

Lyd – Lyd er en vibration, der bevæger sig gennem stof (såsom luft eller vand). En *vibration* er en baglæns og forlæns bevægelse frembragt af en vibrerende kraft. Vibrationer bevæger sig udad i alle retninger fra kilden gennem det omgivende stof; de overføres gennem stoffet.

Hørelse – Når vibrationer når frem til øret, får de trommehinden til at vibrere. Lydene forstærkes inde i øret (det er ikke afgørende at kende til de anatomiske detaljer i dette undervisningsmateriale), og beskeder sendes via hørenerven til hjernen, hvor de bliver fortolket (dvs. 'hørt'). Hvis man for eksempel spiller på en fløjte, vil luften inde i fløjten vibrere, når man puster i den. Folk der sidder hele vejen omkring personen som spiller fløjte kan høre det, fordi vibrationerne bevæger sig udad fra fløjten gennem den omgivende luft, indtil den når de enkeltes trommehinde.

Lydbølge – Når en lydkilde vibrerer, forårsager det vibrationer i partiklerne som udgør det omgivende stof. Partiklernes bevægelse baglæns og forlæns (vibrationer) bevæger sig igennem stoffet, og når de gør det, skaber de områder hvor partiklerne er tætpakkede (**fortætninger**) og områder hvor partiklerne er spredt ud med større afstand imellem hinanden (**fortyndinger**), hvorved der opstår bølger af tryk (**lydbølger**). Det er muligt at se en animation af dette her:

<http://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/waves-intro/waves-intro.html>

Der er tre karakteristika, som beskriver en lydbølge:

Frekvens – det antal bølger der passerer et punkt hvert sekund – målt som cyklusser per sekund, kaldet Hertz (Hz)

Bølgelængde –afstanden mellem toppen på en bølge til toppen på den næste bølge

Amplitude– et mål for bølgens størrelse.

Frekvens – Frekvensen er antallet af vibrationer i en tidsenhed.

Det menneskelige øre kan høre i frekvensområdet 20-20.000 Hz. Det betyder, at 20 Hz er den dybeste lyd vi kan høre, og 20.000 Hz er den højeste. Det afhænger også af alder og helbred. Generelt kan børn høre højere lyde end voksne, så der er lyde som eleverne i klassen vil kunne høre, som læreren ikke kan. Nogle dyr kan høre og frembringe meget højere eller meget dybere lyde end mennesker kan høre. En hund kan for eksempel høre lyde i frekvensområdet 15-50.000 Hz. En flagermus kan høre lyde i frekvensområdet 100-100.000 Hz, mens pukkelhvalens sang ligger på 20-24Hz.

Tonehøjde – Tonehøjden afhænger af frekvensen. En høj tone har en høj frekvens, og en dyb tone har en lav frekvens. En lyds tonehøjde afhænger af lydbølgens frekvens, som er bestemt af vibrationens hastighed. Jo højere frekvensen er, jo højere er antallet af vibrationer per tidsenhed. En højere frekvens (altså hurtigere vibrationer) frembringer en højere tone end en lyd med langsommere vibrationer. Frekvens måles som vibrationer per sekund eller Hertz (Hz). Jo højere en lyds frekvens er, jo kortere er bølgelængden. Dette påvirker den måde en lyd bevæger sig på (se *Sådan opfører lydbølger sig* – længere nede).

Amplitude – Amplituden er størrelsen på en bølge. Amplituden bestemmer lydstyrken. En stor amplitude frembringer en kraftig lyd, og en lille amplitude frembringer en svag eller stille lyd. Dette kan illustreres med en lineal, der anslås (se *Forøg med en lineal* i Del 2). En stor vibration frembringer en kraftigere lyd end en lille vibration. Lydintensiteten måles i decibel (dB). Det er en logaritmisk skala. En forskel på 10 dB mellem to forskellige lydes intensitet betyder, at den ene lyd er 10 gange kraftigere end den anden. Menneskelig tale ligger mellem 40 dB (hvisken) og 80 dB (råb). Ørets følsomhed overfor en lyd afhænger af lydets frekvens. Det menneskelige øre er mest følsomt overfor lyde med en frekvens på omkring 4.000 Hz. Den højeste tone på et klaver er omkring 4.000 Hz. Der er meget kraftige [\[LE1\]](#) lyde, som vores hørelse slet ikke registrerer. For eksempel er den lyd flagermus laver på 130 dB, men vi kan ikke høre dem, fordi lydene er for høje at høre for vores ører.

Nogle få eksempler på forskellige lyde på en dB skala:

• hvisken	40 dB	
• samtale	60 dB	
• råb		80
dB		
• risiko for høreskade	85 dB	
• trykluftbor	100 dB	
• jetmotor på 10 m afstand	120 dB (eller en klasse fyldt med råbende børn)	
• smertegrænsen	130 dB	
• rock koncert tæt på højttalerne	150 dB	
• kraftig artilleriild	180 dB	

Stof – Lyde bevæger sig gennem stof. Hvis der ikke er noget stof, er der ikke noget, der kan vibrere. Stoffet kan være luft eller vand, men også faste materialer såsom træ. Når man svømmer under vandet, kan man stadig høre ting. Træ er også et godt stof; læg øret mod bordpladen og trom på bordet med fingrene. Kan det [\[LE2\]](#) høres? Når man taler om lydets hastighed, menes der som regel lydets hastighed gennem luft. Men lyd bevæger sig med forskellig hastighed gennem forskellige stoffer. Gennem luft er lydets hastighed ca. 343 meter per sekund (1235 km/t); dette varierer afhængigt af luftfugtighed og temperatur. I vand er lydets hastighed hurtigere (1500 m/s). Lyd bevæger sig meget længere i vand, end det gør i luft. For eksempel kan hvaler høre hinanden på flere hundrede kilometers afstand. Lyd kan ikke bevæge sig i vakuum, fordi der ikke er noget at bevæge sig igennem. Film hvori man hører et stort brag, når noget eksploderer i rummet, er altså ikke videnskabelige korrekte.

Akustik – Akustik er den videnskab, der undersøger mekaniske bølger. En **mekanisk bølge** er en bølge som udbreder sig i stof, da den videreføres gennem partiklers svingninger. Anvendelsen af akustik er for eksempel i industrier som kontrollerer lyd og støj. Et rum eller auditoriums karakteregenskaber bestemmer om lyden høres godt. Nogle af de ting der skal tages højde for er refleksionen af vibrationer, absorptionen af vibrationer, resonans og afstand (folk helt bagest skal også kunne høre).

Sådan opfører lydbølger sig

Når en lydbølge støder på en forhindring, kan adskillige ting forekomme. Denne viden kan anvendes, når man skal designe en koncertsal eller et teater:

- **Absorption.** Når en forhindring består af blødt porøst materiale (fx skum eller vat), vil meget af lydbølgens energi blive absorberet. Det medfører at forskellene bliver mindre i lydbølgens tryk og lyden dæmpes. Dette anvendes fx i lydstudier, hvor vægge, gulv og loft er dækket med blødt porøst materiale for at dæmpe ekko og andre lyde, der ikke skal med på optagelsen. På samme vis er der mindre støj i et lokale med gulvtæppe fremfor et lokale med hårde gulvbelægninger, fordi tæppet absorberer lyde.
- **Refleksion.** Når lyd støder på en hård overflade (fx sten eller beton) bliver den reflekteret og bølgerne springer tilbage til lydkilden. Det er det som skaber ekko og efterklang. Lyde er kraftigere i et lokale med materialer som reflekterer lyd (for eksempel et badeværelse med fliser på gulv og vægge), end de er udenfor. Det er på grund af lydens refleksion mod fliserne. Man kan sige, at mængden af lydenergi der når ens øre er højere, fordi en lyd når ens øre adskillige gange.
- **Diffraction.** Lydbølger kan bevæge sig udenom genstande. For eksempel kan man godt høre en lyd, selv om der er en forhindring imellem en selv og lydkilden.

Frekvensen, og derfor tonehøjden, påvirker den måde lyd bevæger sig i et område. Og også hvordan den absorberes, reflekteres eller spredes. Høje lyde absorberes og spredes lettere end dybe lyde. Dybe lyde er mere gennemtrængende. Det er grunden til, at når der er en koncert eller stor fest langt væk, så kan man kun høre de dybe lyde, såsom bas og trommer. De højere lyde er enten absorberede eller spredt mellem en selv og lydkilden.

Når der designes og bygges musikinstrumenter, anvendes forskellige materialer afhængigt af deres absorberende og reflekterende egenskaber. Desuden påvirkes lyden også af facon og størrelse på det område hvor vibrationen dannes. Generelt kan man sige, at jo større instrumentet er, jo dybere er tonehøjden på den tone instrumentet frembringer. Det er fordi, et større instrument kan lave lyde med en længere bølgelængde og derfor en dybere lyd. For eksempel er en orgelpibes længde halvdelen af bølgelængden af den tonehøjde den frembringer. Så jo længere orgelpiben er, jo dybere er tonehøjden på den tone, den frembringer.

En almindelig forklaring på **resonans** er eksemplet med at skubbe en gyng. Når et skub gives i overensstemmelse med gyngens bevægelse, så resulterer det i en større bevægelse af gyngen. Hvis det samme skub ikke gives på det korrekte sted i forhold til gyngens bevægelse, så er effekten af dette på størrelsen af gyngens bevægelse relativ lille, eller den reducerer måske endda bevægelsen, hvis denne går imod gyngens retningen. **Akustisk resonans** er et fænomen hvori lydbølgerne fra et akustisk system kan forstærkes, når lydens frekvens nærmer sig systemets naturlige vibrationsfrekvens. Akustisk resonans er uhyre vigtigt i fremstillingen af akustiske instrumenter. I et blæseinstrument, såsom en saxofon, blæser musikeren mod et blad i mundstykket, hvilket skaber en vibration. Når frekvensen af bladets vibration svarer til den naturlige frekvens af vibrationen i luftsøjlen i instrumentets krop, opstår resonans som

frembringer en kraftig lyd. I Del 2, Akt. 2.5 skal eleverne undersøge tilblivelsen af en resonanskasse, til at forstærke den lyd de laver.