

Ljud

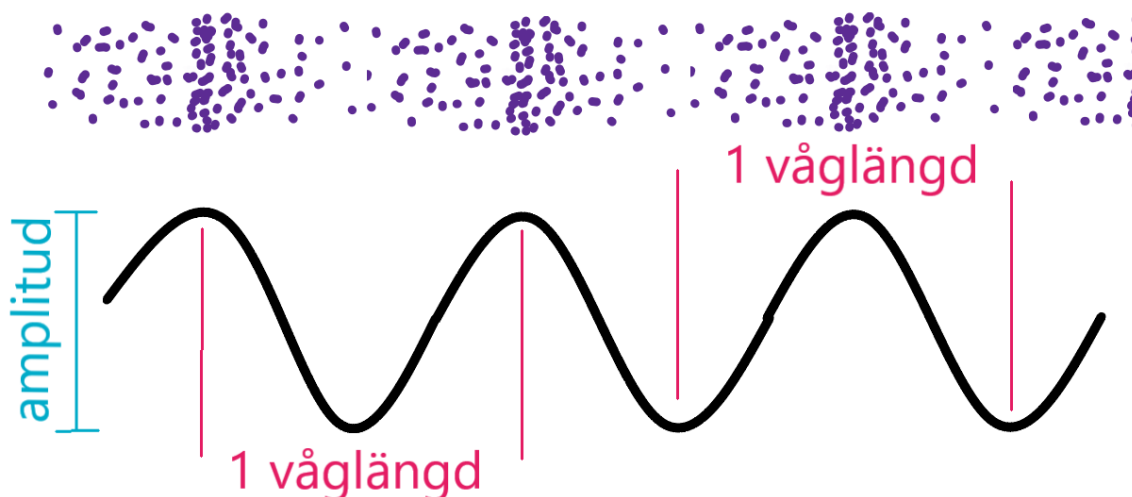
Ljud är allt man kan höra. Ljud orsakas av en ljudkälla. Människor hör dock bara ljud om dess frekvens är mellan 16 Hz och 20 000 Hz och volymen på ljudet är över hörtröskeln och under smärtgränsen. Ljud kan dock även ha frekvenser lägre än 16 Hz. Då talar man om infraljud. Ljud med frekvenser över 20 000 Hz kallas ultraljud.

Ljud är en fysikalisk våg

Ljud fortplantas genom att få luftmolekyler att röra sig fram och tillbaka och orsaka förtätningar och förtunningar av molekyler. Fysikaliskt sett är ljud därmed en längsgående mekanisk våg där trycket ändras periodiskt över tiden. Längsgående våg eftersom partiklarnas utbredningsriktning och vibrationsriktning är detsamma.

Ljudvågors karaktär beskrivs med hjälp av amplituden, våglängden och frekvensen. Våglängden är avståndet mellan två förtätningar eller mellan två förtunningar. Amplituden är "höjden" på vågen. Amplituden avgör hur svagt eller starkt ljudet är. Ju högre amplitud desto starkare ljud.

Frekvensen beskriver ljudvågens svängningar. Frekvensen mäts i Hertz, vilket anger antal svängningar per sekund. Ju högre frekvensen är, dvs ju fler svängningar, desto ljusare blir tonen; lägre frekvens betyder mörkare ton. Frekvensen hänger starkt ihop med våglängden.



I ett ämne vid konstant temperatur fortplantar sig ljud i en rät linje. Eftersom ljud är en mekanisk våg har ljud också alla egenskaper som mekaniska vågor har. Ljud kan reflekteras, brytas och absorberas.

När ljud träffar en yta reflekteras det. Ju slätare yta desto starkare reflektion. Lagen om reflektion gäller för reflektion av ljud: Infallsvinkeln och reflektionsvinkeln är lika: $\alpha = \alpha'$

Om ljud överförs från ett ämne till ett annat, t.ex. B. från luft till vatten förändras dess utbredningsriktning i allmänhet. Det kallas för brytning.

När ljud träffar grova och porösa ytor, t.ex. på skum reflekteras en liten del av ljudet, men det mesta absorberas (slukas). Ljudabsorption av grova, porösa ytor används för ljudisolering.

Dessutom förekommer även de vågtypiska fenomenen diffraktion och interferens med ljud. Som ett resultat av diffraktion utbreder sig ljud z. B. runt kanter. Du kan se detta hela tiden i vardagen: Även om du står bakom ett hörn av huset kan du höra ljud från områden som du inte kan se.

Ljudets hastighet

Ljud fortplantas genom materia med en viss hastighet, ljudets hastighet. Hur snabbt ljudet rör sig beror på olika faktorer som temperatur, tryck och mediets densitet.

I allmänhet är ljudets hastighet lägst i gaser och högst i fasta ämnen. Detta har att göra med de olika krafter som verkar mellan ämnernas partiklar. När det gäller gaser är den kraftrelaterade kopplingen mellan partiklarna liten, i fallet med fasta kroppar är den stor. Därför fortplantar sig en tryckfluktuation snabbare i fasta kroppar än i gaser.

material	temperatur	Ljudhastigheten
diamant	20 °C	17500 m/s [3]
Stål	20 °C	5100 m/s [1]
aluminium	20 °C	6420 m/s [3]
gips	20 °C	2300 m/s [4]
gummi	20 °C	54 m/s [1]
Vatten	20 °C	1440 m/s [2]
havsvatten	20 °C	1560 m/s [2]
luft	20 °C	344 m/s [1]

[1] Friesecke: Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker

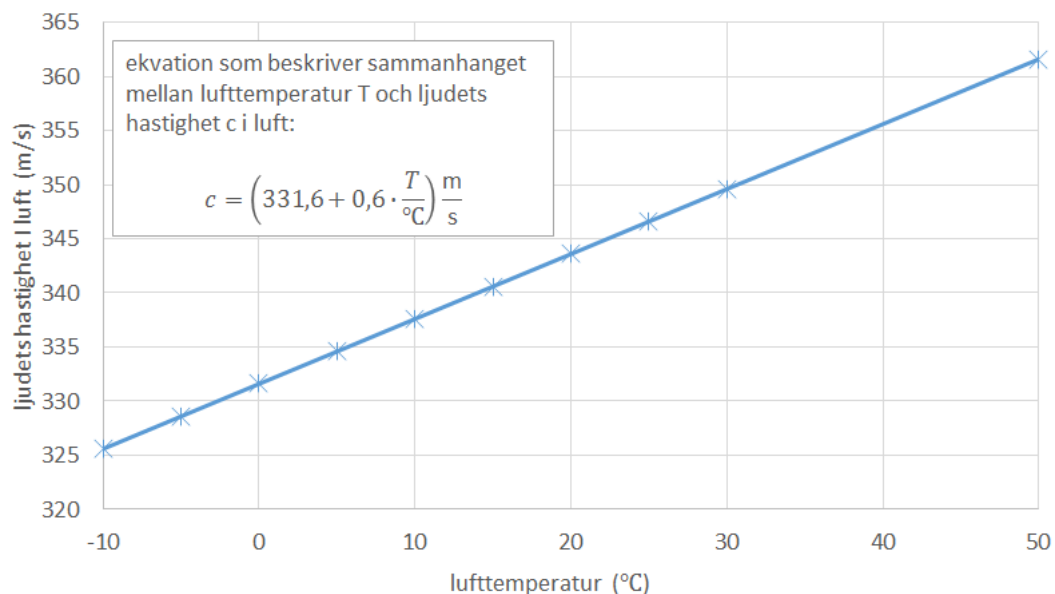
[2] Douglas/Giancoli: Physik: Lehr- und Übungsbuch

[3] Meister: Grundpraktikum Physikalische Chemie - Theorie und Experimente

[4] Lips: Strömungsakustik in Theorie und Praxis

Låt oss titta närmare på ljudhastigheten i gaser, t.ex. i luft. I luft beror ljudets hastighet främst på temperaturen. Ju högre temperatur, desto högre ljudhastighet. Sammanhanget mellan ljudets hastighet (c i meter per sekund) och lufttemperaturen (T i grad Celsius) kan beskrivas med hjälp av en enkel matematisk ekvation:

$$c = \left(331,6 + 0,6 \cdot \frac{T}{^{\circ}\text{C}} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

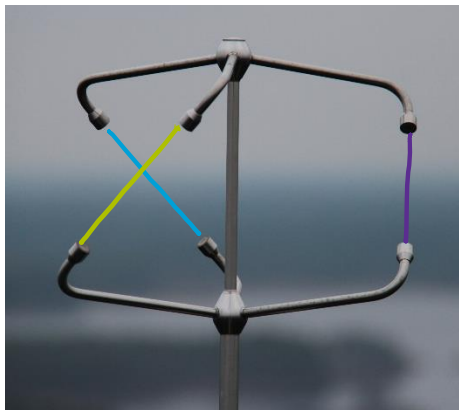


Ljudets hastighet beror även lite av dess frekvens, dvs tonhöjden. Men effekten är så liten att den kan försummas vanligtvis.

Mäta vinden med ljud

Ljudets hastighet kan användas i mättekniken, t.ex. för att mäta vindhastigheten.

Det är ganska uppenbart att vindens hastighet påverkar den hastighet ljudet rör sig med. Om du pratar med en vän som är i motvind där du står, kommer du att höra vännens röst något tidigare än vad du skulle göra om det inte var någon vind alls. På samma sätt, om de ropar tillbaka, kommer du att höra deras röst något senare – eftersom ljudvågorna de genererar måste kämpa mot vinden för att nå dig. Samma idé används i ultraljudsvindmätare, som mäter vindhastigheten med hjälp av högfrekvent ljud (vanligtvis över det område som människor kan höra).



En ultraljudsvindmätare har två eller tre par ljudsändare och mottagare monterade i rät vinkel mot varandra. Ställ den i vinden och varje sändare strålar konstant högfrekvent ljud till sin respektive mottagare (längs de färgade linjerna). Inuti instrumentet mäts tiden det tar för ljudet att göra sin resa från varje sändare till motsvarande mottagare.

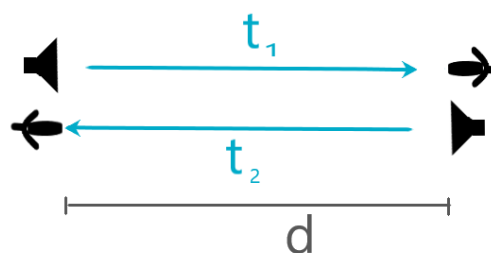
$$t = \frac{L}{(c + v)}$$

Där t är tid, L är avståndet mellan givarna, c är ljudets hastighet och v är lufthastigheten längs givarens axel.

Beroende på hur vinden blåser kommer det att påverka vissa av ljudstrålarna mer än de andra, sakta ner eller påskynda det väldigt lite. Skillnaden i strålarnas hastighet mäter man elektronisk och använder det för att ta reda på hur snabbt vinden blåser. Genom att jämföra minst två olika mätningar undviker man ljudhastighetens temperaturberoende. Principen funkar lika bra för väldigt svag vind och stark vind.

Exempel

Vi mäter tiden som ljudet behöver för att röra sig längs en bana som är 15 cm (d) lång.



Vi kallar tiden på ena riktningen t_1 och tiden på omvänt riktning t_2 . När det inte blåser tar ljudet lika lång tid åt båda hållen ($t_1 = t_2$). Vid 20 °C är transporttiden cirka 450 μ s (mikrosekunder, det är 0.00045 s). När det blåser med 20 m/s åt samma håll som ljudpulsens, är transittiden t_1 ungefär 427 μ s. På motsatt håll, där vinden blåser emot ljudpulsens, blir transittiden t_1 ungefär 482 μ s.

Vindhastigheten kan nu beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$v = \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) = \frac{0,15 \text{ m}}{2} \cdot \left(\frac{1}{0,000427 \text{ s}} - \frac{1}{0,000482 \text{ s}} \right) = 20,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

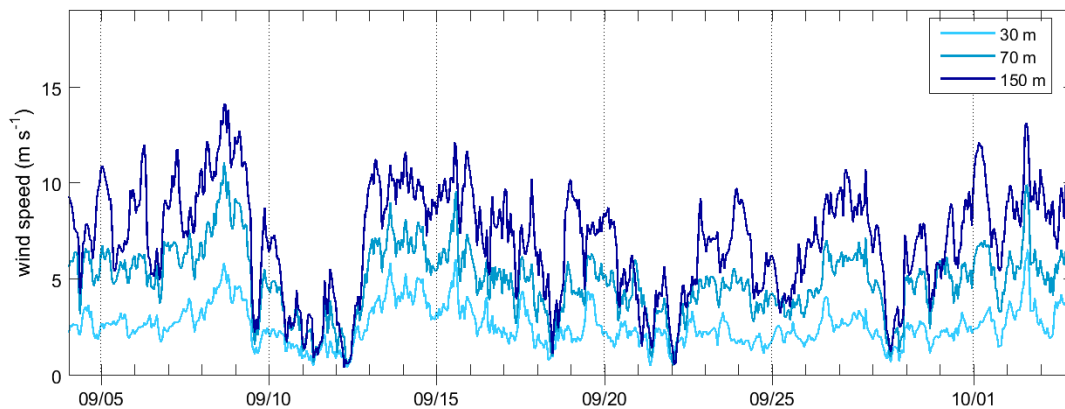
Vindhastighet i vårt exempel är alltså ungefär 20 m/s.

I exemplet tittade vi bara på ett par sändare och mottagare. När man jämför och utvärderar mätvärden från flera sändare-mottagarpar får man även information om vindriktningen.

Tidsserier av vindhastighet

Vinden ändras snabbt med tiden. När de horisontella lufttryckskillnader är små, är vindhastigheten låg. När tryckskillnaderna är stora är vindhastigheten hög. Eftersom friktion med mark träd och andra hinder bromsar luften, är vindhastigheten högre ju högre upp man mäter.

Här ser du vindhastigheten uppmätt på en mätstation i norra Skåne under en period hösten 2022 (4 september till 3 oktober). Mätmasten vid forskningsstationen Hyltemossa är 150 m hög och vindhastigheten mäts på tre nivåer: 30 m, 70 m och 150 m. [Följer du länken](#) ser du aktuella data från stationens vindmätningar.



SNABBA 5 OM LJUD

- 1 LJUD ÄR EN MEKANISK VÅG AV TRYCKÄNDRINGAR.
- 2 LJUDETS TONHÖJD BESTÄMS AV FREKVENSEN, AMPLITUDEN BESKRIVER HUR SVAGT ELLER STARKT LJUDET LÅTER.
- 3 LJUDET UTBREDAR SIG SNABBAST I FASTA MEDIER.
- 4 LJUDET UTBREDAR SIG SNABBARE JU VARMARE DET ÄR.
- 5 LJUD KAN ANVÄNDAS I MÄTTEKNIK, T.EX. FÖR ATT MÄTA VINDHASTIGHET.