



Sections > Acoustics >

[Home](#) [Education](#) [Research](#) [Facilities/Equipment](#) [Staff & Job](#) [About](#)

## Lidt om lyd - uden formler

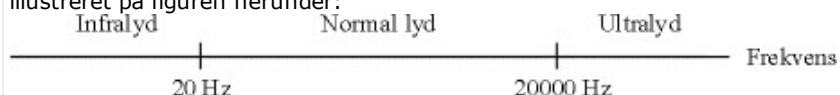
### 1. Hvad er lyd?

Lyd er ganske små svingninger i lufttrykket, op og ned omkring atmosfærens tryk. Og små skal virkelig tages bogstaveligt. Selv for en lyd, der er så kraftig, at man skal bruge høreværn, svinger trykket kun ca. en hundredetusindedel af atmosfæretrykket. Altså svingninger op og ned mellem 0,99999 og 1,00001 gange atmosfæretrykket. Den svageste lyd vi kan høre, er på 0,0000000002 gange atmosfæretrykket.

### 2. Frekvenser

Lydens tonehøjde er bestemt af, hvor hurtige svingningerne er. Man kalder det lydens frekvens, og den måles i Hertz, som forkortes Hz. Dybe toner har lave frekvenser (få Hz), høje toner har høje frekvenser (mange Hz). De fleste lyde ligger mellem 20 Hz og 20000 Hz. Nogle gange kalder man det for "det hørbare område". Udtrykket er dog ikke særlig velvalgt, fordi man faktisk godt kan høre frekvenser under 20 Hz, medens det er de færreste mennesker, der kan høre frekvenser helt op til 20000 Hz.

Lyd med frekvenser over 20000 Hz kaldes *ultralyd*, og lyd med frekvenser under 20 Hz kaldes *infralyd*. Dette er illustreret på figuren herunder:



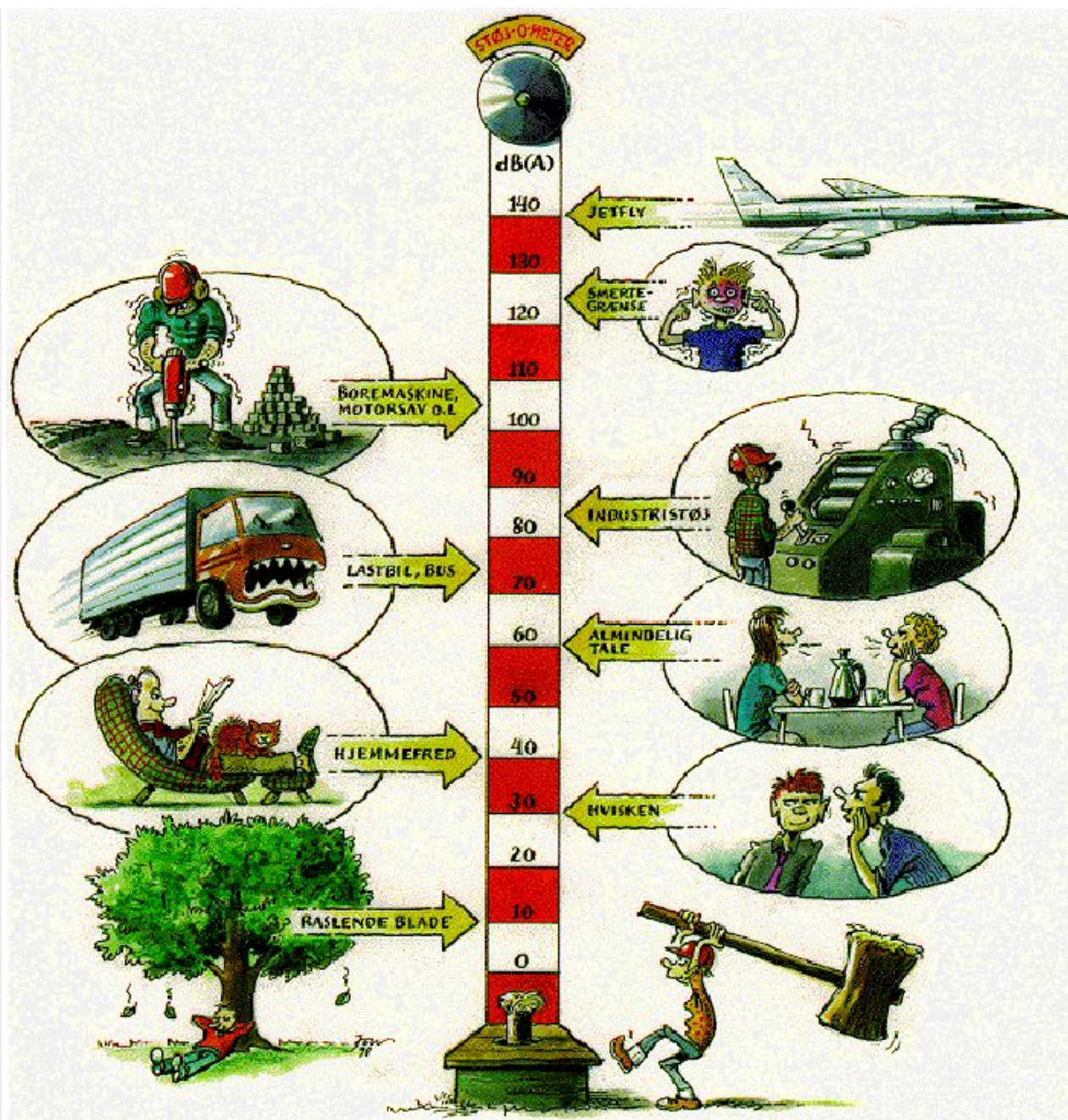
Lavfrekvente lyde er bastoner eller dybe buldrende lyde med frekvenser fra 20 Hz til ca. 200 Hz. Højfrekvente lyde er diskanttoner eller høje skingre lyde med frekvenser fra ca. 2000 Hz til 20000 Hz. Imellem de højfrekvente og lavfrekvente lyde har man mellemtonerne, hvor almindelig tale blandt andet er placeret.

### 3. Lydtryk og lydtryksniveau

Lydtrykket beskriver lydens fysiske styrke, altså om den er kraftig eller svag. Måleenheden for lydtryk er Pascal - ligesom for barometerstanden. Pascal forkortes Pa. Den svageste hørbare lyd er cirka 0,00002 Pa og en meget kraftig lyd er f.eks. 20 Pa.

Det er besværligt at arbejde med lydtryk i Pascal på grund af de store forskelle i værdierne for kraftige og svage lyde. I stedet bruger man i praksis *lydtryksniveau*, som måles i enheden decibel (dB). De to eksempler vil omregnet til lydtryksniveau være 0 dB for den svageste hørbare lyd og 120 dB for den kraftige lyd.

Decibel skalaen er logaritmisk, og som en ekstra fordel, passer den bedre til vores opfattelse af lyd end den lineære Pascal skala. Som en tommelfingerregel kan man lige netop høre forskel i styrken på to lyde, hvis de har en forskel på 1 dB. En forskel på 3 dB er tydeligt hørbar, og hvis to lyde har en forskel på 10 dB, vil den ene lyde omtrent dobbelt så kraftig som den anden.

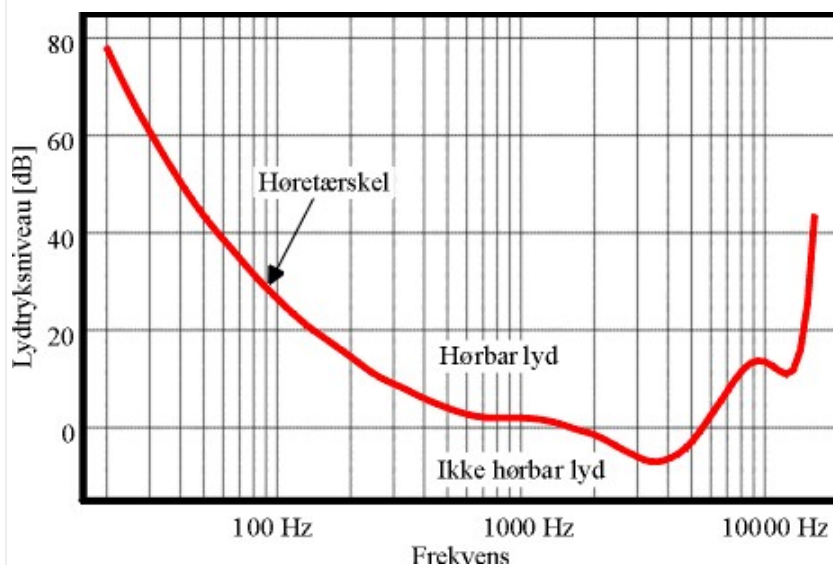


#### 4. Den menneskelige hørelse

Den menneskelige hørelse er ikke lige god til at opfange lyde med forskellige frekvenser. Lavfrekvente lyde skal generelt være kraftigere end mellem- og højfrekvente lyde, før de bliver hørbare.

Man har undersøgt menneskers følsomhed overfor forskellige frekvenser ved at bestemme høretærsklen (dvs. grænsen for, hvor svage toner vi kan høre). Der findes en standard over høretærsklen for 18-25 årige normalthørende personer. Den er vist i figuren.





Det ses, at omkring 1000 Hz er høretærskelen tæt ved 0 dB. Ved lidt højere frekvenser er tærskelen lavere, altså hører vi bedre ved disse frekvenser. Lad dig ikke distrahere af, at dB-værdierne kan blive negative. Der er ikke tale om "negativ lyd" eller "anti-lyd", men lydens styrke er blot svagere end det vi benævner som 0 på en logaritmisk akse. Ved høje frekvenser stiger kurven kraftigt, svarende til, at vi har svært ved at høre disse toner. Også ved lave frekvenser stiger tærskelen, altså hører vi dårligere her.

Høreevnen og dermed høretærskelen varierer fra person til person. Den standardiserede tærskel er beregnet som et gennemsnit over mange mennesker, og derfor vil nogle høre bedre og andre ringere. De fleste normalthørende ligger indenfor et interval på  $\pm 5$  dB, altså fra 5 dB under kurven til 5 dB over kurven. Allerede fra man er i tyverne, begynder hørelsen dog at forringes, og det går først og fremmest ud over evnen til at høre de høje frekvenser.

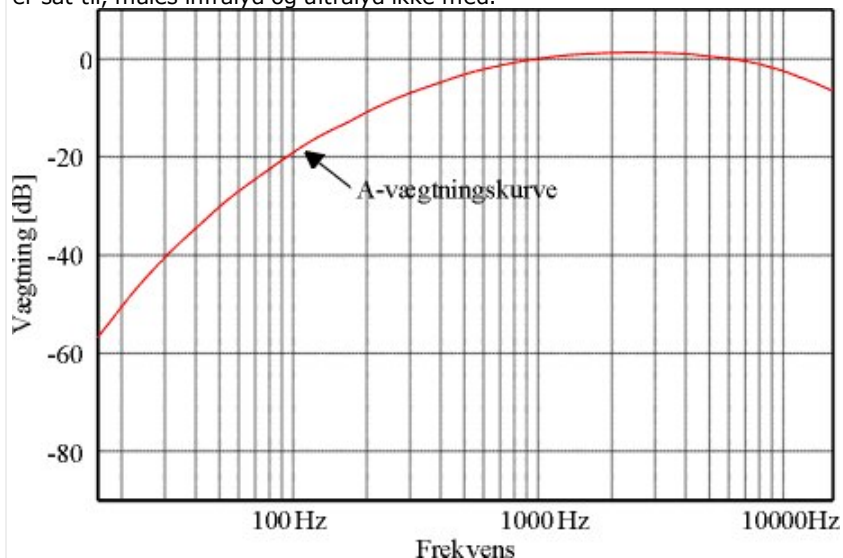
## 5. Frekvensvægtning ved støjmåling

Når man laver støjmålinger, vil man gerne have, at resultatet passer med, hvordan vi opfatter lyden. Det er derfor nødvendigt at tage højde for, at vi ikke hører alle toner lige godt.

Den tekniske løsning på problemet er at indsætte et lille filter, et såkaldt A-vægtningsfilter, i måleinstrumentet.

Filteret dæmper de lave og høje frekvenser tilpas meget og lader mellemtonerne passere næsten uhindret.

Frekvenskurven for et A-vægtningsfilter ses på grafen herunder. I grove træk har A-kurven det omvendte forløb af høretærsklen. Når man indskyder A-vægtningsfilteret i måleinstrumentet, kalder man resultatet for det A-vægtede lydtryksniveau, og man angiver enheden som dB(A). Langt de fleste støjmålinger laves med A-filteret. Når A-filteret er sat til, måles infralyd og ultralyd ikke med.



## 6. Udbredelse af lyd

Lyden udbreder sig i luften som bølger. Bølgerne er selvfølgelig ikke synlige for os, men lyden udbreder sig efter samme principper som ringe i vandet, hvis man kaster en sten i en stille sø. Lyden udbreder sig i luft med en hastighed på cirka 340 meter pr. sekund svarende til omkring 1220 kilometer i timen.

At lyd ikke udbreder sig uendelig hurtigt, illustreres bedst med et lyn i tordenvejr. Hvis der kommer et lyn 1 kilometer væk fra det sted, hvor man står, vil man se glimtet næsten øjeblikkeligt, fordi lys udbreder sig meget hurtigt.

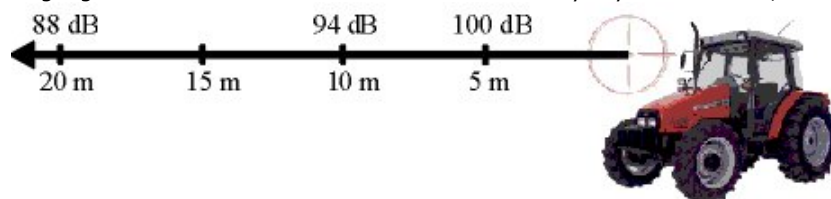
Derimod vil lyden, dvs. braget, være forsinket cirka 3 sekunder (1.000 m divideret med 340 meter pr. sekund).

Derfor kan man beregne, hvor langt tordenvejret er væk, ved at tælle sekunder; man deler så antallet af sekunder med 3 for at få, hvor mange kilometer, lynet er væk.

## 7. Lydudbredelse udendørs

Lyd udbreder sig forskelligt afhængigt af omgivelserne. I forbindelse med lydudbredelse udendørs kan vi betragte et

simpelt eksempel: en traktor, der kører på en flad mark. Støjen fra motoren vil i dette tilfælde udbrede sig over marken og langt væk. Der er kun ganske få forstyrrende ting i vejen for, at lyden kan udbrede sig (f.eks. træer, diger og køer). I denne situation vil lydens styrke aftage med afstanden til traktoren. Mere præcist vil lydtrykket blive halveret, hver gang afstanden til traktoren bliver fordoblet. Når lydtrykket halveres, svarer det til, at lydtryksniveauet



falder 6 dB.

## 8. Lyddudbredelse indendørs

Den simple lyddudbredelse, som eksisterer udendørs gælder ikke indendørs. Årsagen er, at lydbølger bliver forhindret, når de møder f.eks. en væg eller et loft. En væg vil reflektere lydbølgen lidt på samme måde, som et spejl reflekterer en lysstråle. Lydbølger reflekteres dog ikke fuldstændigt, og der forekommer en kombination af 3 fænomener:

**Transmission:** En lille del af lyden bliver transmitteret igennem væggen. Det kendes fra nabostøj i etageejendomme. Generelt vil en tung og tyk væg af f.eks. mursten være god til at forhindre lydtransmission. Modsat vil en let og tynd væg af f.eks. gips ikke være så god til at forhindre transmission.

**Absorption:** Afhængigt af overfladen vil en del af lyden blive absorberet eller "opslugt" af overfladen og omsat til varmeenergi. Tykke gulvtæpper, gardiner, rockwool og andre bløde materialer er specielt gode til at absorbere lyd. Modsat vil en malet betonvæg eller en pudset murstensvæg ikke absorbere ret meget lyd. Nogle har forsøgt at sætte æggebakker på vægge og lofter for at absorbere lyden, men det virker ikke særlig godt.

**Reflektion:** Den del af lyden, som ikke transmitteres eller absorberes vil blive reflekteret. Det vil sige, at den kastes tilbage i rummet igen og blander sig med den øvrige lyd i rummet.

Når en lyd bliver reflekteret, vil den fortsætte ud i rummet, indtil den igen rammer en flade og bliver transmitteret, absorberet og reflekteret. Dette foregår et stort antal gange, og efterhånden vil lyden være dæmpet så meget, at den ikke længere kan høres. Jo længere lyden er om at dø ud, jo længere er rummets såkaldte *efterklangstid*.

## 9. Tidsmidling ved støjmåling

Når man skal måle lyd, måler man i princippet størrelsen af trykssvingningerne omkring barometerstanden. Da svingningerne sker et stort antal gange i sekundet (svarende til frekvensen), fornemmer vores ører ikke de enkelte svingninger, men derimod netto-resultatet, som udgøres af mange svingninger. Støjmåleinstrumenter virker i princippet på en tilsvarende måde. Lydtryksniveauet af en støj bliver bestemt ud fra gennemsnittet indenfor et tidsrum. Man vælger varigheden tidsrummet alt afhængigt af, hvad man vil undersøge ved målingen.

Ønsker man f.eks. at bestemme støjbelastningen for en arbejder på en støjende arbejdsplads for at vurdere risikoen for høreskader, vælger man som regel et måleinterval på 8 timer. Herved fås en gennemsnitsværdi af støjen for en arbejdsdag udtrykt i et enkelt tal. Hvis der er en periode med kraftig støj, kan den opvejes af en periode med mindre støj, hvilket hænger udmærket sammen med risikoen for høreskader. Den er nemlig afhængig af både støjniveauet og varigheden. Man bruger også tit målinger over lang tid, for eksempel et døgn, når man måler trafikstøj.

Når man måler gennemsnitsværdier over relativt lange måleintervaller kaldes resultatet for det ækvivalente lydtryksniveau, og det angives med betegnelsen  $L_{eq}$ . Ved vurderingen er det nødvendigt at vide, hvor langt et tidsrum, der er målt over.

Hvis man gerne vil have et lidt mere detaljeret billede af en støj, kan man vælge et meget kortere måleinterval, som f.eks. 1 sekund. Lydtryksniveauet bliver så bestemt som en gennemsnitsværdi indenfor blot det ene sekund. Resultatet af målingen kan man gemme i en computer eller angive på et stykke papir sammen med tilsvarende måleresultater fra efterfølgende 1-sekund intervaller. Således kan man optegne en kurve, der viser hvordan lydtryksniveauet ændrer sig med tiden. Målingen herunder kunne være fra en vej med forbipasserende biler, lastvogne og motorcykler, som hver især resulterer i en forøgelse af lydtryksniveauet i en kort periode.



Hvis en støj indeholder kraftige lyde med meget kort varighed er de førnævnte tids-middelværdier ikke specielt velegnede. Det kan f.eks. være støj fra skydevåben, hammerslag eller eksplosioner. I disse tilfælde benytter man en teknik, hvor man bestemmer det største lydtryk, der overhovedet forekommer - altså uden at tage gennemsnit over et tidsrum. Dette kaldes spidsværdi- eller peak-værdi måling og angives som  $L_{peak}$  og måles ligeledes i dB.

For information om lyd og grænseværdier:

- [Om infralyd og lavfrekvent støj](#)
- [Grænseværdier lavfrekvent støj](#)
- [Fakta om lavfrekvent lyd](#)
- [Lidt om lyd uden formler](#)

