

MMT205

Lydproduksjon

Forelesning 3

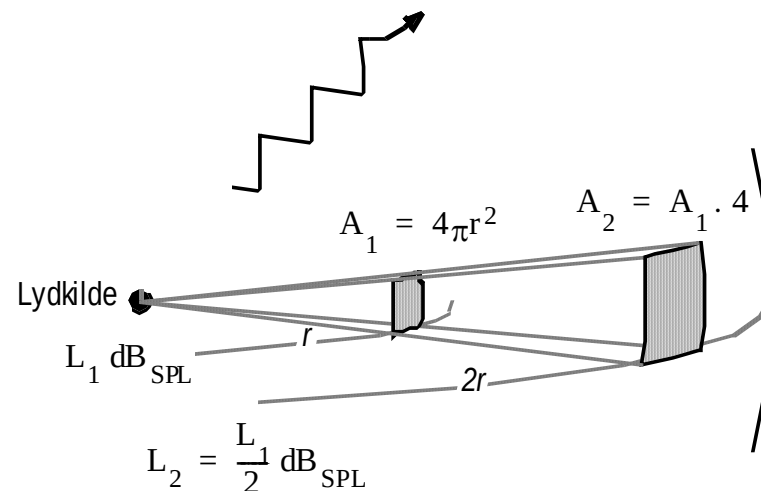
Lydutbredelse, Oppfattelse av retning
og rom, dimensjoner i lydbildet

F3 - Agenda

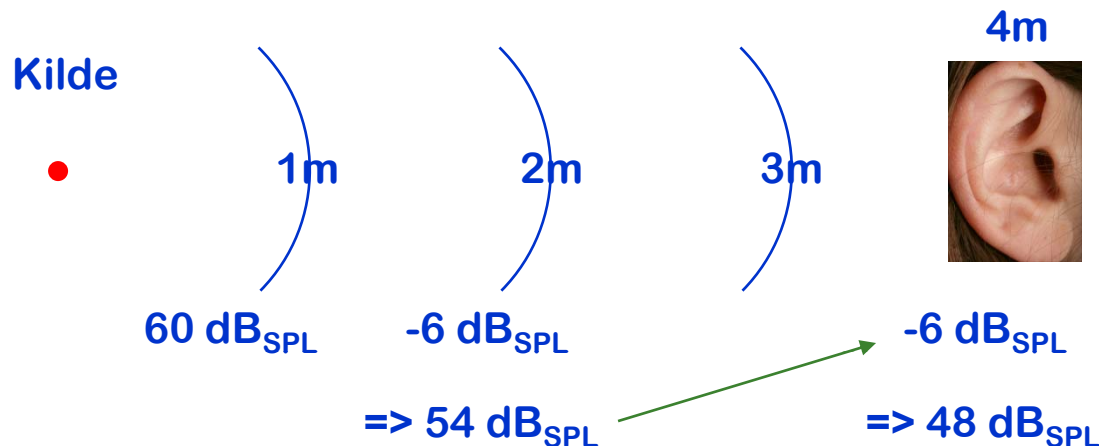
- Lydutbredelse
 - Frifelt
 - Avstandsregelen
 - Miljøeffekter
- Lyd mot objekter/grenseflater
- Lyd innendørs
- Etterklangstid og absorpsjon
- Direktelyd og diffuslyd
- De tre lydfeltene
- Lokalisering
- Dimensjoner i lydbildet

Lydutbredelse

- Hvordan brer lyd seg utover?
- I utgangspunktet:
 - Lydkilder sees på som kulekilder.
 - Antar ingen hindringer for lyden. (Frifelt, utendørs...)
- Lydeffekten må fordeles over en stadig større kuleflate når den brer seg utover.
- Huskeregel: Lydtrykksnivået i dB_{SPL} reduseres med 6 dB for hver dobling av avstand fra kilde til mottaker (øre, mikrofon etc.)



Avstandsregelen fortsatt...



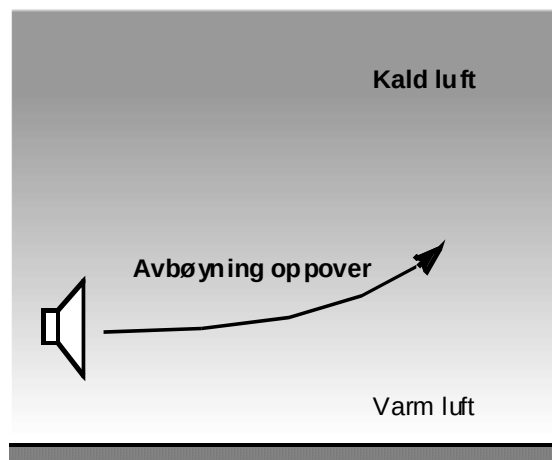
- Ved flere 'doblinger' av avstanden kan vi legge sammen tilsvarende antall -6 dB – dempingen.
- Alternativt kan vi bruke den eksakte avstandsformelen:

$$\text{Demping i dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)$$

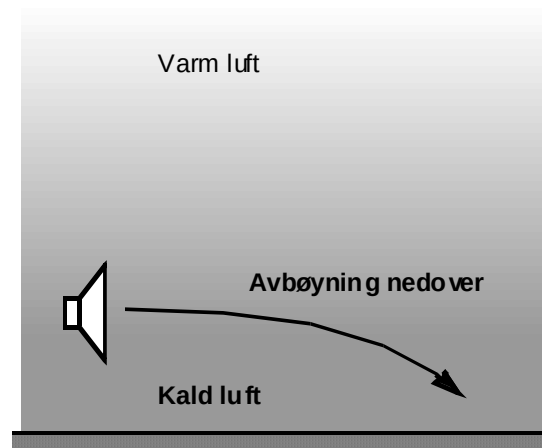
- d_1 og d_2 er de to avstandene.
- negativt svar dersom $d_1 < d_2$
- positivt dersom $d_2 < d_1$

Miljøeffekter på lyd

- Temperaturforskjeller i uteluft gir avbøyning mot den kaldeste luften:



Typisk ut på dagen på sommeren



Typisk på morgenen

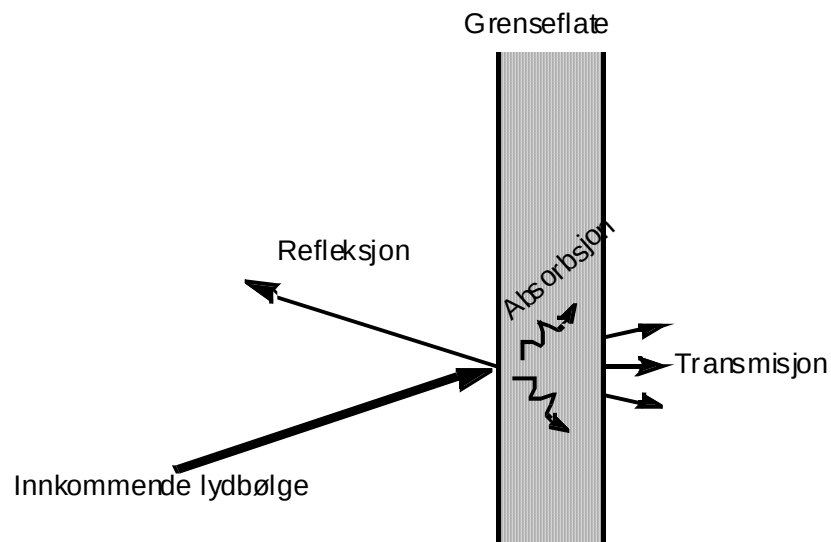
- (Skyldes at lyden går fortere i varmere luft.)

Miljøeffekter på lyd (II)

- Tørr luft absorberer (demper) lyd mye mer enn fuktig luft. (Jfr. tåkelur over havet...)
- Høge frekvenser (særlig over 2 kHz) dempes mye mer over avstand i luft enn lave frekvenser.
- Disse effektene kommer i tillegg til avstandsloven.

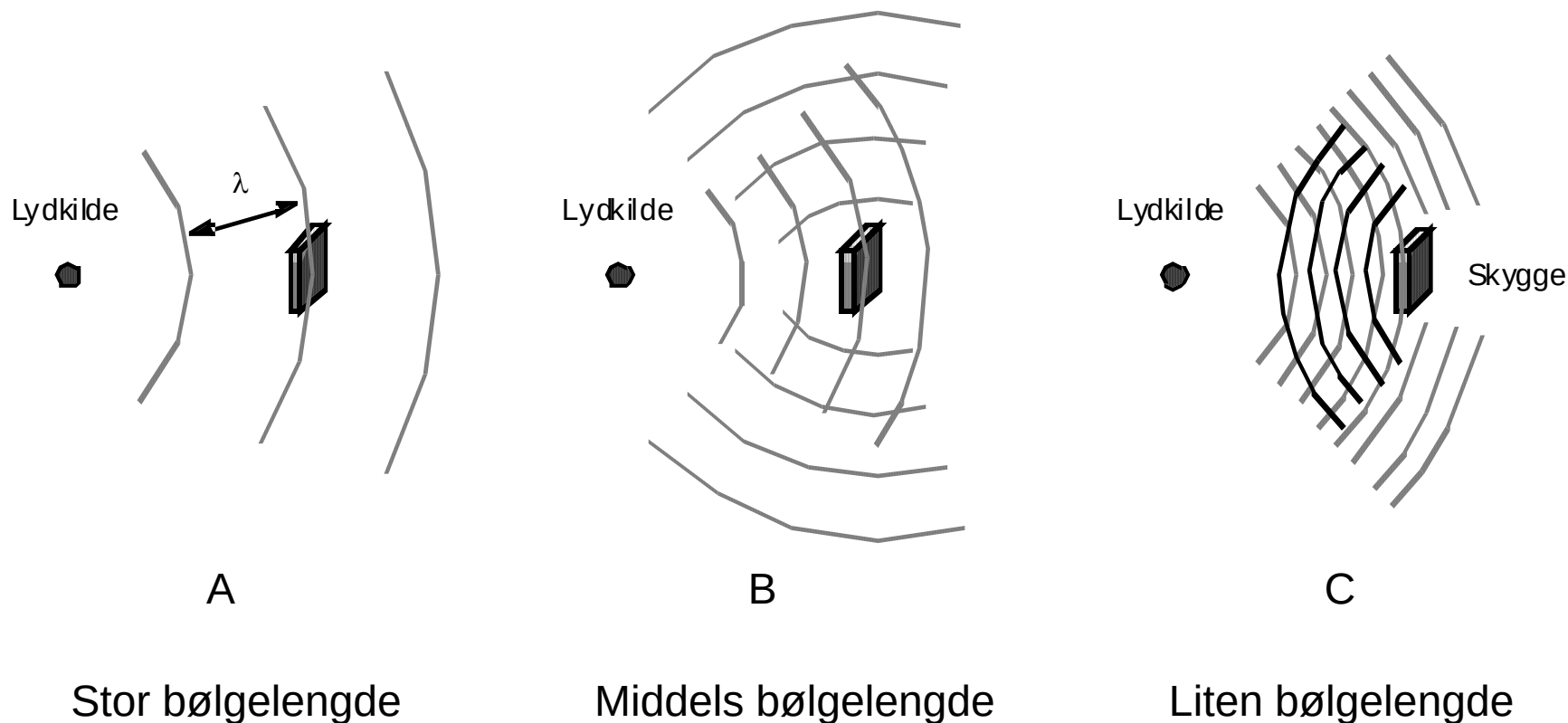
Lydutbredelse og fysiske hindringer

- Når lyd i luft treffer et fysisk objekt, skjer oftest flere ting (avhengig av bølgelende/frekvens):
 - Absorpsjon (opptak av lydenergi i objektet, lyden blir 'borte')
 - Refleksjon (lydbølgen kastes tilbake etter speilprinsippet)
 - Transmisjon (lyden går gjennom objektet)



Lyd og hindringer

- Forholdet bølgelende og hindringens størrelse avgjør:



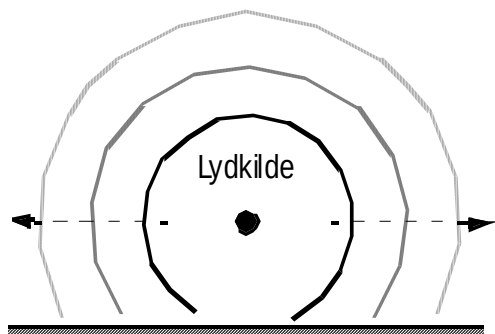
Lyd og hindringer (II)

1. Hindringer mindre enn lydens bølgelengde påvirker ikke lyden.
 2. Hindringer større enn lydens bølgelengde fører til refleksjoner av lyden og dødrom bak hindringen.
 3. Hindringer med ca samme størrelse som bølgelengden gir begge deler...
 4. Hindringer/objekter kan brukes aktivt i rom til å spre lyden og hindre stående bølger etc.
 5. Absorberende objekter kan i tillegg bedre klangforholdene i rommet.
-

Lyd innendørs

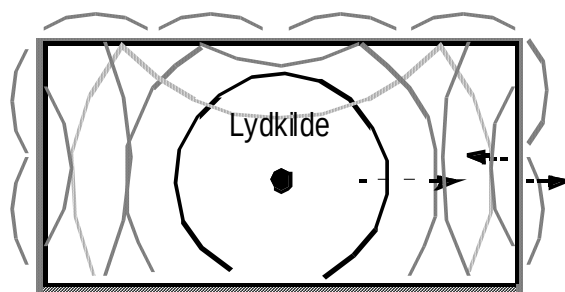
- Veggene kan 'hjelpe' oss når vi snakker. Refleksjon samler lyden i rommet, og den sprer seg derfor mer jevnt ut rundt lydkilden.

Frifelt utstråling



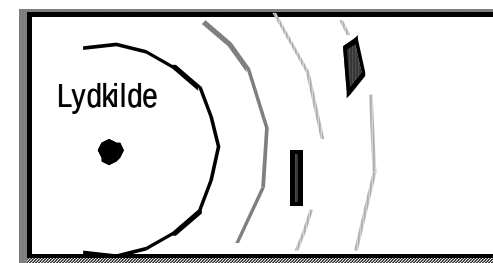
Demping: 'Invers-kvadrat-loven'

Innendørs utstråling



Fenomener: Refleksjon
Absorpsjon
Transmisjon

Utbredelse rundt hindringer



Fenomener: Difraksjon
Interferens

Lydkilde inne starter:

- Først spres lyden til alle kanter, ligner frifeltsforhold (ute)
- Lydbølgene treffer veggene (den nærmeste først)
- Noe av bølgene reflekteres
- Reflekterte bølger vandrer til neste vegg (og passerer ofte den opprinnelige lydkilden)
- Ny refleksjon, ny vandring til neste hindring
- For hver refleksjon svekkes bølgen noe pga
 - Absorpsjon
 - Transmisjon
- Rommet fylles raskt opp av reflekterte bølger som passerer i kryss og tvers...
- Gir økt lydtrykksnivå i forhold til tilsvarende kilde utendørs

Absorpsjonsfaktoren, α

- Flere ting påvirker forløpet av refleksjoner i rommet.
- Mest sentrale størrelse: **Absorpsjonsfaktoren, α**
- α angir hvor stor andel av lyden som absorberes av en flate:
 - Flate som absorberer all innkommende lyd har $\alpha = 1$
 - Flate som reflekterer all innkommende lyd har $\alpha = 0$
 - Normale materialer har α et sted mellom 0 og 1.
- Eks: En lyd som treffer ei flate med $\alpha = 0,15$ blir redusert med 15 % når den kastes tilbake, dvs 85 % av lyden reflekteres ut i rommet igjen.

Eksempler på noen materials α

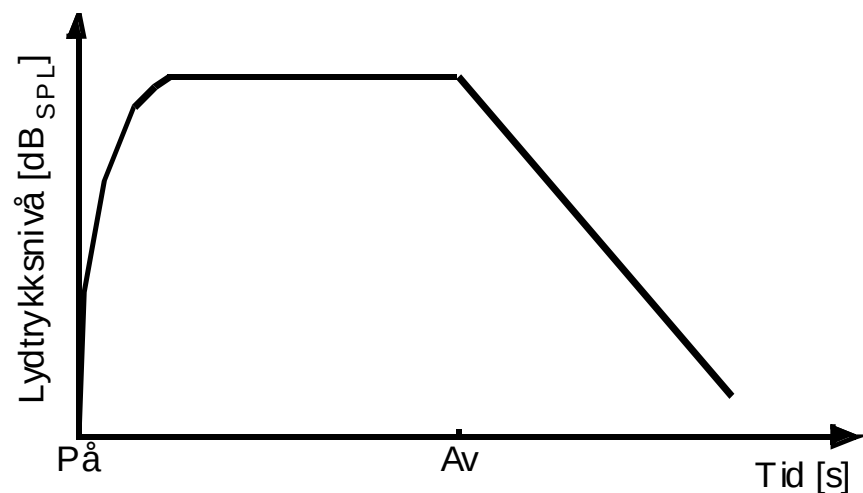
Materiale	125 Hz	1kHz	4kHz
Umalt mursteinsvegg	0,02	0,04	0,07
Murgolv	0,01	0,02	0,03
Parkett	0,09	0,08	0,1
Gardiner/stoff-draperinger (bomull)	0,07	0,8	0,5
Akustiske dempeplater	0,25	0,7	0,65
Besatte seter i konsertsal	0,5	0,95	0,85
Polstrede seter i konsertsal og hardt golv	0,45	0,9	0,7

Innendørs lydfelt

- Tenker oss følgende eksperiment:
 - Lydkilde i midten av rom slås på, lyden brer seg til alle kanter
 - Ved treff mot veggene *absorberes* noe, mens noe *reflekteres*.
 - Etter en viss tid vil rommet være 'fylt' av lydbølger i tilfeldige retninger.
 - Likevekt oppstår slik at energien lydkilden *tilfører* tilsvarer energien som *absorberes/forsviner*.
 - Statistisk er lydnivået det samme overalt i rommet, unntatt nært kilden.
 - Kilden skrus av.
 - De gjenværende lydbølgene fortsetter å sprette mellom veggene inntil all energi er *absorbert*.
 - Tiden det tar fra kilden skrus av til lyden er dødd ut, kalles rommets **etterklangstid**.

Innendørs lydfelt (II)

- Lydnivået ute i rommet får følgende tidsforløp:



Etterklangstid, T_{60}

- Etterklangstiden (reverberation time) er en av de viktigste faktorene når vi skal beskrive akustikken i et rom:
- Etterklangstiden, T_{60} er tiden det tar for lydenergien i et rom å avta med 60 dB fra kilden stoppet.
- T_{60} kan
 - måles med spesielt måleutstyr (gjerne PC-basert)
 - beregnes med f.eks. Sabines formel

Sabines formel

$$T_{60} = \frac{0,163 \cdot V}{S \cdot \bar{\alpha}}$$

V: Volumet av rommet

S: Summen av arealene veggene, taket og golvet

$\bar{\alpha}$ = gjennomsnittlig absorpsjon i rommet

- Gjennomsnittsabsorpsjon i rommet:
 - Beregnes ved å gange α_i for hver flate med tilhørende areal S_i .
 - Disse resultatene legges sammen og deles på summen av alle arealene.

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_i (\alpha_i \cdot S_i)}{\sum_i S_i}$$

Etterklangstid fortsatt...

- I dagligtale brukes begrepet *akustikk* om lydegenskapene til et rom.
- Da menes i hovedsak etterklangstiden
- Etterklangstiden, T_{60} har stor betydning for bruken av et rom:
 - Svært kort (tørt) T_{60} :
 - Trykkende, dårlig til akustisk musikk, tale blir tydelig men rekker kort, ok for forsterket musikk
 - Kort til middels T_{60} :
 - Behagelig, naturlig, egnet til tale og musikk
 - Lang (bløt) T_{60} : Oppfattbarhet av tale blir dårlig, svak akustisk musikk kan gå greit, mens forsterket musikk mister presisjon og detaljer.

Håndregler om etterklangstid

- Gitt konstant absorpsjon: Økt volum øker etterklangstiden.
- Så lenge totalabsorpsjonen er konstant, spiller det ingen rolle *hvor* de absorberende materialet befinner seg i rommet.
- Økt mengde absorberende materialer gir redusert etterklangstid.

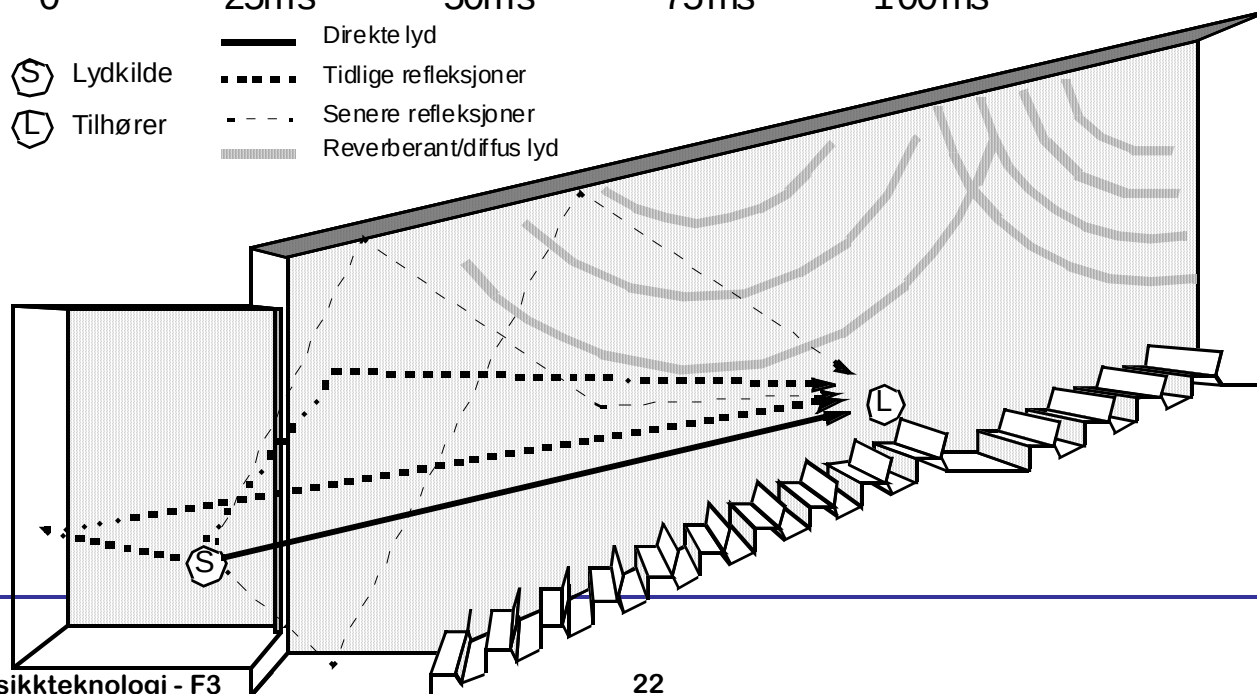
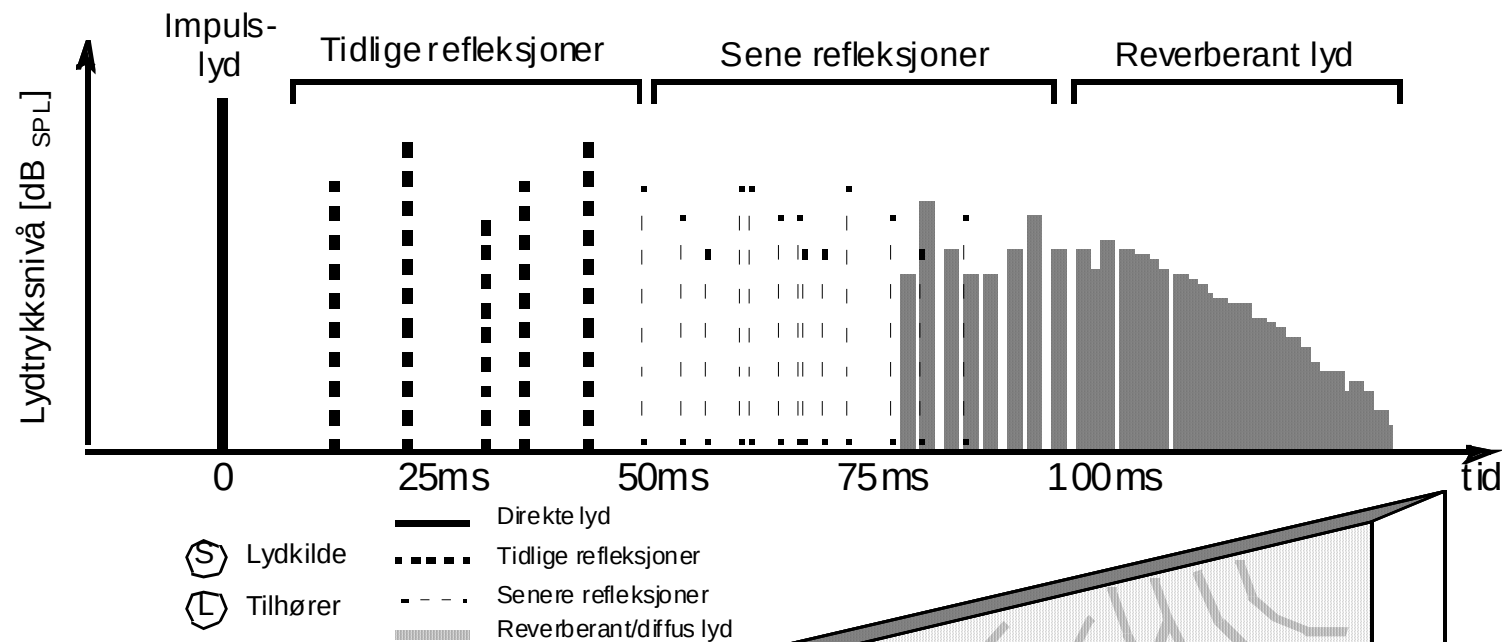
Direktelyd og diffuslyd

- Definerer to uttrykk:
- Direktelydfeltet:
Området hvor direktelyden fra kilden dominerer (nært kilden)
Direktelyden avtar i følge samme lov som for utendørslyd
- Diffusfeltet:
Områdene i rommet hvor de reflekterte lydbølgene dominerer
- Vi hører summen av disse, men vår plass i rommet bestemmer hvilken lyd som dominerer.

Direktelyd og diffuslyd fortsatt

- Når en lyd genereres i et rom:
 - Noe treffer lytteren direkte 'Direktelyd'
 - Mesteparten går ut i rommet, treffer vegger tak etc. og reflekteres (avh. av abs.faktor).
Noe av dette treffer lytteren ganske tidlig. 'Tidlige refleksjoner'
 - Resten spretter flere ganger mellom rom flatene og når lytteren etter hvert. Diffus-felt
- Tidsaspektet er også viktig:
- Den første lyden som treffer ørene våre er viktig mhp vår oppfattelse av denne. Dette er normalt direktelyden.
- Hvor lenge det tar før de neste refleksjonene og til slutt diffuslyden når ørene våre bestemmer hvordan vi opplever 'romligheten' til lyden.

Tre lydfeltstyper i rom



De tre lydfeltene fortsatt...

- Direktelyden bestemmer vår oppfattelse av lydkildens størrelse, lokalisering og klangfarge.
- De tidlige refleksjonene kommer gjerne innen 50 ms etter direktelyden. Disse gir oss den primære oppfattelsen av rommets størrelse og akustiske egenskaper. Stort rom => lengre forsinkelse.
- Tidlige refleksjoner oppfattes ikke som egne lyder, men fusjoneres med oppfattelsen av direktelyden.
- Dersom de 'tidlige refleksjonene' kommer senere vil vi etter hvert synes vi hører ekko. Dette kan virke forstyrrende på vår oppfattelse, men kan også brukes bevisst i et lyddesign.

De tre lydfeltene fortsatt...

- Lyder som når lytteren etter 50 ms har gjerne gjennomgått mange refleksjoner og kommer derfor som en tilnærmet sammenhengende skur av noe svekkede ekko (diffus-feltet).
- Diffus-feltets varighet kalles etterklangstid eller decay-time/reverbtime.
- Denne tiden bestemmer vår oppfattelse av rommets egenskaper mhp tørt, middels eller vått rom, dvs. absorpsjonsegenskapene.
- Styrkeforholdet mellom direktelyden og diffuslyden betyr svært mye for oppfattbarhet av tale og musikkdetaljer.
- Mange etterklangsenheter i f.eks. ProTools gir mulighet til selv å manipulere på disse størrelsene: Early reflections, reverb time etc. Slik kan romfølelsen i en produksjon designes direkte.

Lokalisering (binaural hørsel)

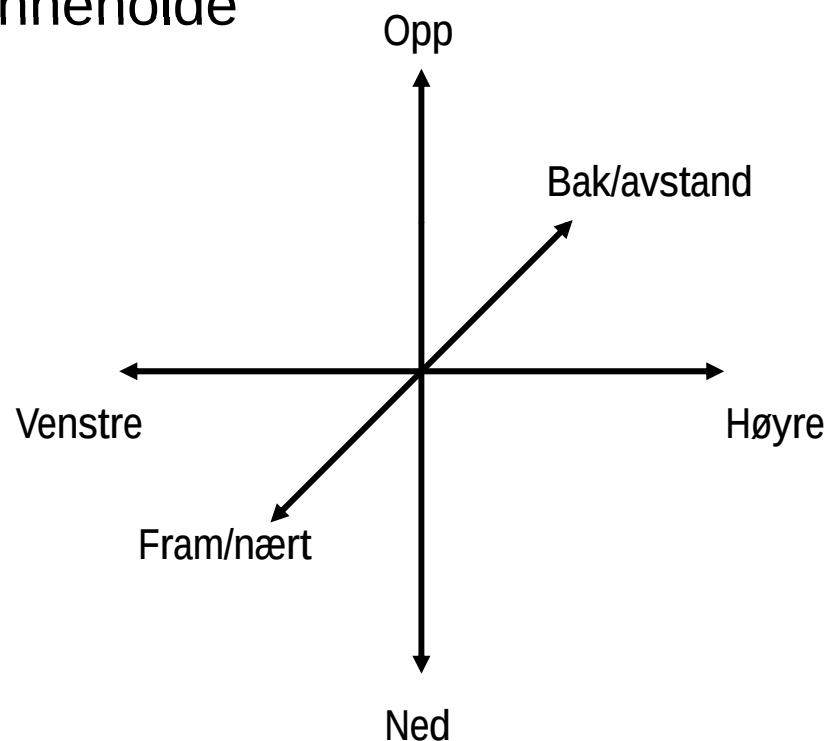
- To ører gir mange fordeler:
 - Lokaliseringsevne (hvor lyden kommer fra)
 - Støyundertrykking
 - Redusert maskering
- Lokalisering skjer ved disse tre mekanismene:
 - Forskjellig hørestyrke på de to ørene, skyggeeffekten av hodet – fungerer dårlig for lave frekvenser
 - Forsinket lyd for øret lengst unna – fungerer for alle frekvenser
 - Effekten av det ytre øret (pinna) – spesielt i forhold til retningene opp/ned og foran/bak.

Lokalisering og stereo (panorering)

- To like lydkilder gir virtuell lydkilde midt mellom.
- Vanlig panorering: Ulik styrke på de to høytalerne:
Gir forflytning av den virtuelle kilden,
- Lokalisering ved Haas-effekten: Liten tidsforsinkelse
av den ene høytaleren: Flytter den virtuelle kilden
mot den første lyden.
- Forsinkelser over 50 ms gir ekkovirkning.

Dimensjoner i lydbildet

- Når lyd produseres for stereo gjengivelse tenker en likevel at lydbildet kan inneholde tre dimensjoner:
 - Bredde
 - Høyde
 - Dybde
- Plasser ulike instrumenter /stemmer i en produksjon på ulike steder i dette 3-dimensjonale rommet.
 - Adskillelse, tydeliggjør musikken
 - Effekt, stemningsskapende

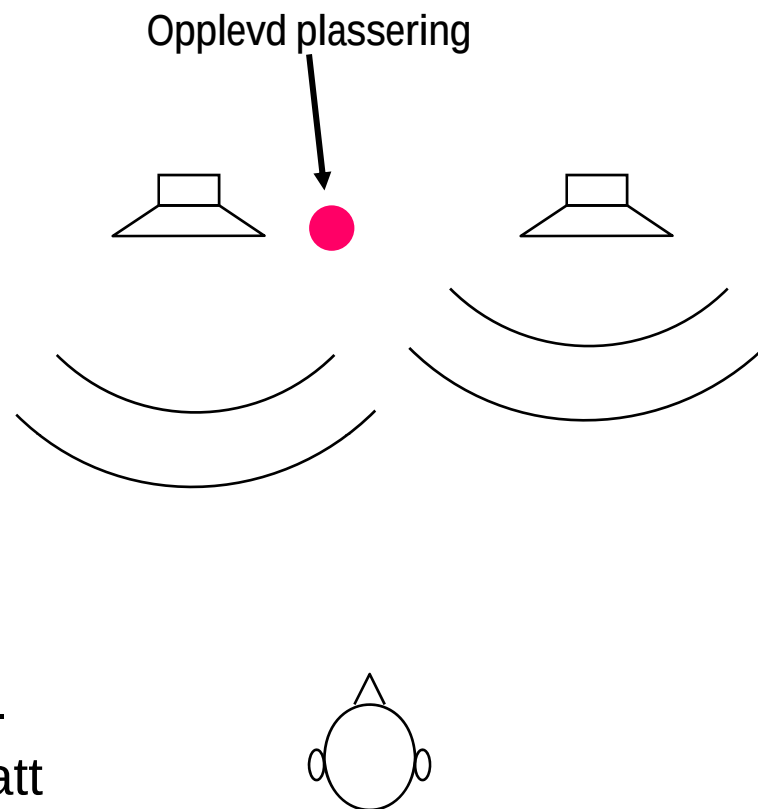


Hvordan styre plasseringen?

- Breddeplassering:
 - Panorering: Ulike styrkenivåer på de to stereokanalene
 - Tidsforsinkelse (Haas-effekten) mellom kanalene.
- Høydeplassering:
 - Klangfarge/spektrum med høye frekvenser oppleves 'høyt'
 - Klangfarge med lave frekvenser oppleves 'lavt'
- Dybdeplassering:
 - Etterklangsdesignet avgjør mest: 'Ambient'-preg, dvs. diffuslyd mer dominerende enn direktelyd gir avstand. Mye klang gir generelt inntrykk av større avstand til kilden.
 - Sterkere diskant (i f.eks. vokal) gir nærhetsfølelse.

Haaseffekten

- To kilder med samme signal. Det ene signalet forsinkes litt i forhold til det andre.
 - 0 – 10 ms: Lokalisering flytter seg vekk fra delay-høytaleren
 - 10 – 30 ms: Delay-høytaleren høres ikke, men 'sterkere' lyd og mer liv i den!
 - 30 – 50 ms: Merkbart lyd fra delay-høytaleren, men lokalisering fortsatt i den andre.
 - > 50 ms: Delay-høytaleren oppfattes som ekko.



Dobling

- Ved å kopiere en lyd, for deretter å spille den av 4 – 20 ms etter originalen, tror hjernen at den hører to ulike lydkilder.
- Kalles dobling, brukt til å forstørre f.eks. vokal.
- ABBA?