter nøyaktig samtidig. Med dette oppstår en summasjon av alle enkeltsinustonenes transienter, og resulterer til en sammensatt brattere transient. En transient kommer fra latin *transeo* og betyr «jeg passerer» eller «forsvinne». Det vil si at transienten er kun den lynkjappe starten på de første bølgetoppen til de høyeste amplituden i et lite øyeblikk. Transienten bestemmes ut ifra hvor bratt stigningen på bølgen fra 0 til uendelig i amplitude, altså hvor kort tid det tar fra svakt til sterkt.

### 2.1.4. Fase

Fase i lydverden, er det mest kompliserte og utfordrende elementet å gjenskape med tanke på de akustiske og elektroniske forutsetningene i en opptakssituasjon. Faseforvrengning skjer når noen frekvenser kommer senere fram enn andre. Når alle frekvenser kommer fram samtidig, er signalet faselineært. «Altså er fase den tiden det tar for en bølge å komme fram.» (Sitat Lauvland).

### 2.1.5. Støy

Min definisjon på støy i en opptakssituasjon, er når det oppstår lyder som ikke kommer fra lydkilden, og «forstyrrer» lyden fra instrumentet ved å forandre lydbølgen. I de sammenhenger der to lyder kolliderer, vil lydbølgene bryte opp mot hverandre, og skape nye bølgestrukturer. Ut av dette, kan det oppstå nye lyder som et resultat av kollisjonen. Denne type forstyrrelser kalles «modulasjon». Jeg har valgt å dele støy i to hovedgrupper, akustisk og elektronisk.

---

<sup>11</sup> Positiv verdi vil si at bølgen brer seg over midtaksen eller nullpunktet, som vist på figur 2.

## Kapittel 2. Teori og litteratur

Med akustisk støy mener jeg når rommet lydkilden er inne i, påvirker lyden til å høres annerledes ut. Det finnes mange type materialer som reagerer forskjellig på lyd, og siden lyd er luft i bevegelse, vil det si at når lyden kolliderer med en flate, vil lydenergien overføres til friksjon. Dermed vil flaten oppføre seg som en membran<sup>12</sup> i bevegelse, og skaper nye lyder. Det er veldig variabelt hvordan ulike typer materialer oppfører seg i forhold til forskjellige frekvenser, og dette er viktig å ha en oversikt over i et opptaksrom og kontrollrom<sup>13</sup>. I disse sammenhengene, trenger ikke støyen nødvendigvis å være uønsket, da man kan bruke disse akustiske forutsetningene til å forme en ideell akustikk<sup>14</sup> i opptaksrommet slik at instrumentet eller instrumentene får den akustiske hjelpen det trenger. Men dersom akustikken er lite gjennomtenkt, kan den påvirke lydkilden til noe som ikke er like ønskelig.

I den elektroniske verden, er det lettere å definerer støy som uønsket, da påvirkninger på det elektroniske signalet «forandrer» det originale signalet. Og ved en forandring, blir signalet mere ulikt utgangspunktet. Som jeg forklarte i problemstillingen, er målet å gjenskape en atmosfære av akustiske lyder så identisk virkeligheten som mulig. Det vil si at dersom støyen oppstår elektronisk, er det etter min mening uønsket. Derfor har jeg valgt å prioritere et større fokus på elektronisk støy, da dette ofte fører til flere utfordringer, og i tillegg vanskeligere å unngå.

---

<sup>12</sup> Membran er et legeme som beveger seg med lydenergien.

<sup>13</sup> Kontrollrom er det rommet i studio der man hører opptakene, og mikser dem.

<sup>14</sup> Med akustikk menes hvordan lydbølgene reflekteres og resoneres, og bestemmer klangen i rommet.

## 2.2. Den teknologiske biten, «Less is more»

«Teknologien har aldri vært så kompleks som nå» (sitat Lauvland), altså sammensetningen av de enkle komponentene vi bruker, skaper komplekse kretser. Dette fører til at utvalg av produkter øker, og medfører store utfordringer med å få oversikt over hva som er bra å bruke. Det finnes utallige varianter av samme type enhet som skal gjøre samme jobb, og det finnes utallige type lydmoduler<sup>15</sup> som har forskjellige funksjoner. Det finnes svært mange dårlige alternativer blant alle de gode. Dette gjør det vanskelig å vite hva man bør bruke og ikke bruke. Derfor er det lurt å vite hvordan produktene fungerer, og hva de «faktisk» gjør med lyden.

Forholder man seg analogt, trenger man følgende komponenter:

- Mikrofon
- Mikrofonforsterker
- Lagringsmedier
- Avspiller
- Forsterker
- Høytaler

Forholder man seg digitalt, trenger man følgende komponenter:

- Mikrofon
- Mikrofonforsterker
- Analog til digital konverter A/D
- Lagringsmedier
- Avspiller / Digital til analog konverter D/A
- Forsterker
- Høytaler

Alle disse leddene, som jeg har valgt å kalle en lydkrets, er nødvendige for å få overført lyd fra en opptaksituasjon til lytteren som sitter hjemme i stua. Fjerner man et av disse elementene, vil lydkretsen være umulig å gjennomføre. Det vil si at det ideelle ville vært å kun forholder seg til nevnte lydkrets alene, uten å tilføre nye forstyrrende elementer. Da vil lydsignalet bli minst mulig påvirket av elektronikken.

I studio bruker man mange lydmoduler som skal kompensere og bearbeide elementer i et

---

<sup>15</sup> Med lydmoduler mener jeg enheter som lydsignaler passerer, eller blir bearbeidet i.

## Kapittel 2. Teori og litteratur

lydsignal. Hvis man for eksempel har plassert mikrofonene litt «feil», vil man da kanskje kompensere lydresultatet med en equalizerboks<sup>16</sup> (EQ), som da må plasseres mellom mikrofonforsterkeren og lagringsmediet. EQ-en vil da påvirke lyden, med å «rette opp» i feilene<sup>17</sup> som oppstod da mikrofonen ble plassert feil, slik at lyden skal ligne mest mulig lydilden som mikrofonen tok opptak av. Men for hver endring av et lydsignal, endres også andre parametere som man i svært få tilfeller ønsker. Hvis man for eksempel redigerer eller retter på frekvensgang, kan det ofte skje at for eksempel fasegangen på lydsignalet blir endret. Det vil si at det beste er å plassere mikrofonene riktig fra begynnelsen av, slik at man slipper å bruke EQ-boksen.

Altså, ved å lære seg «oppskriften», kan man plassere mikrofonen riktig fra begynnelsen av, og slippe å kompensere med andre lydmoduler som for eksempel EQ.

På samme måte kan man tenke om hvert enkelt produkt, da alle lydmoduler består av en rekke komponenter som er satt i et komplekst system, slik at lydmodulen får den funksjonen den skal ha. Da er det viktig å tenke at hver enkel komponent har sin egen funksjon, og «egenlyd<sup>18</sup>». Med andre ord er det viktig å vite hvilke komponenter som bør brukes, og på hvilken måte, når man lager en lydmodul. På samme måte som forklart i avsnittet over, vil det være en fordel å ha færrest mulig komponenter. Det er visse komponenter man må ha, og det er visse komponenter man må bruke for å kompensere for feilbruk av de nødvendige komponentene. Hvis man velger «feil» komponent et sted i kretsen, må man bruke andre komponenter til å kompensere for den feilen. Dermed vil det oppstå en ny feil, som da må kompenseres med en ny komponent, og slik holder det på.

---

<sup>16</sup> En EQ er en lydmodul som kan justere volumet på enkelte frekvenser i et lydsignal.

<sup>17</sup> Med feil i dette avsnittet, mener jeg lydendringer som ikke er riktig i forhold til det akustiske utgangspunktet, altså kilden.

<sup>18</sup> Med egenlyd mener jeg den lyden en komponent eller en membran gir fra seg, eller blir forandret til.

### **2.3. Å observere forandringer av en lydbølge**

Enkle måter å observere forandringer av en lydbølge, kan være å høre på hvordan et instrument låter helt akustisk, for så å sammenligne opptak av instrumentet, gjort med forskjellige elektroniske innretninger. Ulempen med denne metoden, er at resultatet ikke viser til konkrete svar, da lyttetesting kun baserer seg på subjektive meninger. I noen sammenhenger kan lyttetester være den mest effektive måten å luke ut de lydproduktene man ikke ønsker å bruke, da «målemetoder for tonalitet og klang<sup>19</sup> ikke finnes.» (Sitat Lauvland). Det finnes likevel målemetoder for lyd som blir brukt den dag i dag, og som til sitt bruk, er meget nyttige. Målemetoder som gir eksakte resultater på objektive faktorer av lyd. Disse målemetodene kommer jeg tilbake til i kapittel 4.

### **2.4. Å digitalisere analog lyd**

I de siste 30 til 40 årene har man hatt mulighet til å «digitalisere» et lydsignal. Det vil si å overføre en analog lydbølge, til en digital kode. På denne måten kan man gjøre opptak av lyd, og lagre dem digitalt, for så å bearbeide det digitalt. Dette har nå blitt en standard i de nye lydstudioene. Denne konverteringsprosessen fra analoge til digitale eller digitale til analoge signaler er meget komplisert. Derfor har jeg valgt å ikke skrive i detalj om hvordan denne prosessen foregår. Jeg har heller valgt å forenkle prosessen til to hovedpunkter, der det ene punktet bestemmer konverteringen av lydbølgens amplitude, og det andre punktet bestemmer konverteringen av lydsignalets innhold av sinustoner. Jeg vil også peke på komponentenes behandling av det digitale signalet.

#### **2.4.1. Bit og hertz**

Når man snakker om digitale lydsignaler, sier man at den har et visst antall «sampels per sekund» (samplerate) og et visst antall biter som bestemmer amplituden. Fordi et analogt signal har «evig» med informasjon, må det settes rammer for hva som skal overføres til digitale signaler. Man kan sammenligne dette med et fotografi og piksler. Når man tar et digitalt bilde, bestemmer blant annet antall piksler hvor mye informasjon som skal bli med

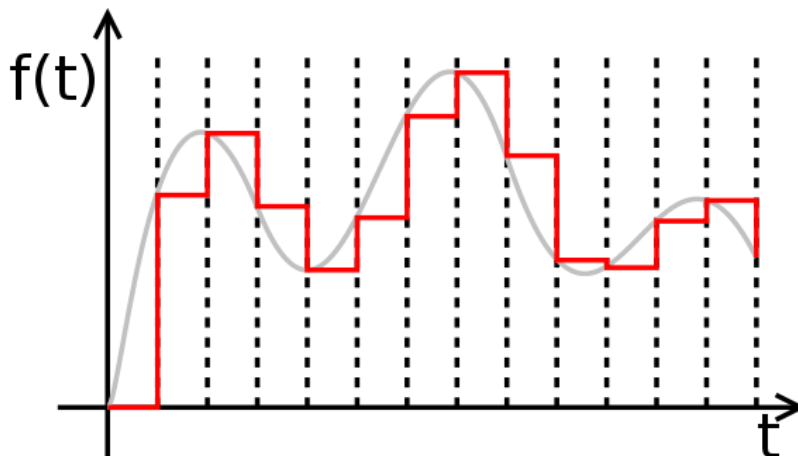
---

<sup>19</sup> Med tonalitet og klang menes i denne sammenheng det karakteristiske med et akustiske instrument. Ti tilsynelatende like flygler, med samme størrelse, kan ha helt forskjellig klangstruktur.

## Kapittel 2. Teori og litteratur

på bildet. Med et mikroskop, kan man zoome «evig» inn på hvilke som helst materiell, og klare å se hva som er der. Hadde man klart å zoome evig inn på et digitalt bilde, ville bildestørrelsen være evig stor, og det sier seg selv at dette ikke går. På samme måte må man også sette grenser på hvor mye informasjon man kan ta med seg fra et analogt lydsignal, til et digitalt signal.

Samplerate bestemmer frekvensområde, altså frekvensmengden til lydsignalet etter konverteringen. Bits bestemmer amplituden, altså dynamikken til signalet. Det vil si at med flere samples, blir punktenes forhold til hverandre i det horisontale planet tettere, og med flere biter, blir den totale amplituden høyere. En sammensetning av disse to faktorene bestemmer lydbølgens fasong. På figur 3, ser man et bilde på hvordan konverteringsprosessen foregår. De stiplede vertikale linjene viser bits, og avstanden mellom linjene viser sampleringen.



**Figur 3:** Figuren viser hvordan bølgen blir forandret da den konverteres fra analogt til digitalt. De røde strekene demonstrerer den digitale kopien av den grå sinusbølgen. Hentet fra [http://nn.wikipedia.org/wiki/Digital\\_til\\_analog-omformar](http://nn.wikipedia.org/wiki/Digital_til_analog-omformar)

## **2.5. Avrunding av kapittelet**

Dette kapittelet har presentert grunnleggende fakta og teorier som utgangspunkt for videre resultatutvikling i kapittel 4. I neste kapittel presenterer jeg hvordan innsamlingsprosessen av data har foregått, og mine egne vurderinger av deres relevans i forhold til å besvare problemstillingen. Her presenteres altså metodebruk.

## Kapittel 3. Metode og forskningsprosess

Da det forrige kapittelet forklarte grunnleggende teori, og presenterte noen vesentlige artikler og bøker om tidligere forskning, skal jeg i dette kapittelet begrunne valgene av metoder, beskrive metodene, og forklare hvordan forskningsprosessen har foregått.

### 3.1. Valg av metoder

I løpet av forskningsprosessen, utnyttet jeg kvalitative forskningsmetoder som «hovedoverskriften» for alle metoder som ble brukt. Jeg valgte å sile ut kvantitative forskningsmetoder, da oppgaven ikke dreier seg om å gå i bredden. Olav Dalland skriver at «De *kvantitative metodene* har den fordel at den gir data i form av målbare enheter. Tallene gir oss muligheter til å foreta regneoperasjoner, enten vi ønsker å finne gjennomsnittlig inntekt i befolkningen eller hvor stor prosent av befolkningen som er avhengig av sosialhjelp.» (Dalland, 2012, s. 112). Hvis jeg skulle finne ut av hvilke monitorer (høytalere) som blir mest brukt av studioteknikere i Norge, kunne jeg brukt kvantitative metoder. Men i denne oppgaven forsker jeg blant annet på hva som skal til eller gjør at en monitor er god, og valgte derfor å gå i dybden med bruk av kvalitative metoder. «De *kvalitative metodene* tar sikte på å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste eller måle.» (Dalland, 2012, s. 112) Den kvalitative metodens fordel er muligheten til å gå i dybden på temaer, for å motta enkeltpersoners utfyllende meninger som kan føre til videreutviklede hypoteser.

De fire mest brukte kvalitative metoder er «Enten ved intervjuer med åpne spørsmål, direkte observasjoner, skriftlige dokumenter, eller lyd- og bildemateriale.» (Wennerberg, 2013, s. 23). For å besvare oppgavens problemstilling, valgte jeg å bruke observasjon og intervju, der intervju svarer som hovedmetoden. Vellykkede intervjuer har gitt meg konkrete besvarelser, med reflekterte tanker om faget. Det har gitt meg meningsfulle argumenter og teorier som har ført til nøye behandling av resultatutviklingen. Observasjonene har gjort meg kunnskapsrik, og har ført til bedre og mer utfyllende spørsmål til intervjuene.



## 3.2. Observasjon

I motsetning til intervju, der man studerer hva folk sier, studerer man med observasjon hva folk gjør. Ulempen med dette er at man ikke får begrunnelse av valgene deltakeren<sup>20</sup> gjør, men fordelen er at man får et realistisk innblikk på hvordan deltakeren handler. Det er vanlig å kombinere intervju med observasjon, der observasjonen fører til relevante spørsmål som grunnlag for videre potensielle intervjuer.

Ulempene med observasjon er at man «trenger seg inn» på deltakeren, og kan føre til ubekvem stemning og urealistiske handlinger av deltakeren. «Ved observasjon iakttar vi et annet menneske, men ikke slik vi gjerne gjør i det daglige, der *ute av øye* ofte er *ute av sinn*. Kravet til observasjon som metode er nettopp å ta vare på inntrykkene. Det handler ikke bare om øyeblikkets observasjon, men om å sette flere observasjoner sammen for å lære noe om et annet menneske.» (Dalland, 2012, s. 186). Derfor er det viktig å være en observatør som er bevist på hvordan man skal oppføre seg for at deltakeren ikke skal forandre adferd.

### 3.2.1. Kvantitativ og kvalitativ observasjon

Med kvantitative observasjoner kan man blant annet registrere hvor mange forskjellige monitorprodukter som har blitt utviklet, produsert og solgt av et firma. Antall produkter i farta, gir en antydning på hvilke type produkter som blir mest solgt, og hvilke typer kunder som kjøper. Dette kan være en fordel i forhold til å vite hvilke produkter som er populære, og kan antyder at noe er bra eller riktig med produktet. Ulempen med dette er at man ikke får et innsyn på hvorfor produktene blir utviklet, produsert og solgt. I min oppgave har ikke antall noe betydning. Derfor har jeg valgt å utelukke kvantitativ observasjon som metode. Mitt fokus har vært på de kvalitative observasjonene.

Kvalitative observasjoner har i tidligere tid vært definert som deltakende observasjon, altså at observatøren er tilstede, og en del av prosessen. Med kvalitative observasjoner får observatøren mulighet til å få mest mulig fullstendige billedlige inntrykk av det som

---

<sup>20</sup> Med deltaker mener jeg personen som blir observert.

## Kapittel 3. Metode og forskningsprosess

observeres. Denne metoden har jeg utnyttet i situasjoner der Lauvland utvikler og produserer produktene sine. Da har jeg observert hvordan han jobber, og har ført til økt kunnskap i forhold til hvordan produktene fungerer. Disse observasjonene har igjen resultert til videre spørsmål til etterfulgte intervjuer.

### 3.3. Intervju

«Fordelen med det kvalitative forskningsintervjuet er å få tak i intervjupersonens egen beskrivelse av den livssituasjon hun eller han befinner seg i.» (Dalland, 2012, s. 153). Dette passer meget bra, da jeg bruker Lauvland som en intervjuperson. Begrepet intervjuperson brukes bevist i denne sammenhengen, da Lauvland går for å være en informant<sup>21</sup>, respondent<sup>22</sup> og et intervjuobjekt<sup>23</sup>. Dersom personen som blir intervjuet går inn under alle disse tre betegnelsene, regnes personen ifølge Olav Dalland for å være en intervjuperson. Intervjuene har både dreid seg om konkrete spørsmål fra meg for så å få konkrete svar, og i tillegg bestått av flere uformelle samtaler hvor jeg blir fortalt konkret og saklig informasjon. Disse samtalene har blitt gjort opptak av, som ga meg muligheten til videre analyse av påstandene i ettertid. Dette har vist seg å være en fordel, da jeg under intervjuet ikke nødvendigvis forstod alt som ble sagt. Dermed har jeg i etterkant kunnet analysert tidligere intervjuer med bedre selvkunnskap, og utnyttet en større grad av innholdet i intervjuet.

Lauvland er en person med høy kompetanse i feltet jeg forsker på, og er en vesentlig kilde til materialet min besvarelse av oppgaven bygger på. Han har mange teorier om hvordan elektroniske kretser bør være, hva de gjør, og hvorfor. I tillegg har han mange års erfaring med akustikk og fysikk. Jeg har hørt på Lauvlands produkter, og sammenlignet dem med mye annet som regnes for å være «standard» i «lydstudioverdenen». Mine oppfatninger ut i fra sammenligningene resulterte i at jeg har valgt å benytte Lauvlands teorier som en nødvendighet for å finne ny viten. Formålet med å intervjuer Lauvland, er å tolke meningene med sentrale temaer i hans livs verden<sup>24</sup>, og bruke dem som kilde for ny viten.

---

<sup>21</sup> En informant vil det si en lokalkjent person som forskeren får informasjon fra.

<sup>22</sup> En respondent er en person som svarer på spørsmål.

<sup>23</sup> Et intervjuobjekt sier bare at en person regnes for å være et objekt til å besvare spørsmål.

<sup>24</sup> Med livsverden mener jeg den livssituasjonen intervjupersonen er i.

### 3.3.1. Intervju som en kvalitativ metode

«Med kvalitativ menes det at intervjuet tar sikte på å få frem nyanserte beskrivelser av den situasjonen som intervjupersonen befinner seg i.» (Dalland, 2012, s. 156) Målet med et kvalitativt intervju, er å innhente spesifikk kunnskap som uttrykkes med vanlig språk. Dette gjør at hvis man stiller et utfordrende spørsmål som får intervjupersonen til å reflektere, kan det gi utfyllende svar på noe man kanskje ikke forstår eller hadde forventet. Dermed har man mulighet til å stille nye spørsmål for videre forståelse. Dette er en av fordelene med intervju, og kan resultere til inntak av kunnskap med høy dybde. Ulempen er at man får kun en persons syn på temaet, og er da avhengig av at man reflekterer over om kunnskapen er relevant. Dersom man har to intervjuobjekter, eller et intervjuobjekt og en annen type kilde, kan man trekke linjer eller drøfte de forskjellige teoriene og meningene mot hverandre, og konkludere med at den ene, den andre, begge eller ingen av kildene har rett, galt, eller befinner seg i grenseland.

Med et vellykket intervju, skal det stilles spørsmål som får intervjupersonen til å gi mest mulig presise beskrivelser av opplevelser, følelser og handlinger. (Dalland, 2012) Dersom intervjupersonen presiserer sine egne tolkninger som sannhet, er det viktig for intervjueren å spørre om en begrunnelse for tolkningene. Det kan hende at intervjupersonen har spesifikke hendelser eller situasjoner som har resultert til personens meninger, og med gode spørsmål, kan man kanskje få de presisert. Jeg har opplevd i samtaler med Lauvland, at han fremlegger gode argumenter på grunnlag av egne erfaringer. Og med en god beskrivelse av selve erfaringen, blir det lettere å bruke argumentene som relevant data. Jeg vil selvsagt ikke ta teoriene til Lauvland som sannhet, uten å ha testet dem i praksis. Derfor har jeg gjort tester med å sammenligne både lydgjengivelsen og de teoretiske aspektene med Lauvlands lydprodukter, og sammenlignet dem med andre tilsvarende produkter. Grunnen til at jeg introduserer og drøfter Lauvlands teorier, er for å gi en dypere forståelse av utfordringer i en studiosammenheng, og hvorfor komponentene og teknikkene som brukes, bearbeider lyden som de gjør.

### 3.4. Litteratur og sammenlikninger

Martin Colloms har skrevet flere bøker om hvordan en ideell høyttaler bør være, blant annet boken *High performance loudspeakers* (1991). Han regnes for å være en av guruene innen akustikk, og mange høyttalerprodusenter bruker fremdeles hans teorier for å utvikle nye høyttalere. Leo L. Beraneks bok *Acoustics* (1954), inneholder teorier om lydens oppførsel i diverse akustiske miljøer, og tar hensyn til formler for utvikling av høyttaler. Jeg har også referert til artikler som er skrevet av Matti Ojala. Han er blant annet kjent for forskning på målemetoder for hvordan lyd bearbeides av forsterkere. I tillegg har jeg referert til flere enkeltstående artikler om akustikk og elektronikk. De teoriene som jeg begrunner som sanne, har jeg sjekket opp mot annen litteratur eller andre kilder, for å bekrefte teoriens relevans og troverdighet. Jeg har også tatt utgangspunkt i teorier som er «riktige», men som også har motbevisende fakta, og drøftet påstandene mot hverandre.

### 3.5. Testinger og målinger

For å bekrefte teorier har jeg gjennomført en rekke tester. Disse testene baserer seg på objektive målinger med matematiske og konkrete resultater, og subjektive lyttetester av produkter, der resultatene baserer seg på synsing og begrunnelser basert på erfaring. Som jeg nevnte i kapittel 1, er det flere kriterier som bestemmer hva som er god lyd<sup>25</sup>. Målingene resulterer med visuelle tall, systemer og diagrammer som beskriver hvordan lyden oppfører seg. På grunn av at ikke alle parameterne om lyd kan måles, kan man ikke kun basere seg på målinger for å svare på hva som er god lyd. Derfor er det viktig å inkludere lyttetester, der man tar hensyn til de subjektive kriteriene som blant annet hva som er vakkert, forskjeller på klangstrukturer i de ulike instrumentene, og tonaliteter.

---

<sup>25</sup> Definisjonen på god lyd, er at jo mer identisk lyden er virkeligheten, jo bedre lyd. God lyd er da lyd som er mer likt sannheten en dårlig lyd.

### **3.6. Studio i praksis**

I forbindelse med masteroppgaven, har jeg selv praktisert en del av funnene i studiosammenheng. Opptakene som medfølger denne oppgaven er gjennomført i Studio A i K-bygget ved UiA. Lauvland har også deltatt med teknisk assistanse i studio, slik at jeg kunne observere hvordan han plasserte mikrofonene i opptaksrommet med hensyn på akustikk og balanse mellom instrumentene. Opptakene er blitt gjort med enklest mulige grep helt akustisk ut i fra forutsetningene i studio. Opptakene er også mikset og bearbeidet med forskjellige typer utstyr, for å praktisere betydningene av funnene mine.

### **3.7. Presentasjoner av tema for klassen**

I alt har jeg holdt to presentasjoner foran klassen. I den første presentasjonen ga jeg en innføring i oppgavens problemstilling og struktur, og i den andre presentasjonen forklarte jeg utfordringer ved en studiomonitor som en del av resultatutviklingen i kapittel 4. Ved at jeg tok opptak av begge presentasjonene, har jeg i etterkant analysert mine egne formuleringer, og de konstruktive tilbakemeldingene fra klassen. Dette har jeg tatt til nytte, og har ført til nye refleksjoner.

### **3.8. Avrunding av kapittelet**

Dette kapitelet presenterte forskningsprosessen, og hvilke metoder jeg har valgt å bruke. Det tok for seg en forklaring på fordeler og ulemper ved brukte og ikke brukte metoder, og en innføring av det innsamlede dataets relevans med hensyn på gyldighet og pålitelighet i forhold til videre analyse. Neste kapittel dreier seg om oppgavens resultatutvikling.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

I det forrige kapittel presenterte jeg hvordan forskningsprosessen har foregått, og hvilke metoder jeg har brukt. Dette kapittelet analyserer og tolker den innsamlede data fra forrige kapittel, og fremstiller nye funn.

Som jeg nevnte i kapittel 1, vil jeg peke på de hensynene jeg mener er mest relevante i forhold til å påvirke et signal minst mulig. For å begrense et i utgangspunktet ubegrenset antall hensyn, har jeg i dette kapittelet valgt å presentere noen hensyn jeg mener er undervurderte i det kommersielle markedet.

### 4.1. Kompresjon

I 1937 ble *The Western Electric 110 limiting amplifier* lansert, og regnes for å være den første kompressoren tilgjengelig på det kommersielle marked. (Wikipedia, 2014a)<sup>26</sup>.

Kompresjon betyr volumforminskning, og har siden den første lydkompressoren ble laget, vært et verktøy for å forminske lydbølgen. En kompressor gjør de høyeste amplitudene i en lydbølge svakere, som fører til at forholdet mellom sterkt og svakt blir mindre. Dermed oppleves alle de lave lydene høyere. Dette gjør at den totale dynamikken blir mindre, og det totale lydvolumet oppleves høyere. Det vil si at når man komprimerer lyden, forandrer man på lydbølgens struktur. Når lydbølgens struktur forandres, resulterer det til at tonestrukturen på opptaket også forandres. I for eksempel en sangstemme eller en fløyte, består lydbølgen av utallige sinustoner fra overtonerekka. Nivåforholdet mellom alle sinustonene bestemmer den totale lydstrukturen til et instrument, og det er det forholdet som karakteriserer instrumentets unike tonestruktur eller klang. Dersom man komprimerer et signal, vil ikke bare den sammensatte amplituden av lydsignalet reduseres, men også amplitudeforholdet mellom enkeltsinustoner fra hvert enkelt instrument. Det vil si at når man komprimerer for eksempel en sangstemme, vil man først og fremst minske kontrasten mellom svakt og sterkt lydvolum, men også forandre sangstemmens klang.

---

<sup>26</sup> Jeg har valgt å bruke denne wikipedialinken som troverdig kilde, da den har gode og konkrete referanser.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Det finnes mange forskjellige typer og grader av kompresjon. Forklaringer på forskjellene mellom disse ulike typene har jeg valgt å utelukke i oppgaven. Jeg hevder at beskrivelsen av det grunnleggende med hva som skjer når et lydsignal blir komprimert, som jeg presenterte i avsnittet over, forklarer nok. Dersom man tar utgangspunkt i at det er korrekt, tyder det på at lydsignalet blir mer ulikt utgangspunktet, og påviser dets relevans med tanke på vesentlige hensyn som må tas dersom målet er å gjenskape akustisk musikk så naturtro som mulig.

### 4.1.1 Kompresjon kommersialiseres

Kari Bremnes har i mange år vært kjent for sine gode innspillinger, og mange av platene hennes har blitt brukt som referanse på gode lydinnspillinger i Hi-Fi miljøet. I 2012 ga Hi-Fi dronningen ut sin siste plate *Og så kom resten av livet* i regi av kirkelig kulturverksted. Albumet ble solgt både som LP-plate og digitale formater med blant annet 24bit og 96khz oppløsning. Denne platen har blitt analysert av fagfolk på Hifisentralen<sup>27</sup>, og resultatet viser med tydelige begrunnelser, at platen har et dynamisk spenn på maks 8db. Det tilsvarer samme dynamikkområde som en gjennomsnittlig mp3fil. Dette tyder på at «råfilen<sup>28</sup>» allerede i studio er komprimert, og forårsaker et komprimert utgangspunkt for alle lydformater musikken skal utgis i. Hensikten med å selge musikk som høykvalitets digitalfiler, er for å få utnyttet det dynamiske spennet og den raffinerte oppløsningen i opptaket så bra som mulig. Men i dette tilfelle, viser det tydelig tegn på at når komprimeringen fra studio allerede er så stor, har det liten hensikt å utgi det på den type høyoppløselige digitalfiler. Det ironiske med dette eksempelet, er at der utviklingen viser til tydelig forbedring på de digitale filformatene, går studioproduksjonene i motsatt retning, og komprimerer lyden før den utgis.

I 1962 gjorde Jan Johansson opptak av en av sine mest kjente EP'er *Jazz på svenska*. (NRK, 2012). Denne EP-en har jeg hørt både på LP, CD (16 bit 44.4khz) og digitale filer med 24bit 96khz oppløsning, og sammenlignet lyden mellom dem. Etter en rekke avspillinger, viser

---

<sup>27</sup> <http://www.hifisentralen.no/forumet/kirkelig-kulturverksted/65393-kari-bremnes-og-sa-kom-resten-av-livet.html> Se kommentar #20.

<sup>28</sup> Med råfil mener jeg sangens utgangspunkt før den konverteres eller overføres til et salgbart format.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

det tydelige kvalitetsmessige forskjeller mellom formatene<sup>29</sup>. Med 24bit 96khz, har lyden et vesentlig høyere dynamisk spenn og en mer presis gjenskapelse av mikrodetaljer i diskantområdet i forhold til tilsvarende fil med 16bit 44.4khz. Det vil si at seriøse opptak på 60-tallet kan fremdeles dra seg nytte av moderne teknologi. Dette kan være av flere grunner, blant annet at opptaket ble gjort med kun et stereokryss<sup>30</sup>, og derfor hindrer diverse faseproblematikk, da man unngår å blande flere mikrofoner inn i lydbildet. Dette fører til at man må plassere instrumentene riktige i opptaksrommet, slik at lydnivået mellom instrumentene blir balansert i forhold til hverandre i det området der mikrofonene er plassert. På den måten oppnås et balansert lydbilde uten å komprimere instrumentene. Opptakene ble også gjort analoge og lagret direkte på et 2 toms magnetbånd. Dette gjør at man slipper reduksjonen av dynamikken og frekvensspekteret som skjer ved en digital konvertering. Det vil si at så lenge utgangspunktet er analogt, vil det alltid være en fordel å konvertere til så høyt oppløselige digitale formater som mulig. Dette er årsaken til at *Jazz på svenska* drar seg nytte av dagens 24bit 96khz digitale filer.

I dag gjøres de fleste opptakene digitale, og det er sjeldent at opptak blir gjort med lavere oppløsning en 24bit 96khz. Dersom et opptak blir gjort med 16bit 44.4khz oppløsning, vil det ikke ha noe hensikt å utgi det med en høyere oppløsning. Dette er fordi det analoge signalet allerede har blitt konvertert. Det vil si at den informasjonen som ikke ble med i den første konverteringsprosessen, vil være umulig å få tilbake. Platen til Kari Bremnes ble mest sannsynlig innspilt ved høy oppløsning, men komprimeringen i mikseprosessen forårsaker at det dynamiske spennet representerer dynamikken til en Mp3fil.

---

<sup>29</sup> LP-platen har mange kvaliteter, men på grunn av at en platespiller farger lyden på en helt annen måte i forhold til det utstyret som brukes på avspillingen av de digitale filene, vil sammenlikningen mellom LP og digitale formater være relativ og lite presis. De digitale filene sammenlignes med samme utstyr.

<sup>30</sup> Et stereokryss er en betegnelse på at to mikrofoner er plassert på en måte som skal representere to menneskelige ører. Den ene mikrofonen avspilles kun i den ene høyttaleren, og motsatt med den andre.



## 4.2. Analoge og digitale opptak

I dette avsnittet presenterer jeg fordeler og ulemper med analoge og digitale opptak, med hensyn på vesentlige kriterier for opptak av akustisk musikk, der målet er å gjengi lyden så identisk som mulig. Jeg utelukker dermed alle faktorer som beskriver fordeler og ulemper ved å produsere musikk, der man bevist gjør endringer i lyden for å skape et annet uttrykk i forhold til det akustiske utgangspunktet, og produksjon av elektroniske lyder som ikke har en klar akustisk referanse.

### 4.2.1. Analoge opptak

Fordelene med analoge opptak er at signalet ikke konverteres til digitale signaler. Det vil si at man da slipper unna en innsnevring av signalet som hakker opp lyden. I tillegg krever analoge opptak høy kompetanse av lydteknikeren i forhold til akustikk, da blant annet plasseringene av mikrofoner må gjøres riktig. Grunnen til dette er at opptakene blir lagret på magnetbånd, hvilket gjør at man ikke like lett kan mikse eller korrigere på opptaket i etterkant. Dette fører ofte til et bedre utgangspunkt for lyd, fordi man unngår å korrigere eller mikse på lyden da opptaket er bra i utgangspunktet. En annen fordel er at man har et utgangspunkt som man kan gjøre hva man vil med, med tanke på utgivelsen av musikken. Det er lett å konvertere lyden digitalt hvis man ønsker det, men man har også et analogt utgangspunkt til LP.

Dersom man for eksempel skal gjøre opptak som skal utgis på LP, vil det være en fordel med analoge opptak uten noen form for digitalisering. På den måten vil LP-en få risset inn et signal som ikke er preget av de bit- og frekvensbegrensningene som et digitalt signal har, og vil dermed inneholde et helt rent og ubehandlet analogt signal. Dersom man gjør digitale opptak med for eksempel 24bit 96khz, må den digitale lyden konverteres til analog lyd før den risses inn på LP-en. Da vil lyden få de samme bit- og frekvensbegrensningene til det digitale signalet, pluss den eventuelle fargingen av lyden DAC-en resulterer i. Da forsvinner litt av poenget med LP, da mange mener at det er den helt rene analoge lyden som er grunnen til at LP fremdeles lever. Når en LP avspilles, har platespilleren, stiftene, armen, og alle de andre bevegelige faktorene en stor betydning på hvordan LP-ens lyd blir. Disse

## Kapittel 4. Resultatutvikling

faktorene er vanskelige å få upåvirkelige i signalet, og det kreves kvalitetsprodukter på alle deler. Det vil si at dersom LP-en har et signal som i utgangspunktet var 16bit 44,1khz, vil det som oftest være mot sin hensikt å avspille musikken på LP kontra CD, da en avspilling av CD har færre påvirkende faktorer på lyden. Hensikten vil være større dersom det digitale utgangspunktet til LP-en er 24bit 96khz eller høyere. Men på grunn av alle de bevegelige faktorenes påvirkning på både innrissingen og avspillingen av platen, har LP-en begrensninger som gjør at den ikke klarer å gjengi uendelig med sinustoner og dynamikk. Det vil si at på et visst nivå vil digitale signaler overgå de målbare objektive faktorene ved LP.

Ulempene med analoge opptak, er at man har begrenset med spor til mikrofoner, og at man lagrer lyden på store magnetbånd som tar stor fysisk plass. I moderne tid er det mange typer klanger, effekter eller kompressorer som settes på i miksen etter opptaket er gjort. Dette er ikke mulig å gjøre på analoge opptak. Lydresultatene med analoge opptak blir ofte bra, men selve opptaksprosessen er upraktisk og tungvinn.

### **4.2.2. Digitale opptak**

Det er mange fordeler med digitale opptak. Dersom man gjør opptak med 24bit 96khz oppløsning eller høyere, har man et bra utgangspunkt. 24bit 96khz er høyoppløselig, og har mye informasjon. Opptakene blir lagret digitalt, og er lett å bearbeide i etterkant dersom det trengs. Man har mulighet til så mange spor man vil, og kan klippe og lime i sporene uten å fysisk klippe i båndene slik man må gjøre med analoge opptak. Man kan kopiere opptak, og det er lett å slette eller eventuelt hente fram gamle opptak som er slettet. Praktisk sett, så er en digital opptaksprosess enklere å jobbe med i forhold til analoge opptaksprosesser.

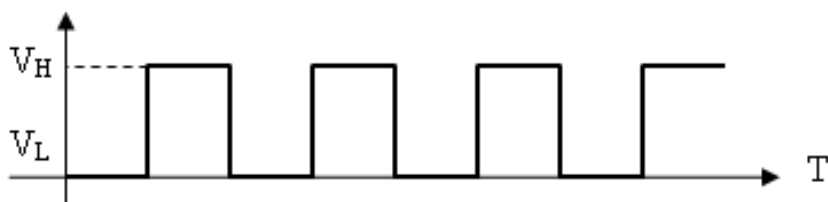
Ulempene i en analog opptakssituasjon er lette å registrere fordi det handler om fysiske begrensninger som størrelse og bevegeligheter. De fleste ulempene med digitale opptak oppstår i selve signalprosessen, og er ofte faktorer man ikke har oversikt over. En fysisk ulempe, er at man må ta hensyn til en ADC som et ekstra ledd i signalkjeden. Hvis man i tillegg velger å bruke analoge kompressorer eller EQ-er etter at opptaket er gjort, må det digitale signalet konverteres til analogt gjennom en DAC før det behandles av de analoge

## Kapittel 4. Resultatutvikling

boksene, for så å konverteres tilbake til digitale signaler igjen via en ADC. Disse prosessene ønsker man i utgangspunktet ikke å gjøre, men dersom det er tilfelle, blir signalet påvirket og blir mer forandret fra utgangspunktet hver gang det passerer en ny boks. Dette fører til et nytt punkt i oppgaven om digitale signaler, og hvordan det oppfører seg.

### 4.3. Et digitalt signal

Når digitale koder transporteres, kalles det et «klokkesignal». Dette er fordi hvert enkelt digitale produkt har en master timing klokke, som sender ut pulser i en gitt frekvens. Denne klokken bestemmer åpningstiden og lukketiden til signalet, og bestemmer signalets frekvens. «Typiske klokke signalfrekvensene varierer fra ca 500kHz for enkle, lavt strømforbruk mikroprosessorer til 40 GHz og mer for kommunikasjon teste utstyr.»(Datamaskin.biz) Dette signalet har en fasong lik en firkantpuls slik som vist på Figur 4.



**Figur 4:** Figuren viser et digitalt signal, der toppunktene har høy volt ( $V_H$ ), og bunnpunktet har lav spenning ( $V_L$ ). Hvert toppunkt representerer også et sample. Hentet fra <http://www.designcabana.com/knowledge/electrical/electronics/digital/clock/>

Vi ser at signalet har en variasjon fra et null punkt til et makspunkt, der nullpunktet tilsvarer den digitale koden 0 og makspunktet tilsvarer den digitale koden 1.

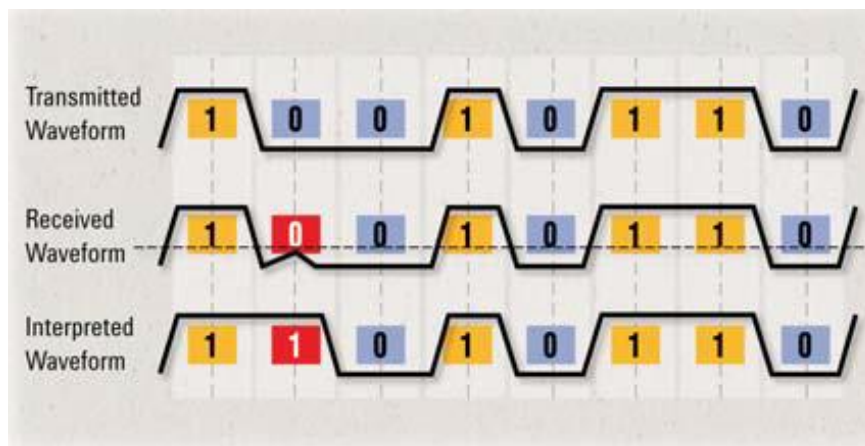
Tidsvarigheten til signalet når pulsen er i sitt nullpunkt, varer på denne modellen like lenge som signalets puls i sitt makspunkt. Det vil si at dette signalet har en 50% driftssyklus. I de fleste tilfellene har signalet, når pulsen er på sitt makspunkt, en 5 volt spenning. Dersom pulsen har en 5 volt spenning, vil det si at dette signalet består av pulser der det kun varierer mellom 0 til 5 volt. Et ideelt signal skal ikke bestå av noen andre spenninger, da firkantpulsen har en 90 graders vinkel fra nullpunkt til toppunkt som skal tilsvare en nøyaktig av og på sekvens.

### 4.3.1 Jitter, en ujevn lydstrøm

I konverteringsprosessene fra analoge til digitale og digitale til analoge signaler, kan det oppstå noe som kalles jitter. Dette er et nyere begrep, som beskriver tidsvariasjoner fra sample til sample. Et sample er det samme som en puls til et klokkesignal. Jitter er altså små nyanser som forstyrrer en i utgangspunktet ønsket «jevn strøm», til et signal som har ørsmå forsinkelser og forskyvninger av pulsene.

“While many believe that clock jitter impacts all digital audio signals, it is my contention that clock jitter affects the signal only during the conversion process. Analog to digital and digital to analog converters are susceptible to clock jitter and can exhibit degraded performance with even small amounts of jitter.” (Troisi Design Limited, 2000, s. 2). Dette betyr at jitterproblemer oppstår i konverteringsprosessene fra analoge til digitale signaler, eller fra digitale til analoge signaler. “It’s important to note that jitter in the sample clock is detrimental since once an analog signal is converted it’s virtually impossible recreate the small timing variations in such a way as to reassemble the digital signal back to analog in its original form.” (Troisi Design Limited, 2000, s. 3) Dersom en ADC produserer jitter i et studio, vil signalet ikke være mulig å rette på når det skal konverteres i en DAC.

Da jitter oppstår i konverteringsprosessene som skjer i ADC og DAC, er det et resultat av blant annet klokkefrekvensvariasjoner fra digitale komponenter. Når en ADC konverterer analoge signaler til digitale signaler, er den avhengig av en «sample klokke.» Denne klokken bestemmer tidslengden på samplene av det analoge signalet, og bestemmer klokkes frekvens. Dersom det analoge signalet skal kopieres så identisk som mulig, er det avhengig av at hvert enkelt sample har en nøyaktig like lang varighet. Med en gang de forskjellige samplene har unøyaktig varighet, oppstår jitter. Denne unøyaktige varigheten fører ikke bare til tidsforsinkelse, men kan også føre til at noen sampler kommer for tidlig fram. “For a 24 bit quantized signal jitter greater than 3 – 5 pico-seconds can measurably degrade the performance of a converter. While this seems like a very small amount (it is) many of today’s products provide systems with clock jitter approaching this range.” (Troisi Design Limited, 2000, s. 2)



**Figur 5:** Figuren viser at jitter kan medføre til at en mottaker feiltolker det overførte digitale signalet. Hentet fra (Hancock, 2004, s. 1)

Dette går ut over fasen som påvirker spesielt høye frekvenser, og kan føre til lyd som kan oppfattes ubehagelig. «Akkurat som noen har absolutt gehør, så er det andre som har «gullører» og hører ørsmå nyanser i lydgjengivelse. De kan merke at lyden blir mer anstrengende å høre på hvis jitteren er noe særlig over et par hundre pikosekunder, dvs bare en tusendels prosent av intervallet mellom samplene. Andre mener den kan være minst ti ganger større uten at det merkes.» (Holm, 2007)

### 4.3.1.1. Et viktig hensyn

I en studiosituasjon der analoge lyder lagres digitalt, oppstår det ofte jitter. Dette er et hensyn en studiotekniker bør ta, dersom målet er å gjenskape akustisk musikk så identisk som mulig. Man må vite hvilke digitale kretser lyden bearbeides i, slik at man kan unngå de mest unødvendige kretsene. Det vil si at dersom man for eksempel, som jeg nevnte i avsnittet om ulemper med digitale opptak, ønsker å bruke analoge effektbokser på lydsignalene, lønner det seg å bruke de før man konverterer signalet til digitalt. Dermed slipper man jitterfeilene som oppstår når man først konverterer det til digitalt, og feilene som oppstår når det konverteres tilbake til analogt igjen. På denne måten kan signalet bearbeides av de analoge effektboksene før den første digitale konverteringen, og unngår dermed unødvendige konverteringsprosesser som kan føre til jitterproblemer.

## 4.4. Målemetoder for analoge signaler

For å måle hvordan elektroniske enheter forandrer på lydsignaler, benytter man seg av sinustoner. Med dette kan man lettere finne ut av hvordan den har forandret seg etter at den er blitt sendt igjennom en lydkrets<sup>31</sup>. En sinustone er som fortalt i avsnitt 2.1.2, en bølge som kun består av en frekvens, og er derfor lett å kjenne igjen på et oscillogram<sup>32</sup>. Dette fordi den har helt jevne kurver som vist på figur 2 under avsnitt 2.1.3.

Altså ved å se på et oscillogram, vil man lett kunne se om sinustonen har forandret seg etter at den har passert en elektronisk lydkrets. Dersom sinustonen forandrer fasong, har da lydkretsen modulert<sup>33</sup> sinustonen, og produsert andre bølger, altså støy. Ved å sammenligne lydbølgen som kommer ut av lydkretsen med sinusbølgen, kan man da måle mengden nye lyder som kommer ut av lydkretsen. Det finnes tre hovedmålemetoder som jeg har valgt å fokusere på der man bruker rene sinustoner. Total harmonic distortion (THD), intermodulation distortion (IMD) og transient intermodulation distortion (TIM).

### 4.4.1. Total Harmonic Distortion (THD)

Harmonisk forvrengning er forholdet mellom grunnsinustonen og de eventuelle nye tonene som blir til. “*Harmonic Distortion* is simply the ratio of the rms<sup>34</sup> value of the harmonic of interest (2nd, 3rd, etc.) to the rms signal level.” (Analog Devices, 2009, s. 1) Når en frekvens moduleres, kan den kun ganges med seg selv. Altså 500hz kan kun produsere nye frekvenser som 1000hz, 1500hz, 2000hz osv. I dette tilfellet vil 1000hz være 2. harmonisk forvrengning og 1500hz være 3. harmonisk forvrengning osv. THD er da målemetoden der man får forholdet mellom alle nye sinustoner, ved å kun sende inn en enkel sinustone igjennom en lydkrets, og deretter måler signalet da det har passert lydkretsen. “*Total Harmonic Distortion (THD)* is the ratio of the root-sum-square value of *all* the harmonics (2×, 3×, 4×, etc.) to the rms signal level.” (Analog Devices, 2009, s. 1)

---

<sup>31</sup> Med lydkrets mener jeg i denne sammenhengen en bane av elektroniske komponenter.

<sup>32</sup> Et oscillogram er en modell som tillater at man kan se fasongen på en elektronisk bølge.

<sup>33</sup> Modulasjon er når det oppstår nye lyder.

<sup>34</sup> I matematikk brukes «root mean square» (rms), som et statistisk mål på størrelsen av en varierende mengde.

### 4.4.2. Inter Modulation Distortion (IMD)

“However, simply measuring harmonic distortion produced by single tone sinewaves of various frequencies does not give all the information required to evaluate the amplifier's potential performance in a communications application. In most communications systems there are a number of channels which are "stacked" in frequency. It is often required that an amplifier be rated in terms of the intermodulation distortion (IMD) produced with two or more specified tones applied.” (Analog Devices, 2009, s. 2)

For at man skal kunne måle hvordan en lydkrets behandler flere sinustoner samtidig, er man avhengig av målinger som viser hvordan tonene påvirker hverandre. Dette finner man ikke ut av ved å bruke THD, der man kun bruker en sinustone. Dermed må man sende inn minst to eller flere sinustoner inn i en lydkrets, for så å se på hvordan tonene modulerer hverandre. Denne type modulasjon kalles «mengde modulasjon» eller «intermodulation» i ingeniørverdenen.

### 4.4.3. Transient Intermodulation (TIM)

I 1921 ble målemetoden TIM utviklet av *Williamson amplifier*<sup>35</sup> med hjelp av primitive instrumenter og rørforsterkere. Målemetoden ble ikke popularisert for det brede marked før Matti Ojala (professor i akustikk) i 1976 presenterte metoden i boken *Possible methods for the measurement of transient intermodulation distortion*. Boken populariserte og forklarte viktigheten med TIM-målingen av lydkretser i forhold til å gjengi musikk riktigst mulig. (Ojala & Leinonen, 1976). Prinsippet med TIM er i utgangspunktet likt IMD med tanke på at man sender to eller flere sinustoner inn i en lydkrets, og finner dermed ut hvordan tonene modulerer hverandre. Da IMD ser på hvilke nye lyder som blir til, peker TIM på hvordan transienten forandrer seg. Transienter er som nevnt i avsnitt 2.1.3, den lynkjenne begynnelsen av et dynamisk anslag. Det er det plutselige og spontane som gir muligheten til å gå fra svakt til sterkt på kort tid, og skaper livaktighet. Med TIM-målinger, kan man da sammenligne sinustoner med høye transienter før og etter det har passert en

---

<sup>35</sup> Williamson amplifier er en rørforsterkerprodusent.

lydkrets. Dermed kan man fastslå hvor «kjapp» en lydkrets er, altså i hvor stor grad den har mulighet til å gjengi transienter.

### 4.5. Lyttemonitorens rolle

Valg av monitor vil være avgjørende for hvordan resultatet av både opptaket og miksingene av lyder i et studio blir. Dette er spesielt hvis en lydtekniker ikke har erfaring med eller «kjenner til» monitorens farging<sup>36</sup> av lyden. Hvis man har god erfaring med monitorene, vil man lettere kunne kompensere for fargingene med tanke på mikrofonplassering, valg av komponenter og mikseprosess. En slik erfaring tar lang tid å etablere, da man må kjenne igjen og skille ut typiske farginger høyttaleren gir, sammenlignet med hvordan de akustiske lydene man skal gjøre opptak av høres ut. Dersom man har et godt forhold til en monitor, vil man da ut ifra hva man hører i høyttaleren, og hvilke type instrumenter man skal ta opptak av, ha lettere for å velge ut «riktige» mikrofoner og mikrofonforsterkere i forhold til akustikken i rommet og instrumentets naturlige klang.

Det er likevel visse vesentlige utfordringer med tanke på monitor i studio. Noen monitorer har så mange «grove feil» at man tilnærmet aldri klarer å kjenne den 100 prosent. Samtidig finnes det også monitorer men mindre feil, som man lettere kan bli kjent med. Problemet er å vite hvilke man skal bruke, og derfor skal jeg forklare hvorfor høyttalerne låter som de gjør, og hvordan man kan lettere observere feilene til en høyttaler.

#### 4.5.1. Hva er en god monitor?

En god monitor bør være innenfor et minimum av krav med hensyn til fasegang, frekvensgang, og at det er en «ful range»<sup>37</sup> høyttaler, som dekker det hørbare området rimelig fornuftig med minst mulig kompresjon.<sup>38</sup> Når man snakker om kompresjon i en høyttaler, bør et krav være at den skal kunne avspille et opptak av for eksempel et flygel, hvor man som regel opererer i et dynamisk område på 60-105db, uten at høyttaleren

---

<sup>36</sup> Med farging mener jeg påvirkning eller forandring på lyden.

<sup>37</sup> Ful range vil si at høyttaleren i seg selv dekker alle frekvenser.

<sup>38</sup> Med kompresjon i en høyttaler menes det at høyttaleren i seg selv komprimerer lyden, altså jevner ut dynamikken.



## Kapittel 4. Resultatutvikling

komprimerer. Per i dag finnes det veldig få høyttalere som har disse evnene, i tillegg til å gjengi en rimelig fornuftig løpetidskorrigert lyd, eller populært kalt fasegangen.

For at en høyttaler skal kunne avspille en tilstrekkelig lydgjengivelse basert på parameterne beskrevet i avsnittet over, må høyttaleren produsere minst mulig ødeleggelse av lyden i form av forvrengning. “*Distortion* occurs whenever the input/output transfer function alters the waveform of a signal, discounting noise, interference, and amplification or attenuation.” (Temme, 1992, s. 2) Denne forvrengningen deles inn i to ulike typer.

Den ene type forvrengning er der nye lyder oppstår på grunn av høyttalerens akustiske forutsetninger. Disse forvrengningene er målbare, og kalles «ulineære forvrengninger». “Changes in the frequency content of the input signal such that energy is transferred from one frequency at the input to more than one frequency at the output. Nonlinear distortion products usually have a fixed frequency relationship to the excitation frequency.” (Temme, 1992, s. 2)

Den andre typen er de faktorene i en høyttaler der forvrengningene forandrer lydbølgens fasong. Det oppstår altså ikke nye lyder, men lydbølgens fasong og amplitude forandres. Disse kalles «lineære forvrengninger», og ikke alle disse forvrengningene er målbare. “Time and frequency dependent characteristics of the amplitude and phase response of the transfer function, e.g. an ideal equalizer. This occurs with no changes in the frequency content of the input signal such that one frequency at the input results in only one frequency at the output.” (Temme, 1992, s. 2) Det største problemet med denne type forvrengning er dens påvirkning på fasegangen.

### 4.5.2. Ulineær Forvrengning

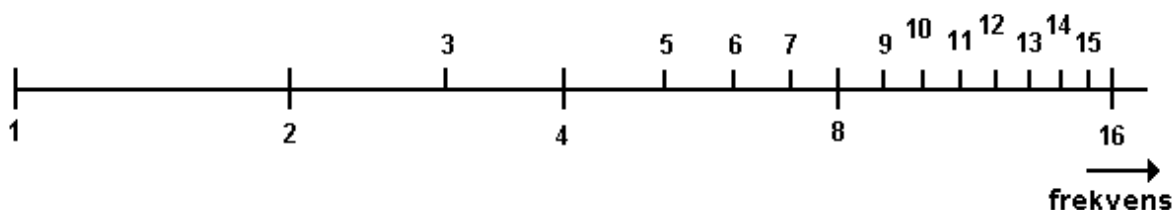
Som jeg nevnte i avsnittet over, forårsakes ulineære forvrenginger på grunn av de akustiske forutsetningene i en høyttaler. Faktorer som egenresonans i elementene, høyttalerkassen, komponenter i delefilteret<sup>39</sup> og andre bevegelige deler, forårsaker modulering av lydbølgene, og fører til forvrengninger av lyden. Man strukturerer denne type forvrengning

---

<sup>39</sup> Et delefilter i høyttaleren består komponenter som kondensatorer, spoler og motstandere som skal levere et tilpasset signal til hvert enkelt element.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

i typer som 2. harmonisk forvrengning, 3. harmonisk forvrengning og oppover, som nevnt i avsnitt 4.4.1. Dersom en høyttaler får innsendt et signal på 1kHz, og avspiller både 1kHz og 2kHz, har høyttaleren en 2. harmonisk forvrengning. Avspiller høyttaleren 6kHz, vil høyttaleren også avspille 1, 2, 3, 4, 5kHz, men med forskjellig amplitude hvor da kanskje 6kHz og 3kHz har en dominerende amplitude. Ved å bruke målinger som THD og IMD kan man da finne ut av hvilke harmoniske forvrengninger som dominerer, og hvordan høyttaleren forvrenger lyden.



**Figur 6:** Figuren forklarer hvordan de harmoniske forvrengningene fungerer. Tallet 1 er utgangstonen på 1kHz. Tallet 2 er 2kHz, den 2. harmoniske forvrengningen og oktaven over utgangstonen. Hentet fra: [http://www.brendmo.net/mkurs/musikkurs\\_1.html](http://www.brendmo.net/mkurs/musikkurs_1.html)

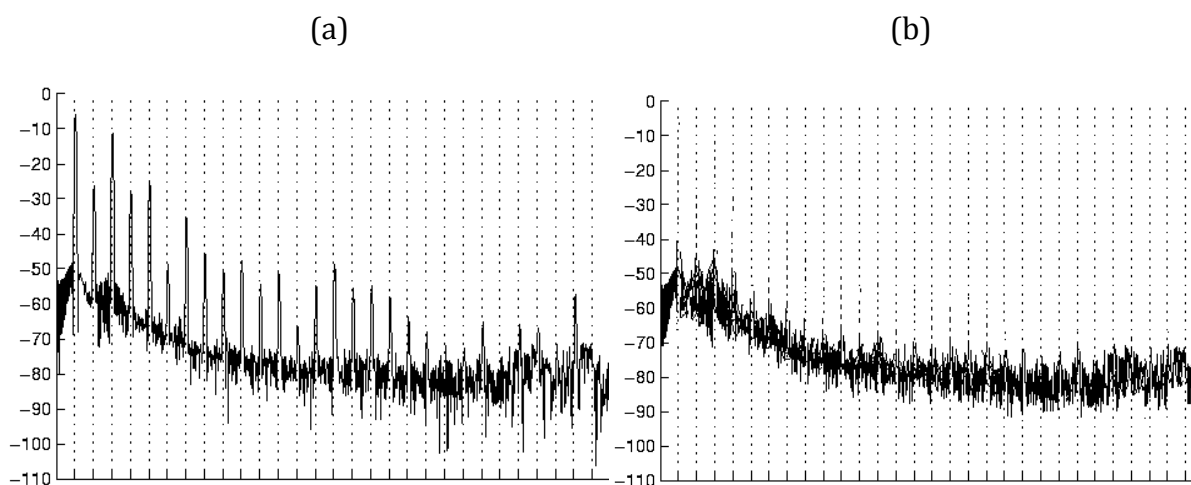
Dette kan sammenlignes med når en seljefløyte uten tonejusteringer spiller naturtonerekka. Fløyta har en grunntone på 1kHz. Neste tone den kan spille er 2kHz og en oktav høyere en grunntonen. Neste tone er 3kHz som er en kvint over forrige tone men en oktav pluss en kvint over grunntonen, 4kHz (kvart), 5kHz (stor ters), 6kHz (liten ters) osv. Dette vil også si at når man dobler frekvensen, får man oktaven over.

Ved å sammenligne forvrengningene med akustiske instrumenter, er det lettere å forstå hvilke forvrengninger som høres mest «feil» ut, eller mest dissonerende. 2. og 4. harmonisk forvrengning oppleves av det menneskelige øret som lite anstrengende og behagelig, mens da for eksempel 3. og 5. harmonisk forvrengning oppleves som dissonerende og ubehagelig.

Man kan også bruke TIM-målingen for å finne ut av hvor mye en høyttaler komprimerer lyden, i form av å ikke klare å gjengi transienter.

### 4.5.3. Lineær forvrengning

Som nevnt i avsnitt 4.5. påvirker en lineær forvrengning bølgens fasong og struktur. Det oppstår ingen nye lyder, men bølgefasongen forandres da fasen mellom sinustonene forskyves. «For eksempel hvis en fiolin spiller tonen a, og overtonene ikke er i det samme tidsplanet som grunntonen, vil bølgens struktur endres og dermed fiolinens klang.» (Sitat Lauvland). Når buen strykes over strengen på en fiolin, oppstår det lynkjappe transienter, der flere sinustoner starter nøyaktig samtidig. Dermed oppstår slike transienter som vist på figur a. Dersom sinustonene ikke starter i det tidsplanet de skal, altså ut av fase, vil ikke summasjonen av sinustonene skje, og transientene vil ikke oppstå med høy amplitude.



**Figur 7:** Figur 7a viser transienter i lydbølgen fra en fiolin. Figur 7b viser samme signal som figur 7a, men der faseforskyvninger utjevner og fjerner transientene. Figuren er modifisert etter figur 7a som er hentet fra

[http://recherche.ircam.fr/anasyn/schwarz/da/specenv/3\\_3Spectral\\_Envelopes.html](http://recherche.ircam.fr/anasyn/schwarz/da/specenv/3_3Spectral_Envelopes.html)

Dette tyder på at fasegang ikke bare forandrer klangen og transienter i lydsignalet, men også stereolydbildets dybde og romfølelse blir påvirket. “there are strong indications that minimum phase<sup>40</sup> designs do offer improved stereo imaging and greater apparent depth” (Colloms, 1991, s. 329). En høyttaler med fasefeil, vil forårsake utfasing av bestemte

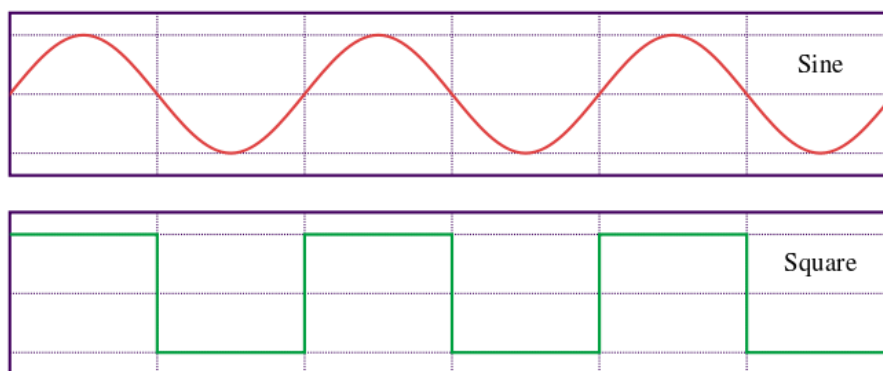
---

<sup>40</sup> Martin Colloms forklarer uttrykket minimum phase med “linear phase”, altså en høyttaler med lineær fasegang.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

frekvenser, som fører til et tap av informasjon, som endrer lydbilde og gir mindre dybde. I en studiosituasjon, der man skal plassere mikrofoner ut ifra hva man hører fra monitoren, er det en fordel at monitoren gjengir romfølelsen i opptaket så riktig og virkelighetsnært som mulig.

For å få eksakte målinger på lineære forvrengninger, er det umulig å bruke THD. Dette er fordi man er avhengig av flere sinustoner samtidig for å kunne måle tidsforskjellen mellom sinustonene. Det finnes en måte å måle fasen i en høyttaler på, og da med å bruke firkantpulser. En firkantpuls består av en grunnsinustone og alle eksisterende overtoner der alle sinustonene har like høy amplitude. En 1khz firkantpuls består av 1, 2, 3, 4khz og uendelig oppover. Derfor vil pulsens fasong være firkantet, og derav navnet firkantpuls.



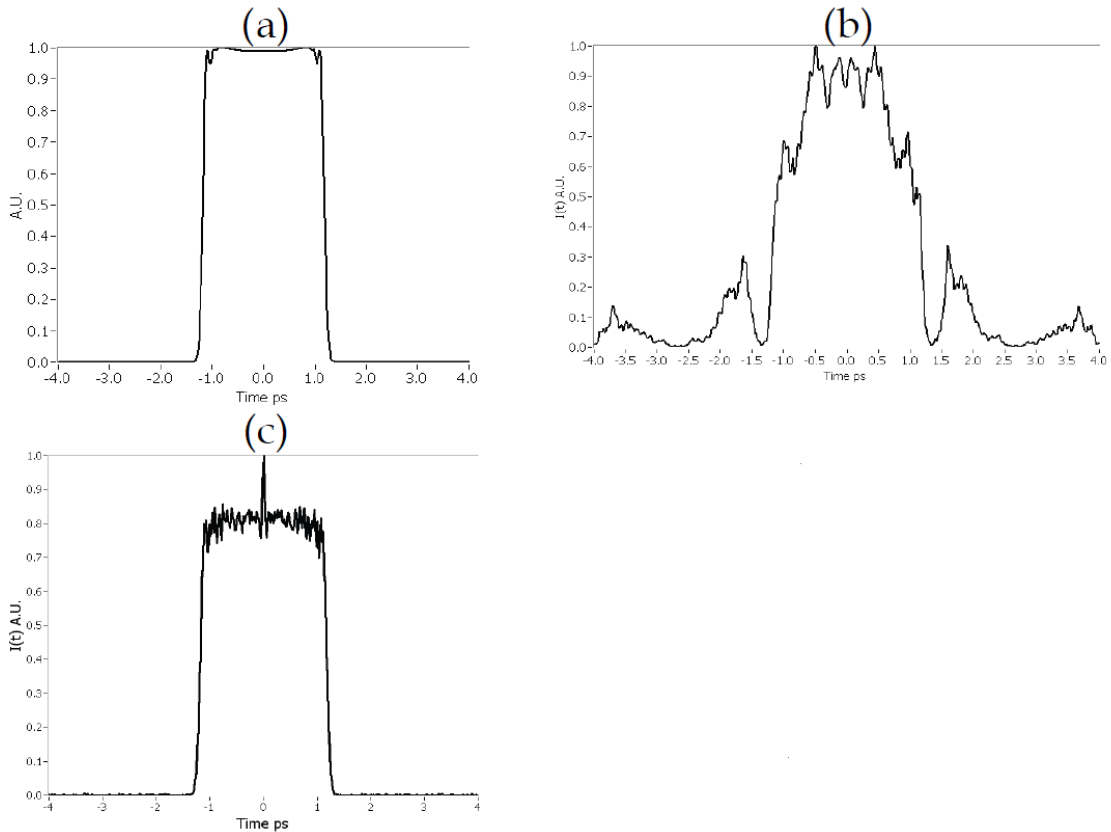
**Figur 8:** Figuren viser bølgefasonene på en sinustone, sammenlignet med en firkantpuls med tilsvarende grunnfrekvens. Hentet fra

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Waveforms.svg>

Dersom man sender en firkantpuls gjennom en lydkrets eller i dette tilfellet en høyttaler, vil man ved å studere hvilken fasong firkantpulsens har etter at den har blitt avspilt av høyttaleren, kunne avsløre høyttalerens evne til å reprodusere. "A loudspeaker must have perfect amplitude and phase response to successfully reproduce a square wave with its complex related harmonic structure. However, only minimum phase loudspeakers are potentially able to do this with any degree of accuracy, and other designs will give practically meaningless results on this test." (Colloms, 1991, s. 365) Dersom firkantpulsens

## Kapittel 4. Resultatutvikling

har bratte vinkler, har høyttaleren minimalt med fasefeil. Men hvis pulsen får slakere kanter, klarer ikke høyttaleren å bearbeide fasen like bra. Man kan også se på hvor mye høyttaleren påvirker amplituden på enkeltsinustonene, ved å se på små topper som stikker høyere enn de skal. Dette forårsakes av at visse frekvenser flyttes på, og fører til at frekvensene «kolliderer». Dermed summeres amplituden fra frekvensene sammen, og utgir en høyere totalamplitude.



**Figur 9:** Figuren viser tre forskjellige måter en firkantpuls kan se ut etter den har passert en lydkrets. Hentet fra (Grishin, 2010, s. 31)

Som vist på figur 9, ser man at figur 9a har en relativt bra gjengivelse av en firkantpuls. Den har bratte linjer og små amplitudforskjeller. Figur 9c har en god fasegjengivelse, men sinustonene har ujevne amplituder. Figur 9b har mange problemer. Der ser man tydelige faseforskyvninger da pulsen ikke lenger er firkantet, og at de horisontale linjene er ujevne. Denne pulsen er en dårlig gjengivelse, og har en ujevn klang.

### 4.5.4. Doppler

I fysikken oppstår fenomenet doppler da hastigheten på lyd-kilden påvirker lydens hastighet. Dette fenomenet oppstår hele tiden, og alle opplever dette daglig. Man kan enkelt forklare fenomenet med en bil i fart. Dersom en bilen har en fart på 100km/t, vil lydens hastighet når den kjører mot deg være  $1\ 238\text{km/t} + 100\text{km/t} = 1\ 338\text{km/t}$ , og når den kjører fra deg være  $1\ 238\text{km/t} - 100\text{km/t} = 1\ 138\text{km/t}$ . Vi vet at dersom lydens hastighet øker eller minker, forandres også frekvensen. Hvis lyden har en høyere hastighet, vil det oppstå flere svingninger per sekund, og dermed øker frekvensen. Det motsatte skjer når lydens hastighet blir lavere, og det oppstår færre svingninger per sekund. Da blir frekvensen lavere. Dette kan man på en enkel måte observere med å stå på et fortau, og høre når en bil kjører forbi plassen man står på. Effekten av doppler i dette tilfellet, blir tydeligere desto høyere fart bilen har.

I en høyttaler oppstår doppler som et problem da hastigheten på elementet påvirker hastigheten på lyden den produserer. Når elementet er på vei utover, får lyden en høyere hastighet, og når elementet er på vei innover, får lyden en lavere hastighet. Dersom en høyttaler avspiller en sinustone, vil man ikke kunne høre dette da elementet kun produserer en frekvens. Frekvensen til elementet er så høy, at man ikke klarer å høre tonehøydesvingninger. Men dersom elementet avspiller to eller flere frekvenser samtidig, oppstår det større problemer. "The Doppler phenomena in loudspeakers occurs when a high frequency source is shifted by a low frequency." (Temme, 1992, s. 12) Hvis elementet avspiller en 50hz sinustone samtidig med en 1khz sinustone, vil 1khz svingningene ha en høyere fart i det elementet spiller av 50hzens positive fase (beveger seg utover), og lavere fart i det elementet spiller av 50hzens negative fase (beveger seg innover). Dermed vil 50hzen påvirke 1khzen til å ha en ujevn frekvens. Disse problemene øker jo flere frekvenser elementet avspiller samtidig.

Dette er et fenomen man med høyttalere dessverre må leve med. Det finnes allikevel metoder for å begrense dopplerens effekt i høyttalere. Ved å bruke riktig forhold mellom størrelse på elementmembranene, og antall elementer med riktig delefrekvens, kan man tilpasse høyttaleren slik at visse frekvensgrupper avspilles i forskjellige elementer.

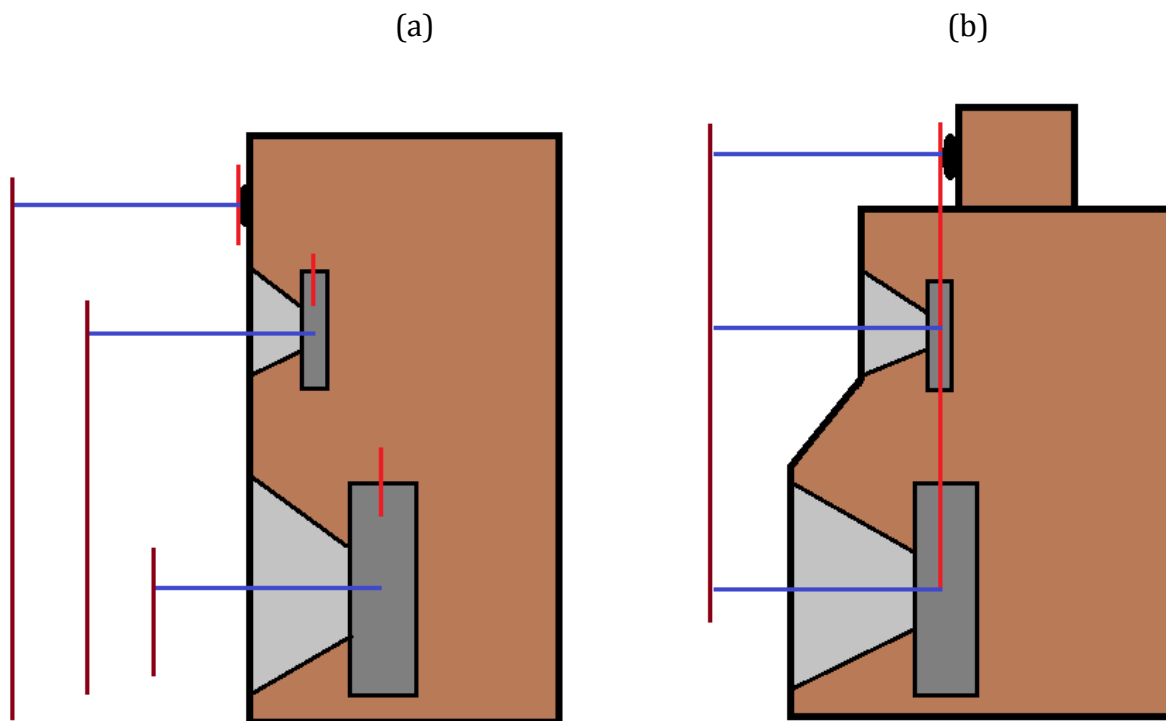
### 4.5.5. Fysiske forutsetninger

For at en høyttaler skal kunne gjengi lyder så eksakt som mulig, er man avhengig av at den produserer minst mulig forvrengning. For at en høyttaler skal klare dette, stilles det visse fysiske forutsetninger:

1. Dersom en høyttaleren har flere elementer, bør elementene plasseres i fase, altså ha riktig avstand fra hverandre, slik at lyden fra de forskjellige elementene treffer lytterens ører samtidig.
2. Elementene bør være laget av materialer som produserer minst mulig ulineære forvrengninger og oppbrytninger, slik at frekvensgangen er jevnest mulig. I tillegg er det en fordel at elementene har så høy som mulig følsomhet, slik at det trengs minst mulig strøm for å få lyd i elementet.
3. Delefilteret som porsjonerer ut signalene til elementene bør gi minst mulig fasekorrigering og færrest mulig komponenter. Her bør komponentene også være av god kvalitet, da strømmene er sterke.
4. Høyttaleren bør også ha en kasse med minst mulig resonanser som modulerer lyden, og skaper ulineære forvrengninger.

#### 4.5.5.1. Elementenes plassering

For at elementene i en høyttaler skal stå i fase, må de plasseres slik at det akustiske senteret i elementene står i lodd i forhold til hverandre. Det akustiske senteret er det punktet i elementet der lyden oppstår, og er ofte rundt 2 cm bak et mellomtone og basselementet, altså på midten av magneten, og et par millimeter på utsiden av diskantelementene. Dette måles med frekvenslineære mikrofoner og et oscilloskop, der man måler hvor lyden på elementet i det området der frekvensgangen er jevnest, oppstår.



**Figur 10:** Figur 10a og 10b er egenutviklet for å visualisere forskjellen mellom en høyttaler med og uten akustisk fasejustering med hjelp av plassering av elementene.

Som vist på figur 10a, ser man en typisk høyttalerkonstruksjon. Feilen med denne er at det ikke har blitt tatt hensyn til det akustiske senteret på elementene (den røde streken). Dermed kommer lyden fra de tre forskjellige elementene fram til lytteren i ulik tid.

Som vist på figur 10b, ser man at elementene er plassert i forhold til hverandre på en slik måte som gjør at det akustiske senteret i elementene står i lodd, og lyden fra elementene treffer lytteren samtidig, altså i fase.

#### 4.5.5.2. Et korrekt delefilter

Et hvert element i en høyttaler har sitt ideelle område der det har jevnest og flatest frekvensgang. Det vil si at dersom man skal lage en høyttaler som dekker det hørbare området tilstrekkelig, er man avhengig av to eller flere elementer, slik at man unngår at elementene spiller i frekvensområder det ikke trives i. Dette reduserer dessuten også



## Kapittel 4. Resultatutvikling

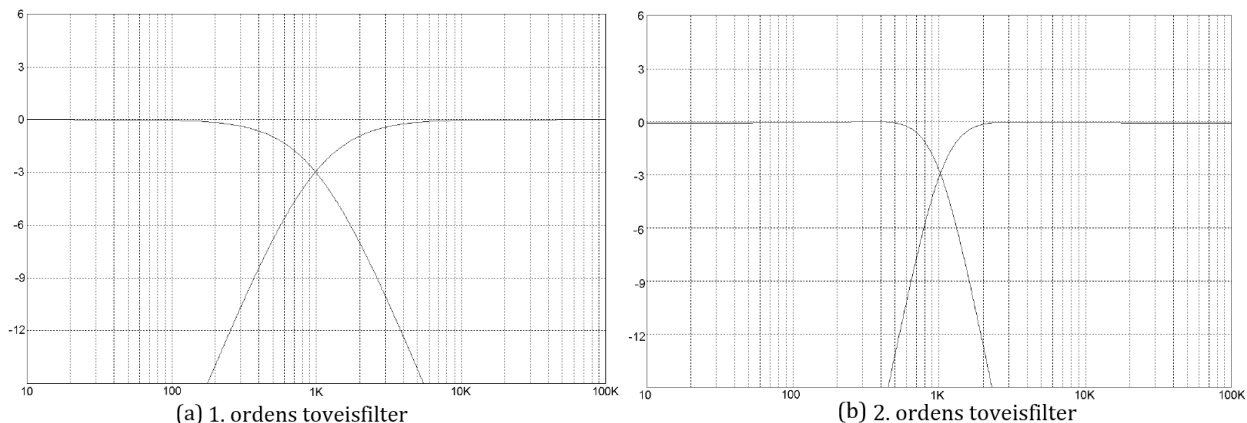
dopplerproblemer. Derfor er man avhengig av et delefilter som bestemmer frekvenskrysningspunktet mellom elementene.

Et delefilter grupperes opp i forskjellige typer. "A low pass network gradually attenuates the high frequencies as the frequency goes higher than a particular transition point called the crossover frequency. Similarly, a high pass network gradually rolls off the frequencies lower than the crossover frequency." (Pass, 2004, s. 1). Man bruker «høypassfilter» til diskanten, der filteret lar høye frekvenser passere, og fjerner lave frekvenser. Til basselementer bruker man «lavpassfilter», der lave frekvenser passerer, og høye frekvenser filtreres og fjernes. Med eventuelle mellomtoneelementer, bruker man i tillegg et delefilter som både fjerner høye og lave frekvenser, men lar et definert frekvensområde passere. Et filternettverk med et lavpass- og et høypassfilter kalles et toveis filter. Dersom filternettverket består av tre eller flere forskjellige filtre, kalles det treveis, fireveis, alt ettersom hvor mange forskjellige høytalerelementer som brukes. Det mest vanlige er et toveis filter bestående av et diskant og et basselement.

Det finnes forskjellige måter et delefilter opererer frekvensoverlappingsstrukturen mellom elementene på. Dette kommer an på hvor bratt delefilterets fallkurve per desibel er. Man definerer delefiltre i 1. ordens-, 2. ordens-, 3. ordensfilter og oppover, der et 1. ordens delefilter har en fallkurve på 6db per oktav, 2. ordens filter på 12db per oktav og 3. ordens filter på 18db per oktav. Det vil si at dersom et lavpassfilter begynner å falle på 1khz, vil signalet med et 1. ordens filter være 6db lavere på 2khz, 12db lavere ved 4khz, og med et 2. ordens filter, vil signalet være 12db lavere på 2khz og 24db lavere på 4khz.

Krysningspunktet mellom elementene er i dette tilfellet på 1khz med minus 3db uavhengig av hvilke ordensdelefilter man velger å bruke. Se figur 11 på neste side, der figur 11a er et 1. ordens toveisfilter, og figur 11b er et 2. ordens toveisfilter.

## Kapittel 4. Resultatutvikling



**Figur 11:** Figur 11a og 11b viser delefrequensens fallkurve per db mellom elementene. Figur 11a er hentet fra (Pass, 2004, s. 4) og figur 11b er hentet fra (Pass, 2004, s. 6)

Dersom det brukes elementer som har ulineære forvrengninger og ujevne oppbrytninger etter elementets platåområdet<sup>41</sup>, brukes det ofte høyordens delefiltre med bratt kurve for å fjerne elementets oppbrytninger i delefrequensområdet så mye som mulig, for at ujevnheterne i for eksempel et bass og mellomtoneelement ikke skal overlappe og påvirke diskantelementet. Problemet med høyordens delefiltre, er at selv om frekvensgangen i overlappingsområdet ser jevnere ut, blir fasegangen ujevn, og høyttaleren får fasefeil. Med slike delefiltre har det liten hensikt å plassere elementene i fase, da fasefeilen allerede har oppstått i delefiltret. Når man ønsker en fasejevn høyttaler, må man bruke et 1. ordens delefiltre, hvor man bruker delefiltret til å justere ujevnheterne i elementene ved kryssningspunktet, i stedet for å endre til et høyere ordens filter. Dersom diskantelementet har en «peak» på 500hz, kan det enten dempes i diskantelementet, eller i basselementet, ved å justere verdier på komponentene i delefiltret, uten å endre brattheten i desibelfallet.

<sup>41</sup> Platåområdet til et element er det område med jevnest frekvensgang, altså det område elementets akustiske senter er målt ut ifra.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

“The simplest form of crossover is a two-way network of first order which consists of a single inductor<sup>42</sup> to direct bass power to the low frequency unit and a single capacitor<sup>43</sup>, which passes treble power to the high frequency unit. Such networks are inexpensive and are often found in low-priced systems. However, this form is quite inadequate for high performance applications, except in those exceptions cases where extremely wide range drivers of defined spacing (including a common radiation plane) and dispersion are employed. In the latter case, it provides the most accurate method of achieving minimum phase shift between the drivers and hence allows the 'minimum phase' or, less accurately, 'linear phase' class of speakers to be designed. However, such systems, usually with displaced drivers, inevitably suffer from poor vertical response due to the broad driver overlap and the resulting interference patterns.” (Colloms, 1991, s. 213-214)

“With single order networks proving inadequate due to excessive overlap between driver outputs and consequent polar irregularities in the vertical plane higher order networks are widely used. Second-order 12 dB/octave circuits are an effective compromise on cost grounds. With this network the driver outputs are out of phase at crossover by 180°.” (Colloms, 1991, s. 215)

“Fourth order is probably as high as economically practicable or necessary and has several virtues. The helpful shunt indicator reappears across the HF driver and the rolloff slopes are so steep at 24 dB/octave, that out-of-band driver problems are well attenuated. While fourth order reverts to an in-phase connection of drivers, in theory a 6 dB notch is present at the crossover point. In practice this is hard to find and may be filled by a fractional overlap. Due to its in-Phase symmetry fourth order with delay space drivers allows a well defined, minimum phase system to be designed.” (Colloms, 1991, s. 216)

---

<sup>42</sup> En Inductor er en spole (induktans), som filtrer bort høye frekvenser.

<sup>43</sup> En capacitor er en kondensator (kapasitans), som filtrerer bort lave frekvenser.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Colloms tar hensyn til en diskusjon rundt minimum fase ved selve delingen av elementene. Han skriver at et 1. ordens filter har minst fasefeil, og best utgangspunkt for minimum fase, men at slike filtre er utilstrekkelig for en høyttaler med høy ytelse, da elementene ikke skal overlape hverandre for å få til en best mulig vertikal spredning av lyden. Derfor mener han at et 4. ordens filter selv med en mer ujevn fasegang sammenlignet med et 1. ordens filter, har bedre forutsetninger for god lyd, da den vertikale spredningen blir mindre modulert. Dette strider mot et mål om minst mulig fasefeil, men har en hensikt dersom man hører på høyttalerne med ørene i et vertikalt plan. Det å prioritere minst mulig modulering og interferens i det vertikale planet er i og for seg hensiktsmessig og har ingen negativ effekt i seg selv, men dersom det prioriteres fram for et faserent filter, motstrides målet om minst mulig påvirkning av lyden. «Ørene våre er dessuten plassert horisontalt, og opplever derfor ikke modulering i det vertikale området.» (Sitat Lauvland). Dersom man ønsker å plassere elementenes akustiske senter i lodd, er man avhengig av et 1. ordens filter, for å få elementene fasejevne i sitt platå område. Derfor nevner ikke Colloms plassering av elementene som en forutsetning for god lyd, da en høyttaler med umodulert vertikal spredning prioriteres. Han foretrekker derfor et 4. ordens filter, der faselineariteten er tilstrekkelig i delefrekvensområdet, og ignorerer at elementenes platåområde avspiller en ujevn fasegang da lyden i akkurat det området ikke moduleres. Bestemmelsene til Colloms ble tatt på grunnlag av målemetoder med bruk av enkle sinustoner. Av den grunn blir fasegangen nedprioritert, da faseproblemene mellom enkle sinustoner er mindre betydningsfulle. Dersom høyttaleren avspiller et komplekst musikksignal, blir fasefeilene vesentlig mer betydningsfulle med hensyn på å gjenskape akustisk musikk.

Hovedproblemet når elementene blir plassert på plan fjøl, er at diskanten i sitt lineære område kommer fram for tidlig til øret. I beste fall får man en rar endring av det musikalske signalet som gjør at klangen høres lysere ut, da diskanten dominerer lydbildet. Dette har jeg selv testet, da Lauvland viste meg en av hans høyttalere konstruert med tilsvarende prinsipp som figur 10b i avsnitt 4.5.5.1. for å demonstrere hvor lite fasefeil som skal til for at det faktisk høres.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Lauvlands høyttaler er testet og skrevet en anmeldelse av. «Det som løfter Doxaerne op in en særklasse, er deres evne til at formidle den musikalske stemning, der gemmer sig i gode optagelser. Det handler om en musikalitet, som får de små hår til at rejse sig.» (Riis, 2013a)

Forskjellen på Lauvlands høyttaler og figur 10b, er at den ikke har et eget basselementet, men der to like mellomtoneelementer avspiller både bass og mellomtone. Diskantboksen på Lauvlands høyttaler er plassert 7cm bak frontkanten. For å teste hvor mye som skjer med lyden når det er små fasefeil, flyttet vi på diskantboksen noen centimeter fram og tilbake, der 1 cm tilsvarer ca. 5 grader fasedrei. Dette resulterte til dramatiske forskjeller på lyden, og gikk spesielt utover mikrodetaljer, romoppløsning i opptaket og lynkjerne transienter.

Spørsmålet kan stilles om denne testen gir objektive resultater? I teorien er dette en objektiv observasjon, da 5 grader på samme måte som 1 eller 360 grader fasedrei faktisk forandrer lydbølgen. På grunn av at mange mennesker ikke klarer å oppfatte disse endringene, og i tillegg måle disse små forandringene på bølgen, får man ikke noen visuelle tall eller grafer som kan refereres til. Derfor kan dette også tolkes som en subjektiv observasjon. Man kan sammenligne det med at to personer hører to toner etter hverandre, der den ene personen hører at intervallet mellom tonene tilsvarer en kvint. Den andre personen klarer verken å høre forskjell på tonene, eller hvilket intervall som ble spilt. I teorien er det objektivt at intervallet er en kvint, da man vet at når to toner med den rette avstanden, kalles kvint. Men fordi den personen som ikke klarte å høre intervallet, heller ikke hadde noe visuelt bevis, kan personen tolke observasjonen som subjektivt.

Colloms hevder også at 1. ordens filter kun brukes i billige systemer. Dette motbevises av blant annet høyttaleren *Surrountec Masterpiece* til en pris på \$100.500.00 for paret i 2013. Surrountec er blant få høyttalerprodusenter i dag som produserer høyttalere med fasejustert plassering av elementene, og bruker 6db per oktav 1. ordens defilter i overlappingen mellom elementene.

“Firs of all, all acoustical places of origin (the acoustical centers) from high, mid and low-range drivers must have the same distance to the ear at the listening position. The human ear only evaluates the first millisecond of perceived sound to locate the source. If the signal

## Kapittel 4. Resultatutvikling

is deformed in this first millisecond, the ear fails to explicitly locate the source. The stereoscopic exposure is experienced as diffuse. The only way to prevent cancellation in this critical time frame (the transient oscillation phase) is to mechanically align the acoustical centers of the drivers. Furthermore the take-over between two drivers should ideally happen without phase differences.” (Surrountec, 2011)

### 4.5.5.3. Konklusjon

Dersom man har plassert elementene i fase, og i tillegg bruker elementer av materialer som har minimalt med ulineære forvrengninger og oppbrytninger, har man et godt utgangspunkt for et delefilter med minst mulig påvirkning av lyden. Med å da bruke et 1. ordens delefilter som består av få og gode komponenter, vil lyden bli minst mulig bearbeidet og forvrengt. Da blir delefilterets funksjon, å kun finjustere de faktorene som ikke lar seg gjøre akustisk. Det er i situasjoner, der man plasserer elementene på plan fjøl og bruker elementer med ulineær frekvensgang, at man bruker et mere komplisert delefilter for å kompensere for feilene i elementene. «Ved å kompensere for en feil, skaper man alltid nye feil. Derfor er det viktig å gjøre det riktig fra begynnelsen av.» (Sitat Lauvland).

### 4.5.6. Monitorer komprimerer

Når delefilteret til en høyttaler skal kompensere for de frekvensene som gjengis for kraftig i et element, er man avhengig av å bruke komponenter som motstander, kondensatorer og spoler. Dersom disse komponentene er av lav kvalitet, krever de ofte mer strøm enn nødvendig, og «stjeler» energi fra signalet. På denne måten vil forskjellige høyttalere absorbere ulik prosentandel av strømmen fra forsterkeren. Hvis 80% av effekten som blir tilført høyttaleren, blir tapt i delefilteret, og 20% går til elementene, ser det ut til at det går ut over dynamikken. Dette er for øvrig vanskelig å verifisere 100% objektivt, men ved å kjenne på varmeutviklingen i delefilteret, kan man sammenligne hvor stor grad det varierer fra høyttaler til høyttaler. Jo varmere delefilter, desto mer energi absorberes. Dette tapet av energi som delefilteret forårsaker, er nødvendig får at høyttaleren skal ha jevnest mulig frekvensgang, da komponentene kompenserer for en ujevn frekvensgang i elementet. Derfor er det viktig å bruke komponenter med høy kvalitet, og som absorberer minst mulig.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Sitatet av Colloms i avsnitt 4.5.5.2. forklarer at kostnadene for komponenter til et 1. ordens filter, er mindre enn til et 4. ordens filter fordi et 4. ordens filter består av flere komponenter. Det vil si at dersom man produserer høyttalere med et 4. ordens filter, brukes ofte billige komponenter med lavere kvalitet. Da et 1. ordens filter har færre komponenter, resulterer det ofte til bruk av dyrere komponenter med høyere kvalitet.

### 4.5.7. Monitorer sett i et historisk perspektiv

I 1979 produserte høyttalerprodusenten «KEF» en fasejevn høyttaler med navn *model 105*. Denne høyttaleren ble utviklet med utgangspunkt i at de akustiske senterne skal stå i lodd. Jeg har selv hørt på høyttaleren, og til tross for et litt spesielt design, har den en meget realistisk dynamiskgjengivelse. Et år senere produserte høyttalerprodusenten B&W en studiomonitor med navn *monitor 801*. Denne monitoren bruker også det samme prinsippet med plasseringen av elementene. Jeg har dessverre ikke hørt denne høyttaleren, men ifølge Lauvland, hadde den mange kvaliteter med tanke på faselinearitet. BBC studios brukte denne monitoren som referanse monitor i mange år.

I studioer i dag, har det blitt vanlig å bruke monitorer som ikke har elementene plassert i fase, men der fasekorreksjoner blir gjort i et komplisert høyordens delefilter med bratte avskjæringskurver. I tillegg kompenserer delefilteret for forvrengningene og oppbrytningene i elementene, for å få en jevn frekvensgang. Jo høyere ordens filter man bruker, desto flere komponenter inneholder filteret. For eksempel monitoren i studio A i K-bygget ved UIA. BBC studios har også byttet referanse monitor til *Harbeth monitor 40,1*, som også har et høyordens delefilter. Denne monitoren har jeg hørt på, og den har en veldig bra tonal gjengivelse med få ulinære forvrengninger, og en bra fasejustering i delefilteret. Harbeth har tatt hensyn til at høyordens delefiltere endrer fasegangen, og har kompensert med å «rette opp» i fasefeilene i delefilteret. Dette har de fått til å høres bra ut, men på grunn av blant annet et delefilter med mange komponenter, har høyttaleren en følsomhet på 85db. Dette gjør at høyttaleren er tung å drive, da delefilteret absorberer mye av energien i signalet.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Tendensene tyder på at selv om industrien produserer høyttalerkomponenter som har gode forutsetninger for god lydgjengivelse, har studiomonitorprodusentene gått et skritt tilbake med tanke på konstruksjon basert på de fysiske forutsetningene som resulterer til en riktigst mulig gjengivelse av lyd.

### 4.5.8. Et viktig hensyn

Ved å få oversikt over hvilke måter en høyttaler forvrenger lyden og hva årsaken er, kan man lettere lære seg høyttaleren å kjenne. På denne måten vil man ha lettere for å unngå feilplassering av mikrofoner som fører til i utgangspunktet unødvendig miksing av opptaket. Dessuten vil man også ha lettere for å mikse et lydopptak, da man vet hvilke feil som tilhører monitoren, og ikke opptaket. Ved å ha kjennskap til hvilke målemetoder som er relevante med hensyn på å gjengi et komplekst musikksignal, kan man lettere analysere monitorens forvrengninger, og dermed danne seg et bilde av hvordan høyttaleren formidler lyden.

Dersom man har god kjennskap til en monitor, har man også bedre forutsetninger for å vite hvor de bør plasseres i kontrollrommet. Dersom man vet hvordan monitoren farger lyden, kan man fort høre om rommet påvirker lyden ytterligere. Det er nemlig veldig viktig at kontrollrommet har akustiske forutsetninger som farger minst mulig. Et vanlig problem er stående bølger som forårsaker store endringer akustisk. En stående bølge oppstår når bølgens bølgelengde har et forhold til avstanden mellom to parallelle vegger. Da reflekteres bølgen fram og tilbake mellom veggene, og forsterker seg selv. "the need for rooms to possess a natural and even reverberation; this quality is not only relevant to high quality music reproduction but also for the ubiquitous television as well as for clear intelligible human speech." (Colloms, 1991, s. 386) Det er viktig med et rom som har en jevn akustikk, slik at rommet ikke modulerer lydbølgene.



### 4.6. Forsterkerens rolle

Som jeg nevnte i kapittel 1, i begrunnelsen for valg av tema, var det studiomonitoren i studio-A i K-bygget ved UIA som ga meg første inspirasjon til å skrive om dette temaet. Dette var på grunn av at jeg ikke kjente monitoren godt nok. Monitoren som er brukt der er *Dynaudio BM15A* (Dynaudioprofessional), og er en monitor som er mye brukt i norske studioer. Når man snakker om lyttemonitor i et studio, tenker man ofte bare på selve høyttaleren, og dens evne til å spre lyd. Tilfellet er at selve forsterkeren som sender lydsignalet til høyttaleren, er like viktig. I mange studioer bruker man også noe som kalles «active» høyttalere. I slike monitorer, er forsterkeren innebygd i høyttalerkassa. *Dynaudio BM15A* er en slik høyttaler. Ulempen med «active» høyttalere, er at man ikke får muligheten til å teste forsterkeren for seg selv, eller bruke en annen forsterker på høyttaleren. Det er nemlig like mye forsterkeren som bearbeider og forandrer lyden som høyttaleren. Bruker man for eksempel en forsterker med fasefeil på en faselineær høyttaler, vil høyttaleren avspille lyden i ute av fase.

I dette avsnittet av kapittel 4, skal jeg forklare hvorfor forsterkeren har en viktig rolle, og hva som kjennetegner en god forsterker.

#### 4.6.1. Litt om komponentene

En forsterkerkrets består av flere typer komponenter med forskjellige egenskaper, der spesielt en type skiller seg ut. Denne har variabel kvalitet og ødelegges over tid på grunn av slitasje som blant annet skyldes varmgang. Komponenten består av et elektrolysebad, altså der strøm går gjennom væske. Denne flytende væsken er en slags blanding av syre og vann, innebygd i en kanne, som i seg selv danner komponenten med navn kondensator. På grunn av den elektrolytiske kondensatorens innhold av væske, endrer komponentens egenskap seg over tid. Derfor avgjør byggekvaliteten på komponenten dens levealder. Under 2. verdenskrig, var det standardvare med kondensatorer der veggene rundt væskeinnholdet var støpte av sintra keramikk, eller av andre materialer med god kvalitet. Dette kunne gi kondensatorer en levealder på 50 år. I dag, på grunn av masseproduksjon og produksjonskostnader, blir kondensatorene laget av billigere plastmaterialer, som gir en

## Kapittel 4. Resultatutvikling

gjennomsnittsalder på rundt 2 år før kondensatoren begynner å lekke væske, eller ta imot luft. Slike komponenter er i dag et av hovedproblemene for elektronikk som eldes, og definerer levetiden på produktene. Dette gjelder alle elektroniske apparater, fra mobiltelefoner til kjøleskap.

Alle de andre komponentene er tørre, og har derfor ingen faktorer i seg selv som definerer en gitt levealder. Disse komponentene er motstand og transistor, og har tilnærmet ingen endringer over tid med mindre komponentene blir overbelastet med høy varme eller sterk strøm. Dersom en av disse to komponentene skulle overbelastes og ødelegges, vil det være lett å observere, da komponenten er brent og sotbelagt. En kondensator derimot, er det vanskelig eller i verste fall umulig å visuelt se om den er ødelagt. I tillegg blir den først gradvis ødelagt, og endrer dermed gradvis kvalitet helt til den til slutt ikke fungerer. På grunn av dette, endrer lyd kvaliteten til produktet seg også gradvis, parallelt med kondensatoren. Susing og små støylyder kan være et resultat av en svekket kondensator. Et kjerringråd for visuell analyse av forsterkerens kvaliteter, kan være å sjekke kvaliteten og slitasje på kondensatorene, og eventuelt hvor mange det er. I prinsippet er det bedre med så få kondensatorer som mulig i en lydkrets, da hver og en av dem farger lyden mot et noe mer ulikt utgangspunktet.

### 4.6.2. Forsterkerens målemetoder

Dersom man måler en forsterker i dag, bruker man målemetodene THD, TIM, og IMD, som består av stasjonære signaler som er identiske til hverandre. Alle disse målemetodene utnytter sinustoner med bestemte svingninger, for å finne konkrete tall på kvalitetene til forsterkere. Disse tallene er objektive, men forteller svært begrenset om kvaliteten til forsterkeren i forhold til å gjengi et komplekst musikksignal. Vi har med andre ord begrenset valg av målinger for å evaluere musikalske kvaliteter. Slike målemetoder ble sist forsket på i 1921 av Williamsen, som oppfant den dynamiske målemetoden TIM, og ble repetert av Matti Ojala i 1977. (Lauvland). Denne målemetoden slo ikke gjennom som et kommersielt hjelpemiddel for salg av forsterkere. Dette fører til at vi trenger nye målemetoder som peker på forståelse av hvordan en forsterker virker i samspill med

## Kapittel 4. Resultatutvikling

dynamisk levende musikk, altså hvordan for eksempel en skarptromme bearbeides gjennom en forsterker med dårlige egenskaper.

“It should be strange in principle that a tube amplifier and a transistor amplifier having equal performances and specifications which are much better than necessary for the ear, should sound remarkably different. The only solutions of this apparent dilemma seem to be that

- 1) The present amplifier measurements are partly irrelevant in respect to the audible amplifier characteristics; and/or
- 2) the present amplifier measurement methods do not reveal all of the major sound degradation effects.” (Ojala, 1977, s. 1)

I dag brukes THD som referansemålinger på forsterkere, der man måler hvor mye forvrengning en forsterker produserer. Dette gir kun en pekepinn på frekvensgangen til forsterkeren, og faktorer som modulasjon av flere lyder. Av den grunn, nedprioriteres transientgjengivelse og faseforskyvning av signaler. Derfor kan en forsterker med dårlig gjengivelse av faselinearitet, TIM og IMD, ha gode spesifikasjoner på papiret. «Gode spesifikasjoner gir ingen garanti for høy kvalitet, men god lyd medfører gode spesifikasjoner.» (Sitat Lauvland). Dette gjør det vanskelig å gjennomskue kvalitetene til en forsterker med hensyn på å gjengi musikk, basert på målingene.

Det ser med andre ord ut for at målemetoder som brukes på forsterkere, er den dag i dag like ufullstendige med hensyn på å gjengi musikk, som da Ojala 1977 presenterte tilsvarende problem. Med lydforsterkere bør man relatere målingene til musikksignaler, altså komplekse bølger som plutselig oppstår, forsvinner, og aldri gjentas. Det er musikkens verden, jamfør kompresjon. «Musikkens verden er en unik bølge fra en fiolin, i et bestemt øyeblikk, i en bestemt hendelse, som aldri vil gjentas.» (Sitat Lauvland). For trykket på strengen og hastigheten på buen vil være forskjellig, selv på samme tone, og vil skape nyanser i forhold til det som gjengis.

På samme måte som med høyttalere, ser det ut for at målinger med firkantpuls gir et tilstrekkelig innblikk på både forsterkerens faselinearitet og frekvensgang. Ved å da sende

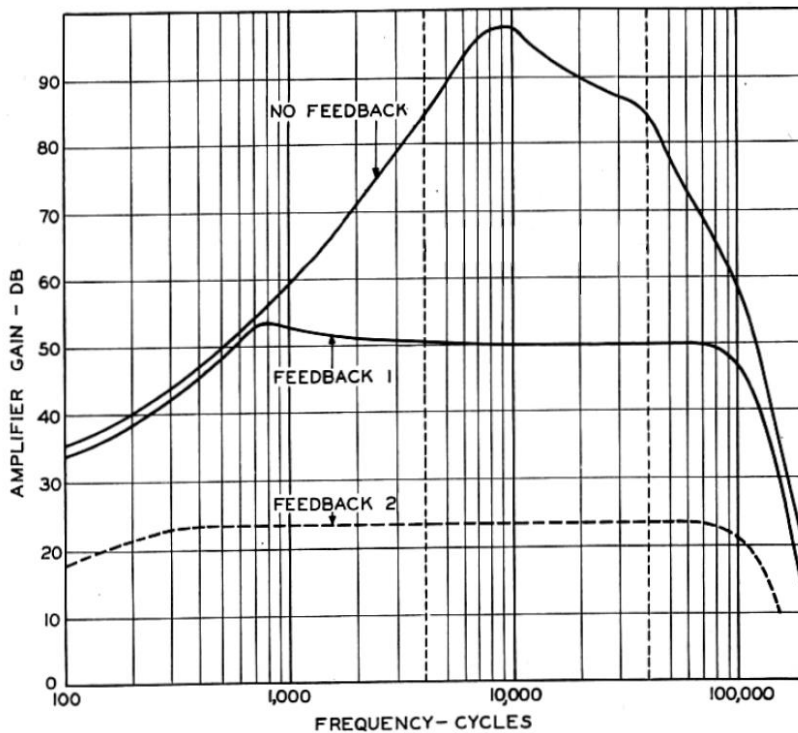
## Kapittel 4. Resultatutvikling

en firkantpuls gjennom forsterkeren, vil man kunne måle på utgangen med et oscilloskop, hvordan firkantpulsens fasong har endret seg, og ut ifra det, analysere forsterkerens problemer. Da vil det være en fordel å kortslutte utgangen med en kondensator tilsvarende motstanden til en høyttaler, for å analysere hvordan forsterkeren bearbeider signalet med og uten last. Det er nemlig slik at noen forsterkere har gode målinger uten last, men dersom forsterkeren har en motstand på utgangen, altså en høyttaler, kan forsterkeren miste kontrollen, og forvrengte lyden.

### 4.6.3. Negativ tilbakekobling

I en forsterker kan man bruke to forskjellige forsterkningsmoduler. Den ene typen kalles transistor, og den andre typen er et type rørdør. Forsterkermodulens rolle er å forsterke et svakt inngangssignal tilstrekkelig til å drive en høyttaler. Det er riktig nok en mer komplisert prosess enn som så, men poenget er at modulen bestemmer forsterkningsgraden. Dessverre er det slik at transistorens eller rørets frekvensgang er ulineær. "In addition the gain of a transistor varies with temperature, and even has different gain at different frequencies." (Learnabout Electronics, 2013) På grunn av higen etter en THD lineær forsterker, ble negativ tilbakekobling oppfunnet. Denne teknikkens hensikt, er å kompensere for en ulineær frekvensgang, slik at forsterkeren forsterker alle frekvenser like mye. Dette resulterer til en jevn frekvensgang.

"The principle of negative feedback is that a portion of the output signal is fed back to the input and combined with the input signal in such a way as to reduce it." (Learnabout Electronics, 2013). Dette gjøres slik at deler av utgangspunktsignalet blir sendt i retur fra utgangen, og inn på inngangen til forsterkeren, på en måte som demper signalet. Ved å gjøre dette, klarer man å balansere forsterkningen av frekvensene i forsterkerens frekvensområde, til å bli jevne og like høye. Dermed vil en tilbakekoblet forsterker ha gode THD målinger.



**Figur 12:** Figuren forklarer at negativ tilbakekobling kan gjøres i forskjellige grader, der feedback 1 grafen har en tilbakekobling på ca. -50db, og feedback 2 grafen har en tilbakekobling på ca. -80db. I dette tilfelle er frekvensgangen jevnere på feedback 2 grafen, da utgangspunktsignalet har en meget ujevn frekvensgang. «No feedback» grafen, er forsterkersignalet uten negativ tilbakekobling. Hentet fra (Black, 1934, s. 12)

En forsterker har en «råforsterkning» med en gitt frekvensgang. Denne råforsterkningen er signalet forsterkeren har som utgangspunkt før det bearbeides, og kalles «open-loop». «no feedback» grafen i figur 12 er forsterkeren i open-loop. En forsterker i open-loop har ofte en ujevn frekvensgang og med en parallell ujevn fasegang.

For å få en jevn frekvensgang med hensyn på THD, har negativ tilbakekobling en positiv effekt. Men det viser seg at denne teknikken går ut over andre faktorer med lyden.

“The deleterious effects of negative feedback were discovered and investigated in the late 1970's by Dr. Matti Ojala, a professor of electronics at the University of Oulu in Finland. He noticed that some amplifiers that did poorly on lab measurements actually sounded better than nominally superior models. He traced these discrepancies to the unsuspected side-effects of feedback circuits.” (Fantel, 1986)

## Kapittel 4. Resultatutvikling

“If feedback value in excess of, say, 60 dB is used, it may lead to large internal overshoots within the amplifier, caused by the necessary heavy compensation. Depending on the construction of the amplifier, these overshoots may be up to several thousand times larger than the nominal values of the signal, although the amplifier input signal is in the usual low-frequency audio range.” (Otala, 1977, s. 8)

En av årsakene til fenomenet Dr. Otala oppdaget på 70-tallet, var at selv om negativ tilbakekobling forbedret frekvensgangen med hensyn på THD, blir ikke faseulinearitetene endret på. I tillegg ble det faktisk større faseproblemer med negativ tilbakekobling. På feedback 1 grafen i figur 12, blir signalet tilbakekoblet på 800hz med -50db. Det vil si at fra 800hz sendes signalet flere ganger i retur, som fører til tidsforsinkelse av signalet. Feedback 2 grafen har en tilbakekobling på hele frekvensområdet. Derfor sendes hele signalet i retur. Jo mer forsterkeren tilbakekobles, desto flere ganger sendes signalet i retur. Det vil si at når forsinkelsene av signalet øker med høyere tilbakekobling, vil også faseforskyvningene øke parallelt. Forsterkeren har i tillegg også fasefeil i open-loop, da fasen opererer parallelt med frekvensgangen. I dette tilfellet stiger faseforskyvningen fra 0 grader ved 100hz, og oppover til 10khz, hvor den begynner å falle igjen. Disse fasefeilene kan observeres ved å sende en firkantpuls gjennom forsterkeren. Dette har jeg testet på en forsterker med en tilbakekobling som starter på 200hz, der firkantpulsene ble sendt ut som en trekantpuls da den var bearbejdet av forsterkeren. Dette betyr at forsterkeren har en unøyaktig faseulinearitet. Altså, ved å kompensere for en ujevn frekvensgang i en forsterker, oppstår nye problemer som blant annet ytterligere faseforskyvninger.

### **4.6.3.1. Hvordan unngå negativ tilbakekobling?**

Da Otala presenterte utsagnet sitt om negativ tilbakekobling på slutten av 70-tallet, førte det til at flere forsterkerprodusenter begynte å minimere graden av negativ tilbakekobling. “Taking a hint from Dr. Otala's findings (and retaining him as a consultant) Harman-Kardon, an American company with a penchant for venturesome engineering, introduced a line of amplifiers with sharply reduced feedback. (Fantel, 1986)

## Kapittel 4. Resultatutvikling

Otala fant ut at ved å øke forsterkerens båndbredde til så langt som mulig over det hørbare området, vil open-loopen ha jevnere frekvensgang og fasegang i det hørbare område. Med dette kan man minke negativ tilbakekobling, og i beste fall droppe det. I dag er det få forsterkere som selges uten negativ tilbakekobling. «Lamindustries<sup>44</sup>» er et av få forsterkerprodusenter i dag, som ikke bruker negativ tilbakekobling. Jeg har dessverre ikke testet produktene, men ut ifra hva jeg har lest, har de ikke fått til en open-loop uten forvrengning. Allikevel har de oppnådd en open-loop med jevn nok frekvensgangen til å unngå negativ tilbakekobling.

En av forsterkerne til Lauvland, har en open-loop båndbredde fra 0hz til 1,5mhz. Dette gjør at forsterkeren har en jevn frekvensgang i det hørbare område, og en fasedrei på en grad ved 20khz. Dette gjør at forsterkeren har en god evne til å gjengi transienter, da fasefeilene er minimale. Denne forsterkeren har jeg testet med firkantpuls målinger, der motstanden på utgangen var tilsvarende en tungdreven høyttaler. Allikevel var endringene på bølgefasongen minimale. «Min første reaksjon var, at sådan skulle det naturligvis lyde.» «Hvis optagelsen er ren, trækker Doxa detaljerne frem. Hvis optagelsen er præget af overstyring, kompression, dårlige mix eller fasefejl kommer det også klart frem.» «Opbygningen virker helt enkel: et trin klarer hele opgaven, uden modkobling<sup>45</sup>.» (Riis, 2013b)

### 4.6.4. Operasjonsforsterker

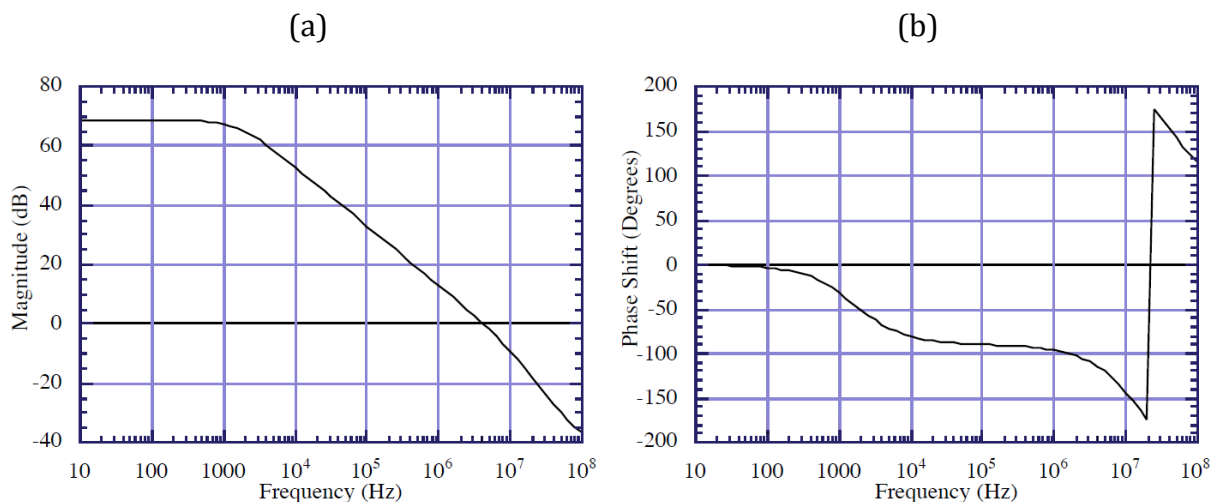
I nyere tid har det blitt utviklet en forsterkningsmodul som kalles operasjonsforsterker eller populært kalt «op amp». Denne modulen ser ut som en chip, og er satt sammen av komponenter tilsvarende en forsterkerkrets. Disse forsterkerkretsene er basert på vanlig transistorteknikk med negativ tilbakekobling, og komponenter som transistorer, motstandere og kondensatorer. Kondensatorene som er i kretsen, er av lav kvalitet, og har en begrenset levetid. Fordelen med operasjonsforsterkere, er at de er små og lette å bytte. Ulempen er at de har begrensninger i forhold til levetid og faselinearitet.

---

<sup>44</sup> Lamm er et Italiensk forsterkermerke. <http://www.lamindustries.com/products.html>

<sup>45</sup> Med modkobling menes tilbakekobling.

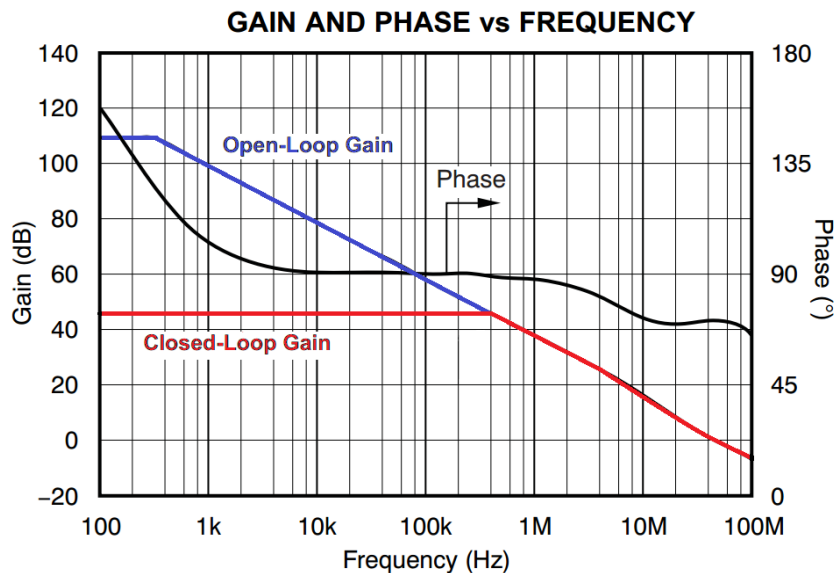
#### 4.6.4.1. Open-loop



**Figur 13:** Figur 13a og 13b viser en typisk fasegang i forhold til frekvensgang i en operasjonsforsterker. Hentet fra Allen (2010 s.20).

På figur 13b, ser man at på rundt 100hz begynner fasegangen å forskyve seg. På 10khz er fasen 80° forskjøvet. Det vil si at jo mer forskjøvet fasegangen er, jo mer forsinket blir frekvensene. 360° fasefeil kalles en periode, og betyr at fasen er forsinket med en bølgelengde. I tillegg ser man på figur 13a, at open-loopen har en råforsterkning på nesten 70db. En ideell forsterkning ønskes å være på rundt 40db. Det vil si at denne operasjonsforsterkeren tilbakekobles med 30db for å få en normal forsterkning. Dette forårsaker nye forsinkelser i systemet, og resulterer til nye fasefeil. Slike operasjonsforsterkere er standardvare i forsterkningsteknikk som selges i det kommersielle markedet i dag, og brukes blant annet i mikrofonforsterkere, hodetelefonforsterkere og høyttalerforsterkere.





**Figur 14:** Figuren viser open-loop, closed-loop og fasegangen til en operasjonsforsterker med navn *OPA211*. Close-loopen er frekvensgangen etter negativ tilbakekobling. Figuren er egenmodifisert etter figur som er hentet fra

<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/opa211.pdf>

Her ser vi at forsterkerens fasegang er  $157,5^\circ$  på 100hz. På 10hz har forsterkerens fasegang sunket med  $77,5^\circ$ . Råforsterkningen i open-loop er på 110db, og blir tilbakekoblet med 60db. En operasjonsforsterker som dette, vil på grunn av sin fasegang ha problemer med å reagere fort nok til å forsterke transienter. Da  $5^\circ$  fasedrei på en høyttaler er nok til å produsere hørbare endringer på lyden, vil  $77,5^\circ$  fasedrei i tillegg til forsinkelsene i tilbakekoblingene, resultere til enda større endringer. Det vil si at når en forsterker med denne type operasjonsforsterkeren driver en faselineær høyttaler, vil høyttalerens faselinearitet spille en mindre rolle da lyden allerede er endret på. Dersom mikrofonforsterkere bruker slike operasjonsforsterkere, vil lyden allerede før den lagres være forandret. Dette vil spesielt gå ut over transientene i opptaket.

Med tanke på at Dr. Otala tilbake til 70-tallet presenterte ulempene med negativ tilbakekobling, tyder dette på at forsterkertechnikens prinsipper ikke har forandret seg siden den tid, og at negativ tilbakekobling fremdeles brukes i standardprodukter.

### 4.6.5. Et viktig hensyn

Det viser seg at forvrengninger i en forsterker påvirker lyden i like stor grad som en høyttaler. Dette vil si at dersom man ønsker et faselineært lydbilde fra en høyttaler, må forsterkeren også være faselineær. Da må man blant annet unngå negativ tilbakekobling, og bruk av operasjonsforsterkere.

### 4.7. Kabler

Når strømmen går gjennom en leder, vil det alltid oppstå et magnetfelt rundt lederne. I tilfeller der det ligger to parallelle ledere inntil hverandre, for eksempel en plussleder og minusleder, vil den ene lederen prøve å lage en motstrøm for å kompensere for den andre. Dersom det sendes kraftige strømmer eller transiente strømmer gjennom den ene lederen, vil den andre lederen sende tilsvarende kraftige motstrømmer for å stabilisere likevekten. Dette dreier seg en lov i fysikken, og kalles induksjon. Induksjon er blant annet grunnlaget for dynamoer, og turbiner som produserer strøm.

Motstrømmen og magnetfeltet rundt lederne vil på sinustoner ha lite å si, da en jevn sinustone har samme amplitude og frekvens over en lang tidsperiode. Dermed vil begge sinustonene i lederne stabilisere seg, og resultere til en ren sinustone. Men det vil være mulig å ødelegge transienter, da transienter oppstår plutselig, og forsvinner med en gang etterpå. Dermed vil ikke motstrømmene i lederne rekke å stabilisere seg, og transientene vil svekkes. Strømmer basert på enstakede<sup>46</sup> transienter vil aldri gjentas. Et eksempel på dette, kan være «smekket» som oppstår når en trommeslager slår på skarptrommen.

I studio kan dette være et problem, da mikrofonkabler strekkes over lange områder. Desto lengre kabler, jo mer rekker magnetfeltene å påvirke hverandre. I tillegg vil situasjoner der flere ledere ligger inntil hverandre også påvirke signalet, da alle disse ulike motstrømmer jobber mot hverandre. Derfor vil det være en fordel i studio å bruke så korte som mulig strekk med kabler, og at færrest mulig kabler ligger inntil hverandre. For eksempel der innfelte mikrofonkabler i veggene ligger parallelt med strømkabel fra nettet, vil

---

<sup>46</sup> Med enstakede mener jeg transienter om ikke gjentas. Altså en transient som en enkeltstående urepeterbar hendelse.

## Kapittel 4. Resultatutvikling

nettkabelens sterke strømmer påvirke mikrofonkabelens strømmer i større grad, enn to tilsvarende strømmer.

### 4.7.1. Materiale

Kabellederens materiale vil også ha en innvirkning på hvordan strømmen overføres. Sølv er det materiale som har best egenskaper for å lede strøm, og kobber er nestbest. Det vil si at ledere med andre metaller, har dårligere lederegenskaper. Mikrofonkabler er som oftest produsert av kobber med gode egenskaper. Det finnes også mikrofonkabler der kobberlederne er fortinnet, slik at kobberet ikke skal korrodere. I fysikken sies det at høye frekvenser overføres i overflaten av lederen, mens lave frekvenser overføres i selve godset til lederen. Det vil si at dersom lederen er fortinnet, vil de høye frekvensene ha dårligere lederforhold i forhold til de lave frekvensene, og kan gå ut over frekvensgangen i kabelen. Spørsmålet er, kan vi høre dette?

Det er bred enighet om at kablenes egenskaper har betydning på hvordan strømsignalet ledes og endres. Men disse endringene som eventuelt oppstår, er for små til at det lar seg måle. Derfor er man avhengig av å lytte på kabelen. Jeg har gjort flere tester, og kommet fram til at kabler har en betydning på lydgjengivelsen, hvor jeg ofte opplever endringer spesielt med romoppløsningen i opptaket. Dette kan ikke bevises med visuelle tall eller grafer, og baseres derfor kun på subjektive observasjoner. Dersom kabler har en betydning, må man vurdere kabelens egenskaper basert på subjektive observasjoner. Av den grunn, er det umulig å påstå at verken den ene eller den andre kabelen er god eller dårlig. Man har kun mulighet til å foretrekke en kabel fremfor en annen.

### 4.8. Avrunding av kapittelet

I dette kapittelet har jeg tolket, analysert og begrunnet teoretiske aspekter som har sine forskjellige typer påvirkninger på en lydgjengivelse. Disse påvirkningene baserer seg på analyse av endringer på den totale lydbølgens fasong. Med unntak av avsnitt 4.5. om monitor, der de akustiske forvrengningene i høyttalerens bevegelige deler oppstår som longitudinale bølger, har det dreid seg om endringer av elektroniske bølger. Neste kapittel tar for seg drøfting av funnene basert på mine egne meninger og erfaringer.

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

Med utgangspunkt i forrige kapittels funn, skal jeg i dette kapittelet drøfte tolkningene basert på egne meninger, synspunkt og erfaringer. Med dette vil jeg åpne for subjektive synsinger og refleksjoner for å styrke funnenes relevans.

### 5.1. Hva er musikk?

Så lenge vi mennesker har eksistert, har en del av vårt kommunikasjonsmiddel bestått av å formidle toner og rytmebevegelser. Disse to elementene er også det som skaper musikk. Toner som skaper melodier og harmonier i samspill med rytmiske motiver som ansetter og avslutter tonene, anser jeg som musikkens oppskrift. Rytmikk beskriver når lydene begynner og slutter. Vi er derfor avhengig av rytmikk, for at toner skal bli til musikk. Uten rytmikk, hadde tonene vart evig, eller kanskje aldri blitt til. Men for at musikk skal kunne utrykke noe og formidle noe, er man avhengig av dynamikk. Dynamikk forårsaker livaktighet, og skaper spenning.

Det er mange typer form for dynamikk. I utgangspunktet beskriver dynamikk forholdet mellom sterkt og svakt. Dersom to fløytister spiller en lik tone samtidig i samme rom, der den ene fløytisten spiller svakere enn den andre, vil man oppleve en dynamisk forskjell mellom fløytene. I lengden vil man kanskje ikke tenke over at det har noe med dynamikk og gjøre, men den ene fløyten vil uansett høres høyere ut enn den andre. Dersom den svake fløyten slutter å spille, vil man registrere det som en rytmisk bevegelse, og dermed et dynamisk øyeblikk. Dersom den fløytisten som spiller svakt plutselig nyser, eller gjør en bevegelse som får tonen til å gå fra svakt til sterkt over kort tid, vil den svake fløyten et lite øyeblikk dominere lydbildet. Dette fører til transiente elementer som skaper livaktighet.

Dersom begge fløytene hadde spilt like sterkt i amplitude, men to forskjellige toner, hevder jeg også at tonene ville oppfattes forskjellig. Hver sin tone har hver sin type energi og dynamikk. Dette vil si at noen toner kan oppfattes lavere eller høyere enn andre, selv med lik amplitude. Dersom fløytene spiller samme tone med samme amplitude, vil det være sammenlagt høyere lydstyrke enn hvis bare en fløyte hadde spilt. Forskjellen mellom at et

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

instrument eller at to instrumenter spiller, påvirker også dynamikken. Dersom to ulike instrumenter hadde spilt samme tone samtidig og med like høy amplitude, hadde det ene instrumentet blitt oppfattet som sterkere enn det andre. Dette har med at ulike instrumenter har individuelle overtonestrukturer som i seg selv har et eget dynamisk spekter, og former den totale klangen som instrumentet gir fra seg.

Alle disse dynamiske faktorene som tonehøyde, harmonier, amplitude og transienter, beskriver livaktighet, og gjør musikk interessant og forståelsesfullt. Uten livaktighet, hevder jeg musikk ville oppfattes som en jevn «grøt» av støy, altså ugjenkjennbare lyder uten mening.

Mennesker har fra spedbarns alder av, kommunisert med trommer og andre dynamiske lyder, og har dermed et bevist eller ubevist forhold til lydtrykk. Slik var det også i Kalahariørkenen for 7 millioner år siden, da mennesker kommuniserte med musikk. (Lauvland). Musikkformidling ligger med andre ord i menneskets natur. Poenget med å påpeke livaktighetens relevans til musikk, er fordi det har vist seg at fasefeil i lydkretser reduserer livaktigheten. Dette fører dermed til store utfordringer i opptakssituasjoner, der målet er å gjenskape akustisk musikk. Uten en fornuftig gjengivelse av livaktighet, forsvinner spenningen og det som gjør musikk vakkert. Dermed vil et i utgangspunktet levende musikkstykke, bli «kjedelig».

### 5.1.1. Et musikkstykke skal gjenskapes

Min mening er at musikk er sammensatt av to faktorer. Den ene er der fokuset peker på de musikkteoretiske faktorene som melodi, harmoni og rytmikk. Den andre delen dreier seg om fysikken, altså dynamikk og transienter. Jeg hevder at det er sammensetningen og summasjonen av disse to faktorene, som skaper et estetisk musikkstykke.

I vår moderne tid, har det blitt vanlig å «komprimere» musikk i opptakssituasjoner. Denne trenden strider imot funnene i kapittel 4, og reduserer musikkens evne til å formidle. Dersom kompresjon tilføyes en kompleks bølge, påvirkes alle sinustonene på en måte som fører til at balansen mellom tonene utjevnes. Dette påvirker ikke bare den generelle dynamikken, men også klangstrukturen til enkeltinstrumentene. Sett ut ifra funnene mine,

hevder jeg at faktorer som forandrer bølgens struktur, er undervurdert og nedprioritert i det nåværende kommersielle studiomarkedet.

## 5.2. Kompresjon selger

Det har blitt gjort konkrete observasjoner av kompresjonsgraden på forskjellige album som har blitt publisert. De siste tretti årene har kompresjon blitt mer og mer utbredt. På slutten av 70-tallet, før studioene ble digitale, ble det brukt begrenset med kompresjon. Da digitale studioer begynte å bli vanlig, økte kompresjonen parallelt med utviklingen av det digitale grensesnittet. I de siste ti årene har vi befunnet oss i en periode kalt «the loudness war» (Wikipedia, 2014a). Filosofien bak dette er at jo høyere lyden høres ut, jo bedre er den, og jo bedre er salgbarheten. På tv i dag, sendes noen av sendingene med så lite som 3db dynamisk spenn.

Steve Guttenberg jobber som anmelder av lydprodukter for CNET, og har skrevet flere innlegg i magasiner som *Home Theater*, *Inner Fidelity*, *Tone Audio*, og *Stereophile*. Han har skrevet et innlegg på *news.cnet.com*, hvor han presenterer følgende «ti grunner» for hvorfor musikk blir komprimert<sup>47</sup>:

*No. 10: Compression is part of the sound of contemporary music. Completely uncompressed music would sound lifeless and boring to most listeners. They crave more energy than unprocessed sound offers.*

*No. 9: Louder music, even if it's just slightly louder, almost always sounds better than quieter music.*

*No. 8: Most music is listened to in the background to accompany some other activity like working, reading exercising, driving, or cooking. When you're doing something else, uncompressed music's constantly shifting volume level would be an annoyance.*

*No. 7: When listening in shuffle mode, there's a good chance you'll skip over the quieter songs to get to the next tune. Record producers live in fear of a mix that's too quiet.*

*No. 6: In the days before CD mastering, engineers needed to boost the quietest sounds to keep them above the LP's noise floor, and reduce the loudest sounds*

---

<sup>47</sup> Han beskriver at han mener kompresjon som i dynamisk kompresjon, ikke at digitalformater blir komprimert til lavere oppløsning. Eksempel wav til mp3.

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

*volume level to keep the "needle" in the groove. Digital didn't have those problems, but we still wound up with CDs that have less soft-to-loud dynamic range than LPs.*

*No. 5: Engineers like using different types of compression to create new sounds to catch the ear. There's nothing wrong with that.*

*No. 4: People so rarely listen to music in quiet surroundings; they need compression to keep music loud enough to be heard over the noise.*

*No. 3: If people really didn't like compression, they would stop buying/listening to compressed music (see No. 1).*

*No. 2: People mistake compression for dynamics; when all the sounds are loud and "punchy," it's called "dynamic." Naturally dynamic music lacks the kick of a compressed mix.*

*No. 1: Audiophiles like to complain about compressed music, but they actually prefer it.*

(Guttenberg, 2012)

Det som går igjen i alle disse punktene, er at når lyden virker høyere, oppleves den som bedre, og opptar oppmerksomheten i form av at man vil høre den. I punkt 8, forklarer han at ukomprimert musikk oppleves plagsomt, dersom det avspilles som bakgrunnsmusikk. Det kan tyde på at komprimert musikk gjør det lettere å høre på, dersom musikken ikke er i fokus. Ut ifra dette punktet, kan man trekke paralleller til fenomenet «muzak». Dette fenomenet ble først utviklet i 1922 av generalmajoren George O. Squier, som en måte å overføre musikk som elektroniske signaler i ledninger. I 1934 startet Squier et selskap som han kalte muzak. Dette selskapet tilbøy bakgrunnsmusikk, der musikken skulle gi og underbygge en spesiell stemning. (Trex, 2011) Målet med muzak, var at det skulle fungere som bakgrunnsstøy uten å legges merke til, men at det skulle registreres i underbevisstheten. Dette fører til at de personer som blir utsatt for muzak, skal ha lettere for å gjøre de handlingene situasjonen viser til. Det vil si at for eksempel bakgrunnsmusikk i butikker påvirke underbevisstheten til kunder med et formål om at kunden skal ønske å kjøpe noe, eventuelt kjøpe mer. Grunnen til at muzak gir den hensikten det har, er fordi musikken er komprimert i en så stor grad, at dynamikken mellom høyt og svakt forsvinner. Dette er fordi at dersom et skarptrommeslag eller andre dynamiske elementer i et musikkstykke oppfattes, vil det avbryte den handlingen man holder på med, og flytter

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

fokuset fra handlingen, og til musikken. Dersom man sitter på et stille bibliotek og hører en mann hoste, legger man godt merke til det, og blir avbrutt i lesingen, men dersom man sitter i en kantine med et mye høyere støynivå, vil man ikke legge merke til hostingen på samme måte. Dette er fordi at alle lydene man hører fra kantina, er like høye som hostingen, og derfor blandes lydene sammen og gjør at man ikke like lett kan skille dem fra hverandre. Det man hører er et teppe av lyder som oppfattes som støy. På samme måte fungerer det med komprimert musikk. Dersom alle lydene er like svake eller sterke, vil man ha vanskeligere for å bli gjort oppmerksom på elementer i musikken. Men dersom noen elementer i musikken skiller seg ut dynamisk, legges det i større merke til, og vil ta oppmerksomheten.

Punkt 8 fra Guttenberg, forklares nå med at grunnen til at ukomprimert musikk virker plagsomt, er at dens dynamikk og livaktighet har en evne til å ta oppmerksomhet. Med dette, kan man stille spørsmålet om dagens kommersielle fokus på musikk, dreier seg om et fokus på musikken i seg selv, eller om musikkens hensikt er å underbygge en annen aktivitet? Når man er på gåtur eller løpetur, hører man på musikk. Når man sitter i en bil og kjører, hører man på musikk. Når man hører på musikk, sitter man gjerne å surfer på internett. På grunn av dagens mangfold av bærbare lydapparater, har man muligheten til å høre på musikk når som helst. Dette kan føre til en vane, som gjør at man ikke lar seg fokusere på musikken i seg selv, men selve aktiviteten man holder på med.

Dersom man over lang tid hører på komprimert musikk, vil man bli vant til å høre at alle instrumentene og anslagene er like høye. Hvis man da ikke utsetter seg for realistiske gjengivelser av musikk, vil man over tid bli overbevist om at den komprimerte musikken er sann, og den ukomprimerte musikken er uekte. Dersom dette er tilfelle, kan man i så fall kalle det en slags «hjernevasking», som fører til at den komprimerte musikken i seg selv er muzak, for å øke «mersalg» av komprimert musikk.



### 5.2.1. En reaksjon på kompresjon

En interessant mot side med tanke på det kommersielle studiomarkedet og kompresjonens selvsagthet, er at helt siden Kilden kulturhus i Kristiansand åpnet i slutten av 2011, har folk betalt mengder penger for å høre helt akustiske konserter. Flere tusen mennesker går ukentlig på kilden for å høre akustiske stykker som blir framført. Da konserter på Kilden framføres helt akustisk, representerer de et dynamisk spenn fra 0db til 105db. (lauvland). Denne veksten av besøkende til Kilden, skjer parallelt med at musikk komprimeres i studioopptakssituasjoner. Dette tyder på at folk i dag har et forhold til akustisk musikk, og dens verdier med tanke på livaktighet og naturtrohet. Hensikten med denne drøftingen, er å åpne for refleksjoner rundt et mål om å øke en interesse for å gjøre opptak av den totale musikalske opplevelsen med akustisk musikk. Dersom interessen for akustisk musikk på konserter eksisterer, hevder jeg at en interesse for å foreviggjøre konserten så realistisk som mulig, også bør være tilstede.

### 5.3. Målinger selger

Det har vist seg at de målemetodene vi har til rådighet i dag, er uforandret de siste 30 årene. Selv om det har vært et grunnlag for kompliserte doktorgradsarbeid for å utvikle relevante målemetoder, virker det som at den minst relevante målemetoden man bruker for å selge produkter i dag er THD. THD tar kun hensyn til ulineære forvrengninger, og at produktet skal ha en jevn frekvensgang. Faktorer som faselinearitet og transientrespons prioriteres ikke i like stor grad, da det kommersielle markedet ikke bruker disse parameterne som salgsmetoder. Med dette hevder jeg at fokuset på lydprodukter i dag går i feil retning, da et lydprodukt med gode måleresultater med hensyn på THD, kan ha dårlige egenskaper med hensyn på å gjengi en uendret lydbølge.

Potensialet med digitale signaler og kretser, øker med årene som går. Den digitale utviklingen sørger for at man stadig får muligheten til å lagre filer med mer informasjon. Det viser seg også at man bruker lydlagringsmediet med høyoppløselig kvalitet som for eksempel 24bit 96khz, som et salgsargument for musikk. Dette er i og for seg bra, men dersom man selger en lydfil med høy kompresjon fra mikseprosessen, vil man ikke i like

stor grad dra nytte av den høyoppløselige lydfilen. Her igjen virker det som at man selger produktet ut ifra spesifikasjoner som ikke forteller hele sannheten. I tillegg til å beskrive lydfilens oppløsning, burde man også beskrevet det dynamiske området lydfilen opererer i.

### 5.4. Mine erfaringer i studio

Følgende personer hadde medvirkning i studioseansene:

Trygve Rypestøl	-	tenorsaksofon
Thomas Edvardsen	-	flygel
Kristoffer Tokle	-	slagverk
Knut Øystein Lauvland	-	teknisk assistanse

Vi hadde to seanser i studio. Det første opptak ble gjort i rommet i studio A, og det andre opptaket ble gjort i sal 1, via studio A sitt kontrollrom. Besetningen som ble gjort opptak av i studio A besto av kontrabass, trommer og et lite Yamahaflygel, og besetningen som ble gjort opptaket sav i sal 1 besto av kontrabass, trommer, et stort Steinwayflygel og tenorsaksofon.

Mine oppfatninger fra seansene i studio, er at faktorer som lange kabelstrekk med flere koblingspunkter, mikrofonforsterkere med negativ tilbakekobling og aktive høyttalere med faseforvrengning, påvirket opptakskvaliteten. Men ved å være klar over hvilke påvirkninger faktorene gjorde med lyden, fikk vi allikevel et godt resultat ut ifra forutsetningene.

Mikrofonene vi brukte var av høy kvalitet, og endte opp med å plassere et stereokryss med *Neuman i87u* til flygelet, trommesettet og saksofonen. I utgangspunktet ønsket vi å kun bruke et stereokryss på hele bandet, men da kontrabassen hadde et for lavt lydnivå i forhold til de andre instrumentene, brukte vi en *AKG 414* som støttmikrofon til kontrabassen for å balansere instrumentenes lydnivå. Med å bruke så få mikrofoner som mulig, prioriterte vi plasseringen av stereokrysset. Dermed oppnådde vi et lydbilde med realistisk dybde og romfølelse, og i tillegg til et så realistisk som mulig dynamisk område med minst mulig form for kompresjon. Dermed ble instrumentenes klangstruktur minst mulig endret på.

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

Opptaksseansene har det til felles at mikrofonene og mikrofonteknikkene er like, og ble gjort med så enkle løsninger som mulig. Målet med opptakene var å gjenskape et akustisk lydbilde så identisk som mulig det å være fysisk til stede. For å oppnå dette, endte vi opp med å bruke så få, men gode, komponenter som mulig, ut ifra valgmulighetene.

Min konklusjonen etter erfaringene fra studioseansene, er at opptak med enkle grep og uten komprimering, fører til en mer realistisk gjenskapelse av et akustisk lydbilde. Det å stole på sine egne ører med tanke på plassering og justering av mikrofoner i forhold til å skape en balanse mellom instrumentene, viser seg å være det beste utgangspunktet for evalueringer og valg. Ved å være klar over på hvilken måte de forskjellige lydproduktene farger lyden, gir det en forståelse av hvordan man skal forholde seg til valg av produkter. Men på grunn av blant annet operasjonsforsterkere i mikrofonforsterkeren, opplevde jeg spesielt en endring i klangen på kontrabassen. Dette har jeg lett for å observere, da jeg har lang erfaring med hvordan mitt eget instrument låter akustisk. Ut ifra forutsetningene, endte vi opp med å bruke en liten prosentandel av studioets potensiale. Der målet er å gjøre opptak av akustisk musikk, viste det seg å være unødvendig, og kanskje ødeleggende med alle de forskjellige lydapparatene som ikke brukes.

### 5.5. Vår evne til å lytte

“The listener or subject is sensitive to many qualities in sound reproduction to a greater or lesser degree, such as non-linear and other distortions, uniformity of frequency response, transient response, colouration and delayed responses, phase, loudness, reverberation, stereo image and the related depth and position perception. The most favourable or strongest subject reaction is understandably produced by wide uniform frequency response, a suitable loudness appropriate to the listening environment and the programme, realistic imaging, minimal transient or delayed resonance colourations and a correct reverberation time.” (Colloms, 1991, s. 396)

Det viser seg at det menneskelige øret er i stand til å oppfatte mikrodetaljer i et lydbilde som ikke er mulig å måle. Forståelse av disse oppfatningene krever erfaring på samme måte som et musikalsk tonalt gehør. Alle mennesker klarer å oppfatte toner som forskjellige, men

## Kapittel 5. Drøfting og refleksjon

uten erfaring eller trening, har man vanskelig for å skille tonene fra hverandre. Dette gjør det vanskelig å sette ord på hvilke toner man hører, og i tillegg gjør det vanskeligere å huske tonene. Folk med absolutt gehør har en tonal hukommelse, som gjør at de kan gjenkjenne frekvenser uten å ha en referansetone. På samme måte er det forskjell på å høre kvaliteter i et komplekst lydbilde. Noen har vanskelig for å skille mellom hvordan forskjellige høyttalere låter, mens noen klarer å skille forskjellene, dersom de kan sammenligne høyttalerne rett etter hverandre. Noen har også en lydbildehukommelse som gjør at man kan lytte på produkter med lang tid mellom hver gang, og fremdeles kunne sammenlikne klangstrukturen til produktene.

På samme måte som man setter navn på intervaller, toner og rytmebevegelser i musikken for å lettere huske og forstå hva som skjer, har man også knagger å plassere elementer på i et lydbilde. Det krever erfaring og trening for å lære seg å skille forskjellene fra de ulike elementene, og i tillegg plassere dem i hukommelsen.

For mange er det en trygghet å ha konkrete målinger som «forklarer» hvordan et lydprodukt låter. Dette kan ofte være fordi man ikke stoler på sitt eget lydbildegehør. Alle mennesker har en formening om hva god lyd er, men mennesker som ikke er bevist på hvorfor det er god lyd, blir ofte «manipulert» av målinger, til å tro at lyden er god dersom målingene er gode. Min erfaring etter å ha hørt mengder lydprodukter, er at målinger «lyver» med hensyn på den totale lydgjengivelsen. Derfor mener jeg at det er viktig å stole på sine egne ører, og godta sine egne bedømmelser av lyden.

### **5.6. Avrunding av kapittelet**

I dette kapittelet har jeg drøftet og reflektert rundt temaene jeg presenterte i kapittel 4. Drøftingene har et utgangspunkt basert på egne meninger, erfaringer og tanker som omfatter en beskrivelse av hva musikk er, og hva som påvirker det. Med disse tankene som grunnlag, hevder jeg at funnene fra kapittel 4 har en vesentlig relevans. I neste kapittel konkluderes det om funnene har en relevans i forhold til å besvare problemstillingen. Det presenteres også anbefalinger og forslag til videre forskning.

## Kapittel 6. Konklusjon

I kapittel 5 reflekterte jeg over funnene fra kapittel 4, med utgangspunkt i egne erfaringer og meninger. I dette kapittelet presenteres eventuelle svar på problemstillingen, og forslag til nye problemstillinger med tanke på videre forskning.

### 6.1. Svar på problemstillingen

Ut ifra innholdet i kapittel 4 og 5, har jeg kommet fram til at følgende hensyn er relevante i forhold til å besvare problemstillingen, altså der målet er å gjenskape en atmosfære av akustiske lyder så identisk som mulig virkeligheten.

1. Minst mulig endringer av lydbølgen forårsaker riktigere gjenskapelse av akustiske lyder.
2. Kompresjon endrer lydbølgen med å jevne ut nivåene på enkeltsinustonen i en kompleks lydbølge. Dette har spesielle påvirkninger på transienter, det generelle dynamikkområdet og klangstrukturen på lydkildene.
3. Dersom man konverterer opptakene til digitale signaler, ønsker man så høyoppløselige konverteringer som mulig, med minst mulig jitter. Jitter er tidsforskyvninger av samplene i det digitale signalet, og forårsaker endringer av lydbølgestrukturen da det konverteres tilbake til et analogt signal.
4. Ved å ha oversikt over hvilke målemetoder som finnes og hvordan de fungerer, kan man lettere reflektere rundt målemetodenes relevans i forhold til å gjengi en kompleks lydbølge.
5. For at man skal gjøre riktige valg i forhold til plassering av mikrofoner og miksing av opptakene i etterkant, er man avhengig av en høyttalerforsterker og monitor med minst mulig lineære og ulineære forvrengninger som endrer lydbølgen.
6. Man må ta hensyn til at induksjonsstabiliseringen i magnetfeltet rundt kablene, og materialets ledeevne gir påvirkninger som påfører endringer av lydbølgen. Disse endringene er forskjellige i forhold til hvilke kabler man bruker. På grunn av mangel på objektive målinger, kan man kun foretrekke en kabel basert på egne meninger.

## Kapittel 6. Konklusjon

Disse hensynene styrker et mål om at bølgen som kommer fra fiolinen, skal være minst mulig ødelagt da den har gått igjennom lydapparatene. Dersom lyden blir ødelagt av forsterkere og høyttalere i studio, fører dette til begrensninger i forhold til styring og oversikt på lyden. Det å vri på knapper for å forsøke å kompensere for, og rette på en allerede ødelagt bølge, fører galt av sted.

### **6.2. Grunnlag for videre forskning**

Etter en lang og omfattende forskningsprosess, har jeg utviklet mitt kompetansefelt i fagområdet. I tillegg har jeg fått en større oversikt over hva som har blitt gjort av tidligere forskninger. Det har tidligere blitt gjort grundige forskningsprosesser med et mål om å presisere viktigheten av målemetoder og faselineære lydprodukter, men mindre forskning som resulterer i nye relevante målemetoder. Derfor hevder jeg at nye problemstillinger til videre forskning bør inneholde et mål om å finne nye og relevante målemetoder for lyd. Målemetoder som påpeker hvordan lydproduktene bearbeider et komplekst musikkstykke, og ikke bare stasjonære signaler som sinustoner og firkantpulser. I tillegg hevder jeg at et fokus på å unngå faseforskyvninger av bølgene, bør prioriteres i større grad, og kan derfor også være et mulig tema for videre forskning.

## Litteraturliste

- Analog Devices. (2009). Op Amp Distortion: HD, THD, THD + N, IMD, SFDR, MTPR (MT-053 TUTORIAL).
- Beranek, L. L. (1954). *Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- Black, H. S. (1934). Stabilized Feedback Amplifiers.
- Colloms, M. (1991). *High performance loudspeakers*. London: Pentech.
- Dalland, O. (2012). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Datamaskin.biz. *Hva er funksjonen av klokkesignal i digital elektronikk*. Lokalisert 10.03.2014, på [http://www.datamaskin.biz/Hardware/ram-cards-motherboards/56301.html#Ux2eyPlDX\\_E](http://www.datamaskin.biz/Hardware/ram-cards-motherboards/56301.html#Ux2eyPlDX_E)
- Dynaudioprofessional. *BM15A*. Lokalisert 17.01.2014, på <http://dynaudioprofessional.com/bm-series/monitors/bm15a/>
- Fantel, H. (1986). *SOUND; AN AMPLIFIER THAT ELIMINATES NEGATIVE FEEDBACK*. Lokalisert 31.03.2014, på <http://www.nytimes.com/1986/08/17/arts/sound-an-amplifier-that-eliminates-negative-feedback.html>
- Grishin, M. (2010). Pulse-Shaping Techniques Theory and Experimental Implementations for Femtosecond Pulses.
- Guttenberg, S. (2012). *The top 10 reasons why music is compressed*. Lokalisert 24.02.2014, på [http://news.cnet.com/8301-13645\\_3-57454451-47/the-top-10-reasons-why-music-is-compressed/](http://news.cnet.com/8301-13645_3-57454451-47/the-top-10-reasons-why-music-is-compressed/)
- Hancock, J. (2004). Jitter—Understanding it, Measuring It, Eliminating It Part 1: Jitter Fundamentals.
- Holm, S. (2007). *Låter vinyl bedre enn CD?* Lokalisert 10.02.2014, på <http://www.forskning.no/artikler/2007/august/1187945764.1>
- Learnabout Electronics. (2013). *Negative Feedback & Gain*. Lokalisert 31.03.2014, på <http://www.learnabout-electronics.org/Amplifiers/amplifiers31.php>
- NRK. (2012). *Jazz på svenska* Lokalisert 24.02.2014, på [http://www.nrk.no/kanal/nrk\\_jazz/1.8014752](http://www.nrk.no/kanal/nrk_jazz/1.8014752)
- Otala, M. (1977). The Theory of Transient Intermodulation Distortion.
- Otala, M. & Leinonen, E. (1976). *Possible methods for the measurement of transient intermodulation distortion* (Vol. 16). Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Pass, N. (2004). Current Source Crossover Filters.
- Recording History. *Overview History of the Technologies for Recording Music and Sound*. Lokalisert 21.02.2014, på <http://www.recording-history.org/HTML/musictech1.php>
- Riis, O. (2013a). *8.2*. Lokalisert 02.04.2014, på <http://www.hifi4all.dk/brugeranm/Anmeldelse.asp?Kat=1&id=272&titel=8.2>
- Riis, O. (2013b). *61*. Lokalisert 04.04.2014, på <http://www.hifi4all.dk/brugeranm/anmeldelse.asp?Kat=7&id=265&titel=61>
- Surrountec. (2011). *The concept of our time and phase coherent 2 and 3way loudspeaker systems* Lokalisert 02.04.2014, på <http://surrountec.com/surrounTec-prinzip.html>
- Temme, S. (1992). Audio Distortion Measurements.

- Trex, E. (2011). *Muzak History: The Background Story on Background Music*. Lokalisert 27.02.2014, på <http://mentalfloss.com/article/28274/muzak-history-background-story-background-music>
- Troisi Design Limited. (2000). Jitter effects on Analog to Digital and Digital to Analog Converters.
- Wennerberg, K. O. (2013). *Elektroakustisk trommesett i sanntid*. Kristiansand: K.O. Wennerberg.
- Wikipedia. (2014a). *Dynamic range compression* Lokalisert 24.02.2014, på [http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_range\\_compression](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_range_compression)
- Wikipedia. (2014b). *Marin Mersenne*. Lokalisert 21.02.2014, på [http://en.wikipedia.org/wiki/Marin\\_Mersenne](http://en.wikipedia.org/wiki/Marin_Mersenne)



# Vedlegg

## CD-plate

### **Spor 1: Sacred Lands intro**

Komposisjon:	Espen Grundetjern
Musiker:	Espen Grundetjern (kontrabass)
Varighet:	05 minutter og 23 sekunder
Teknisk assistanse:	Knut Øystein Lauvland
Lydtekniker og mix:	Espen Grundetjern
Innspillingslokale:	Sal 1 i Sigurd Kønns hus ved Universitetet i Agder, mars 2014

### **Spor 2: Sacred Lands**

Komposisjon:	Espen Grundetjern
Musikere:	Thomas Edvardsen (flygel), Kristoffer Tokle (slagverk) og Espen Grundetjern (kontrabass)
Varighet:	08 minutter og 05 sekunder
Teknisk assistanse:	Knut Øystein Lauvland
Lydtekniker og mix:	Espen Grundetjern
Innspillingslokale:	Studio A i Sigurd Kønns hus ved Universitetet i Agder, mars 2014

### **Spor 3: The Mixmaster**

Komposisjon:	Espen Grundetjern
Musikere:	Trygve Rypestøl (tenorsaksofon), Thomas Edvardsen (flygel), Kristoffer Tokle (slagverk) og Espen Grundetjern (kontrabass)
Varighet:	09 minutter og 11 sekunder
Teknisk assistanse:	Knut Øystein Lauvland
Lydtekniker og mix:	Espen Grundetjern
Innspillingslokale:	Sal 1 i Sigurd Kønns hus ved Universitetet i Agder, mars 2014

**Total spilletid: 22 minutter og 39 sekunder**