



Baggrund lærer-elev

## Lyd og lyd dannelse

### Hvad er lyd?

Lyd er længdebølger i luften. Længdebølger vil sige, at vibrationen sker på langs ad bevægelsesretningen. Hvis vi hænger en trappesjeder op i nogle snore og skubber lidt til den ene ende, vil vi se, at længdebølgen bevæger sig hele vejen ned gennem trappesjederen, og tilbage igen. På en højttaler kan man se, hvordan lydbølgerne får membranen til at bevæge sig ind og ud, fordi luften skiftevis fortættes og fortyndes.

Men lyd er også tværbølger - hvis vi f.eks. knipser en guitarstreng. Her er vibrationen på tværs af længderetningen.

Når vi kaster en sten i vandet ser vi tværbølger i vandet - bølger som går op og ned. Men vi hører plumpet, som opstår via længdebølger gennem luften. Ringene i vandet siger ikke noget i sig selv.

Lydbølger kan bøje om hjørner og gå gennem selv de mindste huller. Lydbølger kan også reflekteres, og de kan interferere (se senere).

Der er nogle fagtermer, som er gode at kende, når vi taler om lyd som fysik:

## Tonehøjde - frekvens

Når vi taler om en tones højde, bruger vi ordet: frekvens.

Tonehøjden afhænger af antal svingninger pr. sekund.

Måleenheden for svingninger er Hertz.  
1 Hertz er én svingning på 1 sekund.

En høj (lys) tone består af mange svingninger pr. sekund.

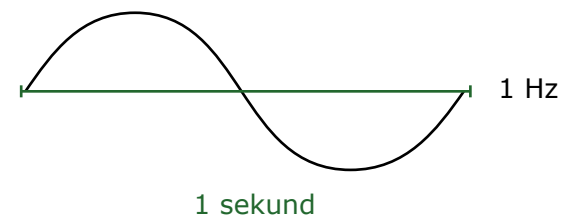
En dyb tone består af få svingninger pr. sekund.

Prøv at se på en stor højttaler, og hør hhv. en lys og en dyb tone. Da kan vi faktisk se, at højtalermembranen bevæger sig hurtigt til den lyse, og langsomt til den dybe tone.

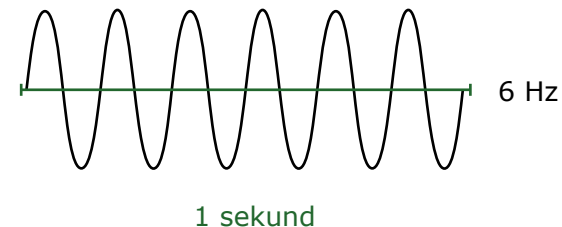
Illustrationer:  
På tegningerne kan man se, hvordan man måler en lydbølge, hvordan en lys og en dyb tone ser ud som lydbølge og hvordan lydbølger bevæger sig. Af: Theresia Thorenholt

Når lydbølgerne rammer midterlinjen, kalder vi det et 'knodepunkt'. Når bølgen er længst væk fra midterlinjen, kalder vi det en 'bug'. I knudepunkter bevæger materialet sig ikke. I kan f.eks. se bevægelsen på et sjippetov - hvis man laver flere buer, vil der være knudepunkt på midten i samme højde, som hvor man holder fast.

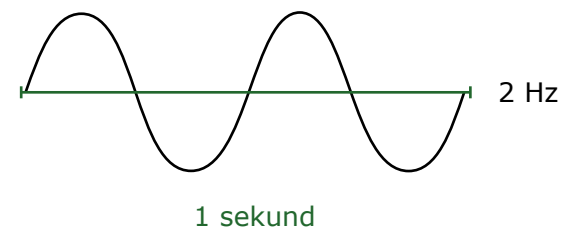
**1 Hertz:**



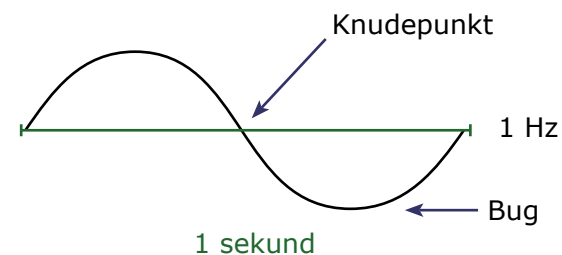
**Lys tone:**



**Dyb tone:**



**Knodepunkt og bug:**

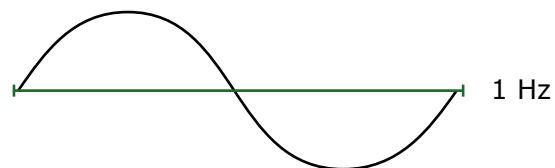


## Lydstyrke (amplituden)

For at lave en svag lyd skal svingningen have et lille udsving.

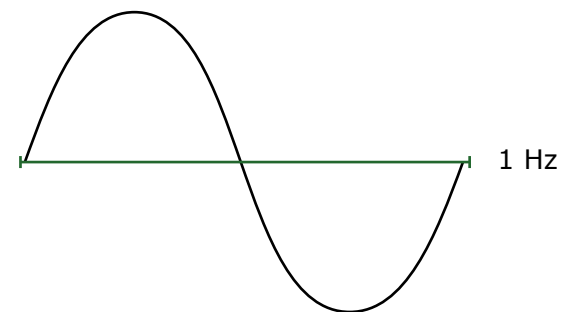
For at lave en kraftig lyd skal svingningen have et stort udsving.

**Svag lyd**



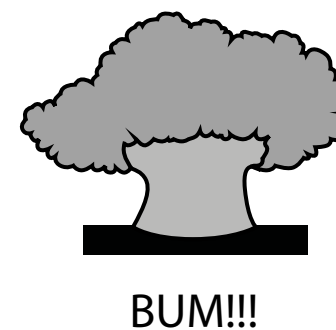
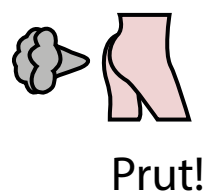
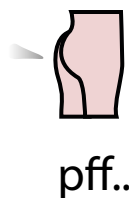
1 sekund

**Kraftig lyd**



1 sekund

Illustrationer:  
Tegningerne  
viser eksempler  
på forskellige  
lydstyrker.  
Af: Theresia  
Torenholt.



## Interferens

Når vi taler om interferens af lydbølger, betyder det, at flere svingninger blandes. Det er ligesom i havnen, når kølvand fra skibene krydser hinanden. Svingningerne kan opstå samtidigt, f.eks. når man slår på et trommeskind eller en gong, hvor der er mange forskellige bølgelængder i materialet, som alle sættes i gang. Eller de kan være reflekterende svingninger, hvor én enkelt bølge bevæger sig frem og tilbage i f.eks. et rør eller en streng.

Hvis der er mange forskellige svingninger på samme tid, vil de dæmpe hinanden. Hvis det derimod er bølger med samme frekvens, som bevæger sig mod hinanden, vil de kunne forstærke hinanden: Der opstår en såkaldt 'stående bølge'. Kun stående bølger klinger videre. I knudepunkterne af en stående bølge dæmpes lyden, i lydbølgens bug forstærkes lyden optimalt.

Billede:  
Når regndråber rammer vandoverfladen, laver de ringe i vandet, som lapper over hinanden. Nogle udvisker hinanden og andre forstærker hinanden. Det samme gælder for lydbølger i luft. Foto: CC. 3.0

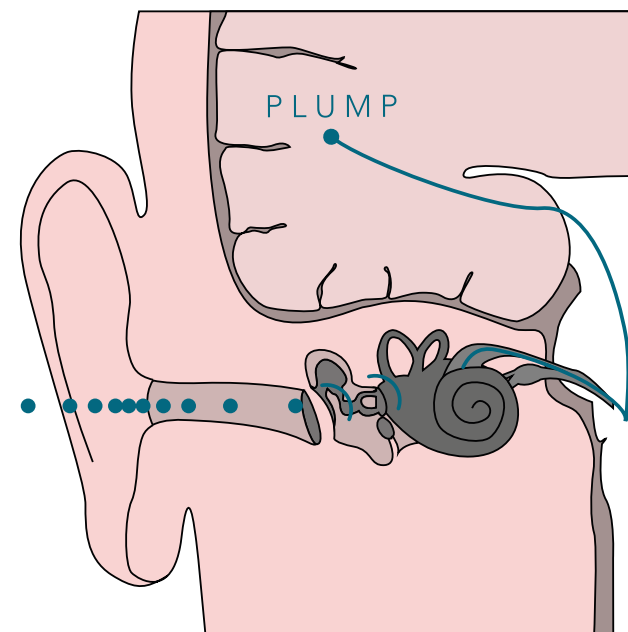
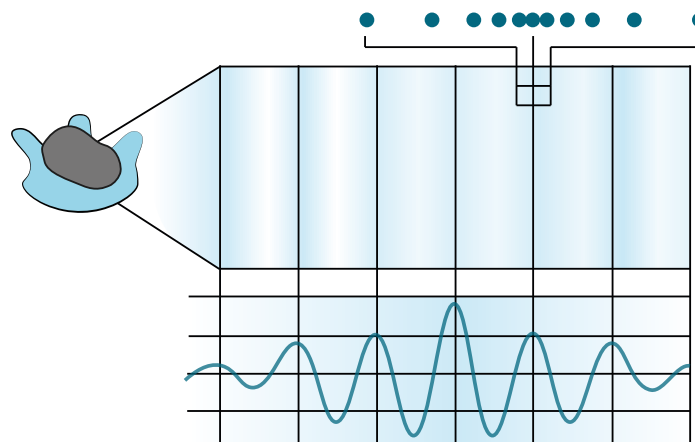


## Hvordan hører vi lyd?

Lyd opstår ved, at noget begynder at vibrere, f.eks. en streng, et skind eller et stykke træ. Vibrationen starter en længdebølge - en lydbølge. Hvis man slår på en tromme, begynder trommeskindet at vibrere. Vibrationerne skubber til luften omkring trommen, og dette bliver til lydbølger. Når lydbølger rammer vores ører, sætter de trommehinden inde i øret i svingninger. Trommehinden sender via det indre øre signaler/nerveimpulser til hjernen om, at vi hører en bestemt lyd.

Mennesket kan høre toner mellem 20 og 2000 Hz. Det er den lillebitte tidsforskel (en milliontedel af et sekund) mellem hvornår det ene øre før det andet opfanger en lydbølge, som gør, at vi kan bestemme, hvilken retning en lyd kommer fra.

Illustration:  
En sten rammer vandoverfladen, til venstre, og sender lydbølger gennem luften, ind igennem vores øregang, og ind i hjernen, som opfanger lydbølgerne som et "PLUMP". Illustration: Theresia Torenholt



## Resonans og forstærkning

En vibration kan ikke altid høres, hvis ikke den resonerer; dvs. forstærkes. Prøv bare at spænde en snor ud mellem to små klodser eller sten, og spænd den hårdt. Lige gyldigt hvor hårdt snoren spændes, vil den ikke klinge nær så godt, som hvis den bliver forbundet med et resonansrum - f.eks. en hul kasse eller en tom dåse. Resonansrum skal helst forstærke netop de frekvenser, som danner stående bølger. Derfor er det ikke helt lige gyldigt, hvor stort det er. Formen i en guitar og violin er lavet sådan, at den kan forstærke og forme instrumentets toner bedst muligt.

I en fløjte 'kastes' den frekvens, som resonerer med rørets længde, frem og tilbage i røret, så der opstår en stående bølge.

Billede:  
Formen på en violin, en bratsch og en cello er designet til at forstærke netop de toner, som man kan spille på dem. Størrelsen afspejler hvor dybt instrumentet klinger - jo større instrument, jo dybere tone. Strygere fra Musikmuseets udstilling. Foto: Jørgen Nielsen



## Akustik

Lyd lyder forskelligt i forskellige rum. Rummets størrelse, dets form og det materiale væggene er lavet af, spiller ind på, hvordan vi opfatter lyden. Det kalder man rummets 'akustik'. God og dårlig akustik i et rum afhænger af, hvad det skal bruges til. Om det er et teaterum, hvor man skal kunne høre alt hvad folk siger på scenen. Om det er et bibliotek, hvor der skal være muse-stille, så folk kan læse i fred. Om det er en gang på en skole, hvor man skal kunne være, selvom mange løber på gangen og råber - eller man skal høre nogen, der spiller på et kæmpeinstrument.

Billede:  
En koncertsal er designet til at forstærke lyden af et orkester, som spiller scenen. Akustikken i en koncertsal er god, hvis alle kan høre orkestret lige godt, ligegyldigt hvor i salen de sidder. Copenhagen Phil i Konservatoriets koncertsal. Foto: Anne Mie Dreves



Illustration:

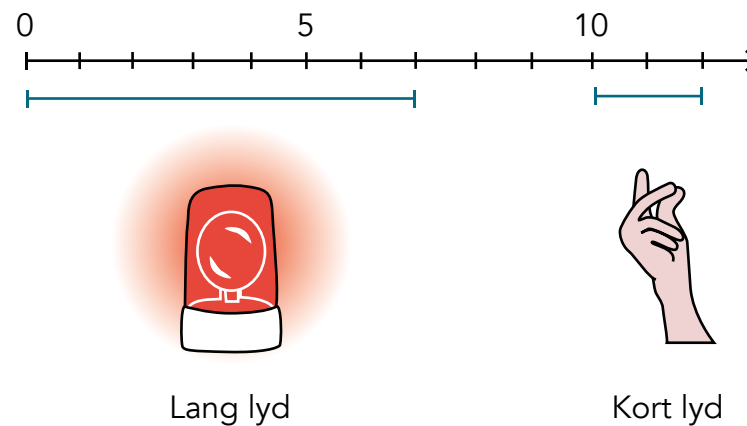
Lyden af en sirene fra en ambulance eller en politibil er lang, fordi sirenen bliver ved med 'at hyle'; det vil sige, at den bliver ved med at sende lydbølger ud i luften. Derimod er lyden af et knips kort, fordi lyden kun sendes ud én gang: knips!  
Af: Theresia Thorenholt

## Lydens varighed

Hvorfor bliver lyden ikke ved i det uendelige? Når vi kaster en sten i en stille vandoverflade, opstår der ringe i vandet, små bølger omkring stenens nedslag, som bevæger sig væk fra stenen. Bølgerne bliver mindre og mindre, fordi energien fra stenen overføres til vandet.

Oversat til lyd svarer det til, at lydstyrken bliver svagere fordi, lydens energi 'opsuges' af luften og materialer rundt omkring; f.eks. andre biler, husvæge, mennesker osv.

Kaster man flere sten i vandet efter hinanden, bliver der ved med at komme små bølger. Det samme gælder lyd; hvis man bliver ved med at gentage en lyd (plump, plump, plump, forlænger man også lydens samlede varighed.





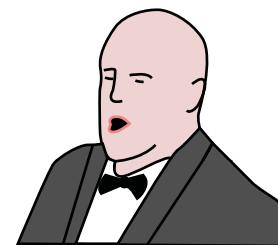
Illustrationer:  
Vi bruger ordet  
'klang' når vi vil  
beskrive lyden af  
noget - instru-  
menter, sangere,  
orkestre - og den  
særlige klangfar-  
ve disse lydkilder  
har. Rumklang er  
den klangfarve,  
som et rum har,  
når instrumen-  
ter, sangere og  
orkestre spiller i  
det. Lidt ligesom  
et kæmpe in-  
struments klang-  
kasse, som giver  
instrumentet sin  
særlige lyd og  
klang. Af: There-  
sia Thorenholt

## Hvad er klang og hvordan kan vi beskrive det?

Alle musikinstrumenter har deres særlige klang; f.eks. har fløjten en lys klang, hvorimod en kontrabas har en dyb eller mørk klang. Man taler også om, at et instrument kan have en blød klang eller en hård klang alt efter hvordan man spiller på det - eller måske skarp eller sprød.

Kan eleverne finde på andre ord, som beskriver instrumenternes klang?

Instrumentets klang er afgjort af hvilke overtoner, udover instrumentets grundtone, som klinger med. Det er sammensætningen af disse overtoner, som skaber instrumentets særlige klang. F.eks. klinger den samme tone i en guitar og en banjo meget forskelligt. Sammensætningen af overtoner i de to instrumenter er simpelthen forskellig.



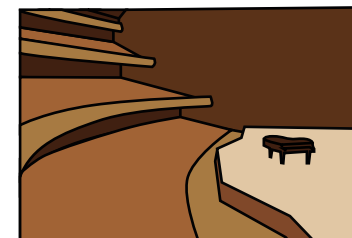
**Mørk og fyldig klang**



**Lys, blød og skarp klang**



**Lys og klar klang**



**Rumklang**

## Hvordan skaber musikinstrumenter lyd?

Når et musikinstrument skaber lyd foregår det i to faser:

1. Første fase går fra ansats til vibration. Vi sætter vibrationen i gang ved f.eks. at knipse/anslå/stryge på en streng, slå på en tromme eller blæse i et fløjterør.
2. Anden fase går fra vibration til resonans til udstråling. Som vi allerede har set, er det ikke nok, at noget vibrerer. Vi skal have tværbølgen omsat til en længdebølge som vi kan høre, og helst så kraftigt at det også virkelig kan høres. For at kunne overføre vibrationen fra trommeskindet eller strengen til luften er der brug for noget, der kan forstærke den som f.eks. et hulrum, hvor de stående bølger kan forstærkes. Når resonanskassen forstærker lydbølgen, stråler lydbølger ud og rammer vores ører. Så kan vi høre instrumentets lyd. Resonanskassen sørger også for at forme lyden. Resonanskassens udformning og materiale fremmer nogle dele af lydens overtoner fremfor andre – den er altså med til at skabe instrumentets særlige klang.

Billede:  
Når man knipser på en streng, som ikke har en resonanskasse, så er lyden meget svag, og man må lægge øret helt op ad strengen, for at høre noget. Sætter man en resonanskasse på, forstærkes lyden, og så kan man sagtens høre lyden. Foto: Eva Fock



Baggrund  
lærer-elev:  
Lyd og lyd-  
dannelse

Side 11

Øverste billede:  
Ghugha med bue  
fra Marokko, ca.  
1900.

Midterste billede:  
Kotsuzumi,  
timeglasformet  
håndtromme fra  
Japan, 1800-tal-  
let. Den støttes  
på skulderen og  
anslås med den  
ene hånd.

Højre billede:  
Bronze-gong i  
dragestativ med  
kølle fra Kina,  
1800-tallet.

Nederste billede:  
Shank fra Nord-  
indien, 1800-tal-  
let. Konkylie-  
horn.

Fotos: Fra Musik-  
museets sam-  
ling. Af: Musik-  
museet

## Lyd og musikinstrumenter

Vi opdeler instrumenterne i fire typer:

### 1. Strenginstrumenter

Hvor vibrationen skabes i en streng - ved f.eks. at knipse den med fingrene, stryge den med en bue eller slå på den.



### 2. Trommeinstrumenter

Hvor vibrationen skabes i en membran - et trommeskind.



### 3. Selvklingende instrumenter

Hvor vibrationen skabes i en instrumentets eget materiale - træ, glas, metal, bambus m.m., som anslås med en kølle el. lign., som vi slår mod en hård overflade, som vi slår mod hinanden, skraber, gnider på eller hvad vi ellers kan finde på.



### 4. Blæseinstrumenter

Hvor vibrationen skabes i en luftsøjle - f.eks. fløjte, trompet og klarinet.



## Hvordan dannes lyd i strengeinstru- menter (chordofoner)?

Det er ret enkelt at skabe en stående bølge på et strengeinstrument: Kun de bølgelængder, som kan deles med strengens længde, vil klinge videre, hhv. grundtone og de harmoniske overtoner. Men eftersom vi på mange strengeinstrumenter kan afkorte strengens længde med fingeren, kan instrumenterne frembringe mange forskellige tonehøjder.

- Det er meget vigtigt, at strengen er så stærk, at den kan spændes godt.
- Strengen må helst heller ikke være for elastisk, så bliver det svært at sikre en god klang og en fast tonehøjde.
- Den skal kunne spændes stramt, så det kan bringes i bevægelse og skabe en stående bølge. Derfor skal instrumentets krop kunne modstå presset (ikke fjedre for meget). Desuden skal der skabes en god forbindelse mellem strengen og klangkassen, så strengens vibration bliver overført til klangkassen uden for meget energitab. Endelig skal klangkassen helst ikke absorbere vibrationen, men sende den effektivt videre ud i luften.

- Klangkassen skal helst passe til de frekvenser og overtoner, som strengene frembringer. Derfor har instrumenter med en dyb tone typisk en større klangkasse end instrumenter med et høj/lys tone.

## Hvordan dannes lyd på trommer (membranofoner)?

Trommens membran (skindet) virker lidt ligesom en streng: Der kan skabes stående bølger på alle de bølgelængder, som membranen kan producere. Men netop fordi de produceres samtidigt, kan de dæmpe hinanden, hvis ikke trommen er godt stemt.

- Det er meget vigtigt at skindet er så stærk at det kan spændes godt. Skindet må helst heller ikke være for elastisk, så bliver det svært at sikre en god klang og en fast tonehøjde.
- Skindet skal kunne spændes stramt, så det kan bringes i bevægelse og skabe en stående bølge. Derfor skal trommens krop kunne modstå presset (ikke fjedre for meget). Endelig skal klangkassen helst ikke absorbere vibrationen, men sende den effektivt videre ud i luften.
- Klangkassen skal helst passe til de frekvenser og overtoner, som membranen frembringer. Derfor har trommer med en dyb tone typisk en større klangkasse end trommer med et høj/lys tone.

**BEMÆRK:** Det er ikke kun trommer, som er membranofoner. Hvis I bygger en 'ballonblæser', er det faktisk en membranofon I laver, fordi det er membranen, som skaber lyden.

## Hvordan dannes lyd på selvklingende instrumenter (idiofoner)?

Blandt selvklingende instrumenter (f.eks. smalle (metal)tunger, stemte gonger eller klangstave, hule rør m.m.) skabes vibrationen i instrumentets eget materiale (glas, metal, træ, sten, bambus etc.). Det kan være svært at forudsige præcist på især træ, hvordan klangen og tonehøjden vil være, da træets kvalitet, antal knaster, elasticitet, fugt mm. spiller ind. Så prøv jer frem.

Der kan evt. tilføjes et resonansrum, hvis det er nødvendigt, f.eks. rør under klangstave, en skål eller kasse til (metal)tungerne eller hule rør. Hvis man slår på et 'selvklingende instrument, f.eks. en stang eller en plade af metal, træ eller sten, vil der opstå flere forskellige bølgelængder på kryds og tværs af materialet, som vil kunne dæmpe hinanden (interferens) og skabe en meget uklar tone. Derfor kan det være meget svært at høre en klar grundtone på den slags instrumenter, hvis de ikke er lavet meget omhyggeligt.

**BEMÆRK:** Ikke alle slagtojsinstrumenter er selvklingende. Hvis man slår for enden af hule rør, er det luften som skaber vibrationen, så det er et 'luft-instrument', en aerofon.

## Hvordan dannes lyd i blæseinstrumenter (aerofoner)?

På de fleste blæseinstrumenter er det luften i et rør (luftsøjlen), som vibrerer. Tonen skabes i mødet med røret. For at der kommer lyd, skal luftstrømmen i røret enten passere hen over en skarp kant (som i en fløjte), eller den skal sætte noget andet i bevægelse (f.eks. et 'blad' - som i en saxofon, en klarinet eller en zurna). Kun de bølgelængder, som passer til rørets længde, forstærkes og bliver hørbare. Det er især længden, som har betydning for tonehøjden, og diameteren har mest betydning for klangen. Derfor er forholdet mellem længde og diameter ikke helt ligegyldigt. Et meget kort, tykt rør giver en dårlig lyd, og det kan være svært at få en tone frem. Det samme gælder et meget tyndt, langt rør. Der er stor forskel på tonehøjden på et rør som er åbent i begge ender, og et som kun er åbent i den ene ende. Panfløjter er næsten altid lukkede i den ene ende, da de ellers er meget svære at få lyd ud af.

**BEMÆRK:** Det er ikke alle blæseinstrumenter, hvor det er luften, som skaber vibrationen. Kazoo er faktisk i samme gruppe som trommerne, det er en membranofon, fordi det er membranen som skaber lyden. Også hos ballonblæseren er membranen med til at skabe lyden. Så den er både en aerofon og en membranofon.