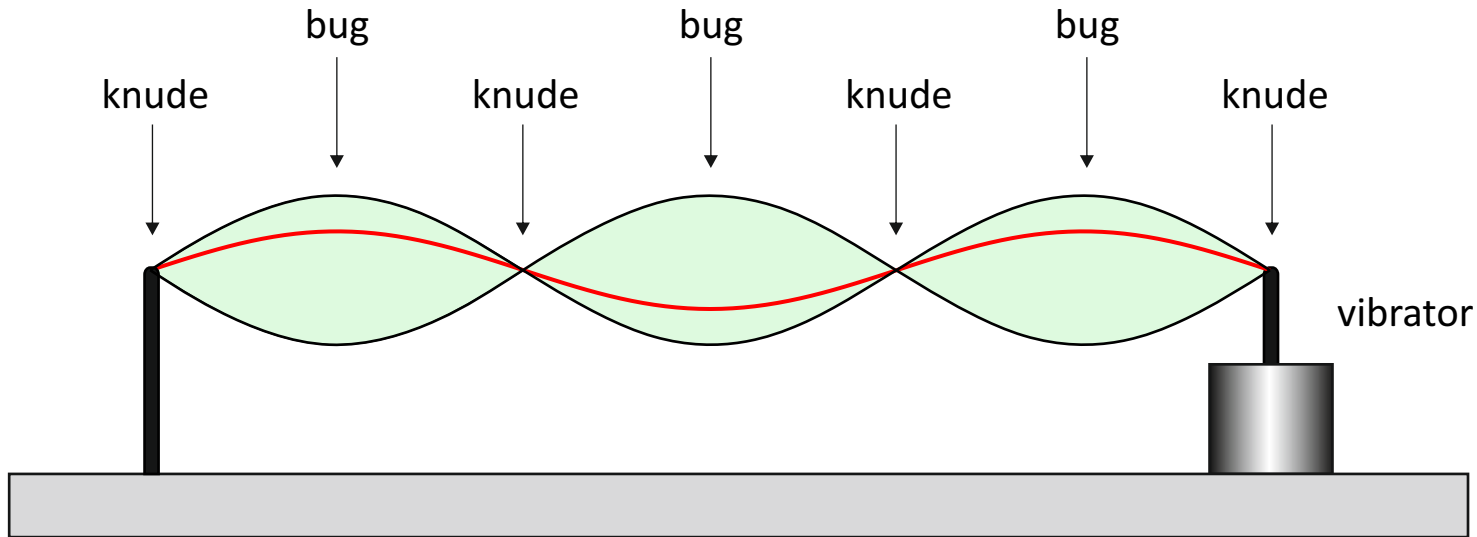


# Guitarens fysik

- Stående bølger på streng
- Lydbølger
- Grundtonen og overtoner
- Klang
- Resonanskasse
- Stemme guitar
- EKSTRA: Strengbølgerens hastighed

# Snorbølgeforsøg



En funktionsgenerator tilkoblet en vibrator skaber snorbølger med en bestemt frekvens  $f$  styret fra funktionsgeneratoren. Ved ganske bestemte frekvenser opstår der **stående bølger** på snoren. På billedet er der tale om den frekvens, som giver anledning til 2. oversvingning.

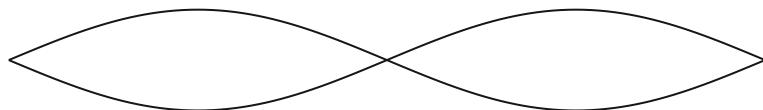
# Stående bølger på guitarstreng



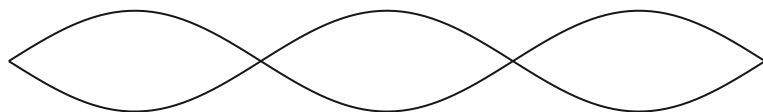
Grundsvingningen



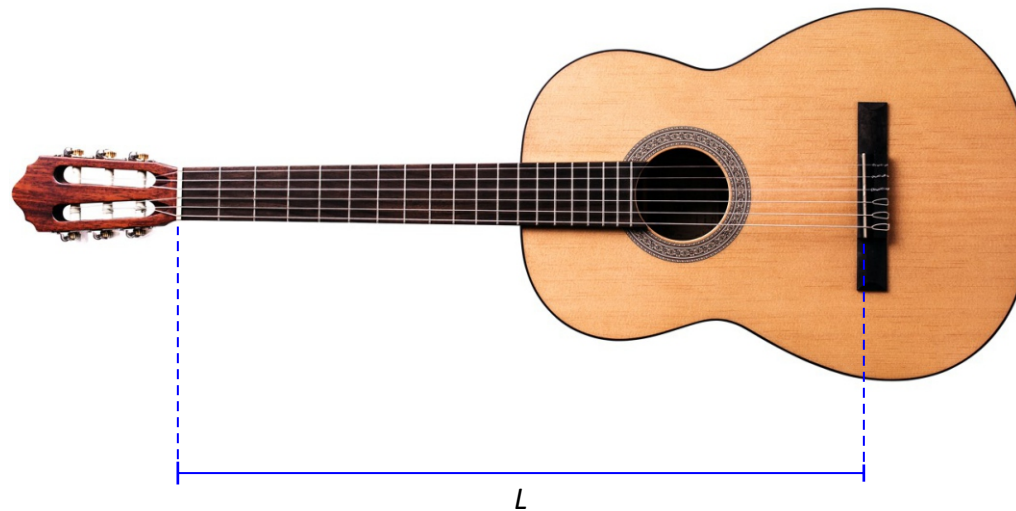
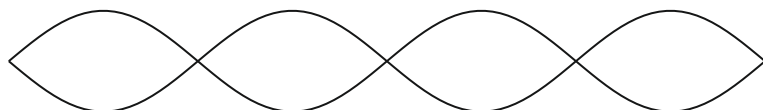
1. oversvingning



2. oversvingning



3. oversvingning



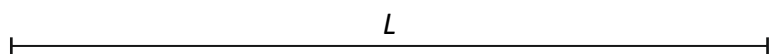
Hurtigt efter en streng er anslået skabes grundsvingningen og flere oversvingninger *samtidigt*

Strengbølger skaber lydbølger med **samme frekvens**

Lyden fra en guitarstreng består derfor af en grundtone og flere overtoner

# Hvilke overtoner fås?

$$\text{Bølgeligning: } v = \lambda \cdot f$$

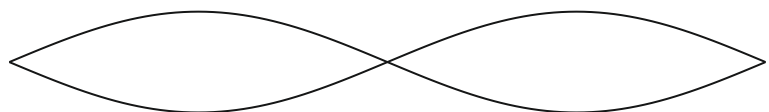


Grundsvingningen



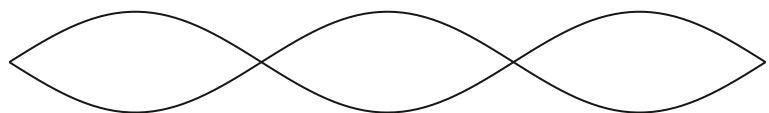
$$L = \frac{1}{2}\lambda \Leftrightarrow \lambda = 2L$$

1. oversvingning



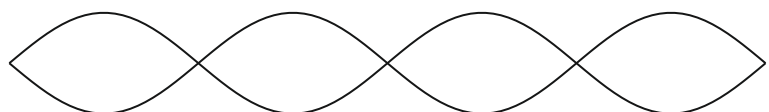
$$L = \lambda$$

2. oversvingning



$$L = \frac{3}{2}\lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{2}{3}L$$

3. oversvingning



$$L = 2\lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{1}{2}L$$

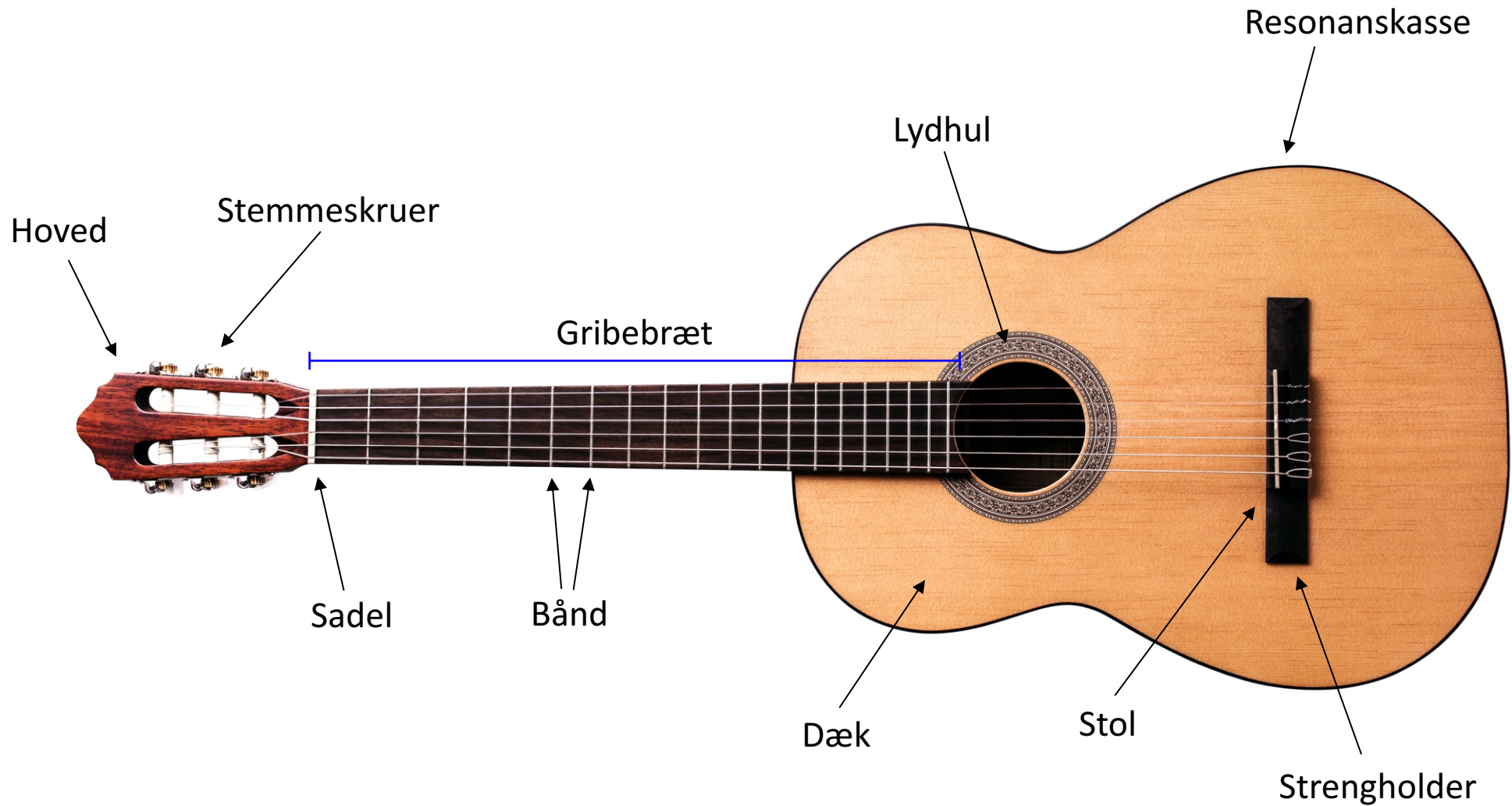
Strenglængden starter med at indeholde  $\frac{1}{2}\lambda$ . Derefter bliver der lagt  $\frac{1}{2}\lambda$  til, når man går én oversvingning fremad. Det giver formlen  $L = n \cdot \frac{1}{2}\lambda$  for  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Isoleres  $\lambda$  heri, fås  $\lambda = 2L/n$ . Kaldes bølgelængden for grundsvingningen for  $\lambda_1$  fås  $\lambda = \lambda_1/n$  for  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Det giver følgende række af bølgelængder:

$$\lambda_1, \frac{1}{2}\lambda_1, \frac{1}{3}\lambda_1, \frac{1}{4}\lambda_1, \frac{1}{5}\lambda_1, \dots$$

De tilhørende frekvenser fås ved at bruge bølgeligningen. Kaldes grundsvingningens frekvens for  $f_1$ , fås følgende række af frekvenser, da  $f$  og  $\lambda$  er omvendt proportionale:

$$f_1, 2f_1, 3f_1, 4f_1, 5f_1, \dots$$

# Gitarens udseende



# Hvordan kan man få andre toner?

## 1. Stemmeskruerne kan spændes

Det medfører en lysere tone.

## 2. Holde strengen nede på et bånd

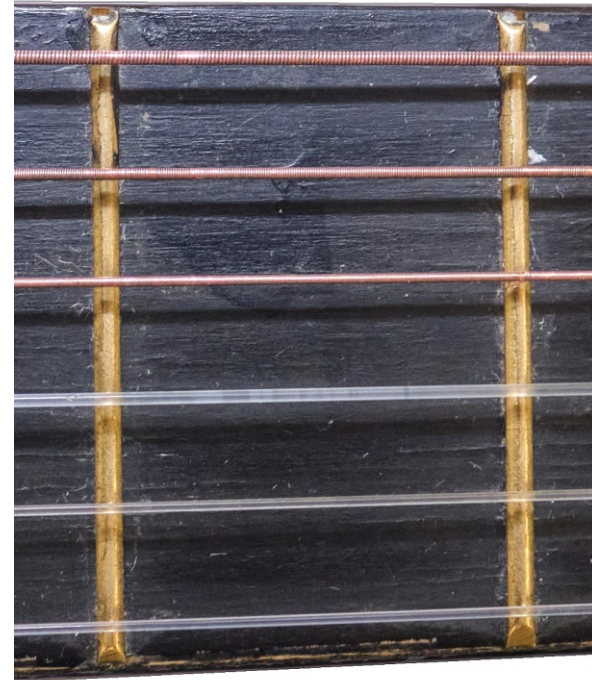
Det medfører en forkortelse af tråden og dermed en mindre værdi for bølgelængden  $\lambda$  på strengen. Da bølgehastigheden  $v$  på strengen er uændret, må frekvensen øges ifølge bølgeligningen. Altså en lysere tone.

$$\text{Mindre } L \Rightarrow \text{Mindre } \lambda \Rightarrow \text{større } f = \frac{v}{\lambda}$$

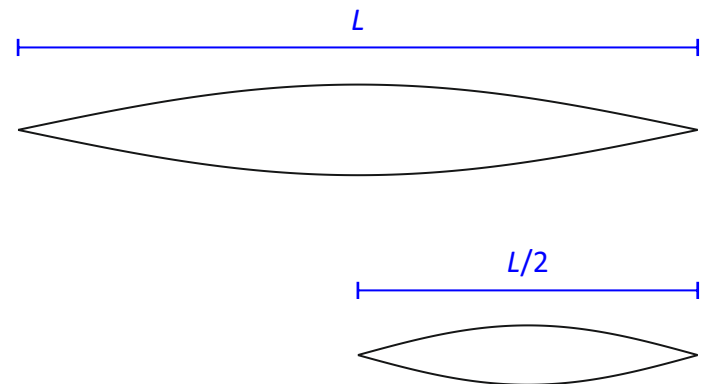
## 3. Man kan vælge en anden streng

Der er 6 strenge. De tunge metaltråds-omvundne strenge giver en dybere tone.

**NB!** På den sidste ekstra side gives en forklaring på punkt 1 og 3.

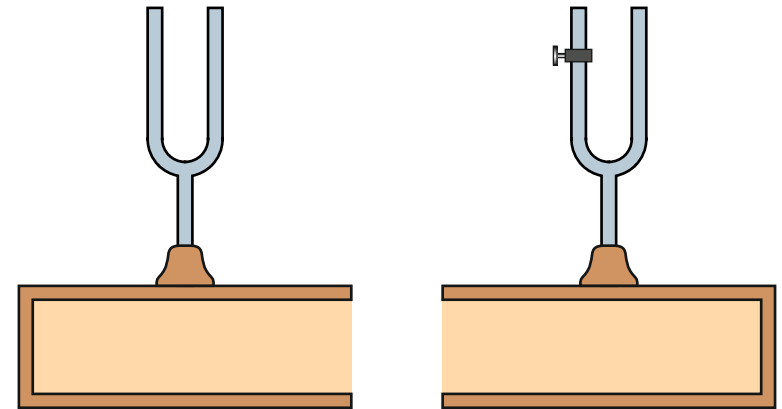


Nogle strenge er af ren nylon, mens andre er nylon omvundet med metal.



# Stemning af guitar

At stemme en guitar vil sige, at man sørger for, at alle strenge giver de korrekte grundtone-frekvenser. Man kan selvfølgelig foretage stemningen ved at benytte et dedikeret apparat dertil. Man kan imidlertid også stemme den på mere primitiv vis. Har man en stemmegaffel med frekvensen 440 Hz (Kammertonen), så kan man stemme den streng, som repræsenterer et A. De andre kan herved stemmes ved at holde passende strenge nede, mens man anslår både strengen, der skal stemmes, og en streng, som allerede er stemt. Man lytter efter *stødtoner*, mens man drejer på stemmeskruen for den ustemte streng. Når frekvensen af den ustemte streng nærmer sig frekvensen af den korrekt stemte streng (som holdes ned på et bånd), bliver stødene længere. Når de ophører, er strengen stemt.



**Fænomen:** Med to stemmegaffler med lidt forskellig frekvens (den ene har en lille skrue påsat) kan man frembringe det omtalte fænomen *stødtoner*. Det lyder som en pulserende lyd, dvs. en lyd, som svinger i styrke. Stødtonefrekvensen - altså antallet af stød i sekundet - er lig med forskellen i frekvens mellem de to stemmegaffler.

NB! Stødtoner kaldes undertiden også for *svævninger*.

$$f_{\text{stød}} = f_2 - f_1$$

---

---

# Ekstra

---



# Strengbølgerne hastighed

Der gælder følgende formel for bølgehastigheden  $v$  for svingningerne på en streng:

$$v = \sqrt{\frac{F}{m_L}}$$

hvor  $F$  er den *kraft*, som snoren er spændt ud med (regnet i enheden N, som er Newton) og  $m_L$  er strengens *masse pr. meter* (regnet i kg/m). Heraf ses sammen med bølgeligningen  $v = \lambda \cdot f$  (med fast  $\lambda$ ):  $f = v/\lambda$

Stor  $F \Rightarrow$  stor  $v \Rightarrow$  stor  $f$

**Konklusion:** Hvis strengen spændes hårdere, vil det give anledning til lysere toner.

Stor  $m_L \Rightarrow$  lille  $v \Rightarrow$  lille  $f$

**Konklusion:** Hvis der vælges en tungere streng, vil det give anledning til dybere toner.