

Støjmåling og Efterklang



Profylaktisk Audiologi- Intro

- Faget omhandler naturen af specifikke høretab, og hvordan man kan forudsige/forebygge dem
- Der er tre hovedområder:
 - Genetiske høretab
 - Medicinske og juridiske konsekvenser
 - Måling på støj og forebyggelse af støj (høreværn)
- Undervisningsmetoder:
- Forelæsninger,
- Opgaver (MCQ på itslearn)
- Øvelse (Edisonvej 24)

Min undervisning

1. Lektion - CD: 4/2 -26

8-10 U24

Emne: *Lyd og måling af lyd*

Forberedelse: PowerPoint om bl.a. dB RMS, A, C vægtning
Dynamikområde refleksion/absorbtion (Lægges på BB)

2. Lektion - CD: 18/2 -26

8-10 U26

Emne: *Støjmålinger tæt på øret. Vurdering af støjs
genevirkning*

Forberedelse: "Når Støjen skader", Ordonez et. al samt " The
Seductive (Yet Destructive) Appeal of Loud Music", Blesser
samt PowerPoint (lægges på BB)

Øvelsesdag 1

10-13 U330

Emne: *Øvelse i lydtrykmåling*

Forberedelse: Øvelsesvejledning (lægges på BB)

3. Lektion - CD: 25/2-26

8-10 U320

Emne: *Valg af høreværn*

Forberedelse: Udleverede artikler om høreværn. Opgaver om
høreværn.

Øvelsesdag 2

10-13 U330

Emne: *Øvelse i lydtrykmåling*

Forberedelse: Øvelsesvejledning (lægges på BB)

4. Lektion - CD: 4/3-26 8-10

8-10 U320

Emne: *Valg af høreværn II*

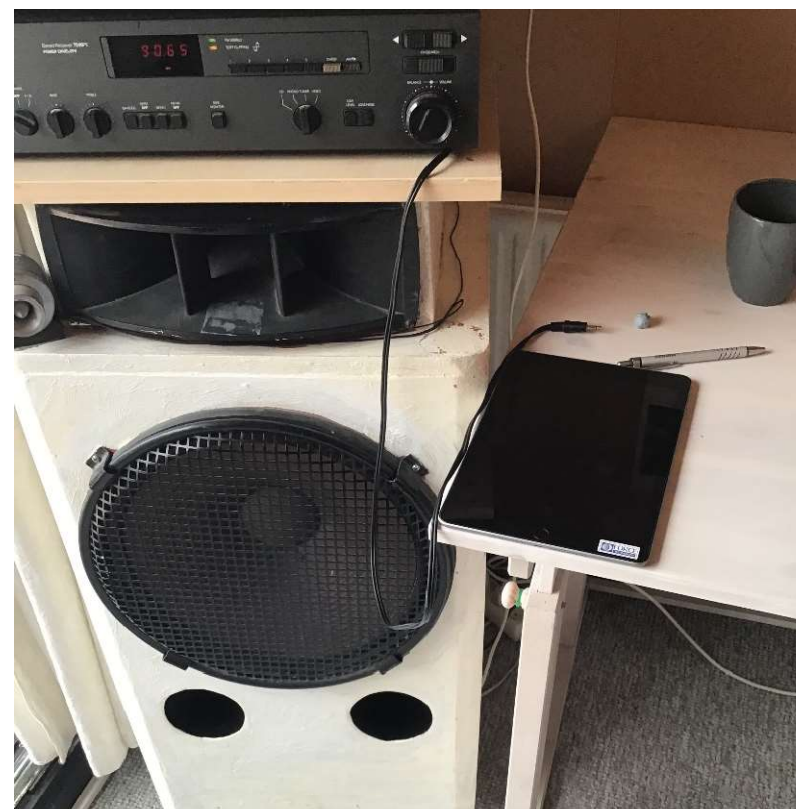
Forberedelse: PowerPoint præsentationer om bl.a.
høreværnsmålinger, EU-støjdirektiv og støjgrænser.

Øvelsesdag 3

10-13 U149A

Emne: *Øvelse i lydtrykmåling*

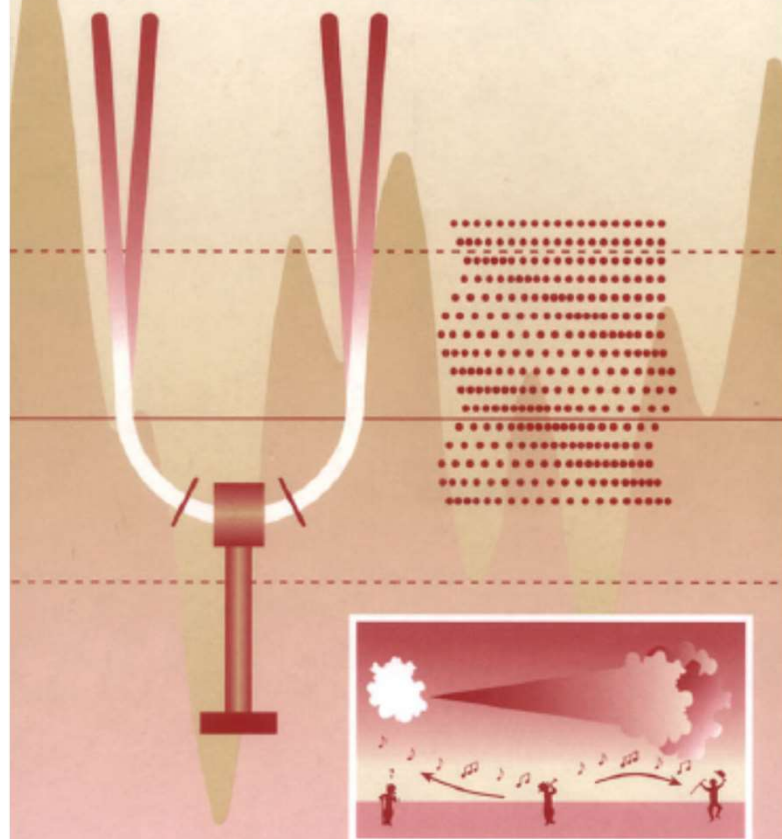
Forberedelse: Øvelsesvejledning (lægges på BB)



Litteratur

6 MEASURING SOUND .

Acoustics for Audiologists

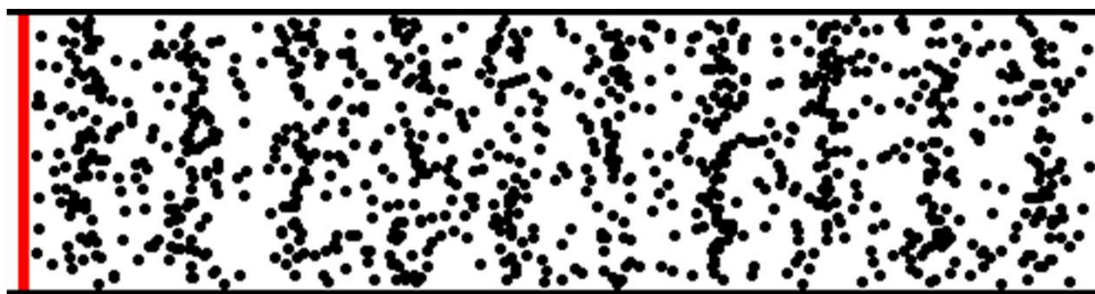


PETER HAUGHTON

General Principles	149
Decibels	149
Decibel Scales Used in Audiology	153
Microphones	155
<i>The Condenser Microphone</i>	156
<i>Electret Microphones</i>	162
<i>Piezoelectric Microphones</i>	162
<i>The Moving-Coil Microphone</i>	163
<i>Directional Microphones</i>	166
<i>Probe-Tube Microphones</i>	172
Microphone Calibrations	173
<i>Sound Calibrators</i>	176
<i>Electrostatic Actuator</i>	178
<i>Insert-Voltage Method</i>	179
<i>Reciprocity Method</i>	181
Sound-Level Meters	188
<i>Microphone and Preamplifiers</i>	190
<i>Input and Output Amplifiers</i>	190
<i>Weighting and Filters</i>	192
<i>Squaring and Averaging</i>	195
<i>Output and Display</i>	202
<i>Other Features</i>	202
<i>Measuring Impulsive Sounds and Other Transient Signals</i>	203
Simple Frequency Analysis	206
Combining Measured Sound Levels	206
<i>Correction for Background Noise</i>	208
<i>Combining Sound Levels: Statistical Independence</i>	210
Measuring Subjective Qualities of Sound	211
<i>Loudness</i>	211
<i>Pitch</i>	212
Measuring Noise Exposure	213
Questions and Exercises	217

Hvad er lyd?

- **Lyd er svingninger, der udbreder sig**

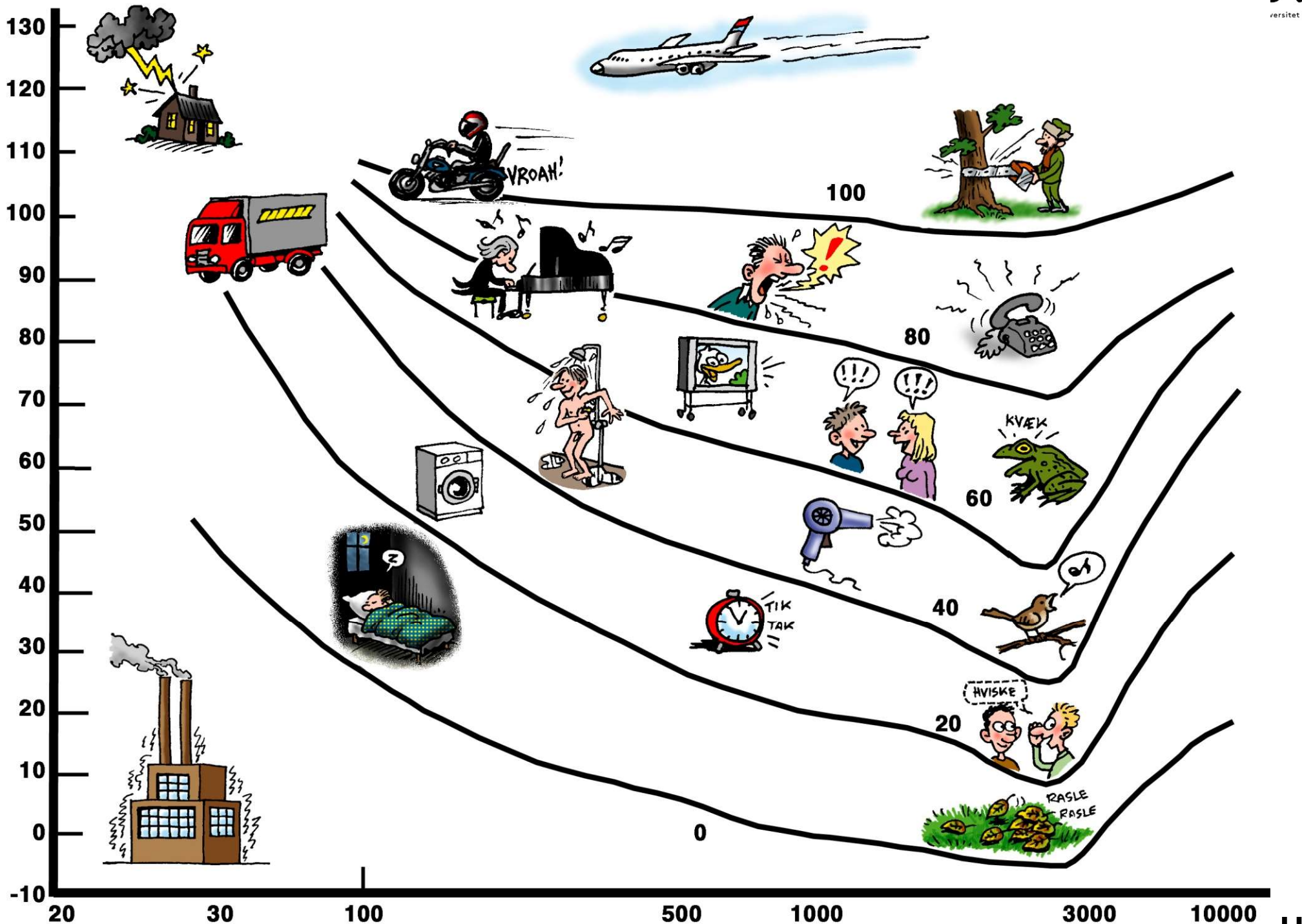


- **Lyd transporterer ikke masse**
- **Lyd transporterer information og energi**
- **Lyd udbreder sig i luft med en konstant hastighed på ca. 340 m/s svarende til ca 1200 km/t**

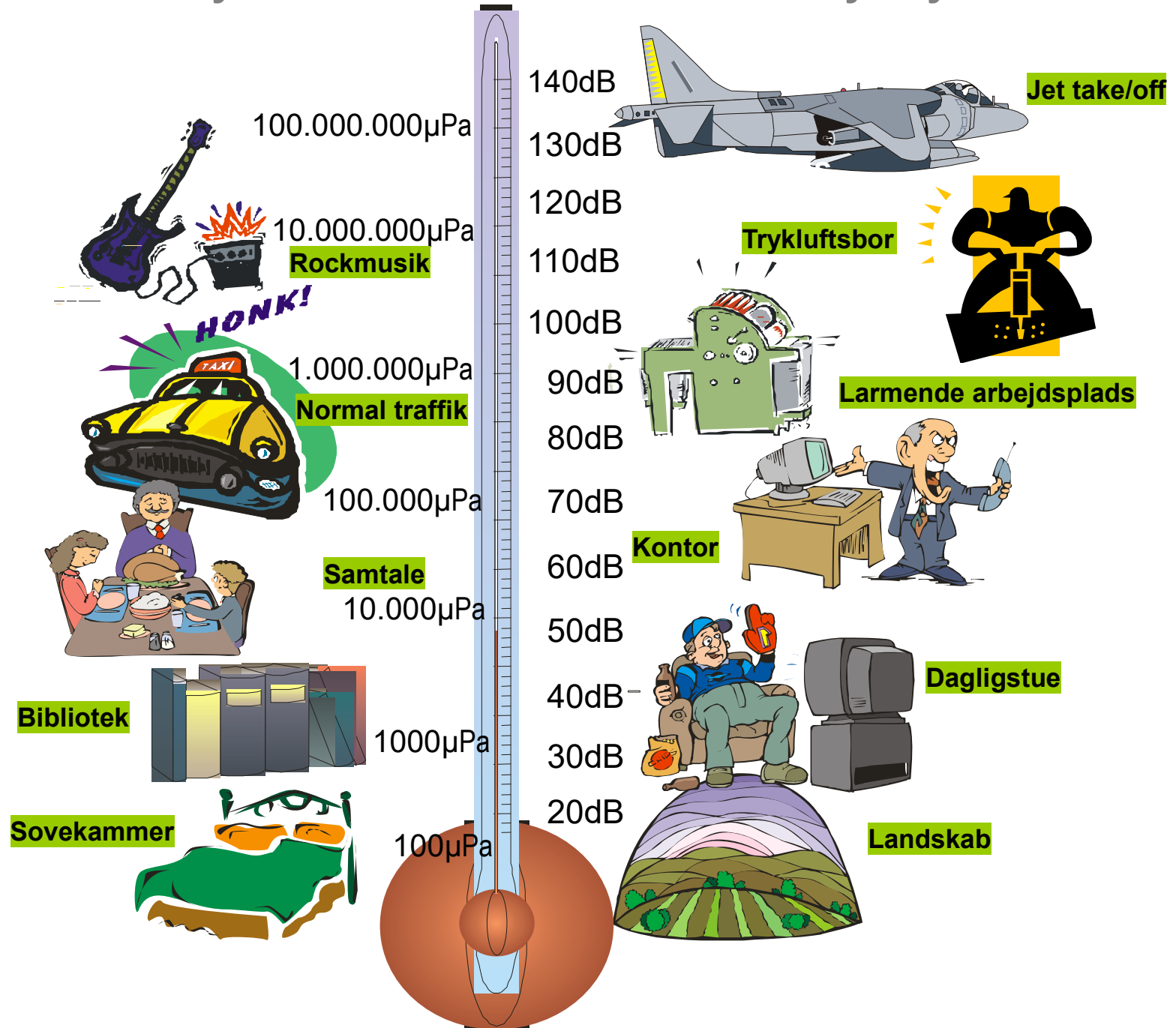
Hvad er frekvens ?

- Frekvens er antallet af svingninger pr. sekund
- Frekvens måles i enheden Hertz, forkortet: Hz
- Menneskets øre kan registrere lyde med frekvenser (Normalt fra ca. 20 Hz til ca. 20 000Hz (= 20 kHz))
- Infralyd er lyd med frekvenser under 20 Hz
- Ultralyd er lyd over ca. 18 kHz

dB SPL



Lydbarometer – en indikator af lydtryk



Figur: TAL, Delta

Hvad er bølgelængde ?

- Bølgelængde er den afstand der er mellem to bølgetoppe
- Sammenhængen mellem bølgelængde og frekvens er

bølgelængde λ = hastighed c / frekvens f

Frekvens	Bølgelængde
20 Hz	17 m
100 Hz	3,4 m
500 Hz	68 cm
1000 Hz	34 cm
5000 Hz	6,8 cm
20000 Hz	1,7 cm

Effekt af lydtryk: Root Mean Square

Definition:

$$f_{\text{rms}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{2T} \int_{-T}^T [f(t)]^2 dt}.$$

(kvadratroden af kvadrerede medianværdier af samples af et signal)

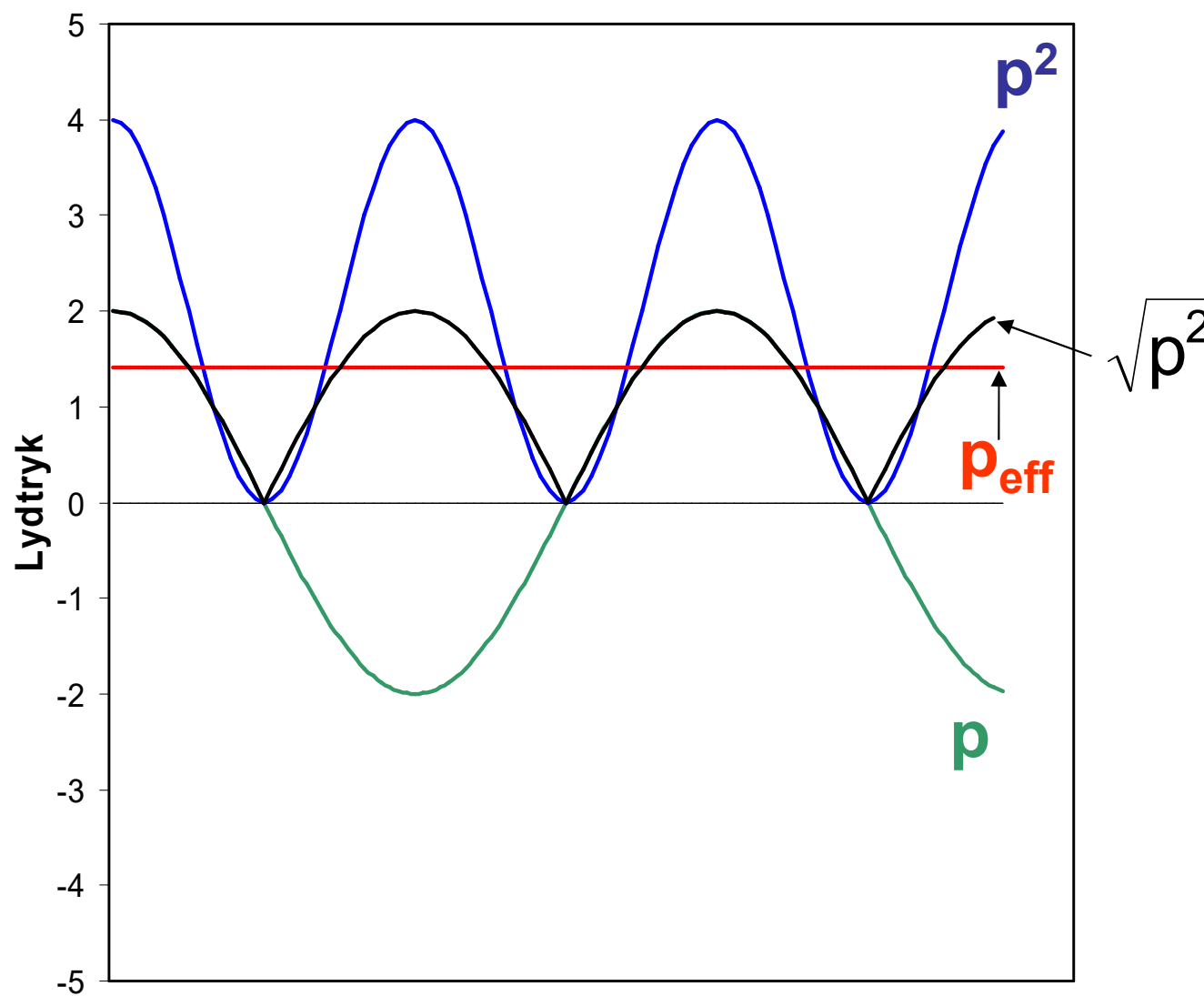
Bemærk at en endelig integrationstid (som den jo må være i virkeligheden) spiller en rolle for ikke-periodiske signaler

$$f_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt},$$

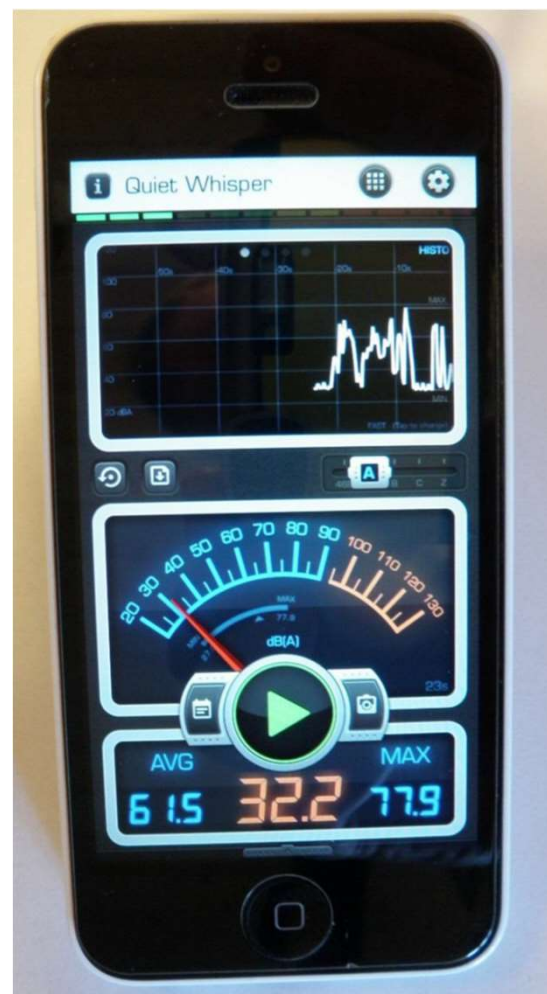
For en sinustone bliver resultatet fx:

$$y = a \sin(2\pi ft) = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

Lydtryk, p og p_{eff}



Lydtryksmålere



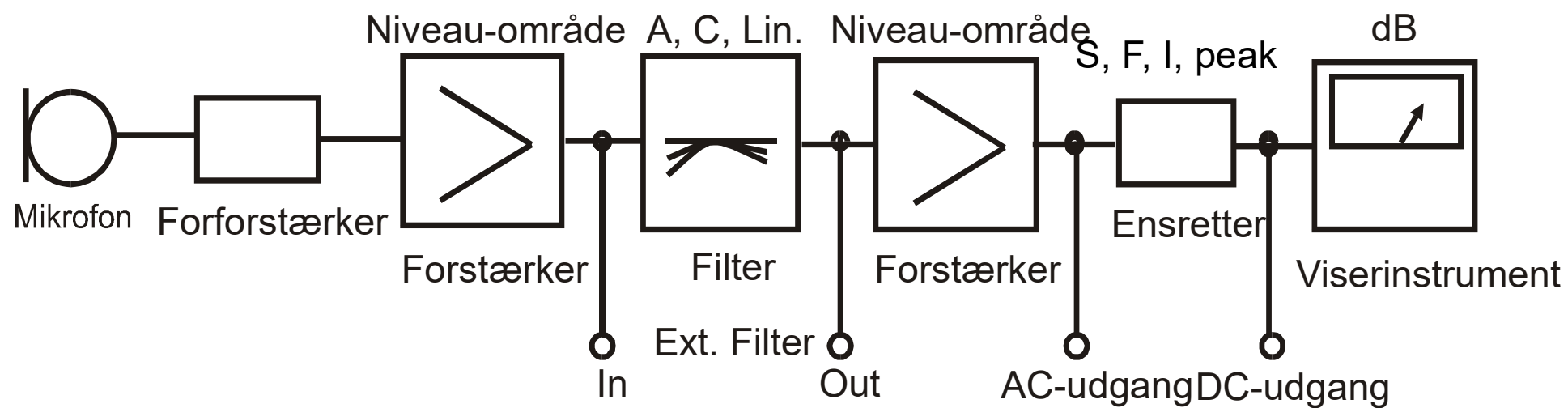
Eksempler på Apps:

Decibel X Pro fra Sky-Paw Co

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH

Mobile tools/Audio tools Studio six digital.

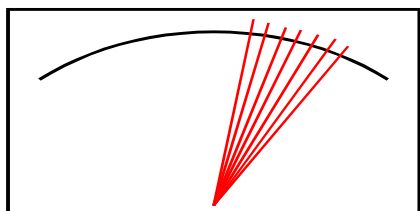
Lydtrykmåler



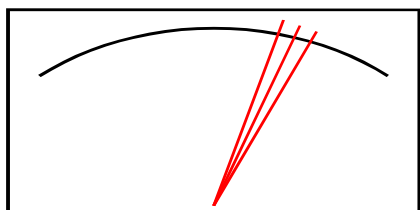
Måleparametre for en 'standard' lydmåler

- Frekvensvægtning: A-vægtning, Lineær, C-vægtet....
- Integrationstid: Fast (125ms), Slow(1s), Peak, Impuls....
- Filtrering: Hel-oktav, 1/3-oktav, Smalbånd ???
- Energimidling (ækvivalentniveau L_{eq})
- Maksimalværdi / minimalværdi af viste værdier...

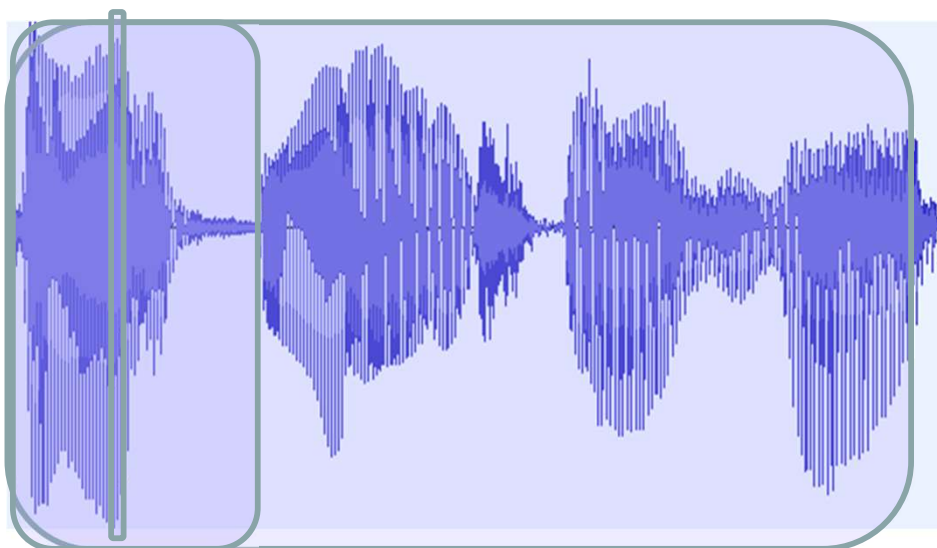
Integrationstid for lydtrykmåling



Fast Integrationstid: 125 ms



Slow Integrationstid: 1 s



Impuls Integrationstid: 35 ms

Peakværdi integrationstid: 50 μ Sekunder

Beregning af lydintensitet og lydeffekt

Lydintensitet er lydeffekt (P_{ac}) pr arealenhed. For en punktkilde er den samlede lydintensitet arealet af kuglen lyden udstråles i:

$$I_r = \frac{P_{ac}}{A} = \frac{P_{ac}}{4\pi r^2}$$

Det ses at intensiteten i et frit rum aftager med kvadratet på radius af kuglen.

Lydeffekt måles i watt, og må ikke forveksles med lydtryk, som er målet for amplituden på signalet.

Det er egentlig lydintensitet over tid, der afgør hørelsens eksponering for støj, ikke lydtrykket direkte.

Sammenhængen fremgår af formlen på næste slide

Fra lydintensitetsniveau til lydtrykniveau

$$L_I = 10 \log \frac{I_1}{I_2}, I_2 = I_{ref} = 1 \text{ p W m}^{-2}$$

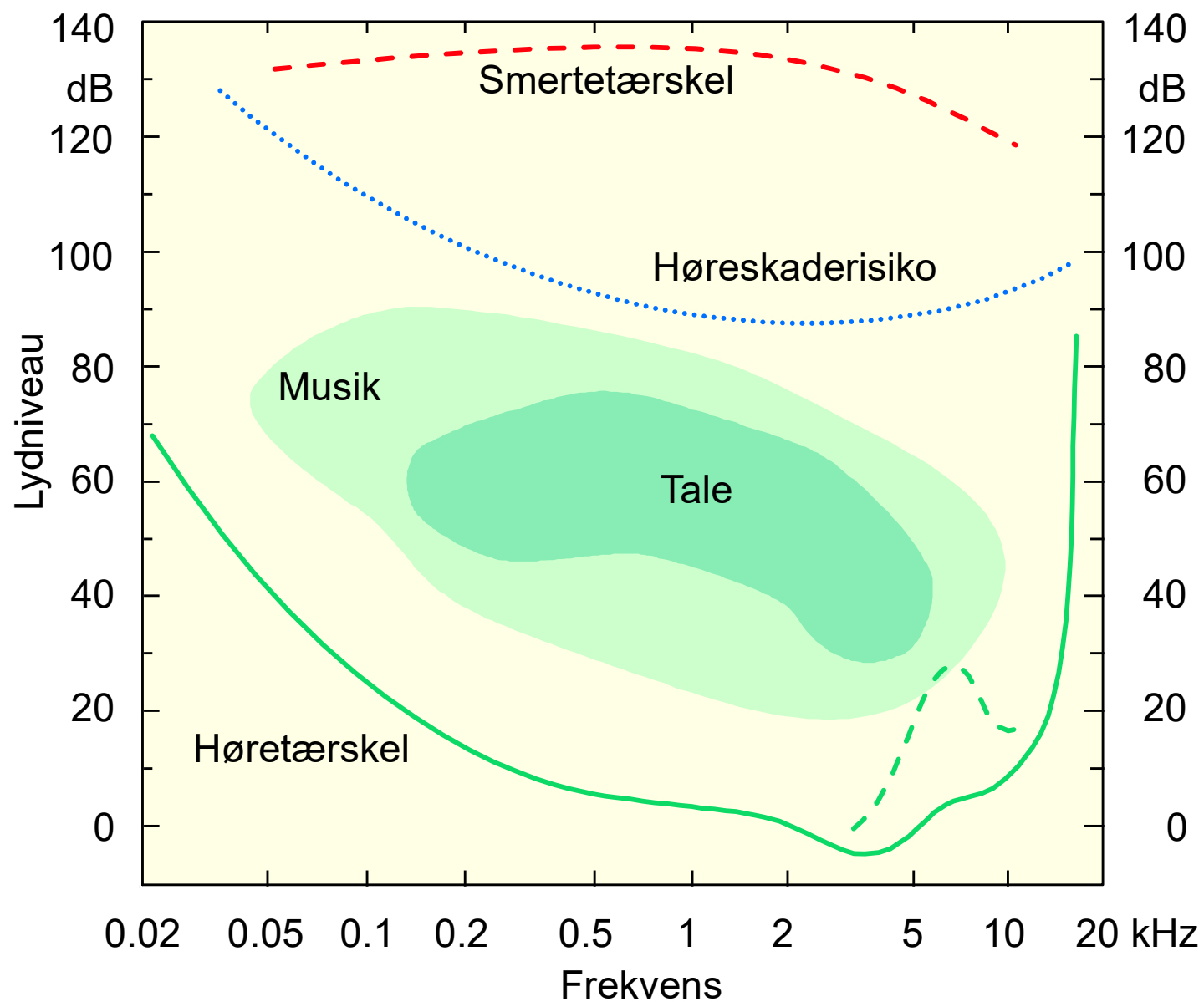
$$I = \frac{P^2}{\rho c}$$

$$L_P = 10 \log \frac{P^2}{\rho c} \frac{\cancel{\rho c}}{P_{ref}^2} = 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)^2 = 20 \log \frac{P}{P_{ref}}$$

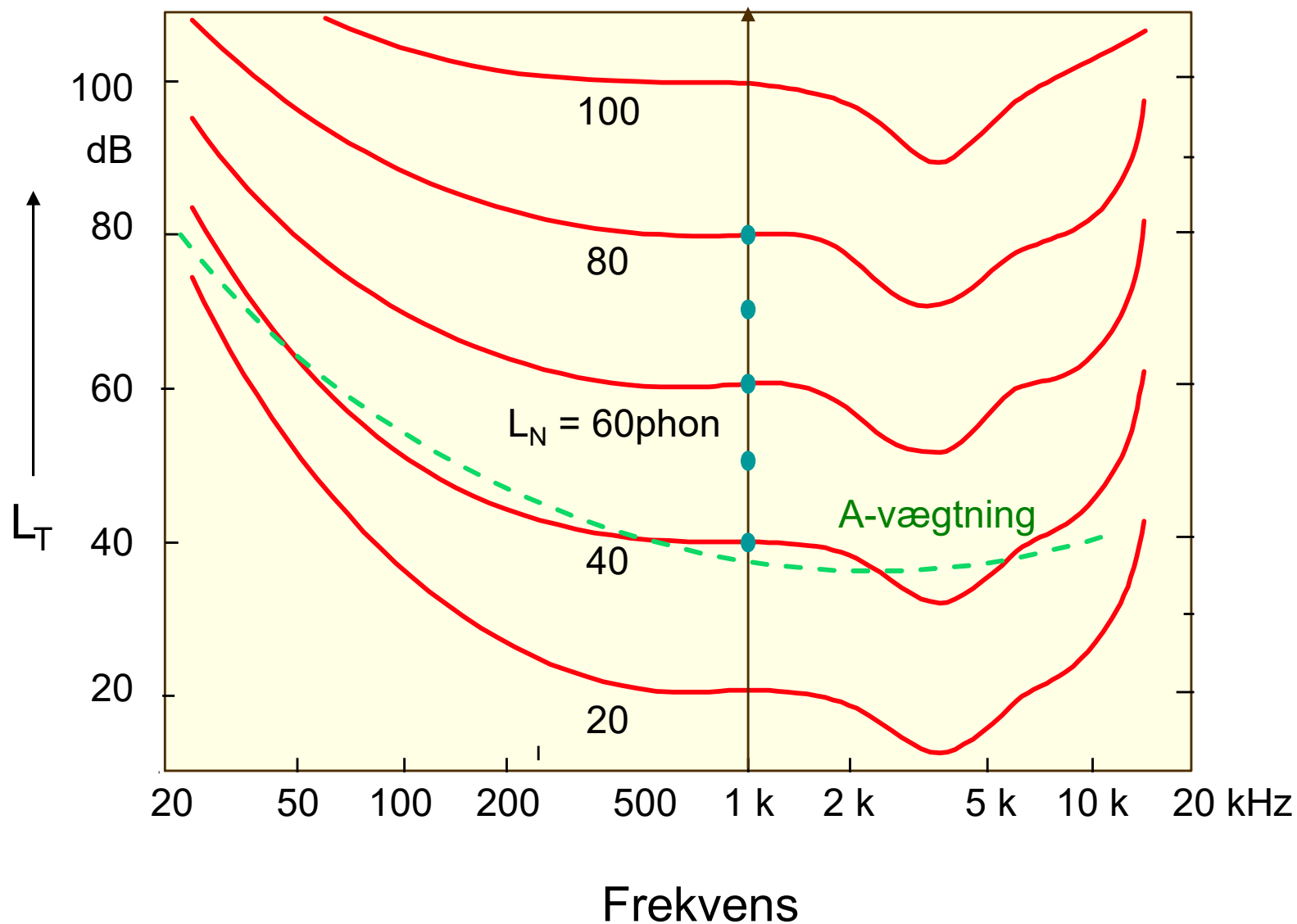
Kvadratet på lydtryk og lydintensitet hænger altså sammen afhængig af materialets intensitet og lydets udbredeshastighed.

Lydtrykket målt over tid har derfor en sammenhæng med energieksposering og dermed antagelig skadesvirkning

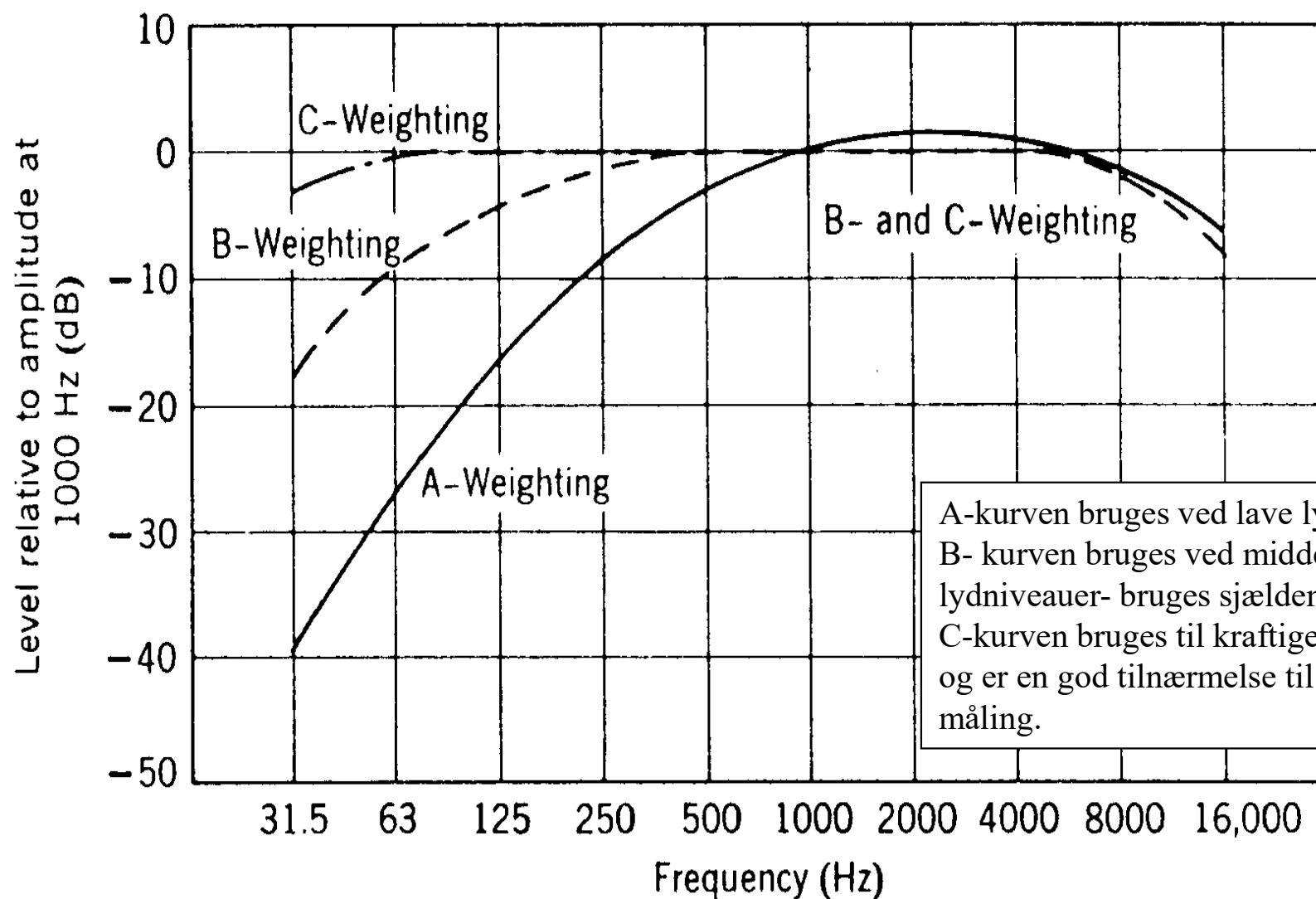
Ørets dynamikområde



Hørestyrkekurver og A-vægtning, dB(A)



Standard filtre



A-kurven bruges ved lave lydniveauer
 B- kurven bruges ved middelkraftige
 lydniveauer- bruges sjældent mere
 C-kurven bruges til kraftige lydtryk,
 og er en god tilnærmelse til en lineær
 måling.

Addition af lydkilder

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \text{ dB}$$

Logaritmisk addition gælder i princippet også for summering af brudstykker af tid:

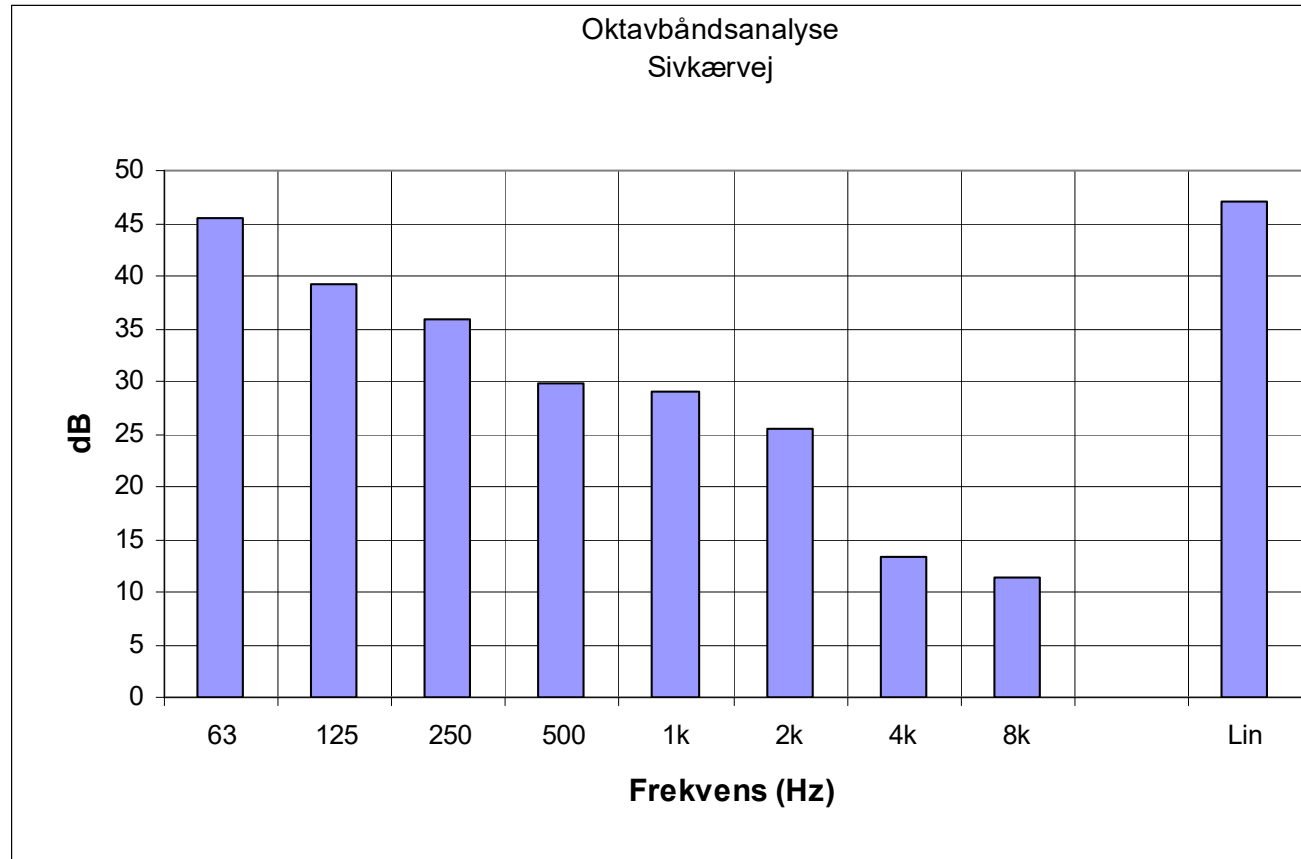
$$L_{Aeq} (8 \text{ timer}) = 10 \log \left(\frac{1}{8} \cdot \left(t_1 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq1}}{10}} + t_2 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq2}}{10}} + \dots + t_n \cdot 10^{\frac{L_{Aeqn}}{10}} \right) \right)$$

Som en tommelfinger regel kan man dog bruge følgende tabel (hvor lydstyrken af kilden SPL_1 er størst):

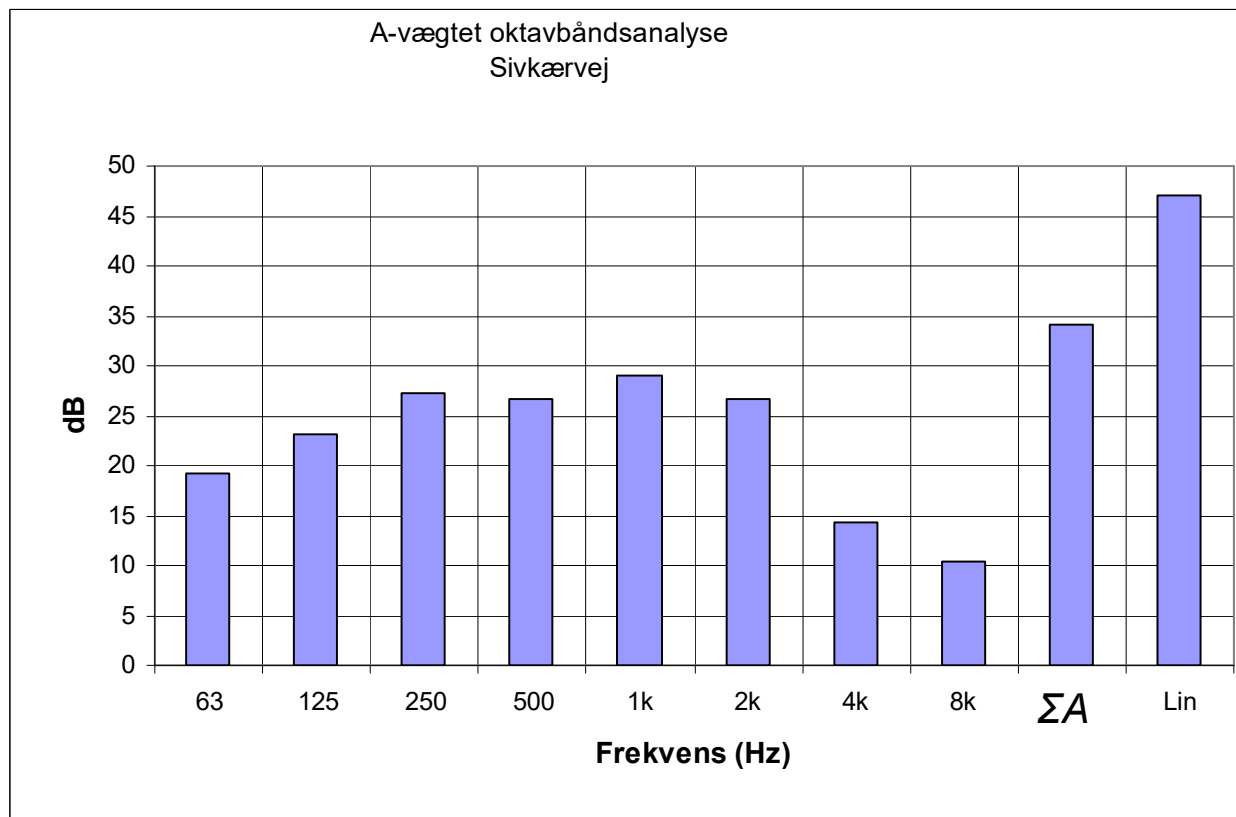
Forskel i styrke $SPL_1 - SPL_2$	0-1 dB	2-3 dB	4-9 dB	>9
Læg til SPL_1	3 dB	2 dB	1 dB	0 dB

SPL_1 Er lydtrykket fra kilde 1. SPL_2 er lydtrykket fra kilde 2.

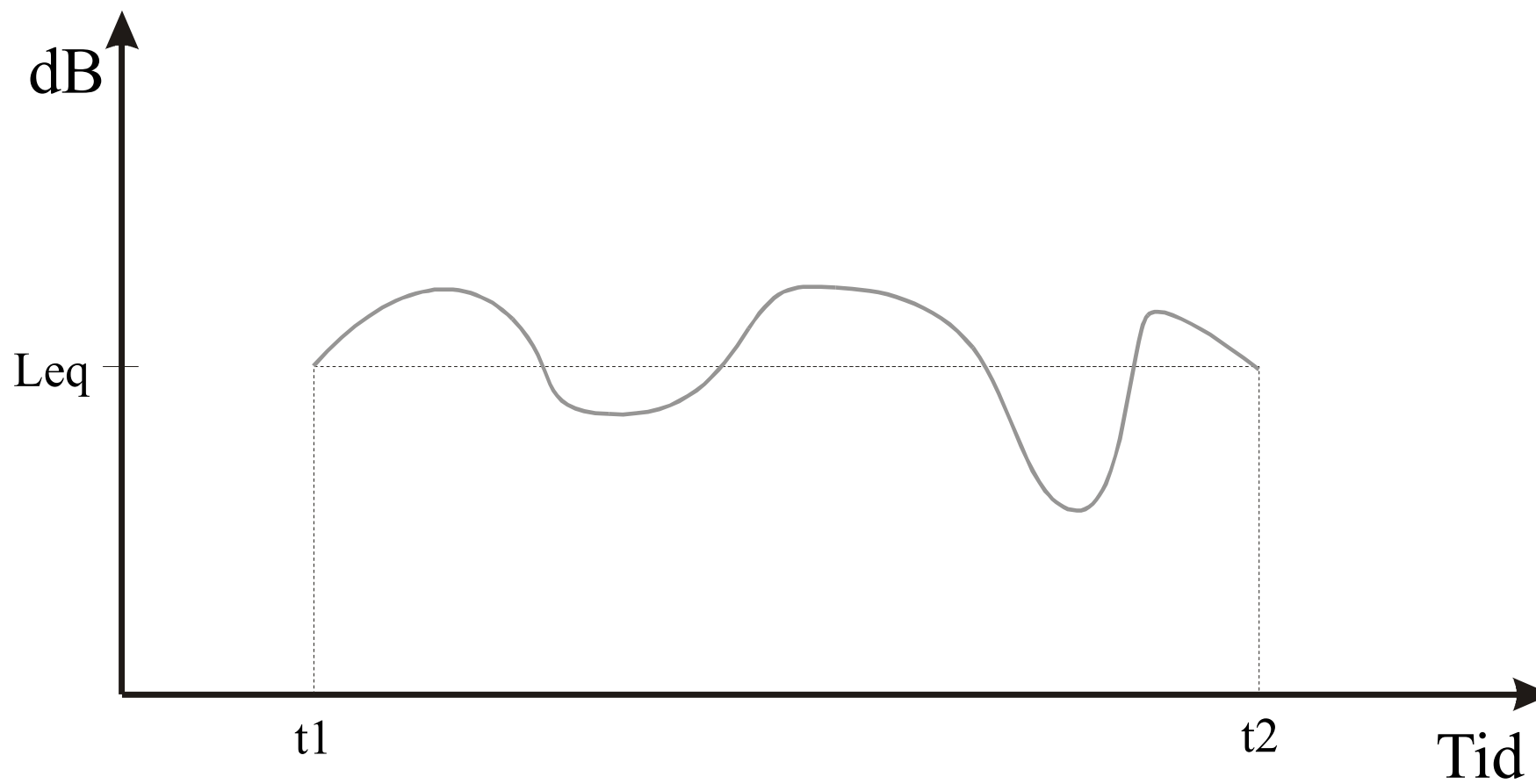
Afbildning af lydens spektrum



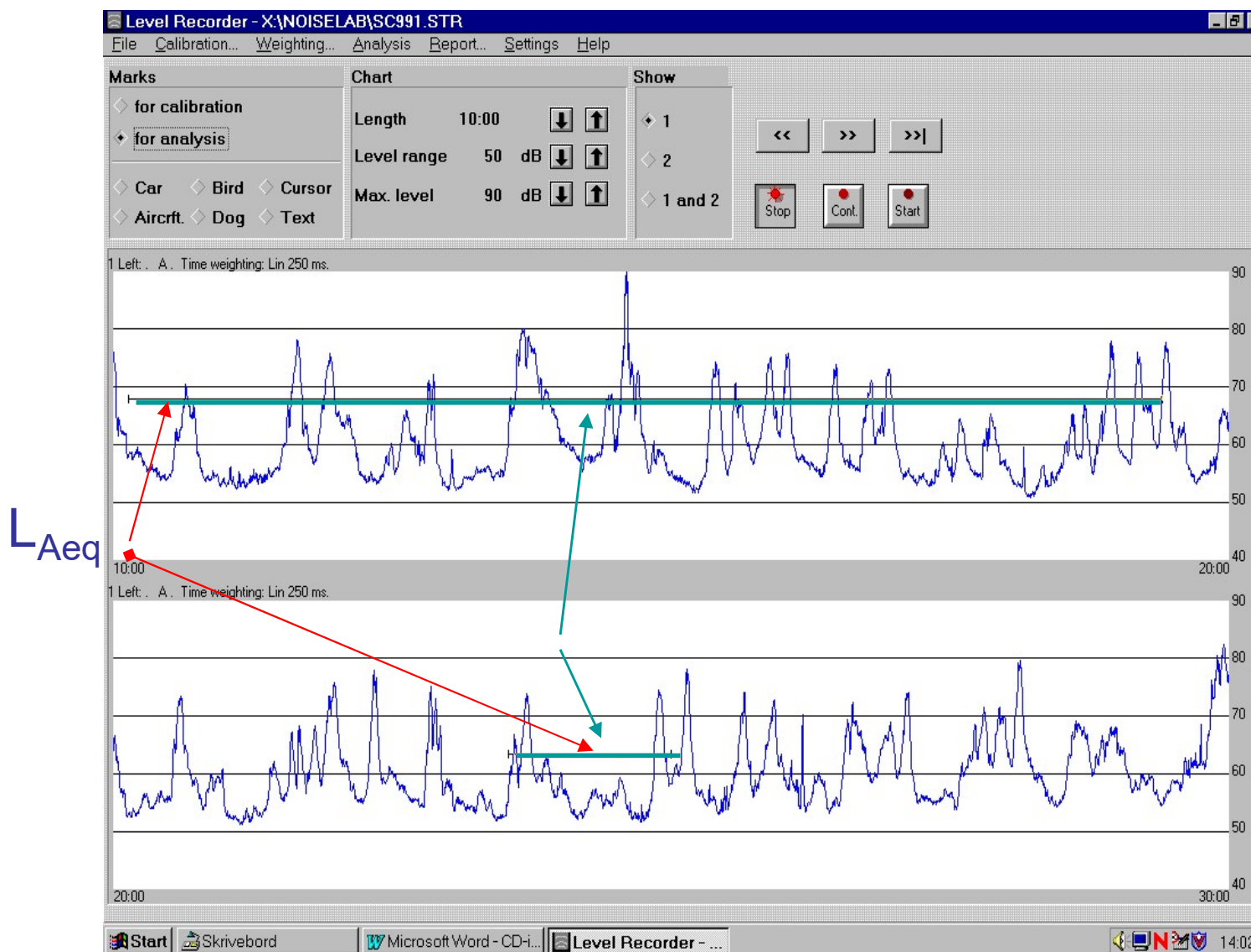
Lydens spektrum A-vægtet



Det ækvivalente støjniveau



L_{Aeq} -værdien af varierende støj



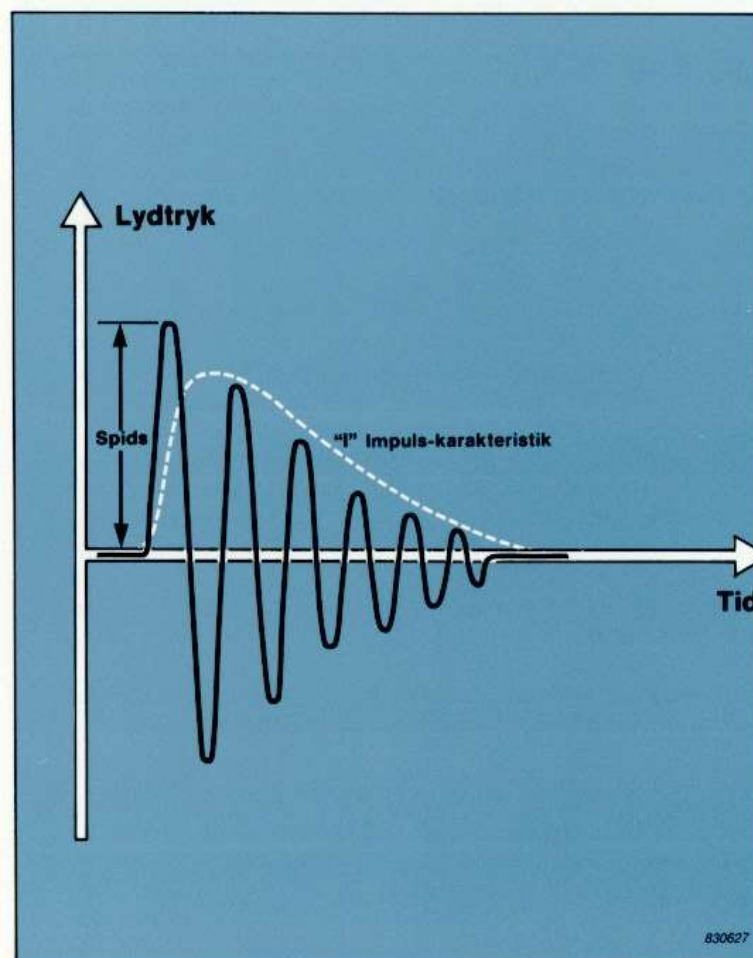
Korrektionsværdi for LAeq

**Der skal korrigeres hvis støjen er
“impulsagtig” og dens værdi
overstiger 115 dB (A- eller C-vægtet)
mere end en gang i minuttet**

Impulsstøj

130 - 140 dB
(Børn 120 dB)

WHO guidelines 1999



5 hurtige:

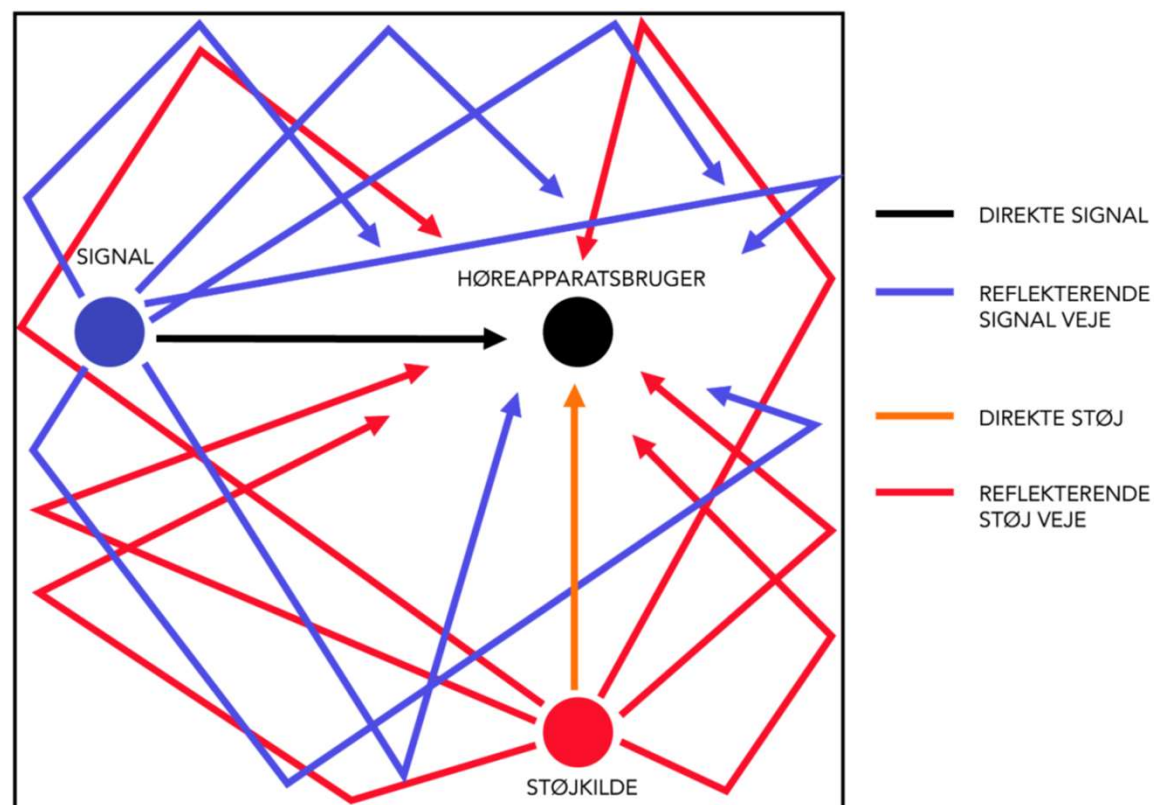
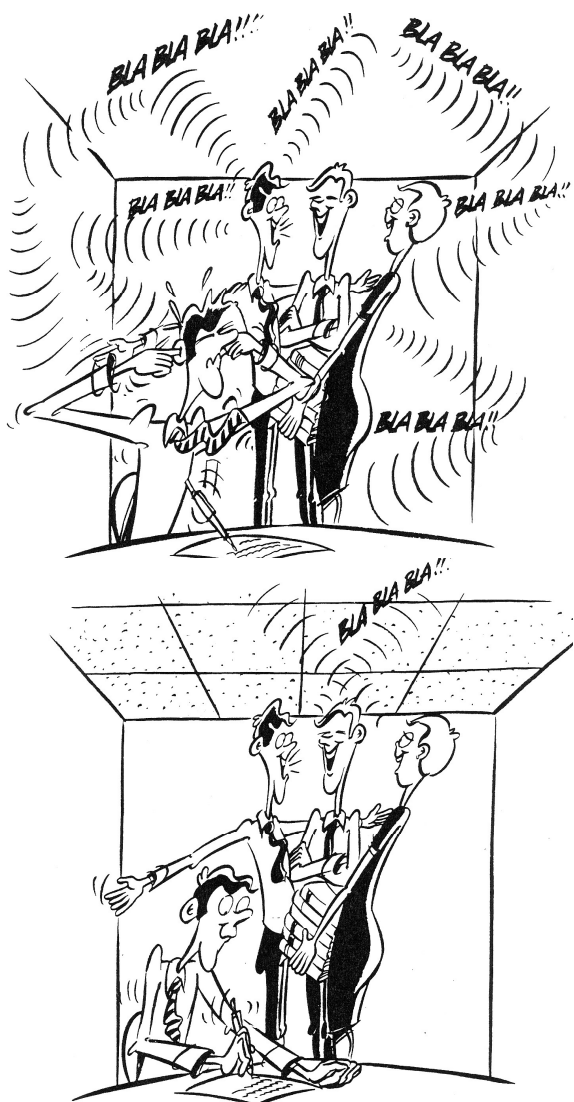
1. Hvad betyder RMS ?
2. Hvad kommer der ud af en RMS måling ?
3. Hvad betyder integrationstiden for en RMS måling ?
4. Hvad vejer en A- vægtning ?
5. Hvad måler en "peak hold" på en lydmåler ?

Støj i rummet

- Lang efterklangstid øger baggrundsstøjen
- Støjende ting kan indkapsles så baggrundsstøjen mindskes
- Trinstøj transmitteres fra bygningen, og er svær at komme af med
- Anden strukturstøj såsom ventilationsanlæg, motorer mm. kan også være til gene

Hårdt vs. blødt rum

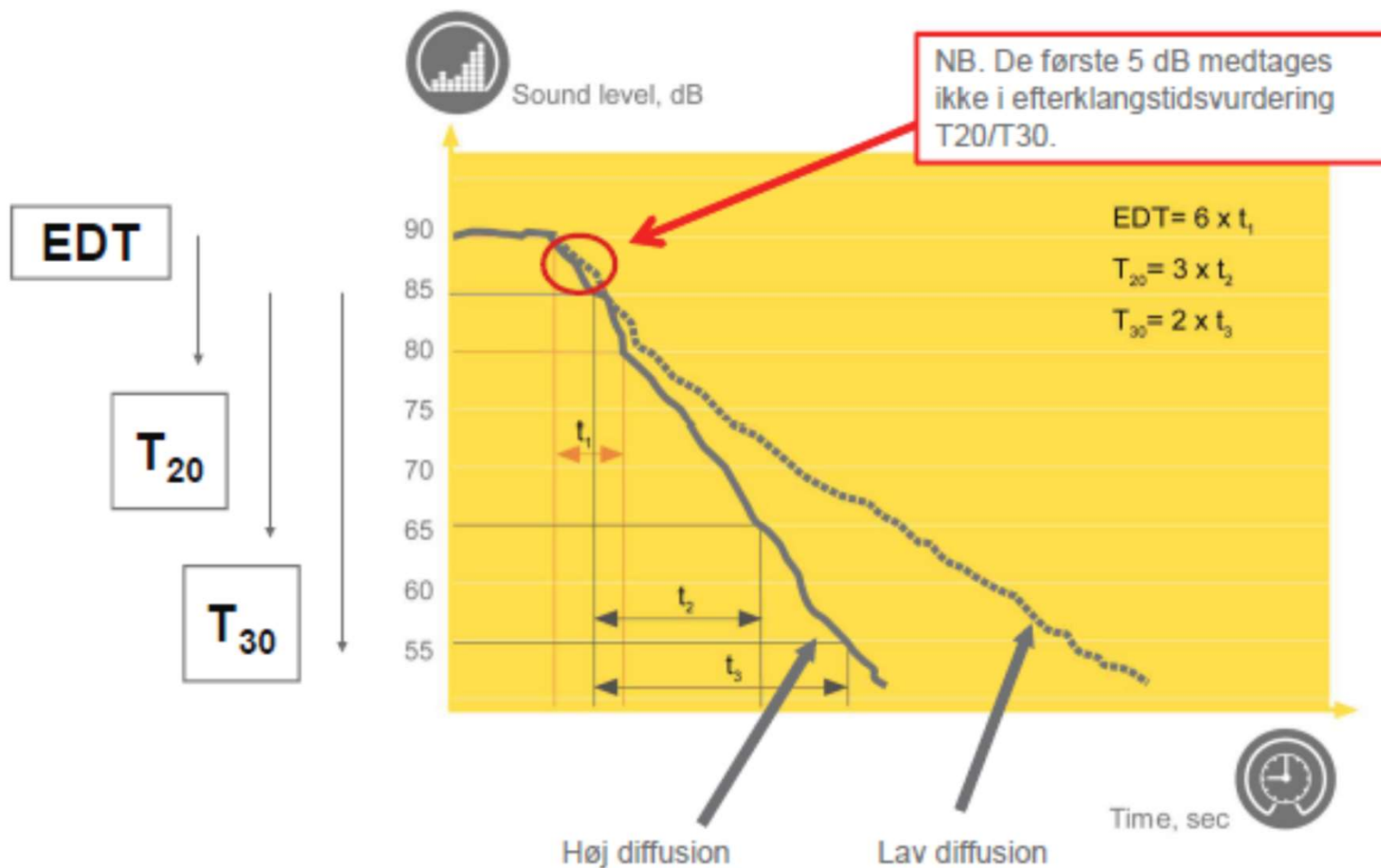
- Rummets hårdhed (antallet af refleksioner- efterklangstid)
- Mængden og omfanget af støjkilder



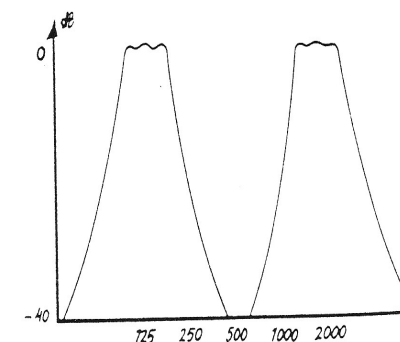
Efterklangstid

- Den vigtigste faktor til at bestemme et lydmiljø
 - Efterklangstiden afhænger af frekvensen
 - Efterklangstiden afhænger af rummets størrelse
 - Efterklangstiden varierer med rummets dæmpning
- Optimal efterklangstid afhænger af rummets anvendelse
 - Akustisk musik: Lang efterklangstid
 - Tale: Kort efterklangstid
 - Elektrisk musik/biografer: Kort efterklangstid

Målt efterklangstid



Måling av etterklangstid går i prinsippet ut på å bestemme hvor lang tid det tar før en kraftig lyd som avsluttes brått, forsvinner i rommet. (Sabine brukte orgeltoner og stoppeklokke.)

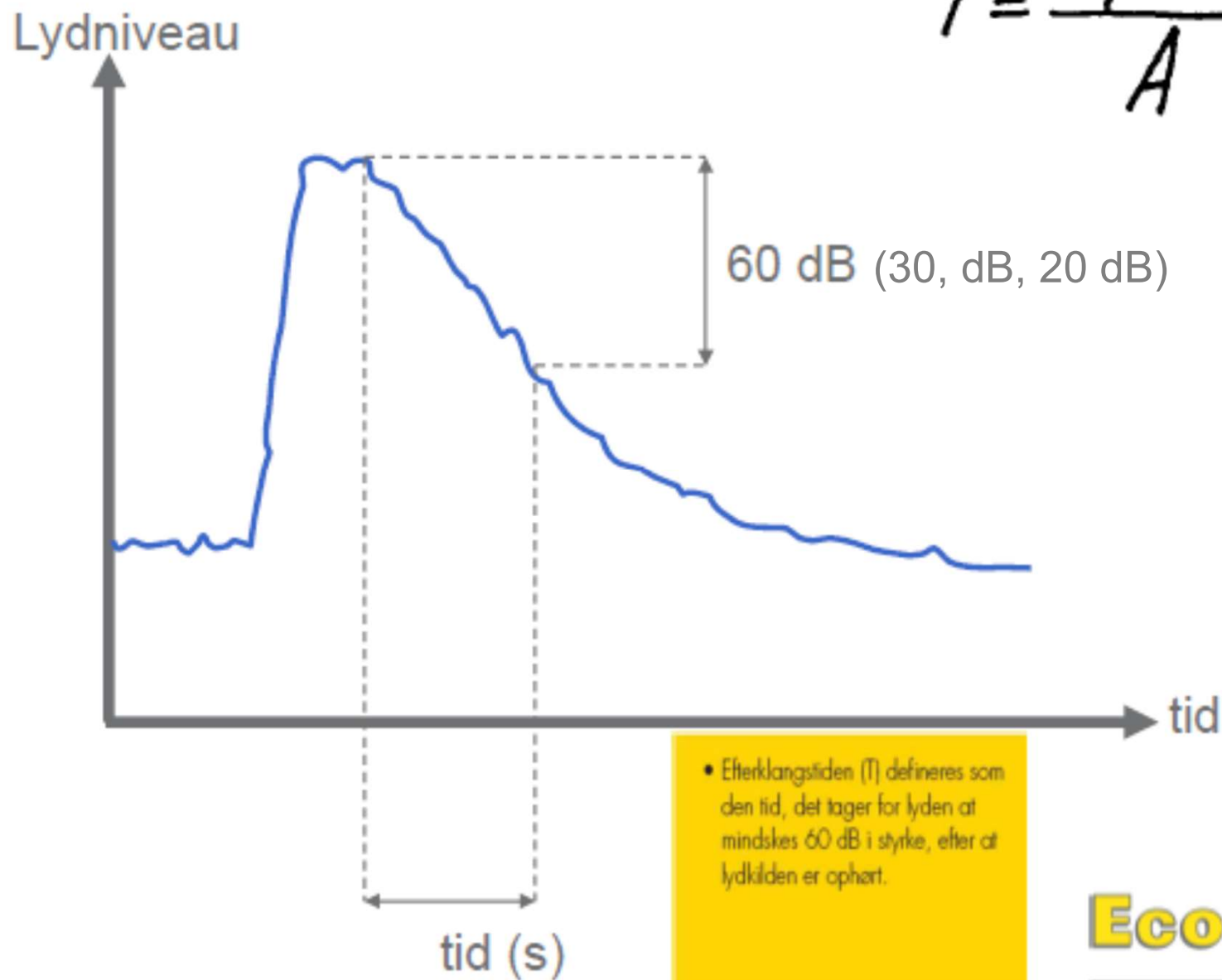


Filterkarakteristikk for 1/1 oktav filter ved 125 og 2.000 Hz. Filter for de andre frekvensene vil ha samme form og til sammen dekke hele frekvensområdet.



Efterklangstid (RT)

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

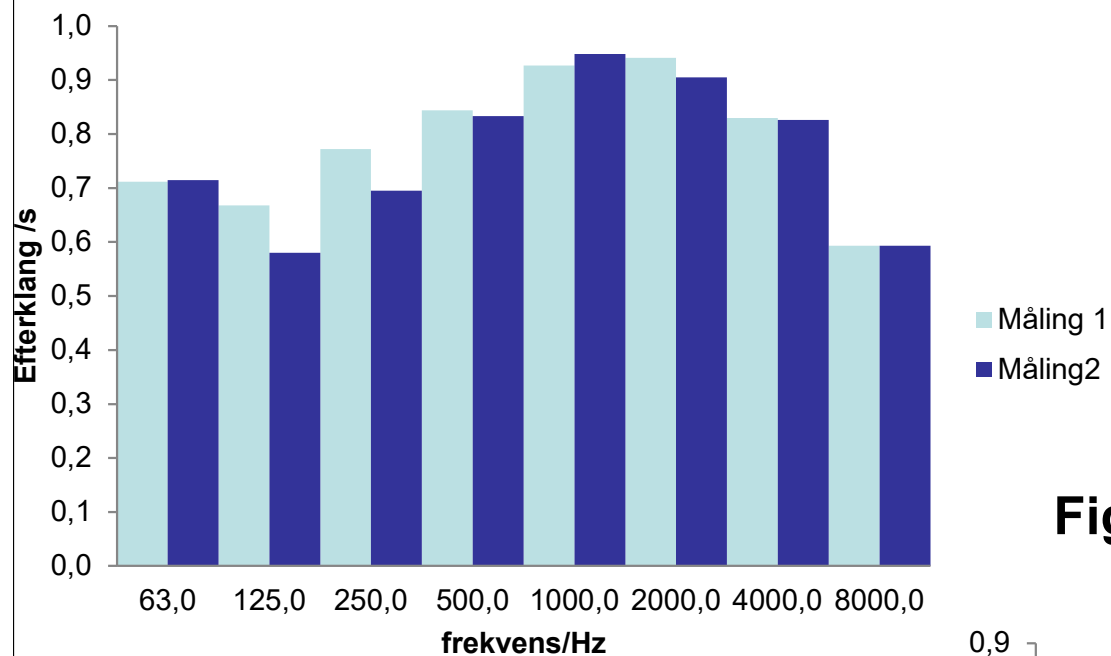


• Efterklangstiden (T) defineres som den tid, det tager for lyden at mindskes 60 dB i styrke, efter at lydkilden er ophørt.

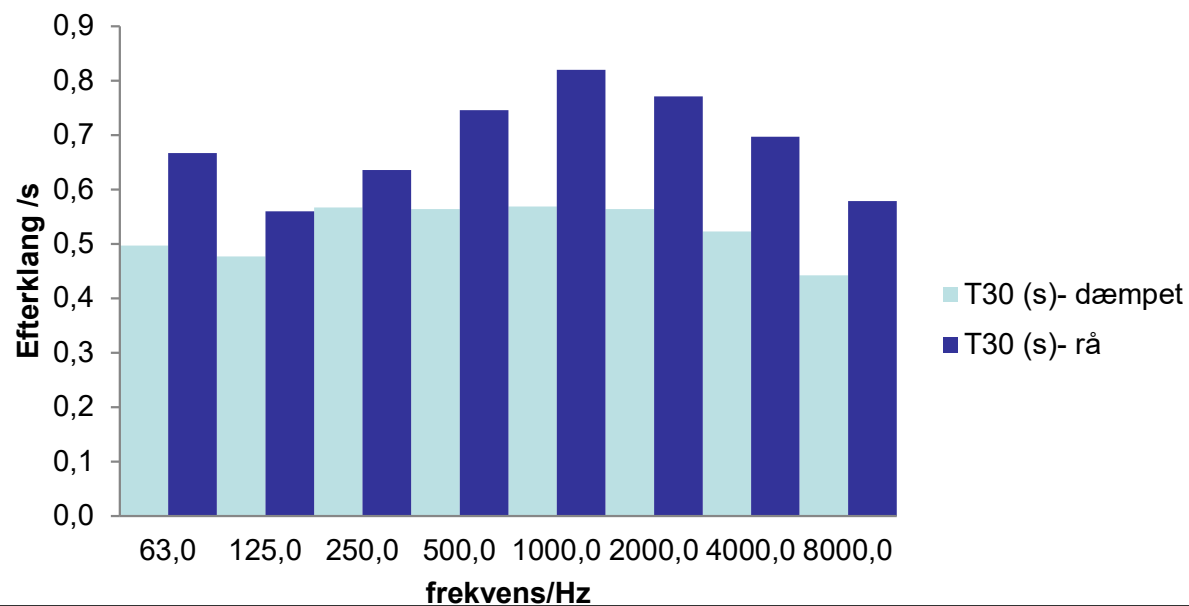


EK i 1/1 oktaver

Figur 1: Efterklangstid i fritidsordningen (2 målinger)



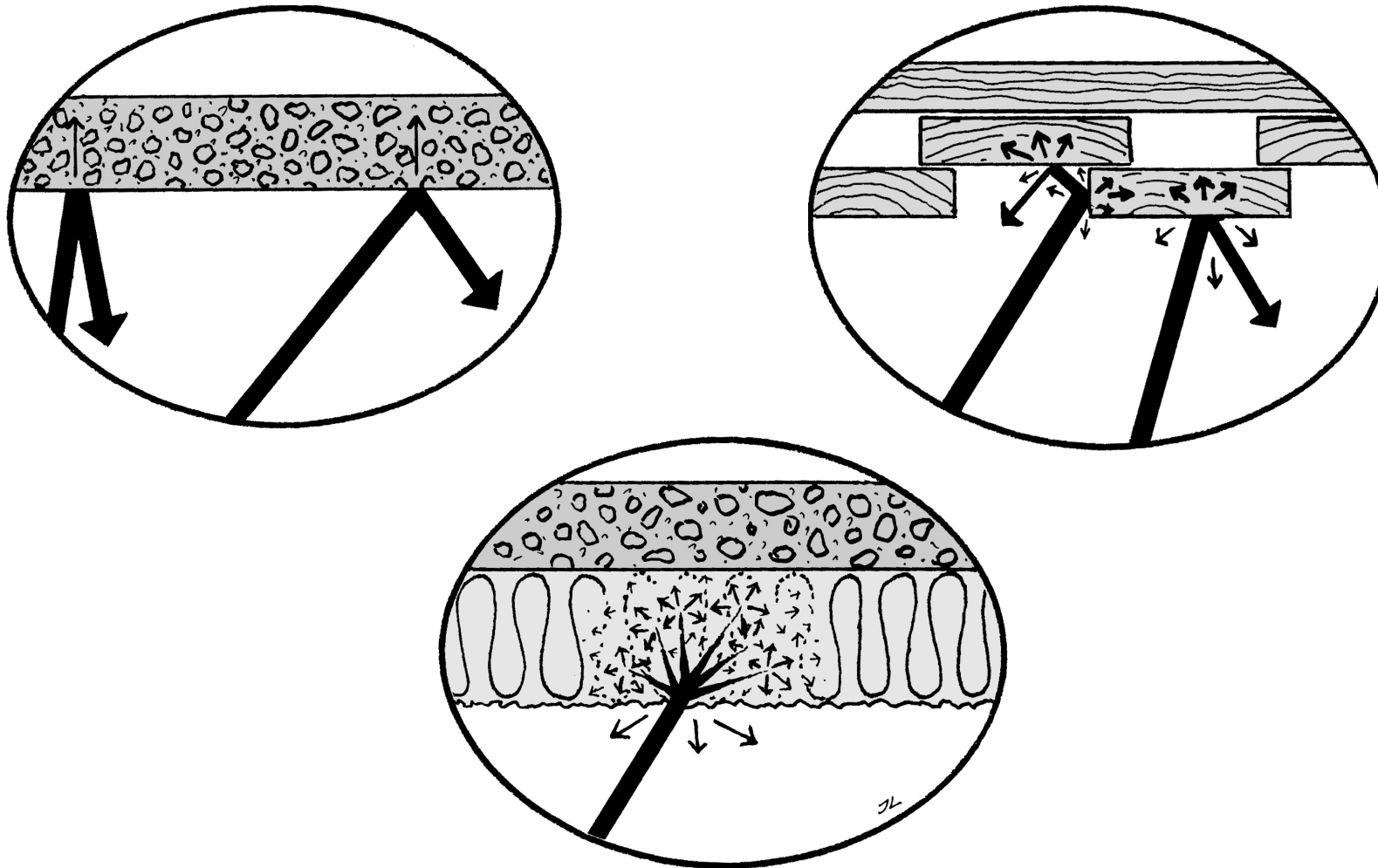
Figur 2: Efterklangstid i køkken med og uden absorberere



Reflektion/absorbktion

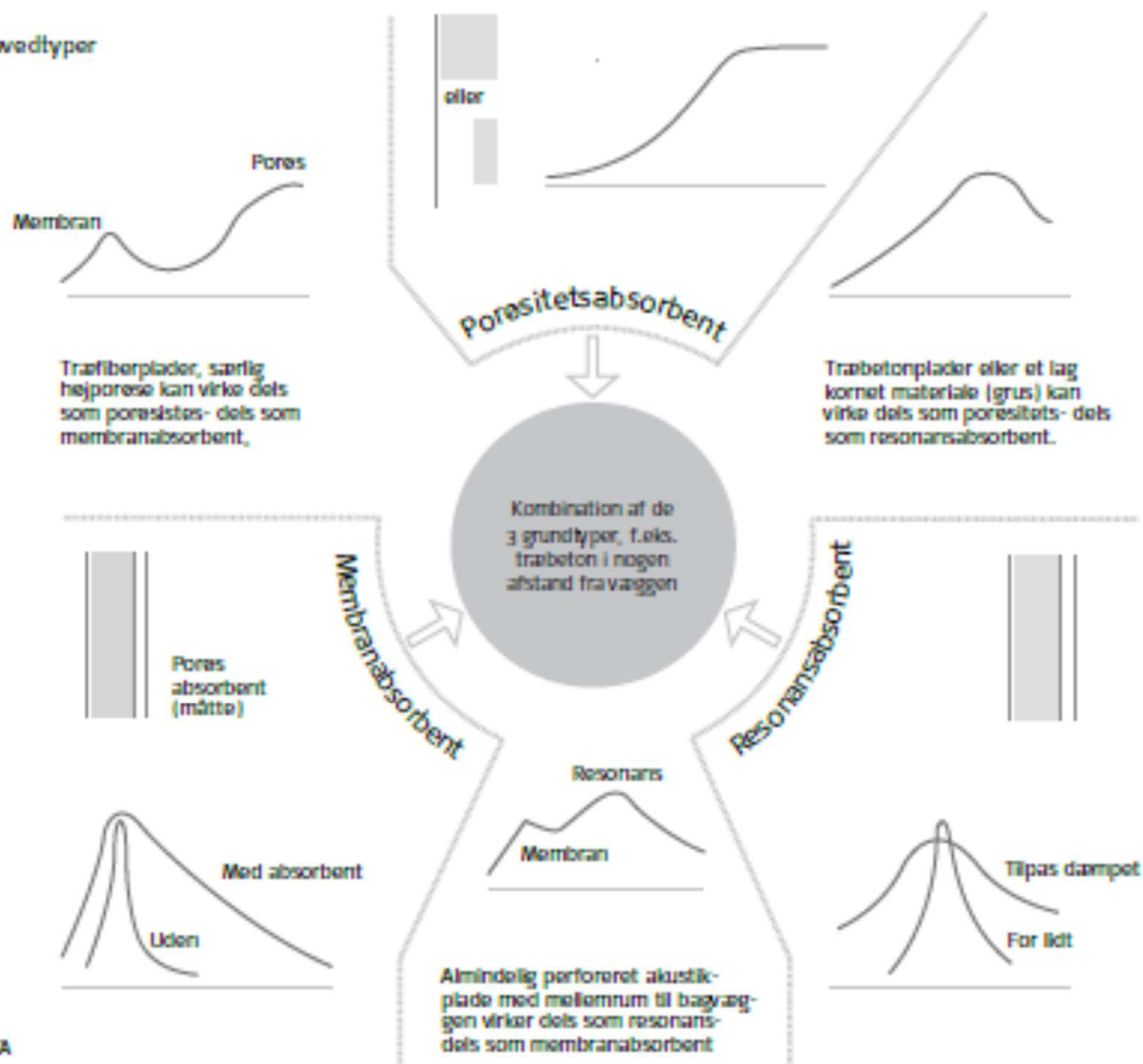
- En rums efterklangstid kan ændres med absorbenter
- Absorbenter “suger” lyd til sig
- Forskellige absorbenter “suger” bedst ved forskellige frekvenser
- Reflektorer kan ændre lydets retning
- Reflektorer kan sørge for ændret lydtryk forskellige steder i et rum

Reflektion/absorbtion



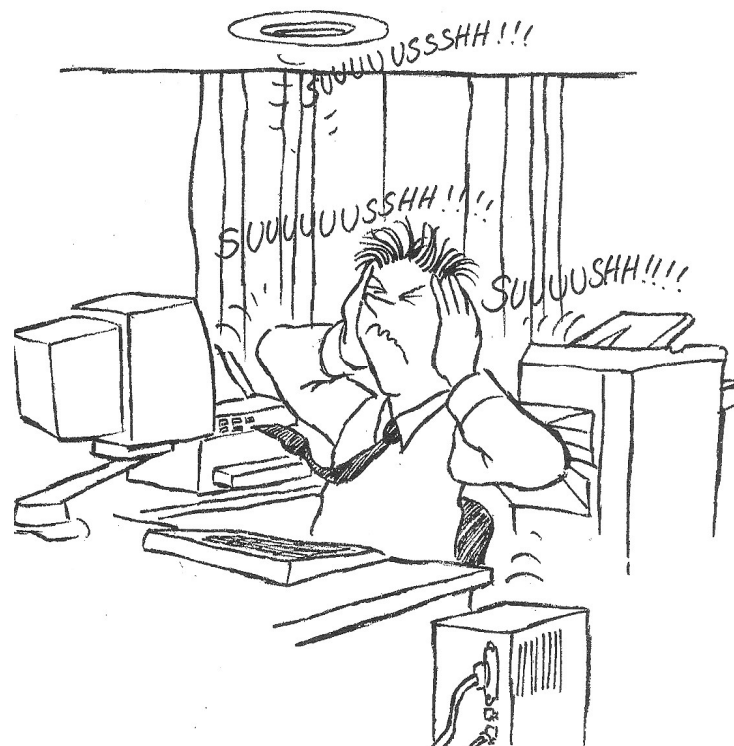
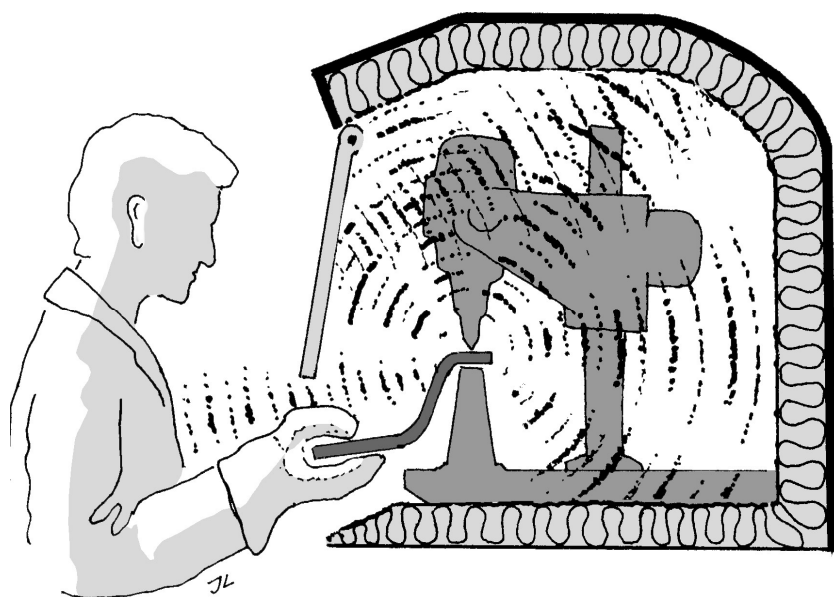
Absorbent typer

Figur 8
De tre hovedtyper

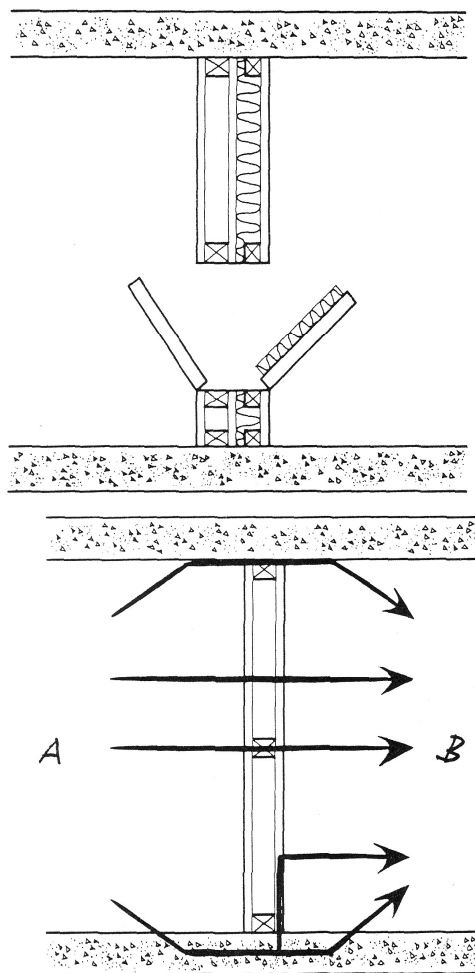


Kilde: DELTA

Støjafskærmning

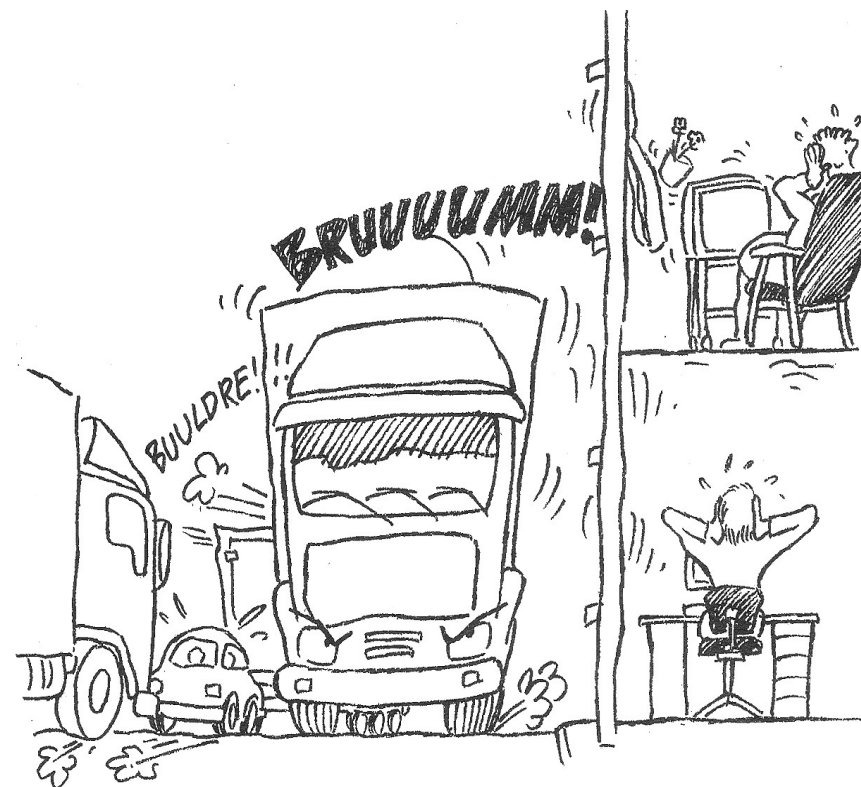


Strukturlyd



Overføring av lyd mellom nabo-rom er sterkt avhengig av skille-veggens konstruksjon. En godt lydisolerende vegg består i prinsippet av to adskilte vegger uten noen stive forbindelser og med matte i mellomrommet.

Lyden fra en kilde i rom A overføres til naborommet B på mange forskjellige måter.



Grænseværdi for støj på arbejdspladsen

- $L_{eq} = 85$ dB(A) over en arbejdsdag (8 timer)
dvs. 100 dB(A) i 15 minutter pr. dag
eller 94 dB(A) i 1 time pr. dag
(forudsat mindre end 70 dB resten af dagen)
- Hvis over 80 dB(A) skal høreværn være tilstede.
- Impulsagtig støj: Hvis spidsværdien overskrider 115 dB(A eller C) mere end 1 gang i minuttet gives 'tillæg' på 5 dB.
(Max Peak med integrationstid 50 μ Sek)

5 spm til refleksion 😊:

1. Har frekvensen betydning for en lydmåling ?
2. Hvad betyder lydabsorbtion , og hvilke materialer absorberer lyd ?
3. Er efterklangstiden altid høj i et hårdt rum ?
Hvorfor ?
4. Er efterklangstiden ens ved alle frekvenser ?
5. Handler strukturelyd om refleksion