

# MMT205

## Lydproduksjon

---

Forelesning 6  
Signaler  
Digital audioteknologi



---

# F6 - Innhold



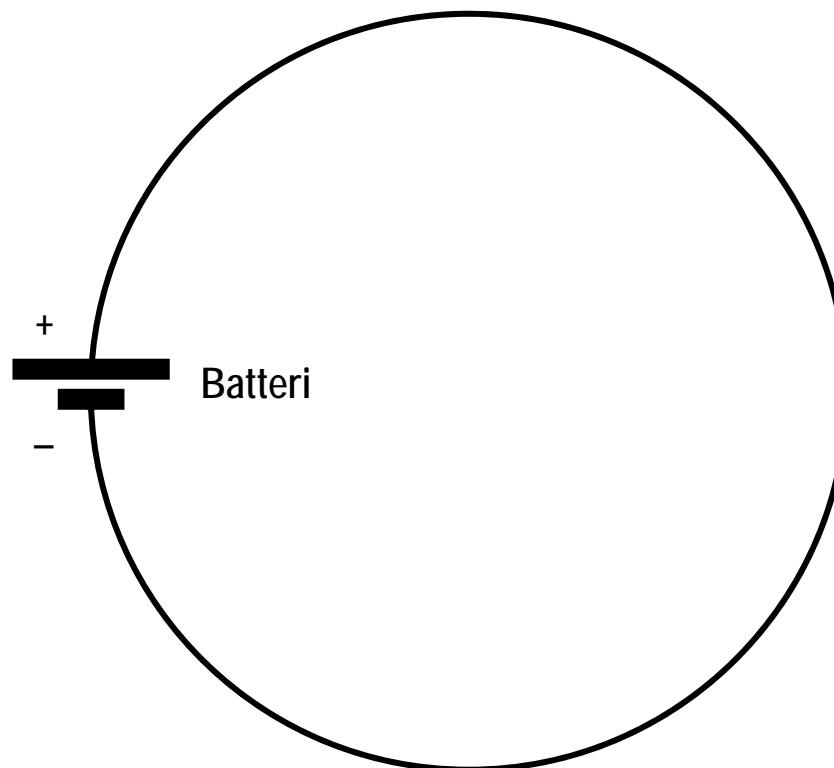
---

# Elektrisitet – hva er det?

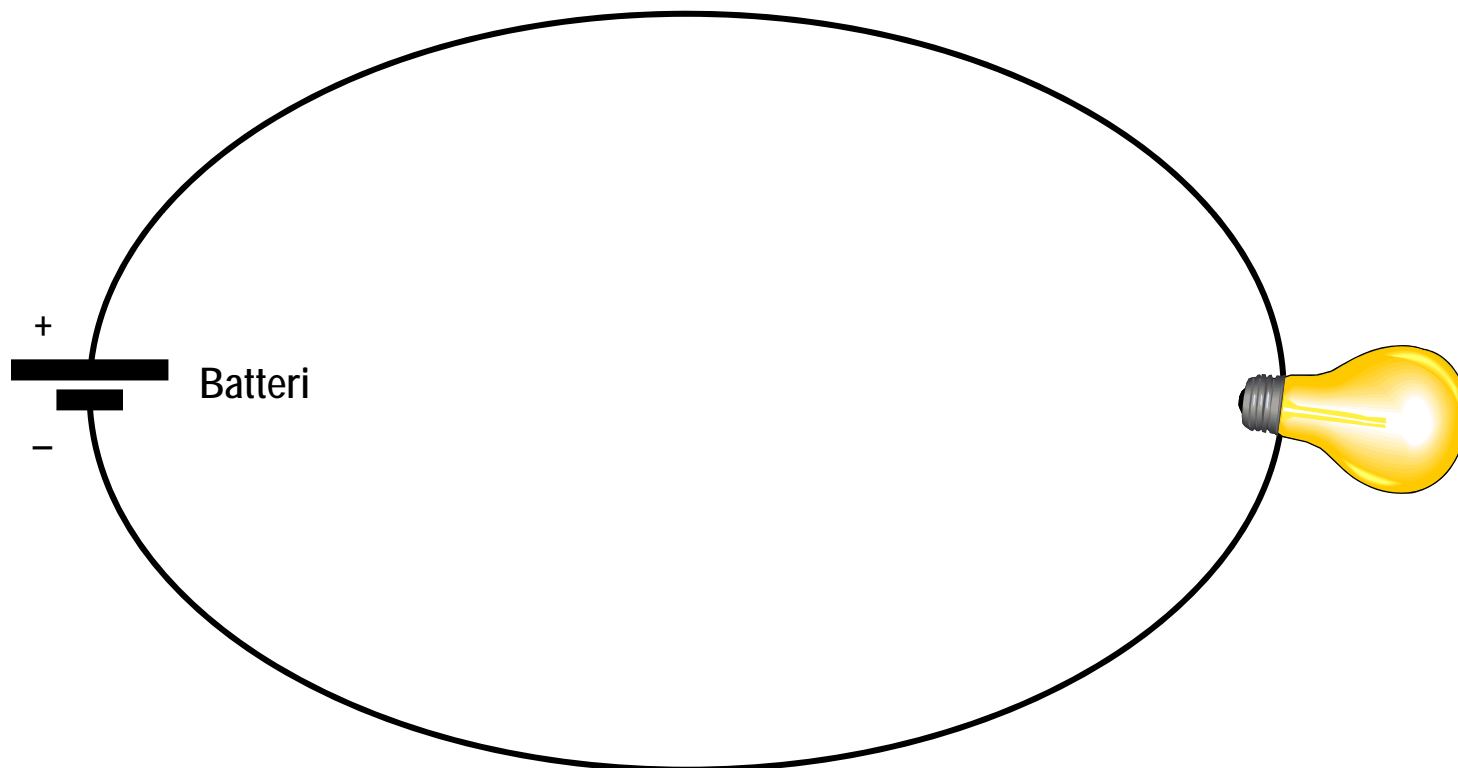
- Elektroner som vandrer i ei lukka sløyfe (krets).
- Grunnstørrelser:
  - Spenning
  - Strøm
  - Motstand
  
- Flere størrelser
  - Energi
  - Effekt

# Lukket krets

- Spenning [Volt]:  
Kraften som dytter elektronene rundt kretsen.
- Motstand [Ohm]:  
Hvor mye elektronene bremses gjennom sløyfa.
- Strøm [Ampère]:  
Hvor mange elektroner som passerer et gitt punkt per sekund.



# Motstand



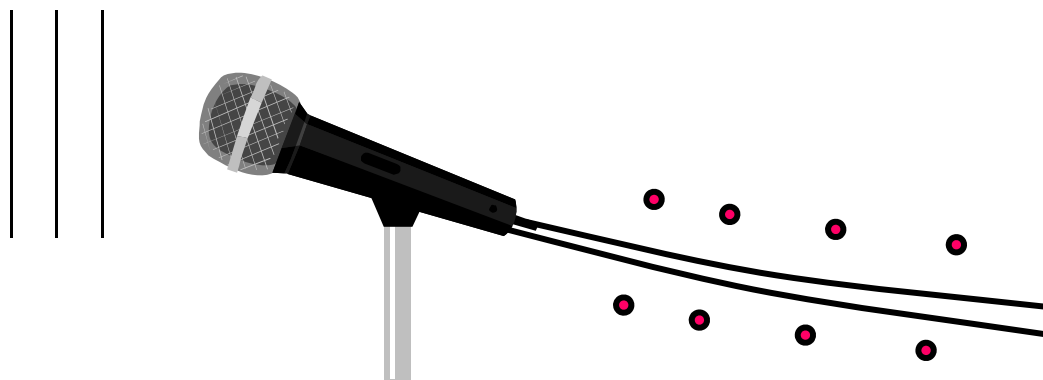
---

## Sammenhenger: Spenning, motstand og strøm

- Mer spenning => mer strøm
- Større motstand => mindre strøm
  
- Formulert i Ohms lov:  $U = R \cdot I$
- Alternative former:
  - $I = U/R$
  - $R = U/I$
  
- Vi tar litt mer om dette på tavla...

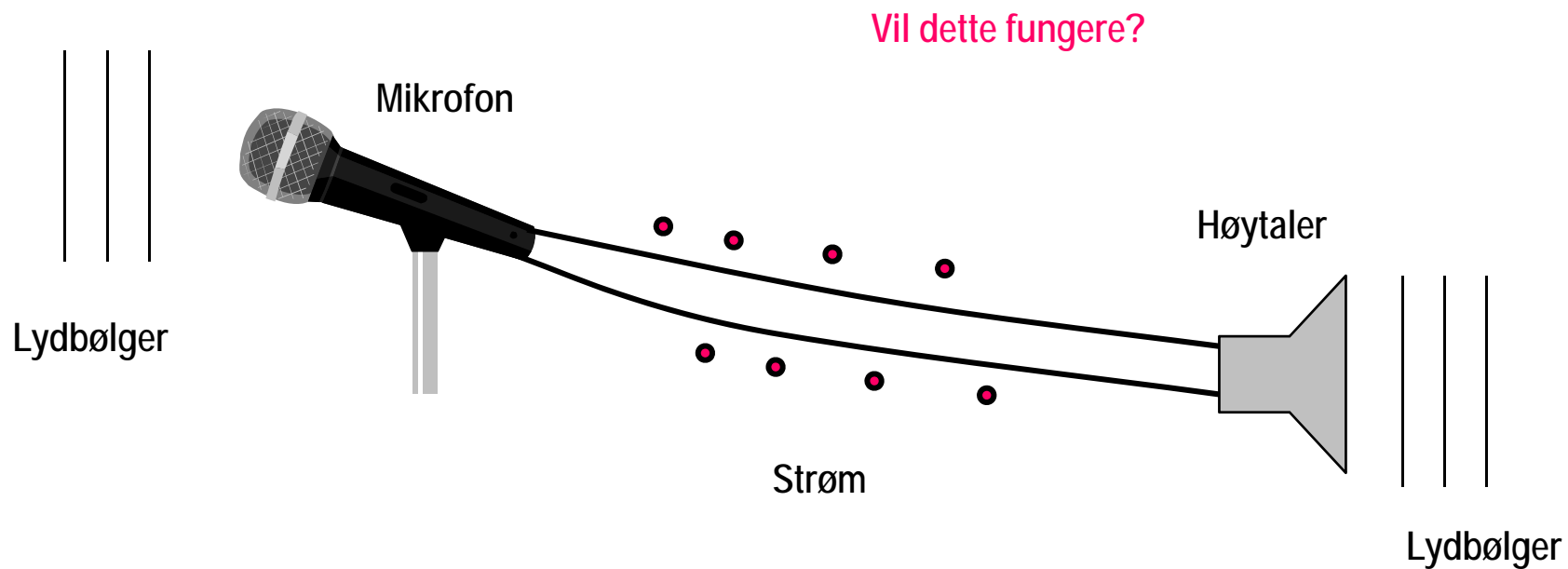
# Relevans for lydformål?

- Spenning kan fås fra mange ulike kilder:
  - Batteri
  - Generator (dynamo, kraftverk etc.)
  - ...
  - **Mikrofoner**



Men hvor er resten  
av kretsen?

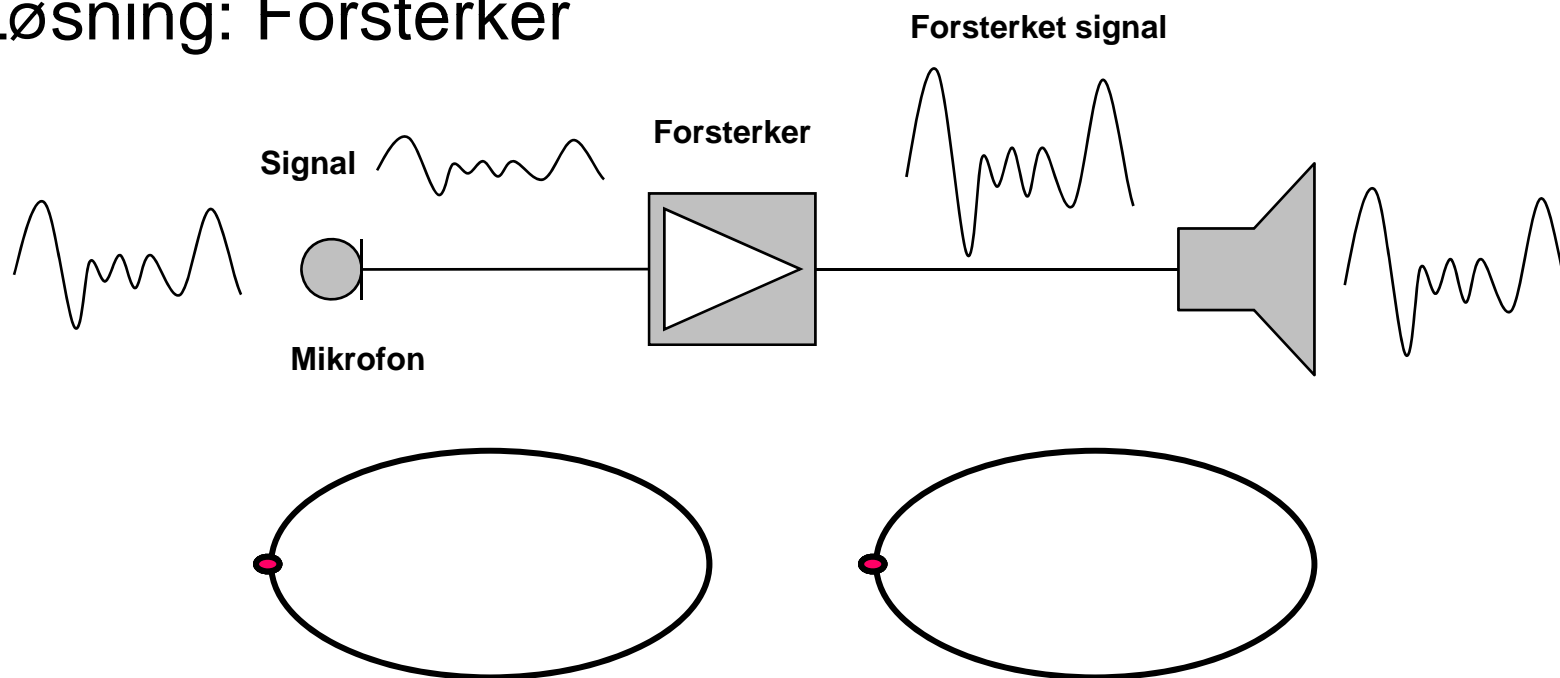
# Eksempel på lukket (lyd-)krets





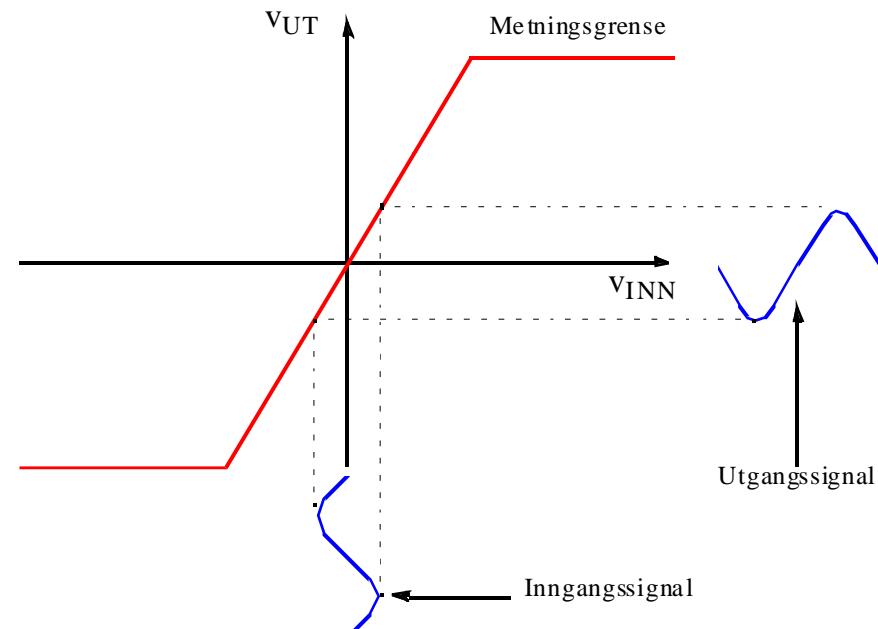
# I praksis flere sløyfer/kretser

- Mikrofoner lager svært svak/lav spenning
- Høytalere trenger ganske mye strøm/spenning for å virke.
- Løsning: Forsterker



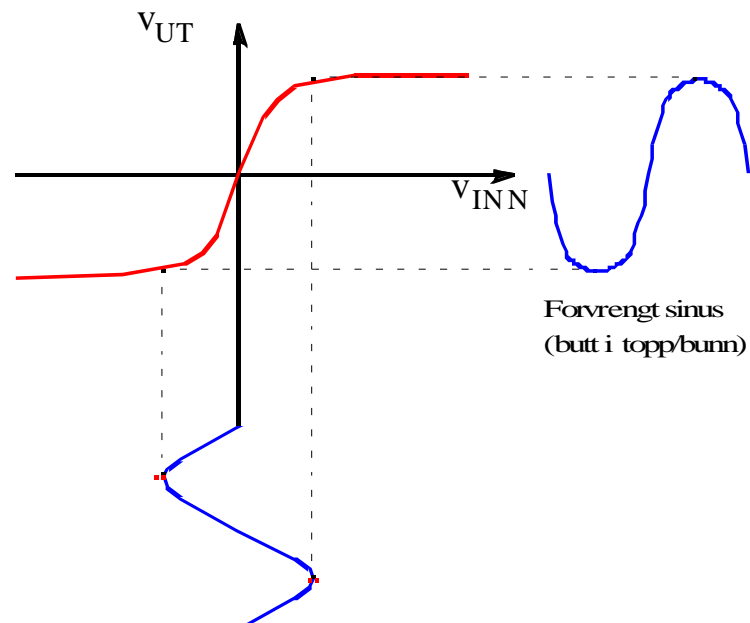
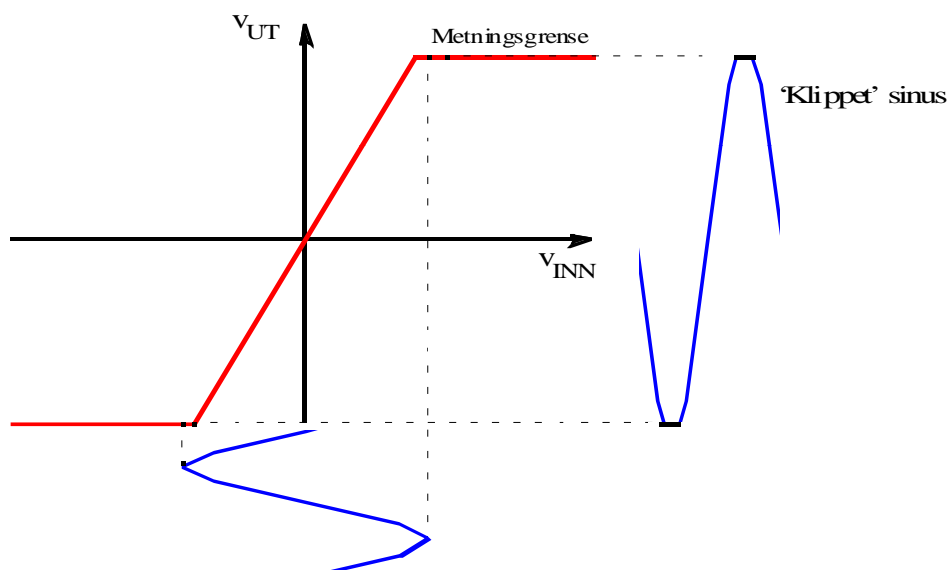
# Forsterkere

- Elektronisk apparat som forstørrer elektriske signaler.
- Idealforsterkeren ganger amplituden med et konstant tall.
- Dette kalles en lineær forsterker
- De fleste forsterkere er ikke helt lineære, og spesielt ikke ved ytegrensene.



## Forsterkere (II)

- Figurene nedenfor viser to eksempler på ulinearitet



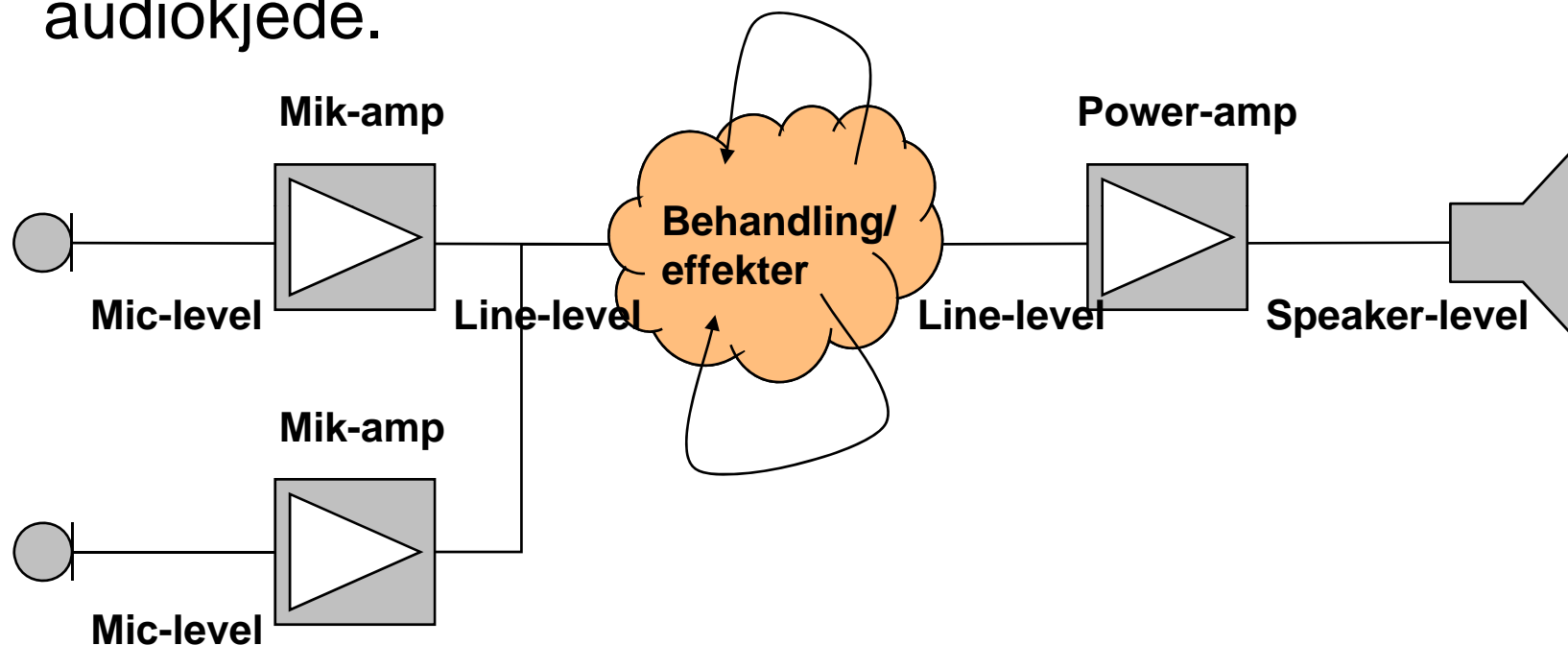
## Flere forsterkerkategorier

- En audiokjede består alltid av flere ledd, oftest med flere ulike forsterkere etter hverandre.
- Vi definerer på samme måte signaler i ulike styrkekategorier.

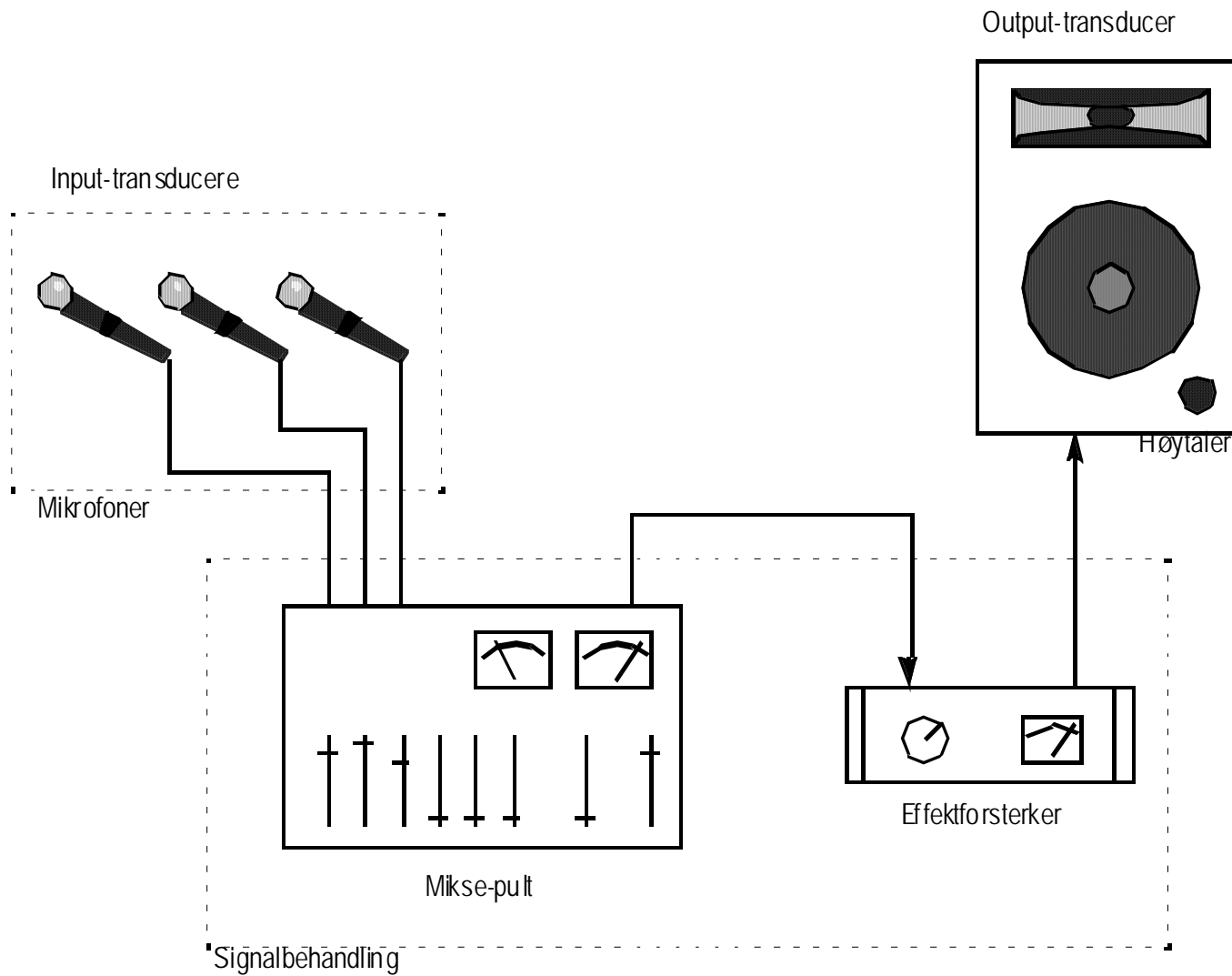
Signalkilde	Signalnivå/beskrivelse	Neste trinn...
Mikrofon	'Mic-level' (mik.nivå) Meget svakt signal	Mikrofonforsterker (forforst., preamp)
Forforsterker El.instrumenter Prosesseringsenheter	'Line-level' (linjenivå) Sterkt nok til behandling For svakt til å drive høyttaler	Signalbehandlere/prosesserings- enheter (miksing, effekter, etc.) Effektforsterkere
Effektforsterker	'Speaker-level' (høyttalernivå) Sterkt nok til å drive høyttaler.	Høyttaler

## Illustrasjon av kjeden

- Figuren viser ett mulig eksempel på en enkel audiokjede.



# Alternativ illustrasjon



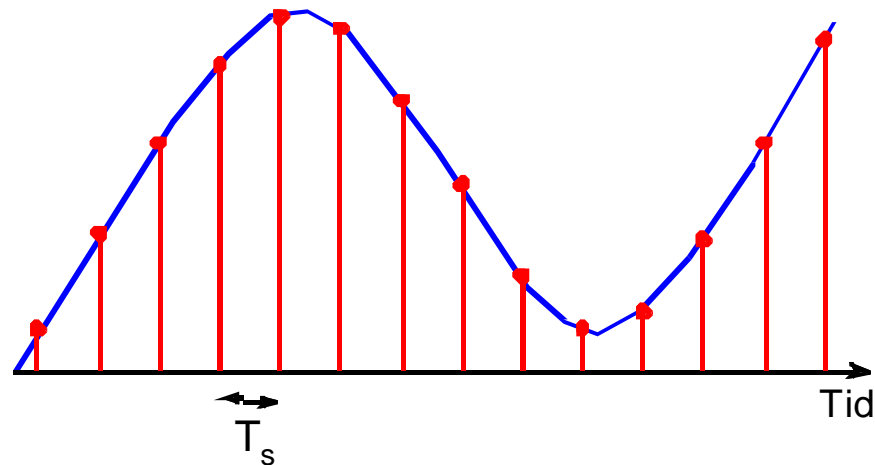
---

# Digitalisering av analog informasjon

- To hovedprosesser:
  - Sampling (stikkprøvetaking), dvs. fra kontinuerlig tidsakse til diskret tidsakse
  - Kvantisering (avrunding), dvs. fra kontinuerlig amplitudeakse til diskret akse (faste tall).

# Sampling - stikkprøvetaking

- Analoge signaler overføres, taes opp, lagres og reproduseres som kontinuerlige spenningsendringer i tid.
- Blå kurve: Analogt signal, kontinuerlig i tid og amplitude.
- Røde punkter: Samples, stikkprøver.  $T_s$  er tiden mellom hvert sample.  $1/T_s$  kalles samplingsfrekvensen (sample rate/freq.)
- Nyquist/Shannons samplingsteorem: Må ha minst 2 x høyeste frekvenskomponent i signalet for å kunne gjenskape.





## Vanlige samplingsstandarder...

Bruksområde:	Frekvensomr.	Samplingsfrekvens
Hjemmestereo:	20 – 20000 Hz	44,1 kHz
Prof. audio (studio):	20 – 20000 Hz	48, 96 kHz eller mer
Telefon (digital):	300 – 3400 Hz	8 kHz

Viktig for alle digitale systemer: Det må ikke slippes inn analoge signaler med høyere frekvens enn  $\frac{1}{2}$  samplingsraten.

=> Får 'aliasing'.

=> Anti-aliasing filter og litt ekstra samplingsrate nødvendig

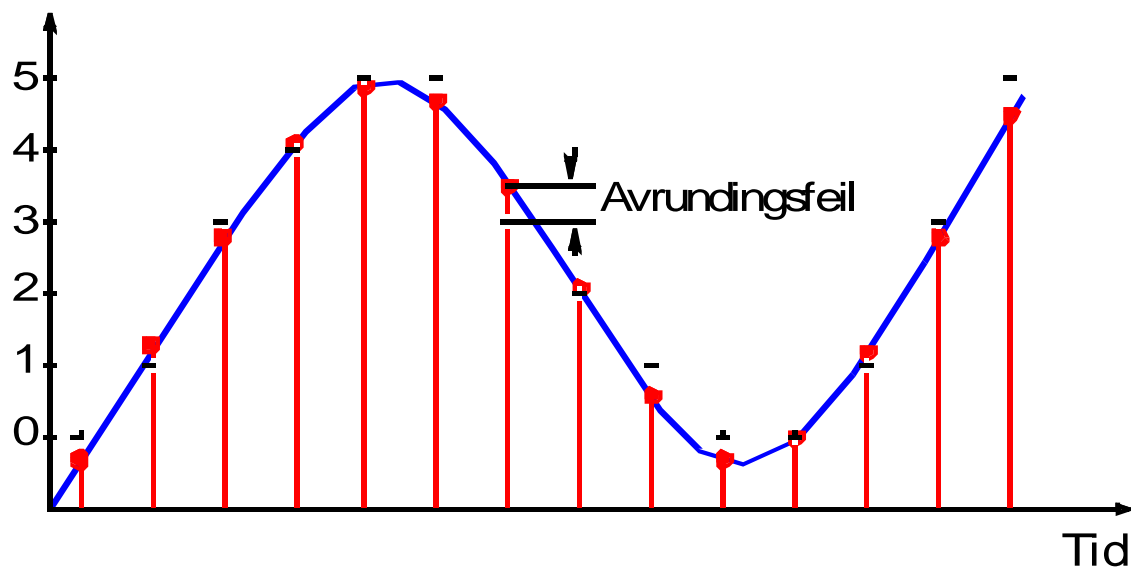
---

# Kvantisering

- Vi må runde av stikkprøveverdiene til noen faste verdier.
- Dette innebærer å diskretisere amplitudeaksen.
- Antall tillatte verdier bestemmer hvor stor avrundingsfeil vi får, og dermed nøyaktigheten.
- Får uansett en viss *kvantiseringsfeil*

# Kvantisering...

'Lovlige verdier'



Binære verdier  
når vi bruker  
3 bits per sample

101  
100  
011  
010  
001  
000

## Nøyaktighet og bits...

- Avrundingsverdiene skal angis digitalt.
- Antall digitale siffer (kalt bits, 0'ere og 1'ere) bestemmer hvor mange tall vi kan operere med:

3 bit gir 8 kombinasjoner

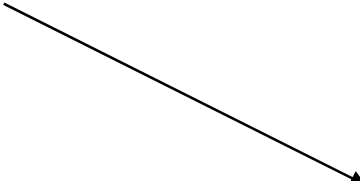
4 bit gir 16 komb.

5 bit gir 32 komb.

...

8 bit gir 256 komb.

16 bit gir 65536 komb.



Desimalt	Binært
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

## CD-plater

---

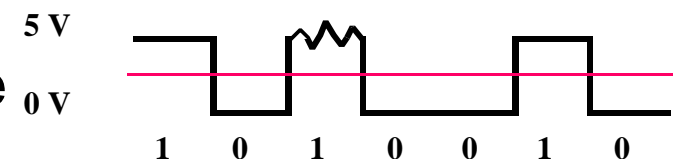
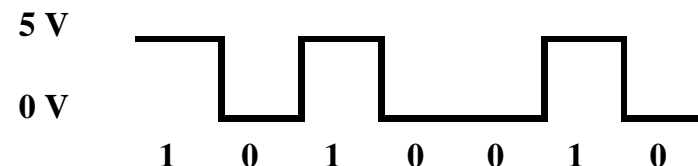
- Samplingsfrekvens: 44100 sampler/sek.
- 16 bit per sample
- Datahastighet:  $16 \times 44100 = 705600$  bit i sekundet  
Tilsvarende 88200 byte i sekundet.
- Stereo krever 2 kanaler

En låt på 3 min:

- $3 \times 60 \text{ sek} \times 2 \text{ kanaler} \times 705600 \text{ bit} = 254,016 \text{ mill bit}$   
eller
- $3 \times 60 \text{ sek} \times 2 \text{ kanaler} \times 88200 \text{ bytes} = 31,75 \text{ Mbyte}$

# Fordel med digital teknikk

- Et utsnitt av et digitalt lydsignal:
- Dersom det kommer støy til, kan signalet bli seende ut som neste figur:
- Ettersom mottager bare trenger å skille mellom det som er over 2.5 og under 2.5, vil det være lett å tolke signalet til riktige 0'ere og 1'ere likevel.
- Signalet kan også friskes opp og støyen fjernes!



---

## Digital teknikk fortsatt...

- Når et signal er digitalisert, kan det lett 'regnes' på av en datamaskin.
- Vi kan for eksempel beregne tonehøyde og eventuelt rette på en vokalist som ikke synger reint!
- Lyder/bilder kan gjenkjennes
- Lyder/bilder kan manipuleres på i et utall måter!
- Vi kan sende med ekstra bits, slik at mottager kan regne ut om det har skjedd feil under overføring.

## Signal-feil-rate / dynamikkområde

- Antall bits brukt bestemmer hvor fin tilnærming til riktig signalnivå vi får.
- Antall mulige nivå:  $2^n$
- Eks:       4 bit  $\Rightarrow 2^4 = 16$   
              16 bit  $\Rightarrow 2^{16} = 65536$
- Dette blir forholdet mellom det svakeste og sterkeste signalet som kan representeres. Alle signaler 'mindre' enn 1 bits forskjell blir rundet av, dvs. støy.
- Signal-feil-rate/dynamikkområde i dB:
- $20 \log (2^n)$  eller  $6n + 1,8\text{dB}$



## Eksempler på dynamikkområder

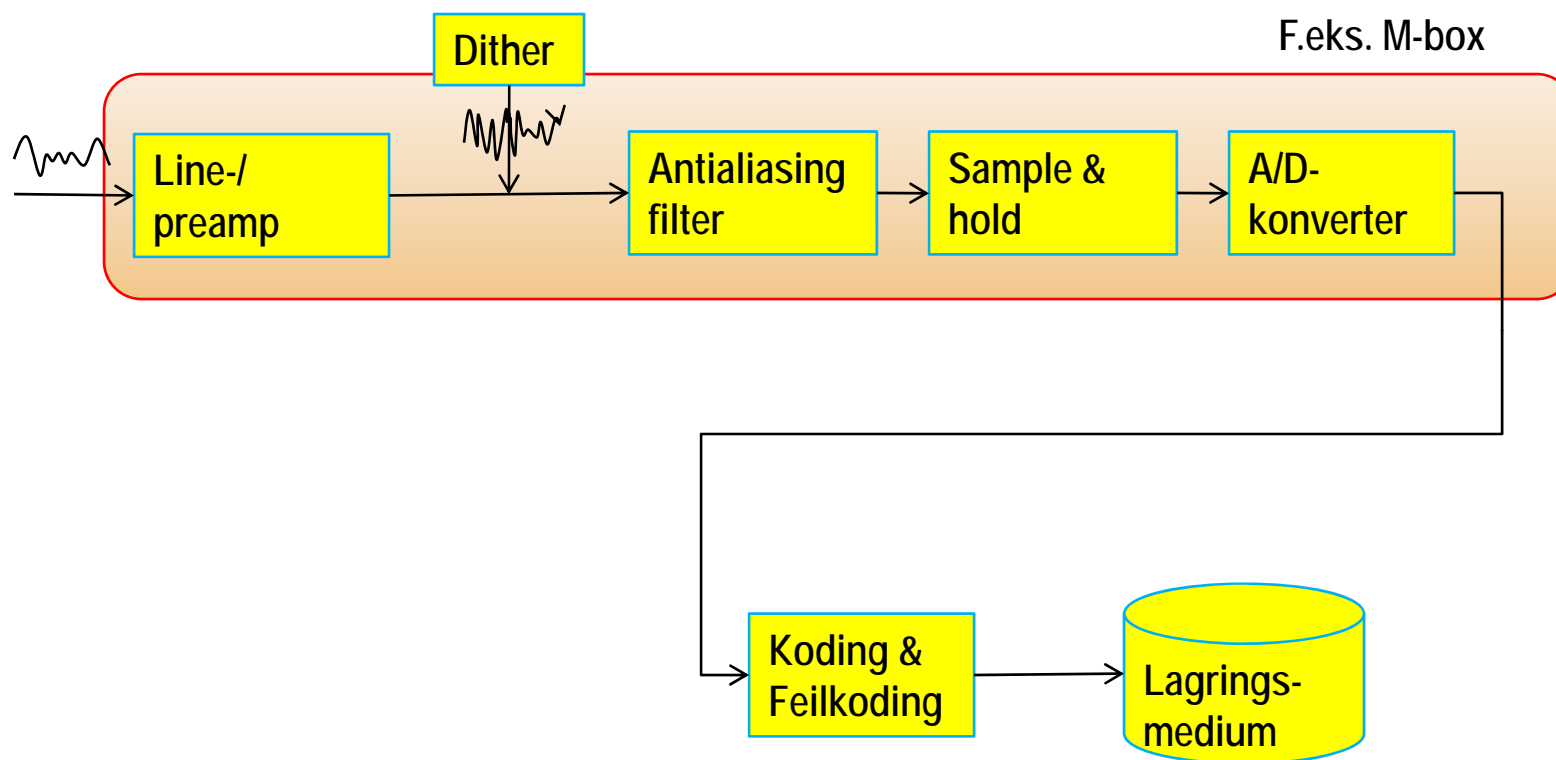
- Gitt antall bits oppløsning får vi følgende dynamikkområder:
  - 8-bit        49,8 dB
  - 16-bit      97,8 dB
  - 20-bit      121,8 dB
  - 24-bit      145,8 dB
  - 32-bit      193,8 dB

## Dither

---

- Kvantiseringen (avrundingen) tilfører små mengder med harmonisk forvrengning og støy til det egentlige signalet.
- Ved å legge til et svært svakt støysignal, kan vi flytte litt på vårt analoge signal før det skal kvantiseres, slik at avrundingen blir statistisk mer riktig.
- Får dermed noe mindre forvrengning og støy.
- Dette kalles dithering
- Bør brukes ved sampling, og ved konvertering fra høyoppløste digitale signaler til lavere oppløsning.

# Digital opptakskjede



---

## Tilbake til analoge signaler

- For at digitalteknikken skal være nyttig for oss som har analoge ører og øyne, må vi konvertere tilbake til analoge signaler.
- Dette er relativt enkelt.
- De binære sifrene gjøres om igjen til pulser med tilsvarende høyde. Deretter sendes pulsene gjennom en elektronisk krets som er for treg til å følge med 'ned' mellom hver puls. Dermed står vi igjen med en analog bølge:

# Digital til analog omforming og tilbake igjen...

