

# Bølger & kommunikation 1

**Ryan Holm**

**Kopimappe**

Gyldendal





Ryan Holm

**Bølger &**  
**kommunikation 1**

**Kopimappe**

Gyldendal

*Bølger og kommunikation 1*

*Kopimappe*

© 1988 by Gyldendalske Boghandel,

Nordisk forlag A.S. Copenhagen.

Tilrettelægning: Vibeke Hedemand

Forlagsredaktion: Ken Barnewitz

Tegninger: P.W.H. Dam

Fotografier: Politikens Pressefoto (øv. 20)

samt forfatteren.

Denne bogs indhold er beregnet til lærerens  
fri kopiering.

Bogen er sat med Garamond Book og Light

hos SPROG & TEKST, Silkeborg

og trykt hos Clemenstrykkeriet, Århus.

Printed in Denmark 1988

ISBN 87-00-23464-8



# Indhold

Forord	5
1 Hvor høj en tone kan du høre?	7
2 Bølger	8
3 Mekaniske svingninger	10
4 Længdebølger	11
5 Tværbølger	12
6 Ultralyd	13
7 Ultralydsender	15
8 Ultralydmodtager	16
9 Transducerens egenfrekvens 1	18
10 Transducerens egenfrekvens 2	20
11 Ultralyd kan dæmpes	22
12 Refleksion af ultralyd	24
13 Indgangsvinkel = tilbagekastningsvinkel	25
14 Ultralyd i hverdagen	26
15 Kan ultralyd gå om hjørner?	27
16 Interferens	28
17 Interferensstriber	30
18 Interferens mellem to sendere	32
19 Resonans – svævning	34
20 Doppler-effekt	36
21 Lydens hastighed	37
22 Ultralyds hastighed	38
23 Nu har jeg arbejdet med	39







# Forord

I denne kopimappe er der forslag til øvelser i forbindelse med grundbogen Bølger og kommunikation 1. De forskellige øvelser kan enten udføres som selvstændige øvelser eller som fællesøvelser, og bagest i hæftet er der en oversigt over øvelserne. Her kan man afkrydse de øvelser, der skal gennemarbejdes, og når øvelsen er udført, kan datoen for udførelsen skrives på listen.

Det apparatur, der bruges i forbindelse med øvelserne, er udviklet af firmaet Søren Frederiksen A/S, Ølgod, i samarbejde med forfatteren. Man kan selv lave sit apparatur og bygge ultralydsendere, ultralydmodtagere og forstærkere som beskrevet i elektronikbøgerne System elektronik: Styring med elektronik eller bogen i Sinus-serien: Elektronik konstruktioner.

I forbindelse med øvelserne kan EDB-programmet, der hører til grundbogen, også bruges. Der kan udprintes individuelle elevopgaver, og til hvert opgavesæt udregner programmet selv facitliste.

*Ryan Holm*



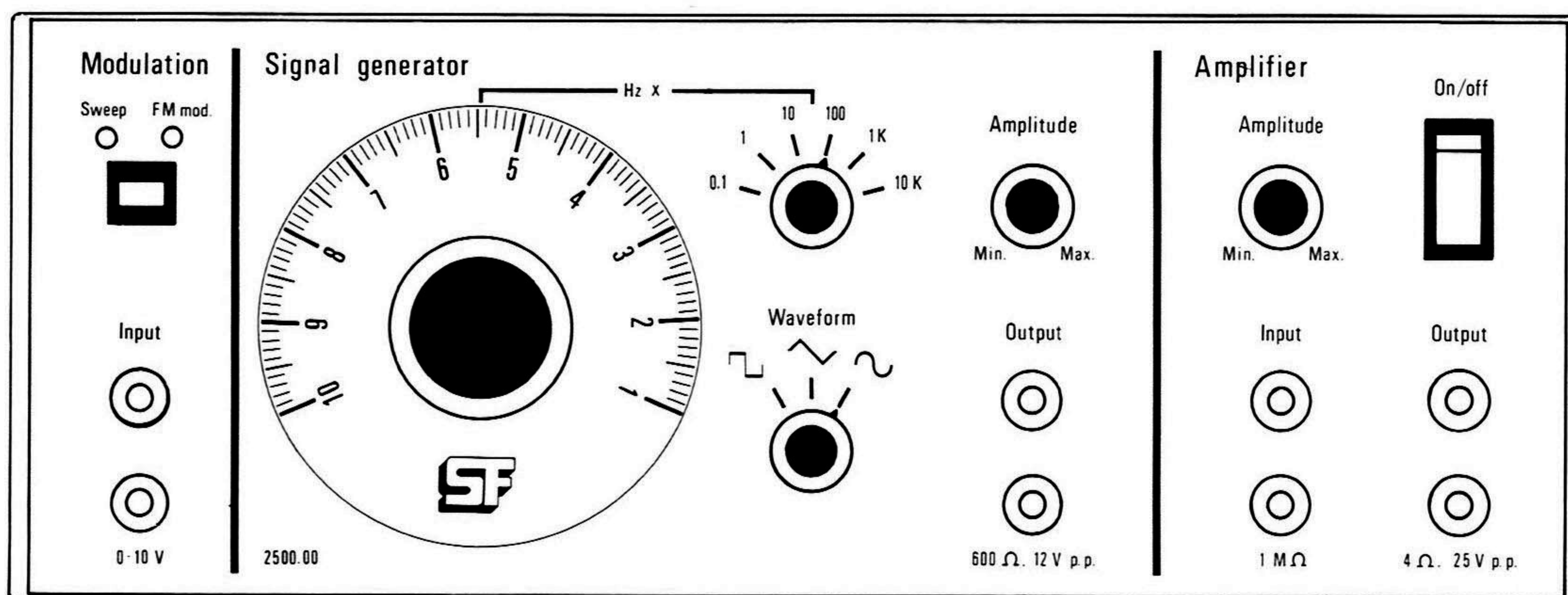




# 1 Hvor høj en tone kan du høre?

## Materialer

Sinusgenerator  
højttaler (frekvenstæller)



Med en sinusgenerator kan der frembringes elektriske svingninger. En højttaler kan omsætte de elektriske svingninger til hørbar lyd.

Sluttes en højttaler til en sinusgenerator, kan der frembringes toner fra de dybeste toner til toner langt over det hørbare område.

Sæt højttaleren til sinusgeneratoren og start på sinusgeneratorens laveste område.

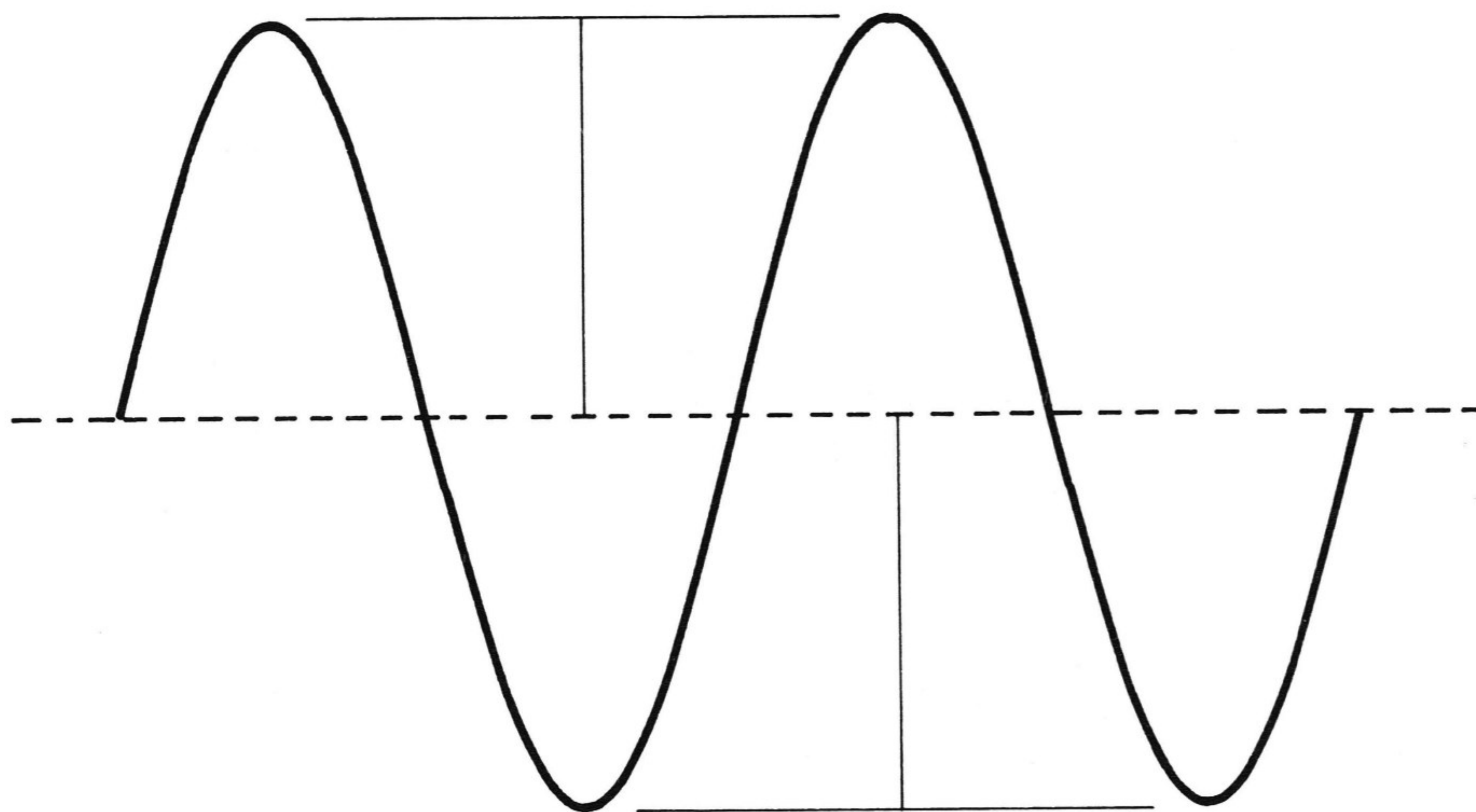
Drej frekvensområdet igennem og undersøg, hvor høj en tone du kan høre.

Frekvensen kan aflæses på skalaen på sinusgeneratoren. Skalaen er måske ikke helt nøjagtig, men man kan kontrollere frekvensen med en frekvenstæller.

Den højeste tone, man kan høre, er: \_\_\_\_\_ Hz.



## 2 Bølger



Tegningen viser en bølge.

Vis på bølgen, hvad man forstår ved én bølgelængde.

Hvad er én bølgelængde?:

---

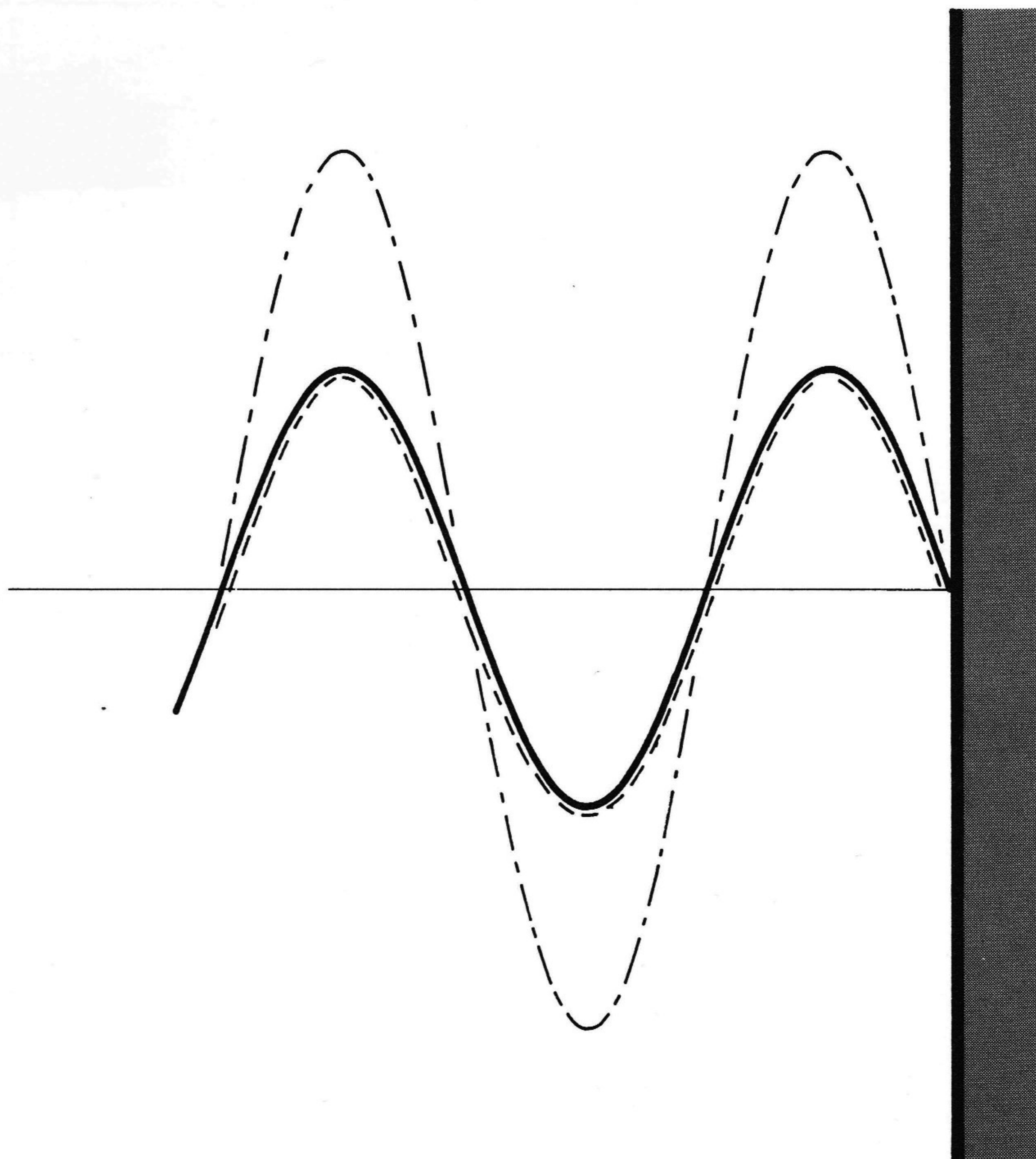
Hvilket ord bruges for bølgens udsving?:

---

Hvilket græsk bogstav bruges til at betegne bølgelængde?: \_\_\_\_\_

Hvor stor er bølgelængden på tegningen?: \_\_\_\_\_ cm.





På denne tegning er den fuldtotrukne linje en bølge, der er på vej fra venstre mod højre.  
 Det kan være en vandbølge, der rammer et bolværk.  
 Det kan være en bølgebevægelse, der er på vej gennem en fjeder.  
 Det kan være en lydbølge, der rammer en væg.

Når bølgen når ind til væggen, reflekteres den og går tilbage mod udgangspunktet (den stiplede linje).

Hvad sker der, hvor den reflekterede bølge passerer den indgående bølge?:

---

Markér på tegningen, hvor knudepunkterne er.  
 Hvor stor afstand er der mellem to knudepunkter?:

---

Hvor mange bølgelængder er der mellem to knudepunkter?:

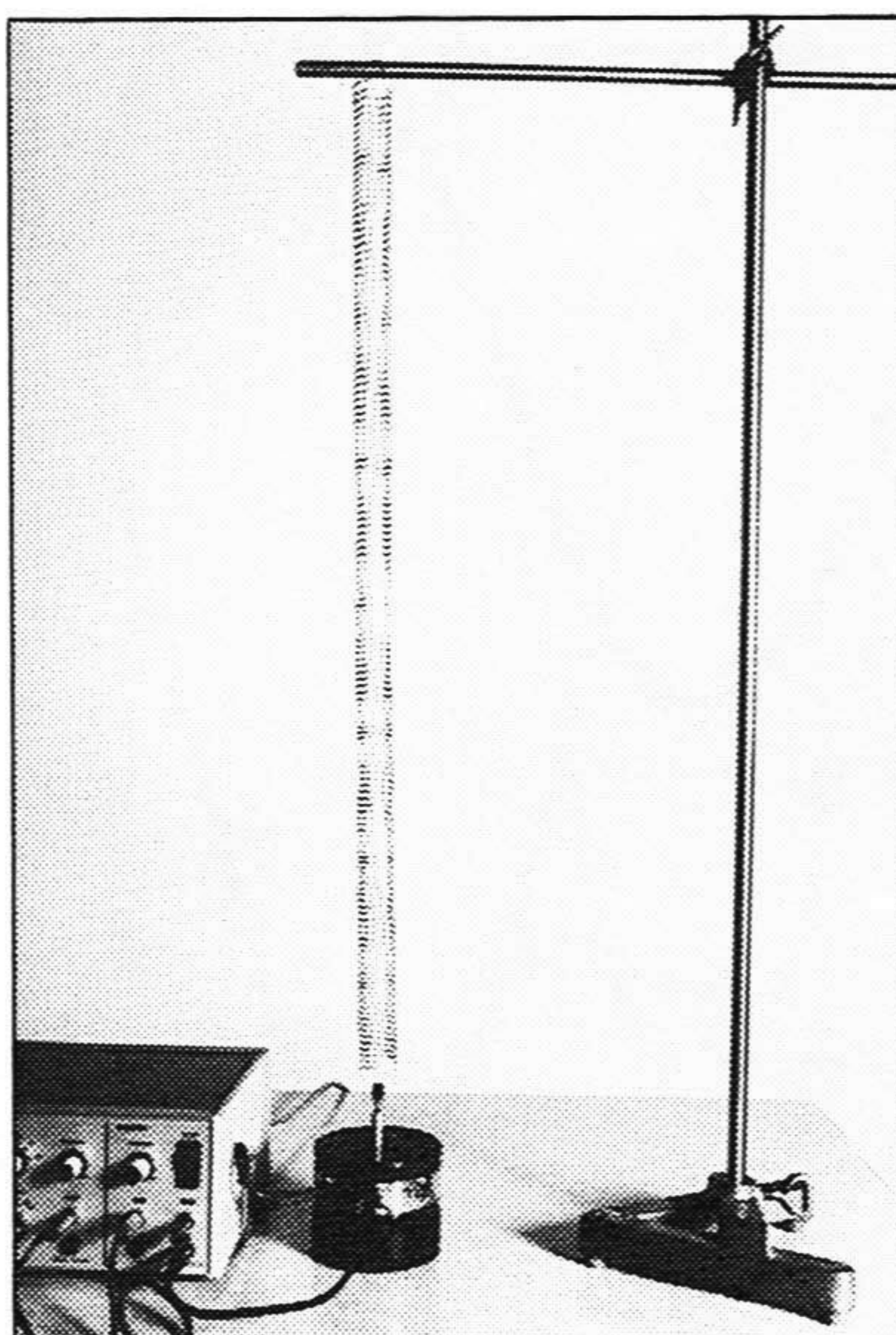
---



# 3 Mekaniske svingninger

## Materialer

Vibrator  
skruefjeder  
sinusgenerator  
forsøgsstativ



På billedet er en skruefjeder sat på en vibrator. Den anden ende af fjederen er fastgjort på et forsøgsstativ.

Lav opstillingen.

Sæt sinusgeneratoren på 40 Hz. Tænd for den.

Juster på fjederens udstrækning, til der kommer tydelige knudepunkter.

Prøv at sætte en finger på et knudepunkt. Hvad bemærker du?:

---

*Mål afstanden mellem knudepunkterne.*

Afstanden mellem to knudepunkter er: \_\_\_\_\_ cm.

Bølgelængden er så: \_\_\_\_\_ cm.

Juster sinusgeneratoren til 80 Hz.

*Mål afstanden mellem to knudepunkter.*

Afstanden mellem to knudepunkter er: \_\_\_\_\_ cm.

Bølgelængden er så: \_\_\_\_\_ cm.

Hvilken sammenhæng er der mellem frekvens og bølgelængde?

Når frekvensen bliver højere, bliver bølgelængden:

**større / den samme / mindre**

(Sæt streg under dit svar)



## 4 Længdebølger

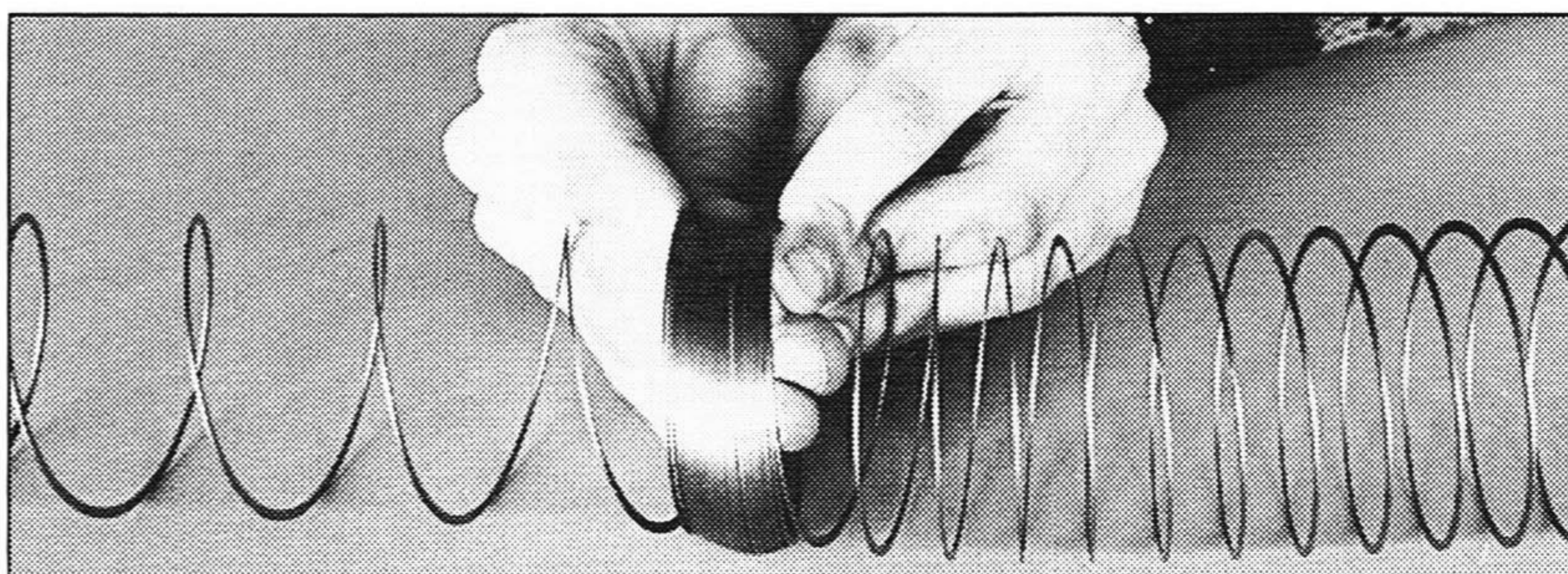
### Materialer

Slinky  
to forsøgsstativer

Bølger kan udbredes på to måder:  
som længdebølger og som tværbølger.

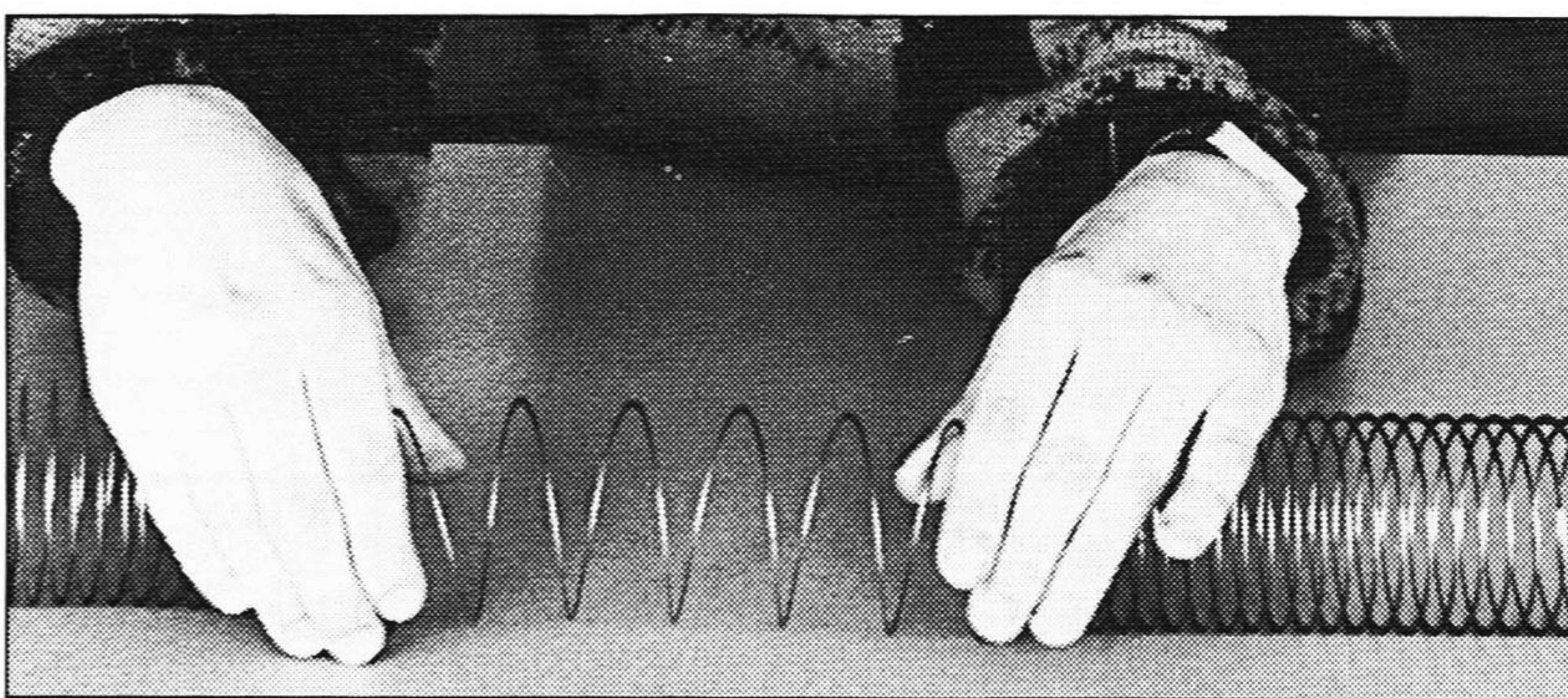
Lyd udbreder sig som længdebølger.  
Længdebølger kan illustreres med en lang skruefjeder, en slinky.

Spænd en slinky ud i lokalet mellem to fastspændte forsøgsstativer eller mellem to personer.



Pres vindingerne i slinky'en sammen. Det er en fortætning.  
Hvad sker der, når man slipper?:

---



Træk ud i vindingerne på slinky'en. Det er en fortynding.  
Hvad sker der, når man slipper?:

---

Vil en korkprop, der er på vandet, flytte sig, når en bølge passerer?:

---



# 5 Tværbølger

## Materialer

Vibrator  
sinusgenerator  
langt gummibånd  
et forsøgsstativ

Vibratoren slutes til sinusgeneratoren. På vibratoren fastgøres et langt gummibånd. Gummibåndet strækkes ud, og den anden ende af gummibåndet fastgøres til et fastspændt forsøgsstativ. Knips på gummibåndet ved fastgørelses-punktet. Hvad ser man:

Sæt sinusgeneratoren på 30 Hz. Tænd for den. Juster på sinusgeneratoren omkring 30 Hz.

Beskriv, hvad du ser: \_\_\_\_\_

*Mål afstanden mellem to knudepunkter:*

Afstanden mellem to knudepunkter er: \_\_\_\_\_ cm.

Bølgelængden er så: \_\_\_\_\_ cm.

Juster på sinusgeneratoren, så frekvensen bliver dobbelt så stor.

Afstanden mellem to knudepunkter er nu: \_\_\_\_\_ cm.

Bølgelængden er så: \_\_\_\_\_ cm.

Juster på sinusgeneratoren, så frekvensen bliver halvt så stor som ved første forsøg.

Afstanden mellem to knudepunkter er nu: \_\_\_\_\_ cm.

Bølgelængden er så: \_\_\_\_\_ cm.

## Beregning af udbredelses-hastighed

Med bølgeformlen kan bølgenes hastighed i gummibåndet beregnes.

Bølgeformlen  $v = f \cdot \lambda$

$v$  = hastigheden i m/s.  $f$  = frekvensen i Hz og  $\lambda$  = bølgelængden målt i meter.

Find udbredelses-hastigheden ved 15 Hz:  $v = 15 \cdot \text{_____} = \text{_____}$  m/s

Find udbredelses-hastigheden ved 30 Hz:  $v = 30 \cdot \text{_____} = \text{_____}$  m/s

Find udbredelses-hastigheden ved 60 Hz:  $v = 60 \cdot \text{_____} = \text{_____}$  m/s

Kan du ud fra tallene sige noget om udbredelseshastigheden?



# 6 Ultralyd

## Materialer

Sinusgenerator  
sendetransducer  
modtagetransducer  
oscilloskop



I stedet for at bruge en højttaler, som i øvelse 1, vil vi sætte en ultralydstransducer til sinusgeneratoren.

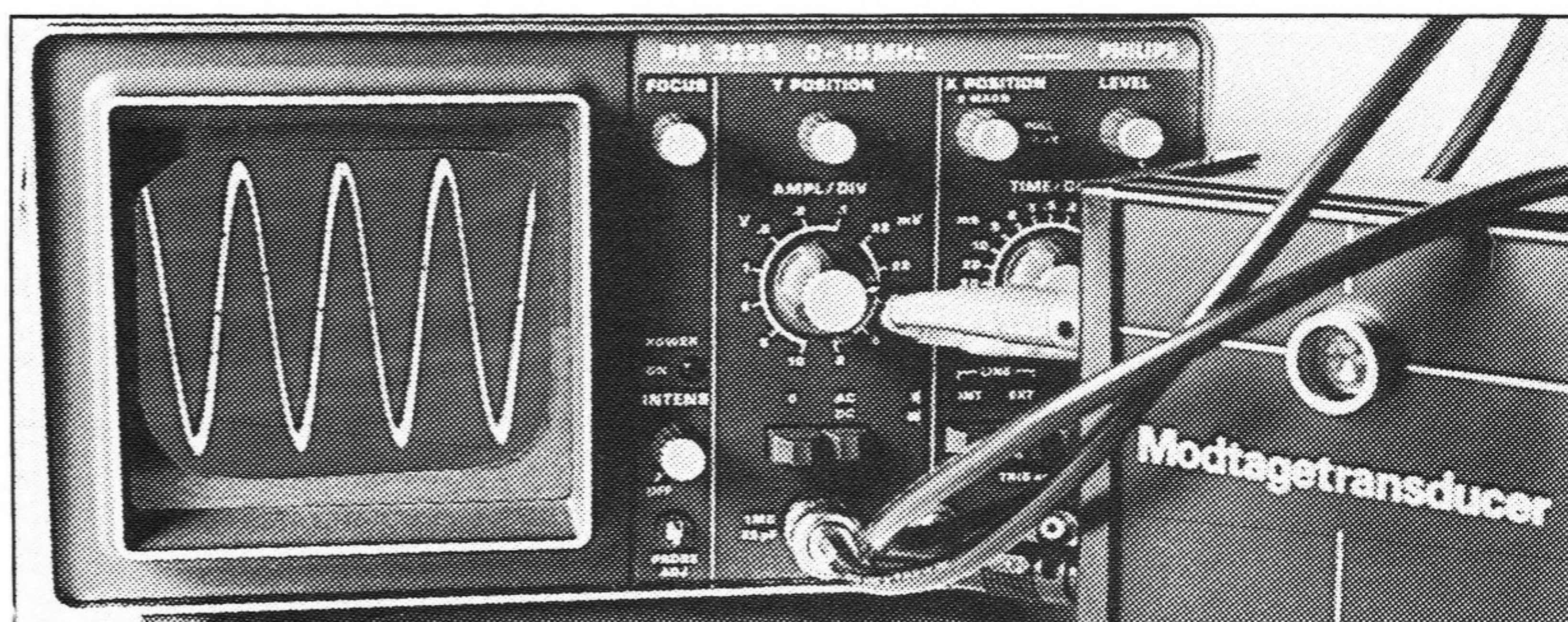
Frekvensområdet op til 20 kHz drejes igennem.

Kan ultralydstransduceren bruges som højttaler?

Toner op til 20 kHz høres: **Kraftigt** / **svagt** / **slet ikke**

Indstil sinusgeneratoren på 40 kHz. (Skalaen sættes på 4 og omskifteren på x 10 K)

Kan ultralydtonen høres? ja / nej



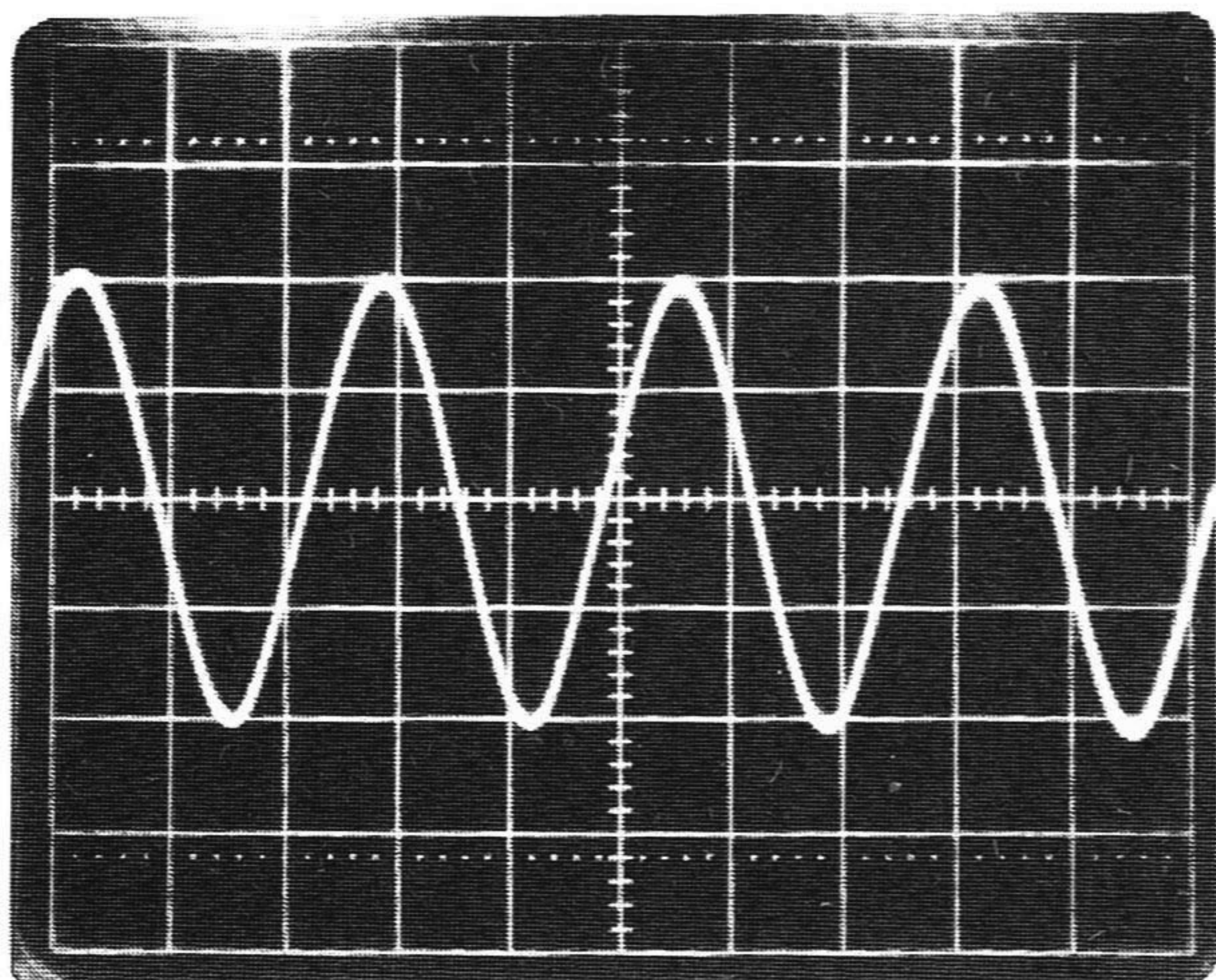
Lad sendetransduceren være sluttet til sinusgeneratoren. Slut modtagetransduceren til oscilloskopet med et skærmkabel. Oscilloskopet indstilles på 10  $\mu$ s/div og forstærkningen på 0,1 mV. Sendetransduceren og modtagetransduceren skal vende mod hinanden i et par meters afstand. Hvad ser du på oscilloskopet?

Finindstil oscilloskopet, til størst muligt billede ses på skærmen.

Tegn billedet:



## Frekvensmåling med oscilloskop



Ultralyd-signalets frekvens kan beregnes ud fra det, vi ser på oscilloskopet.

På oscilloskopet ses \_\_\_\_\_ sinussvingninger.

Oscilloskopet er indstillet på  $10 \mu\text{s}/\text{div}$ .

Hvor lang tid tager det for elektronstrålen i oscilloskopet at bevæge sig én div (Én div er én inddeling på skærmen. På mange oscilloskoper er det 1 cm)?

Det tager \_\_\_\_\_  $\mu\text{s}$ .

Hvor lang tid tager det så for strålen at bevæge sig tværs over skærmen (10 div)?

Det tager \_\_\_\_\_  $\mu\text{s}$ .

Beregning:

På \_\_\_\_\_  $\mu\text{s}$  ses \_\_\_\_\_ sinusperioder.

På 1  $\mu\text{s}$  vil der være \_\_\_\_\_ sinusperioder.

På  $1000 \mu\text{s} = 1 \text{ sekund}$  vil der være \_\_\_\_\_ sinusperioder.

Frekvensen (antal svingninger pr. sekund) er så

= \_\_\_\_\_ Hz

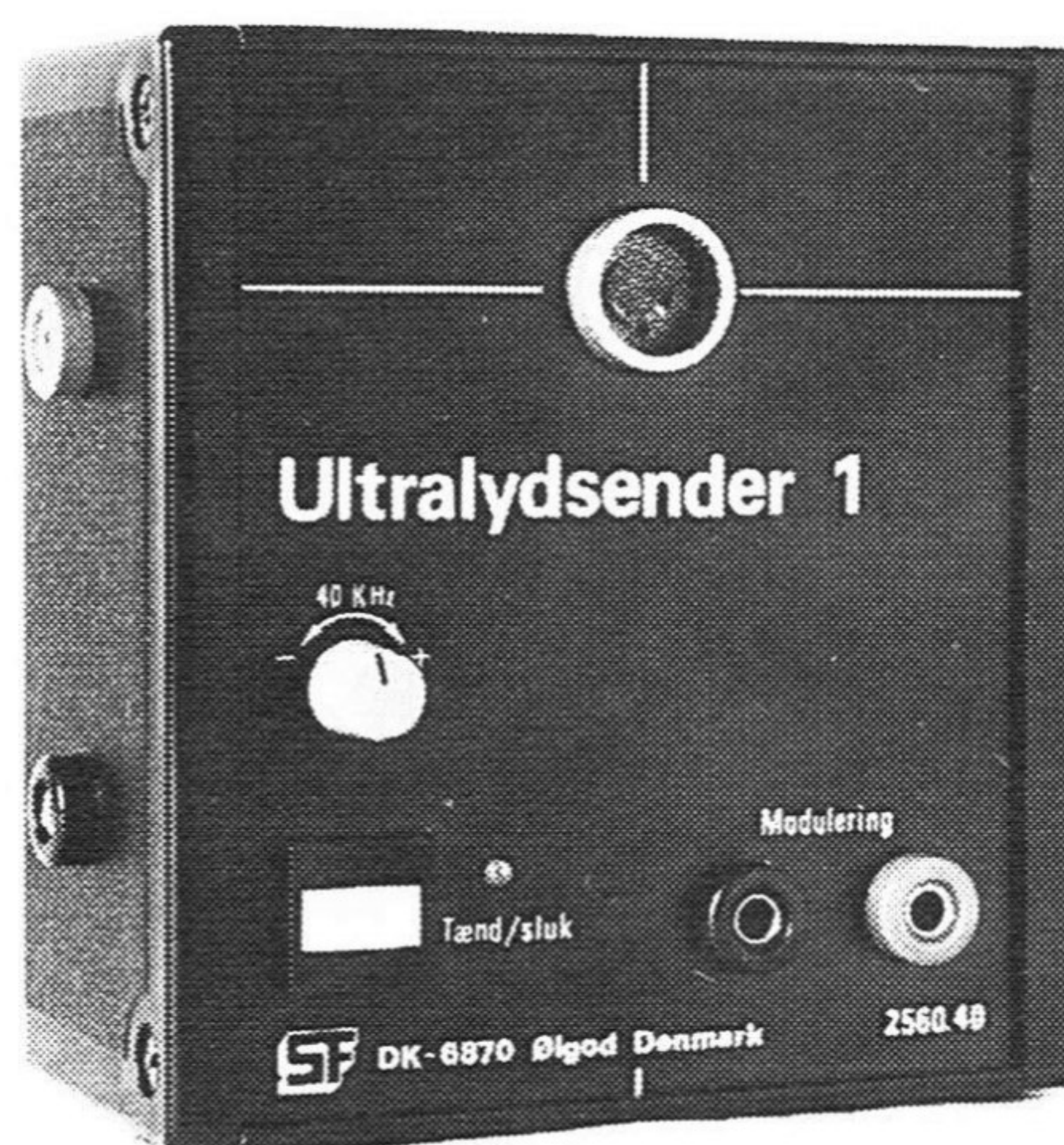
= \_\_\_\_\_ kHz



# 7 Ultralydsender

## Materialer

Ultralydsender 1  
modtagetransducer  
oscilloskop  
(frekvenstæller)



Til at frembringe ultralyd kan man bruge en ultralydstransducer, der er tilsluttet en sinusgenerator.

Man kan også bruge en ultralydsender.

(Denne øvelse svarer til øvelsen Ultralyd, blot bruger vi her ultralydsender 1 i stedet for sinusgenerator og ultralydstransducer.)

Ultralydsender 1 anbringes et par meter fra modtagetransduceren, der er sluttet til oscilloskopet.

Oscilloskopet indstilles på 10  $\mu\text{s}/\text{div}$  og forstærkningen på 0,1 mV.

Drej på frekvensindstillingen på ultralydsender 1, til det største billede ses på skærmen.

Det modtagne signal fylder \_\_\_\_\_ mVss.

Ultralydsender 1 er kraftigst:

**Lige under 40 kHz / ved 40 kHz / lige over 40 kHz**

Hvis en frekvenstæller slutes til ultralydsender 1 i de to telefonbøsninger på siden af modulet, kan den nøjagtige frekvens aflæses på frekvenstælleren.

Ultralydsender 1 er kraftigst ved frekvensen:

\_\_\_\_\_ kHz.



# 8 Ultralydmodtager

## Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydmodtager  
voltmeter (10 V)



Ultralydsender 1 og ultralydmodtager placeres et par meter fra hinanden, så transducerne vender mod hinanden. Tænd for modtageren. Tænd derefter for senderen.

Hvordan kan man se, at ultralydmodtageren modtager et ultralyd-signal?

---

Prøv at slukke og tænde for senderen et par gange.

Hvor stor kan afstanden mellem sender og modtager højst blive, for at ultralydmodtageren stadig kan modtage ultralyd-signalet:

\_\_\_\_\_ m (Din lærer skal indstille ultralydmodtageren til største modtage-følsomhed).

Anbring igen apparaterne et par meter fra hinanden.

Hvad sker der, når der holdes en hånd foran transduceren på sender eller modtager? (Hvis der ikke sker noget, holdes hånden tæt på transduceren). Hvad sker der:

---

Drej nu ultralydsender 1 væk fra sigtelinjen til ultralydmodtageren. Drej, til den røde lysdiode holder op med at lyse.

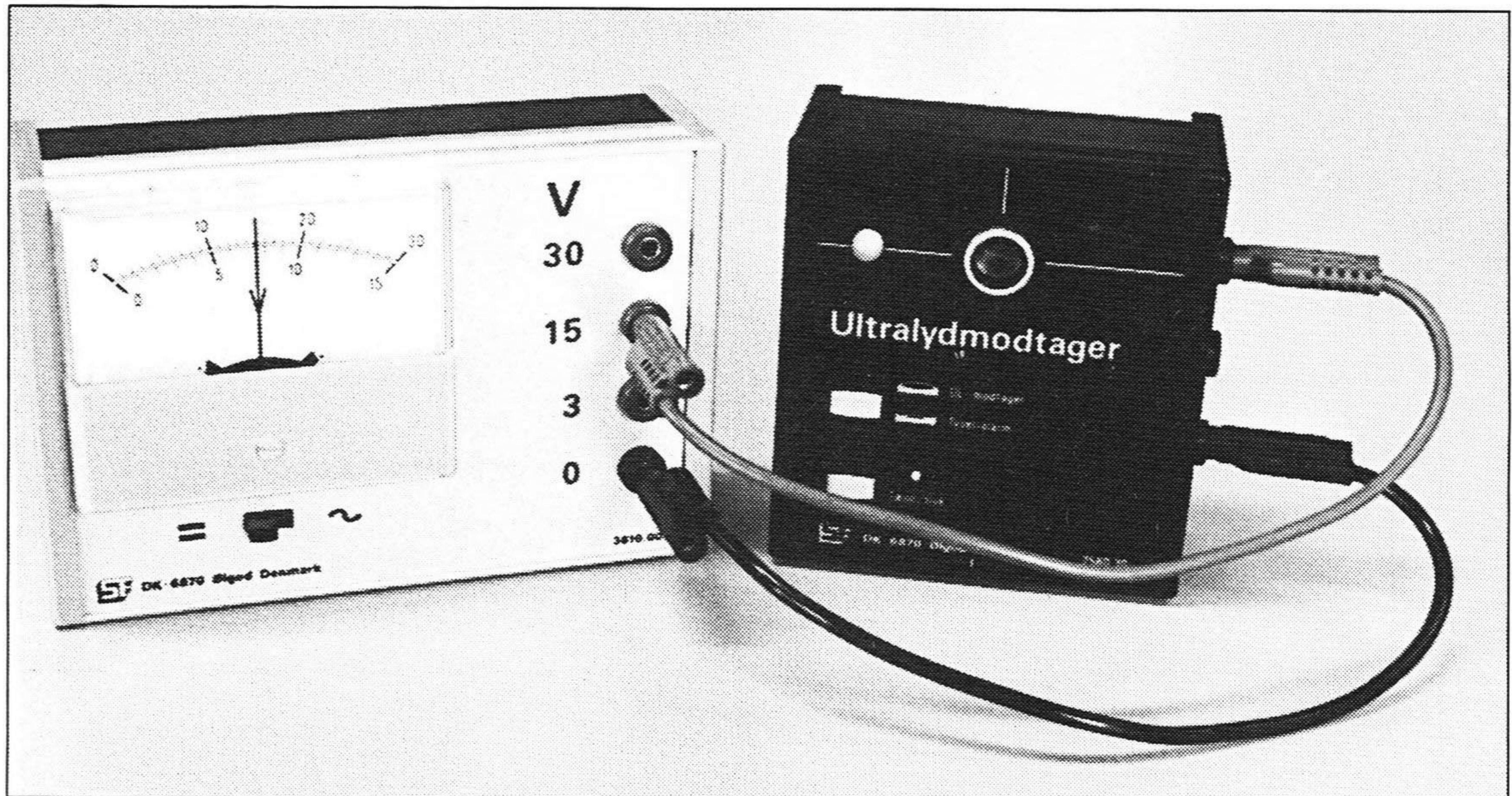
Hold en hånd op foran transduceren på ultralydsender 1. Den røde lysdiode på ultralydmodtageren lyser somme tider. Hvorfor?

---

Hvor kommer det modtagne ultralyd-signal fra?

---





Behold opstillingen og slut et voltmeter til ultralydmodtageren.  
Ultralydsender 1 drejes nu, til der vises størst muligt udslag på voltmeteret.

Højeste spænding på ultralydmodtagerens udgang målt til: \_\_\_\_\_ V.

Drej nu ultralydsender 1 væk fra ultralydmodtageren.  
Drej, til den røde lysdiode netop holder op med at lyse.  
Modtages der stadig ultralyd? (Se på voltmeteret og prøv at slukke for ultralydsender 1).

Der modtages stadig ultralyd: ja/nej

Hvis du har svaret ja, kan du så finde ud af, ved hvilken spænding den røde lysdiode begynder at lyse?

Lysdioden begynder at lyse, når spændingen når over \_\_\_\_\_ V.



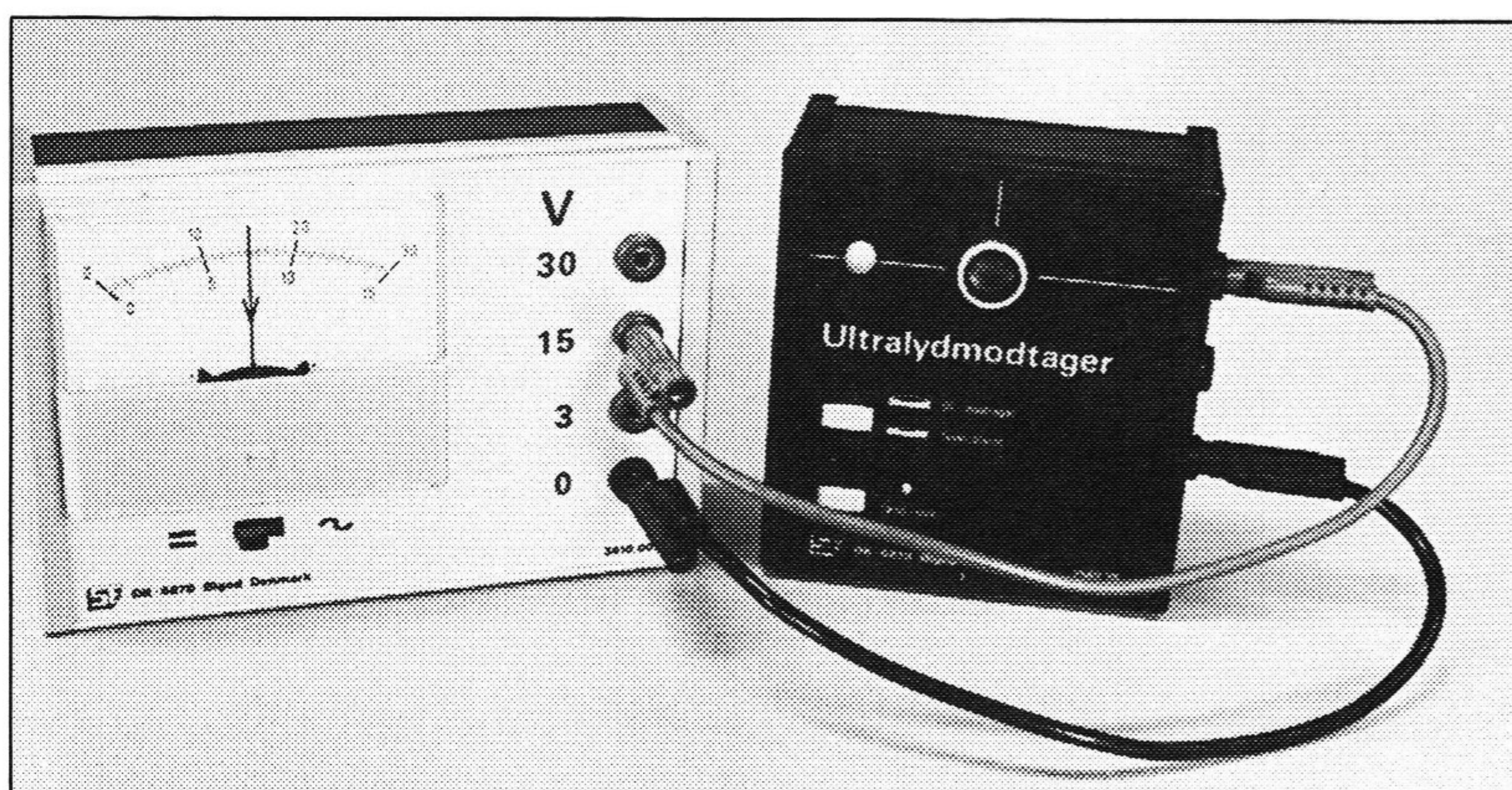
# 9 Transducerens egenfrekvens 1

## Materialer

Sinusgenerator  
sendetransducer  
ultralydmodtager  
voltmeter (10 V)  
(frekvenstæller)

Med denne øvelse kan man finde den frekvens, hvor sendetransduceren giver største signal fra sig.

Transducerne er lavet til at være særligt følsomme ved en bestemt frekvens, og for de transducere, vi bruger, ligger denne frekvens omkring 40 kHz.



Sinusgeneratoren slutes til sendetransduceren, og som modtager kan vi bruge ultralydmodtageren med voltmeter sluttet til.

Hvis sinusgeneratoren er korrekt justeret, kan vi aflæse frekvensen på skalaen herpå. Der kan også slutes en frekvenstæller til sinusgeneratoren, så vi kan få frekvensen aflæst helt nøjagtigt.



Sendetransducer og modtagetransducer placeres et par meter fra hinanden, og vi starter med at måle ved frekvensen 30 kHz.

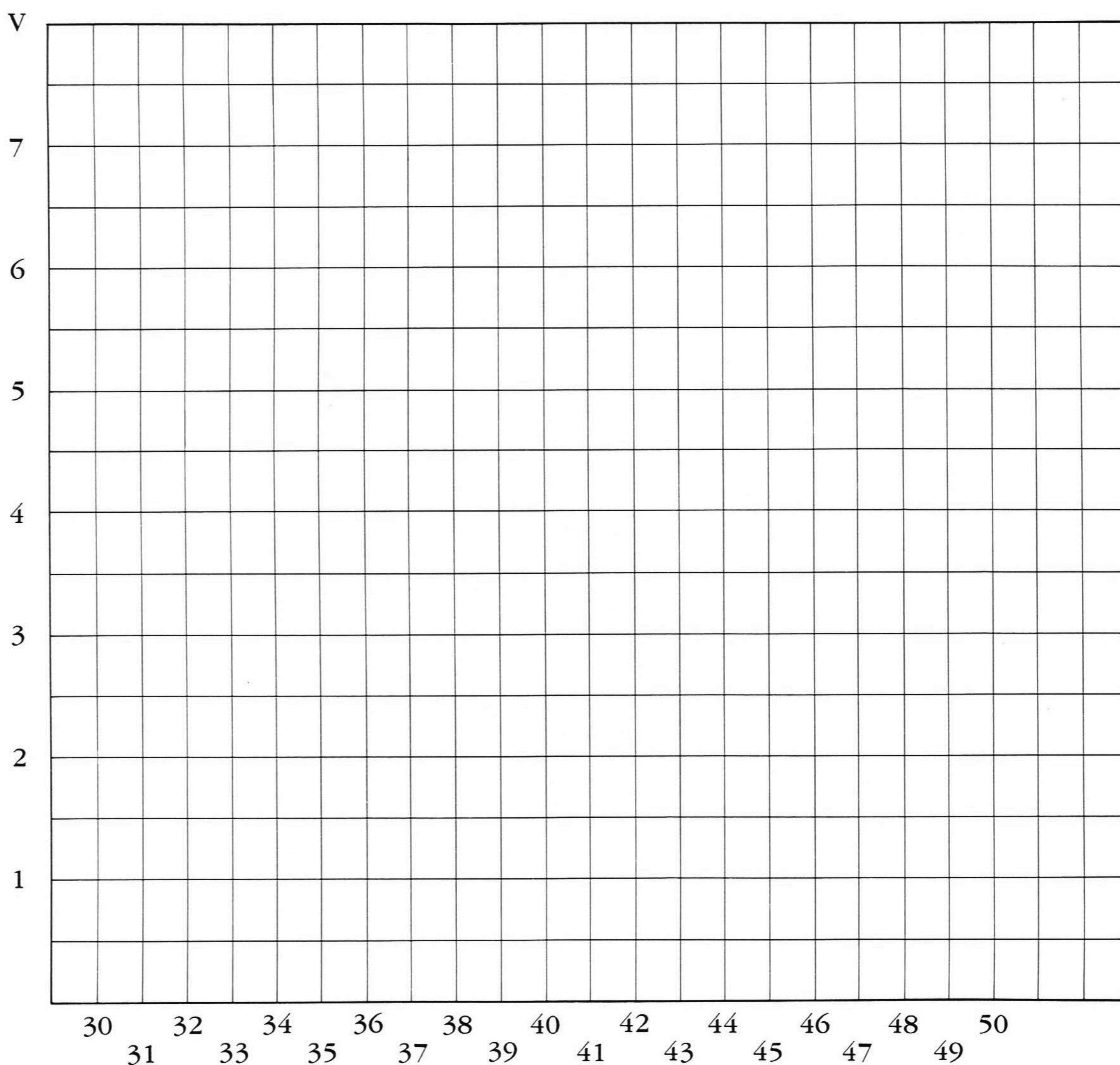
Aflæs voltmeteret og noter resultatet i skemaet.

Der måles nu ved 31 kHz, 32 kHz osv. Alle aflæste resultater føres ind i skemaet, og der kan herefter tegnes en kurve over transducerens frekvensgang.

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	





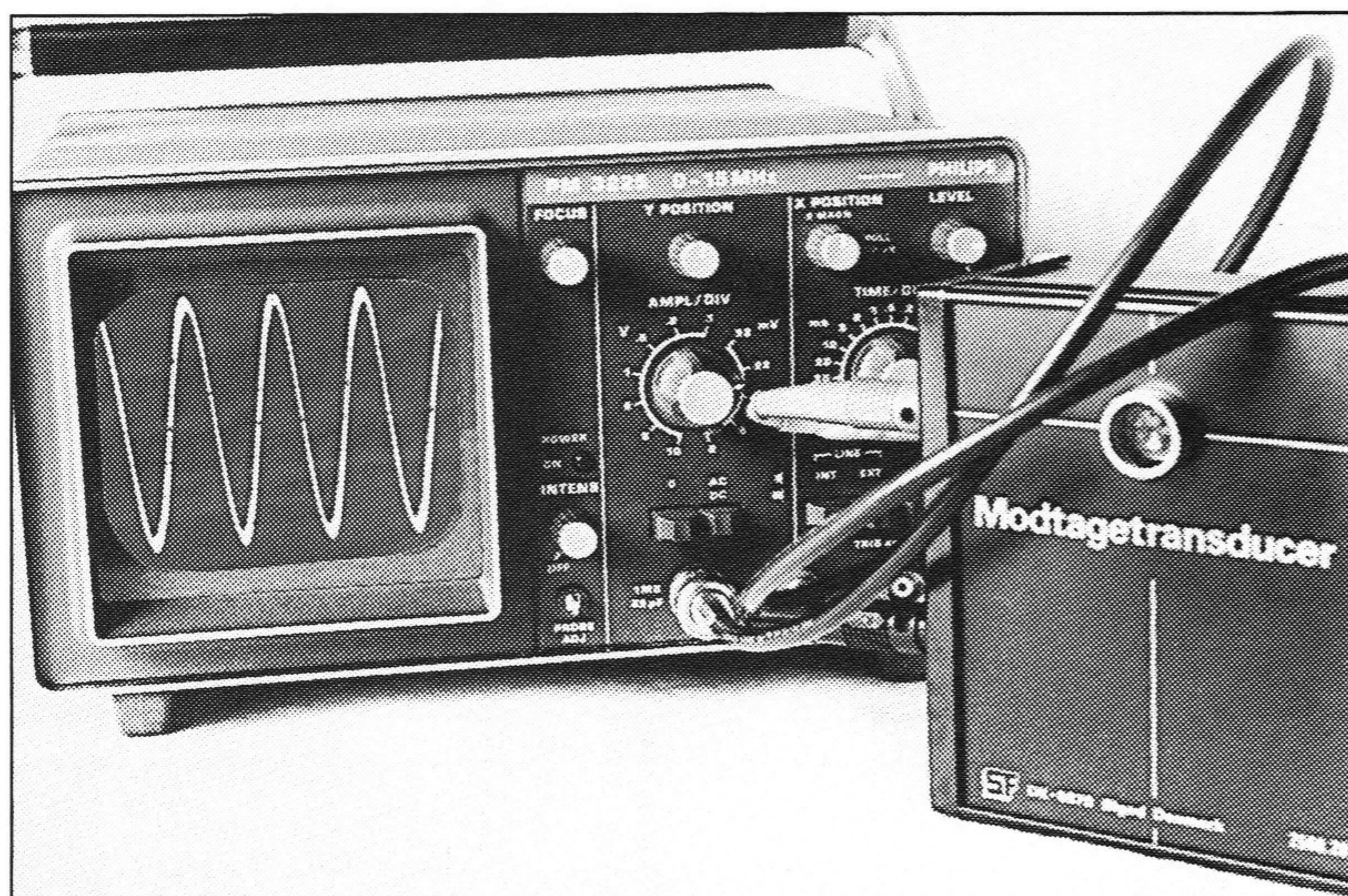
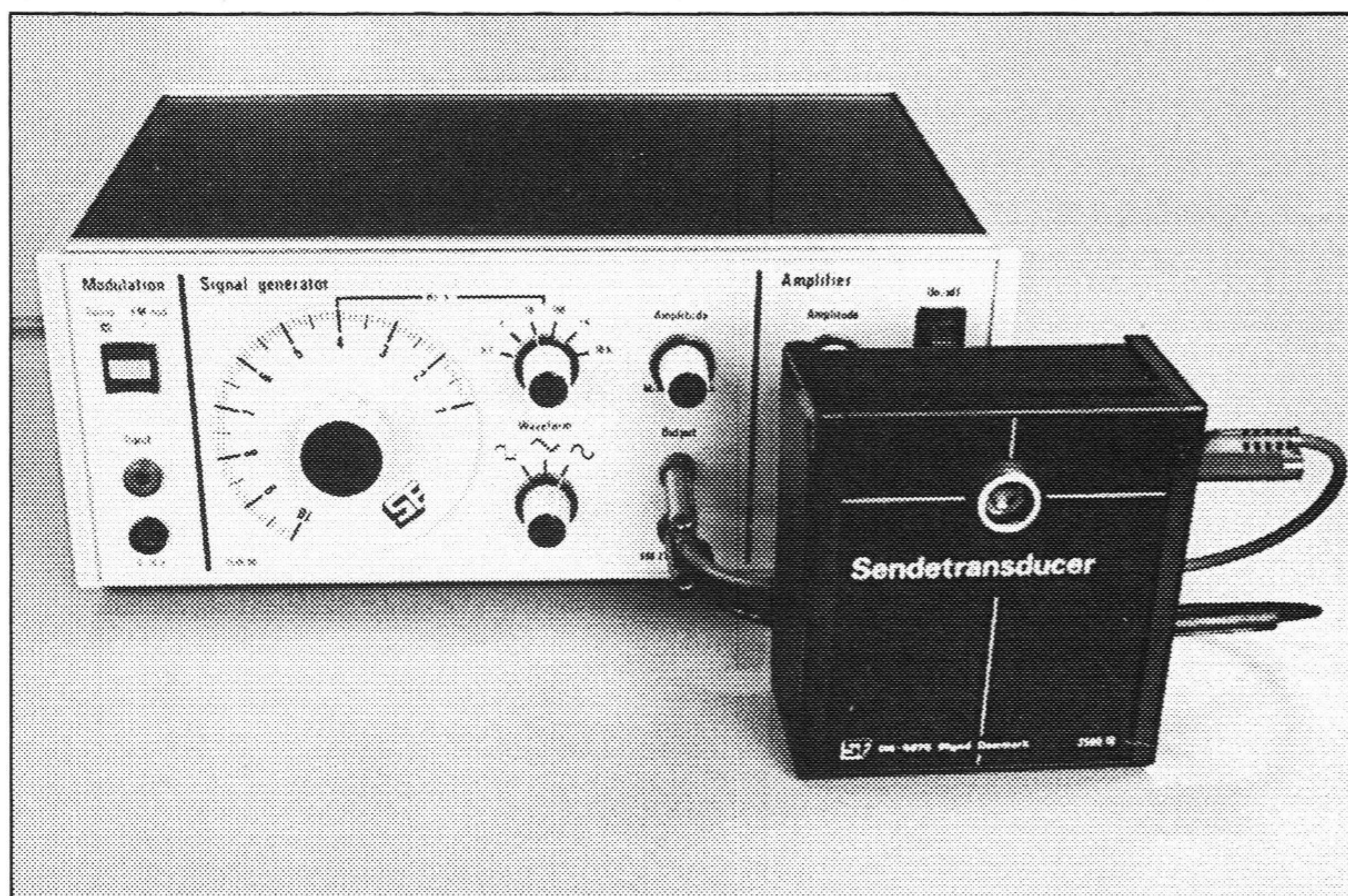
# 10 Transducerens egenfrekvens 2

## Materialer

Sinusgenerator  
sendetransducer  
modtagetransducer  
oscilloskop  
(frekvenstæller)

Øvelsen med måling af transducerens egenfrekvens kan udføres med modtagetransduceren og et oscilloskop i stedet for ultralydmodtager og voltmeter. Nu findes spændingen over modtagetransduceren direkte i millivolt.

Transduceren tilsluttes oscilloskopet med et skærmet kabel.





Sendetransducer og modtagetransducer placeres et par meter fra hinanden, og vi starter med at måle ved frekvensen 30 kHz.

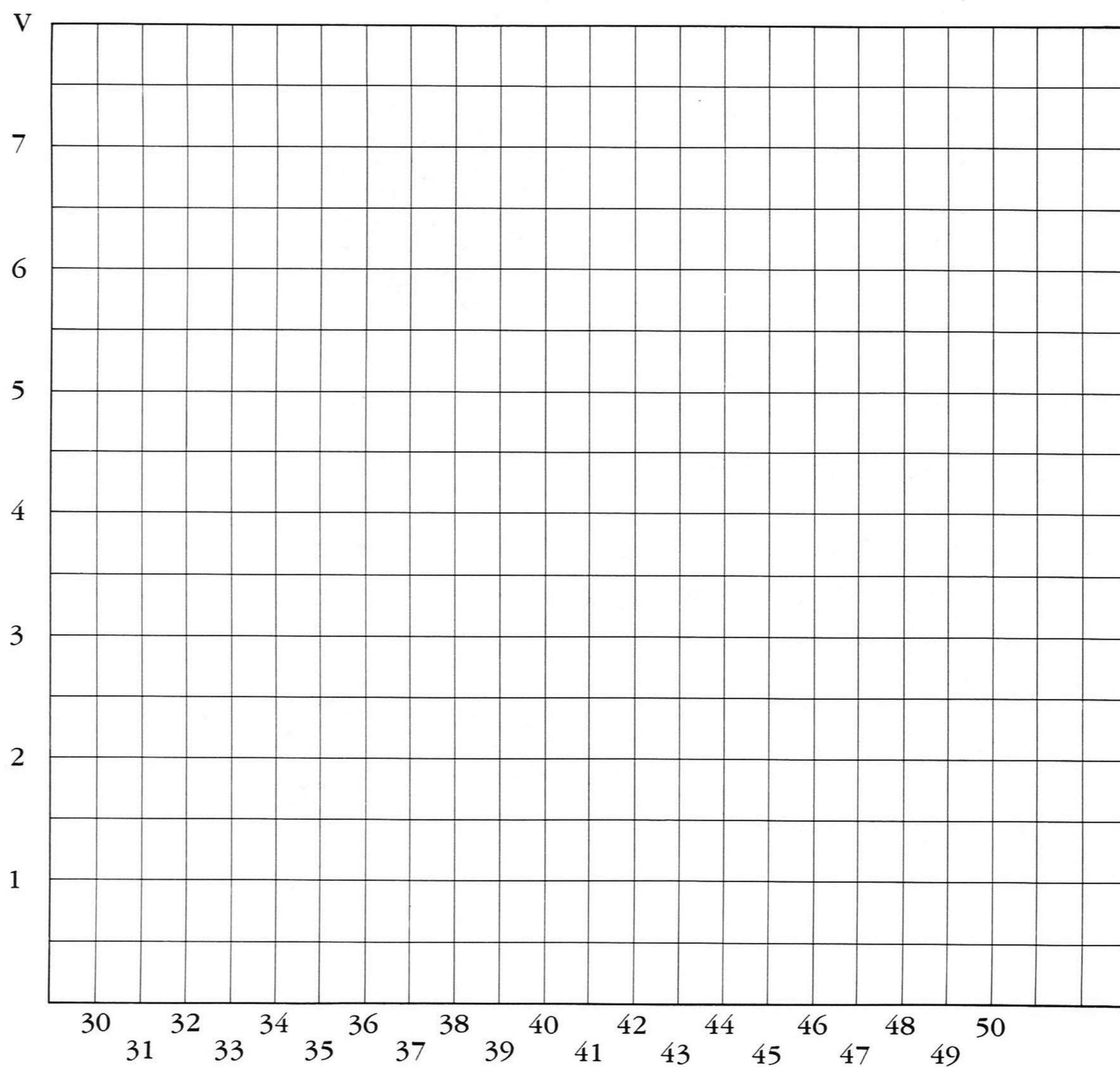
Aflæs spændingen i millivolt på oscilloskopet og noter resultatet i skemaet.

Der måles nu ved 31 kHz, 32 kHz osv. Alle aflæste resultater føres ind i skemaet, og der tegnes herefter en kurve over transducerens frekvensgang.

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	

Frekvens	Aflæst
kHz	spænding (V)
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	



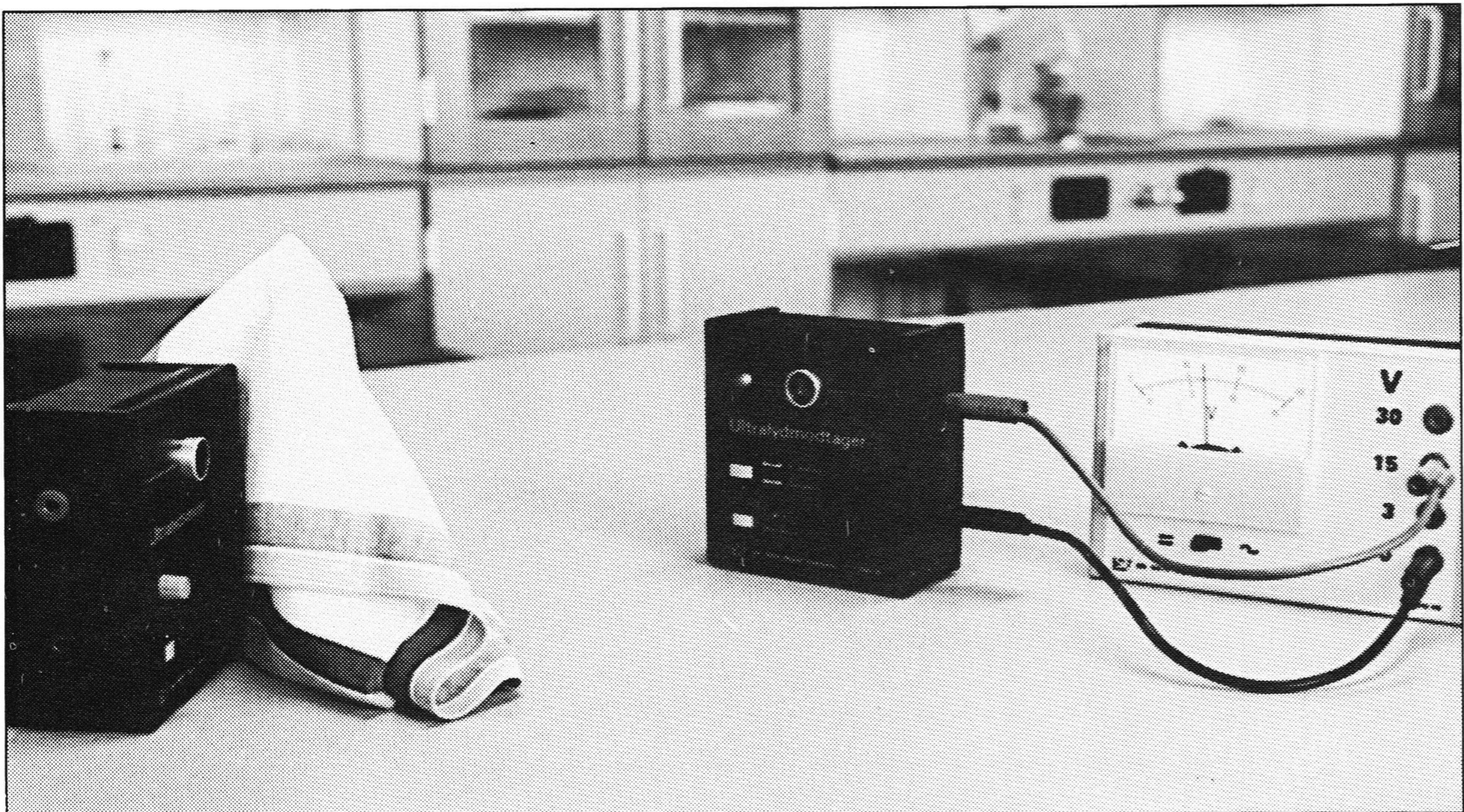


# 11

## Ultralyd kan dæmpes

### Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydmodtager  
voltmeter (10 V)  
forskellige materialer (se tekst)



Voltmeteret sluttes til ultralydmodtageren.

Ultralydsender 1 og ultralydmodtageren placeres 1 meter fra hinanden.

Hold et stykke skrivemaskinepapir foran senderen.

Modtages der stadig ultralyd? **ja / nej**

Prøv at "pakke" senderen ind i papiret.

Modtages der stadig ultralyd? **ja / nej**

Voltmeteret viser: \_\_\_\_\_ V

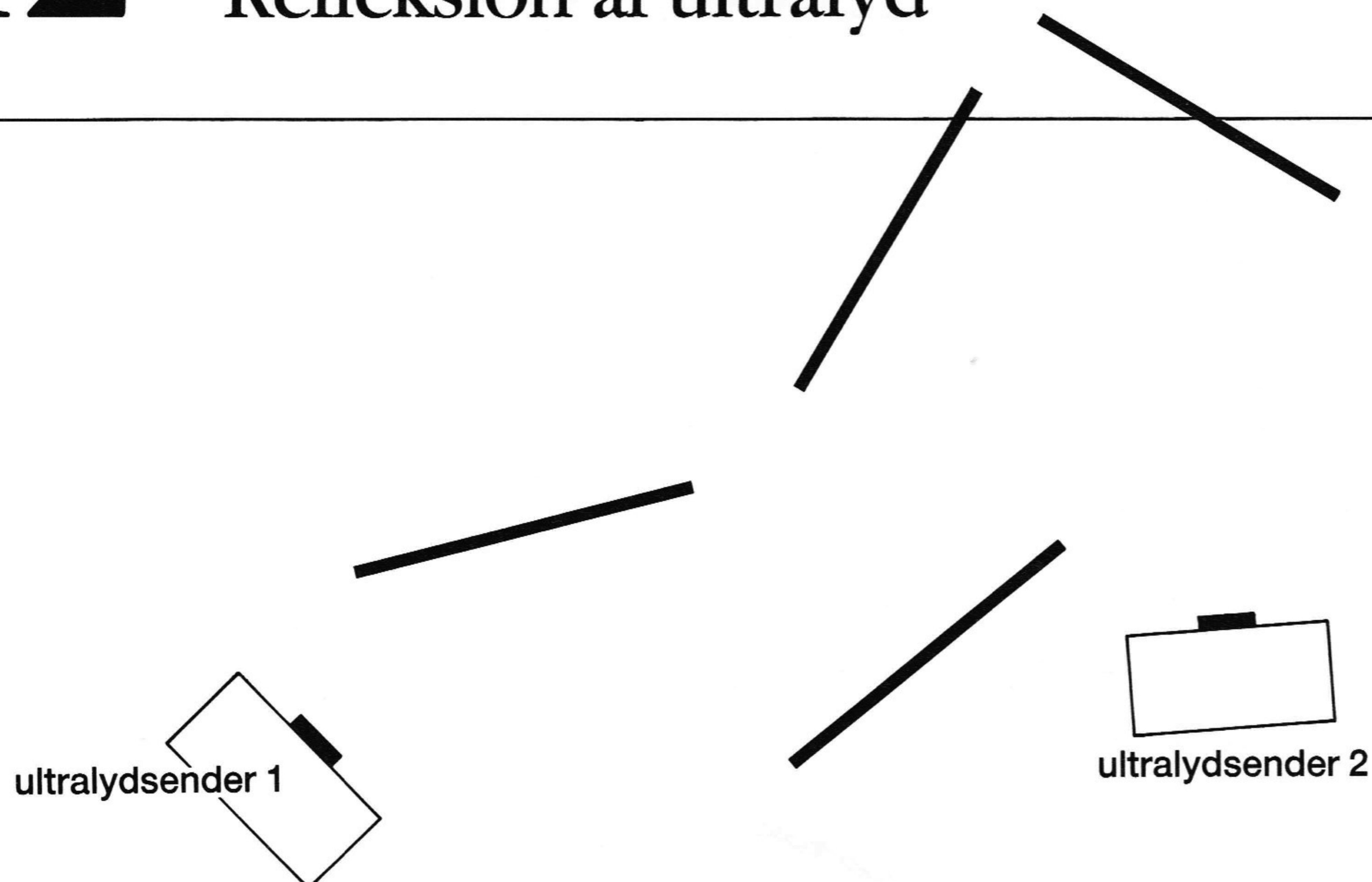


Prøv at holde forskellige stoffer mellem ultralydsender og ultralydmodtager. Vælg nogle stoffer fra dette skema og prøv selv med andre stoffer:

[illegible]



# 12 Refleksion af ultralyd

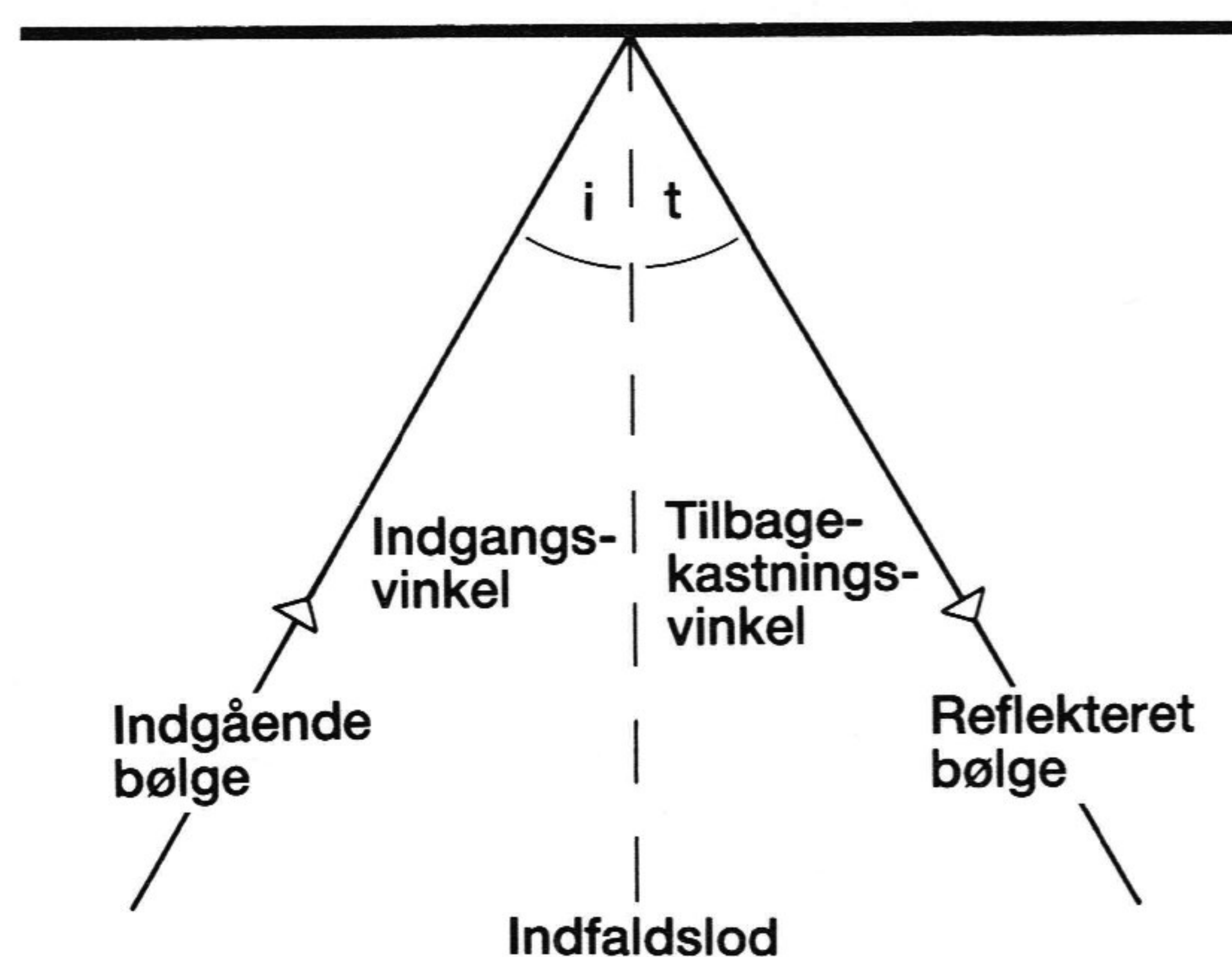


På denne tegning ser du en ultralydsender og en ultralydmodtager.

Der er opstillet fire metalplader, der reflekterer ultralyd.

Reglen ved refleksion er flg.:

*Indgangsvinkel = tilbagekastningsvinkel*



Med vinkelmåler og blyant skal du nu tegne det forløb, strålen har fra sender til modtager. Der, hvor signalet rammer den første plade, tegner du en linje vinkelret på pladen. Vinklen mellem denne linje og det indkomne signal kaldes *indgangsvinklen*.

Tegn nu *tilbagekastningsvinklen* = *indgangsvinklen*.

Det samme sker ved de øvrige plader. Prøv, om du når frem til ultralydmodtageren med signalet.

Du kan ikke lave denne øvelse i praksis med ultralyd. Det er ikke en tynd stråle, der kommer fra ultralydsenderen. En del af signalet vil derfor nå uden for den første plade og blive reflekteret af andre genstande i lokalet.

Øvelsen kan i praksis gennemføres med lys og spejle. Der er så den fordel, at man også kan følge lysstrålens gang.



# 13 Indgangsvinkel = tilbagekastningsvinkel

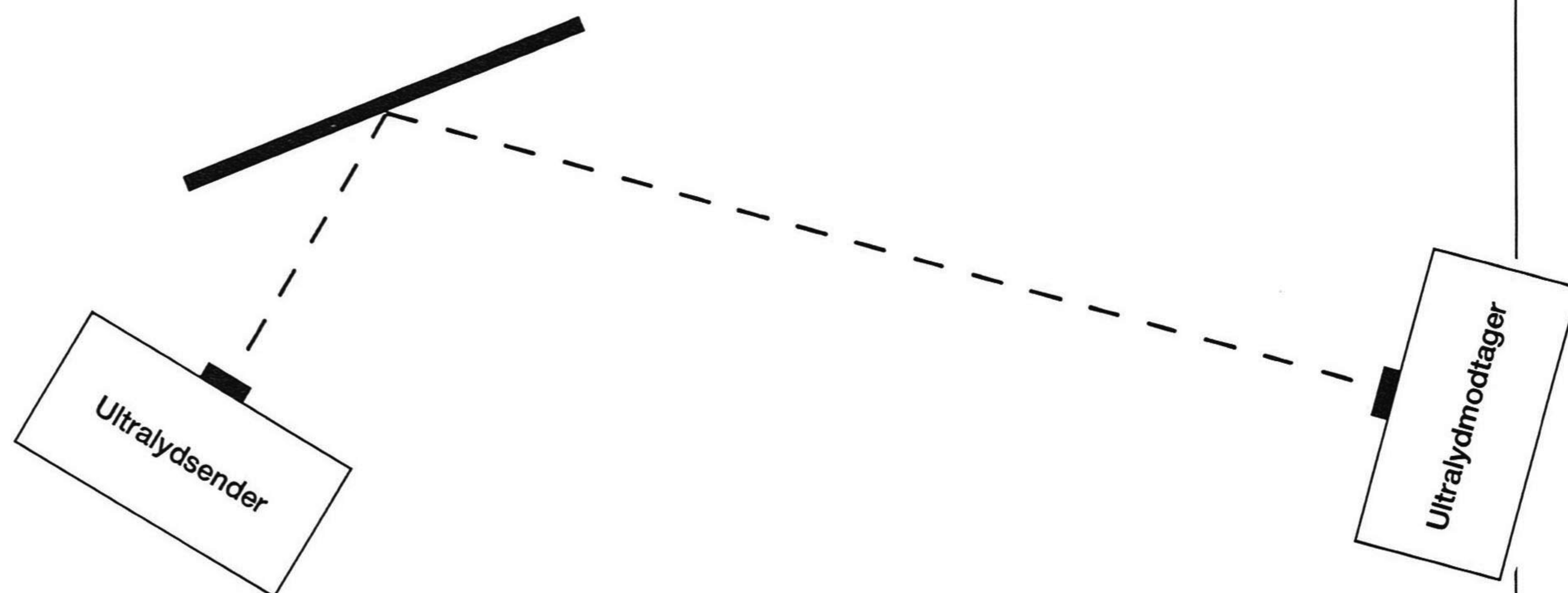
## Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydmodtager  
metalplader

Prøv ved forsøg at eftervise, at reglen:

*indgangsvinkel = tilbagekastningsvinkel*

gælder for ultralyd.



Ultralydsenderen og metalpladen anbringes som vist på tegningen.

Prøv med modtageren at finde frem til det sted, hvor ultralyden kommer fra pladen.



# 14 Ultralyd i hverdagen

## Materialer

Ultralydmodtager  
LF-forstærker



Ultralydmodtager og LF-forstærker sættes sammen til en *ultralyd-indikator*. Med denne enhed kan du gå på jagt efter ultralyd. Den røde lysdiode lyser ved ultralyd, og du kan "høre" ultralyden i højttaleren.

Prøv nogle af nedennævnte eksempler. Tilføj selv flere ting på listen.

Er der ultralyd?	ja	nej
Rasle med nøgler		
Rasle med mønter		
Almindelig tale		
Fløjte		
Blæse med munden		
Hoste		
Rasle med tændstikæske		
Stryge en tændstik		
Antænde en tændstik		
Krølle et stykke papir		
Rive et stykke papir over		
Skrive med blyant på papir		
Printer til computer		
Netafbryder tændes		
Brække en pind		
Gnide et par fingre		
Knipse med fingrene		

Er der ultralyd?	ja	nej
Blæse gennem kam		
Hundefløjte		

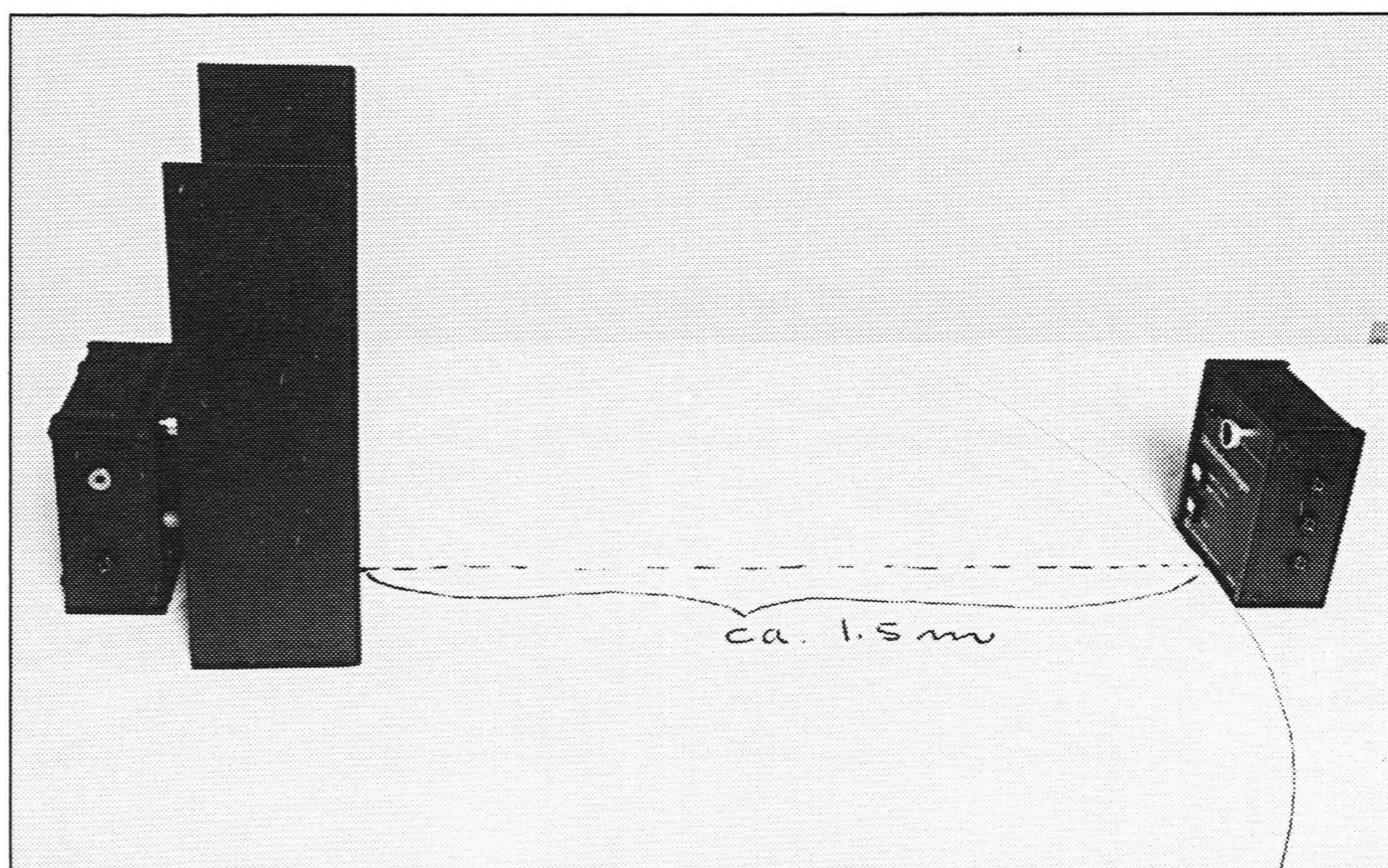


# 15

## Kan ultralyd gå om hjørner?

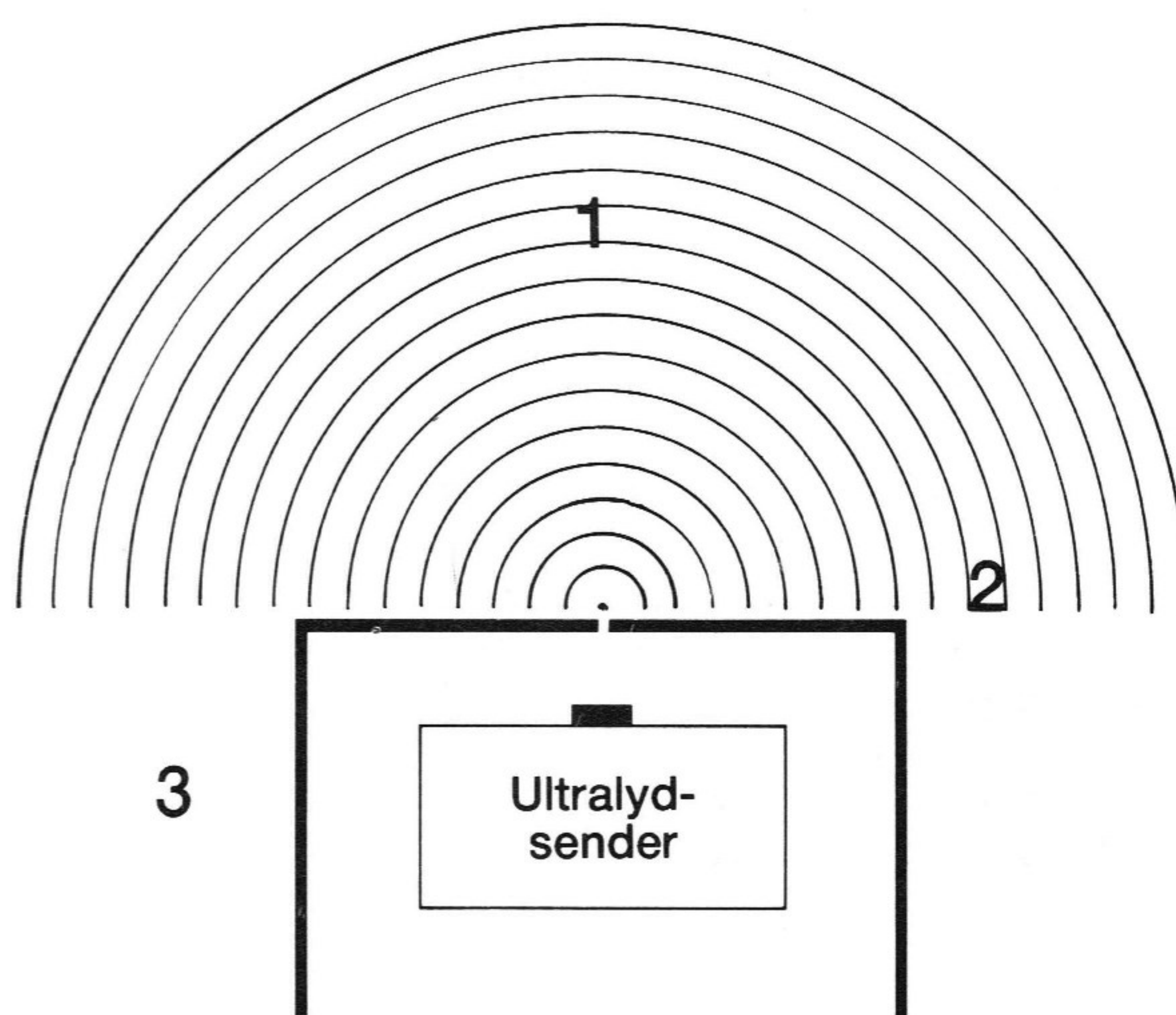
### Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydmodtager  
skærm med spalter



Anbring skærmen med én spalte ned mod bordet.

Ultralydsenderen placeres bag skærmen, og med ultralydmodtageren måles, om der slipper ultralyd ud gennem spalten.



Er der ultralyd i position 1? ja / nej

Er der ultralyd i position 2? ja / nej

Er der ultralyd i position 3? ja / nej

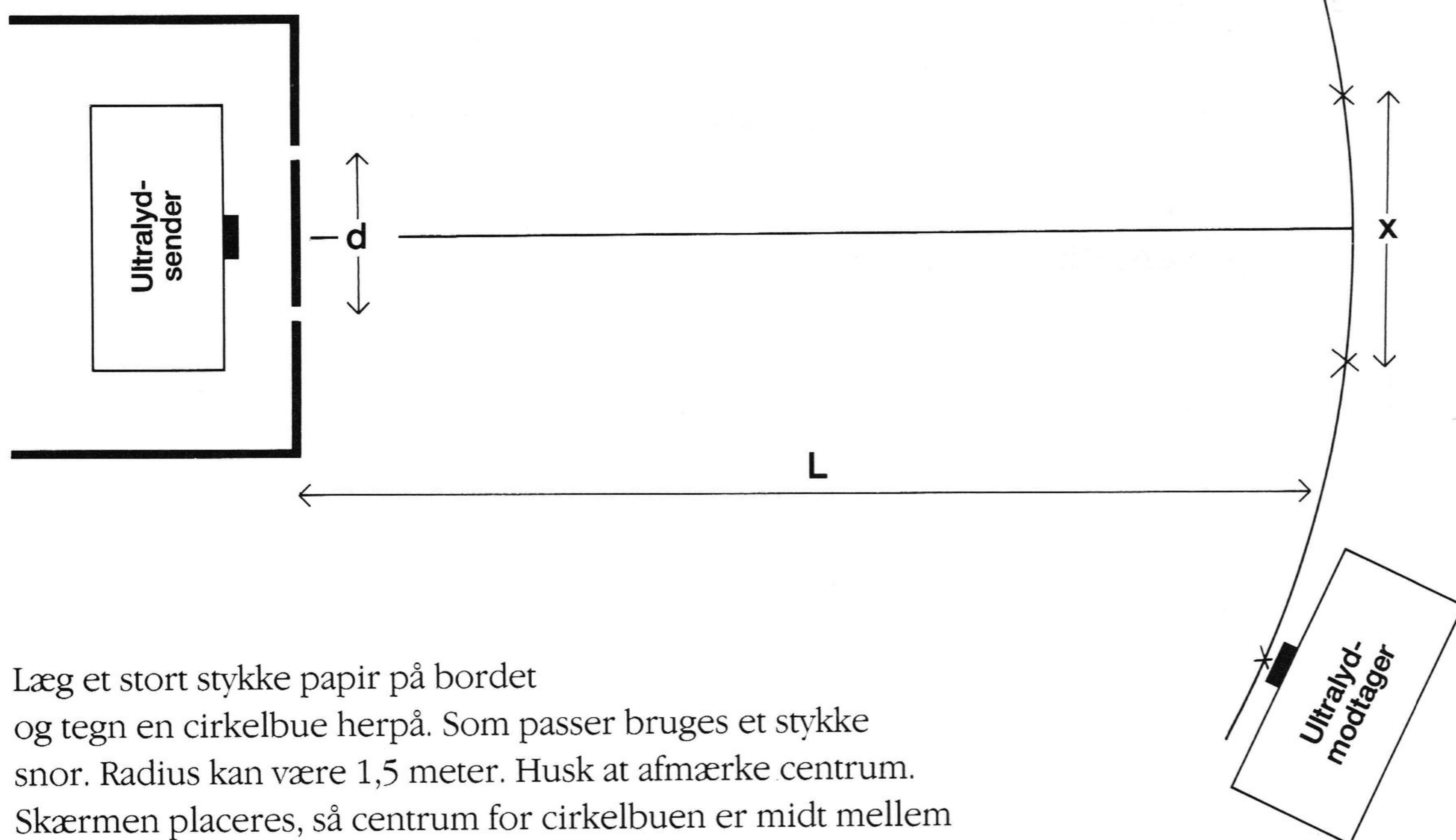
Konklusion: \_\_\_\_\_



# 16 Interferens

## Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydmodtager  
skærm med spalte  
voltmeter (10 V)  
indpakningspapir



Læg et stort stykke papir på bordet  
og tegn en cirkelbue herpå. Som passer bruges et stykke  
snor. Radius kan være 1,5 meter. Husk at afmærke centrum.  
Skærmen placeres, så centrum for cirkelbuen er midt mellem  
de to spalter, der skal vende ned mod bordet.  
Ultralydsenderen justeret til 40 kHz anbringes bag skærmen.  
Nu bevæges ultralydmodtageren langs med cirkelbuen.  
Hvad ser man:

Voltmeteret sættes på ultralydmodtageren. Nu bevæges ultralydmodtageren igen langs cirkelbuen. Der standses, når den kommer til et sted, hvor der er minimum udslag på voltmeteret. Marker punktet ved at sætte en streg ud for midten af ultralydmodtageren. Apparatet bevæges videre langs cirkelbuen, indtil der kommer et nyt minimum. Marker dette punkt. Fortsæt med at finde minimumpunkter.

Hvor langt er der mellem to minimumpunkter: \_\_\_\_\_ cm

Hvor mange minimumspunkter fandt du: \_\_\_\_\_



## Beregning af bølgelængde

Vi kan nu ud fra den måling, vi har lavet, nøjagtigt beregne bølgelængden for ultralyd. Den beregnes efter formlen:

$$\lambda = \frac{x \cdot d}{L}$$

x = afstanden mellem to minimumpunkter = \_\_\_\_\_ cm

d = afstanden mellem spalterne på skærmen = \_\_\_\_\_ cm

L = afstand fra skærm til målepunkt = \_\_\_\_\_ cm

$\lambda$  = \_\_\_\_\_

Bølgelængden for ultralyd er: \_\_\_\_\_ cm

## Beregning af ultralydfrekvens

Når bølgelængden for ultralyd kendes, kan frekvensen beregnes. Vi bruger denne formel:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

f = frekvensen målt i Hz

c = lydens hastighed i m/s

$\lambda$  = bølgelængde i meter



# 17 Interferensstriber

Interferensstribernes antal divideret med 2 giver antallet af bølgelængder mellem spalterne.

Bølgelængden er ved 40 kHz = 0,9 cm.

Mellem to spalter på skærmen er der 5,4 cm.

Antallet af bølgelængder mellem spalterne kan nu beregnes:

Der er \_\_\_\_\_ bølgelængder mellem spalterne.

Dette tal ganget med 2 må så give antallet af interferensstriber.

Beregnet antal interferensstriber: \_\_\_\_\_

Hvor mange kunne du måle dig frem til i øvelsen *Interferens*?

Ved måling fandtes \_\_\_\_\_ interferensstriber.

I stedet for at måle minimumpunkter på 1,5 m afstand, kunne man måle på 3 m afstand.

Afstanden mellem minimumpunkterne vil være: \_\_\_\_\_ cm

Der bliver \_\_\_\_\_ striber.

Hvor mange striber ville der komme, hvis afstanden mellem spalterne i skærmen var:

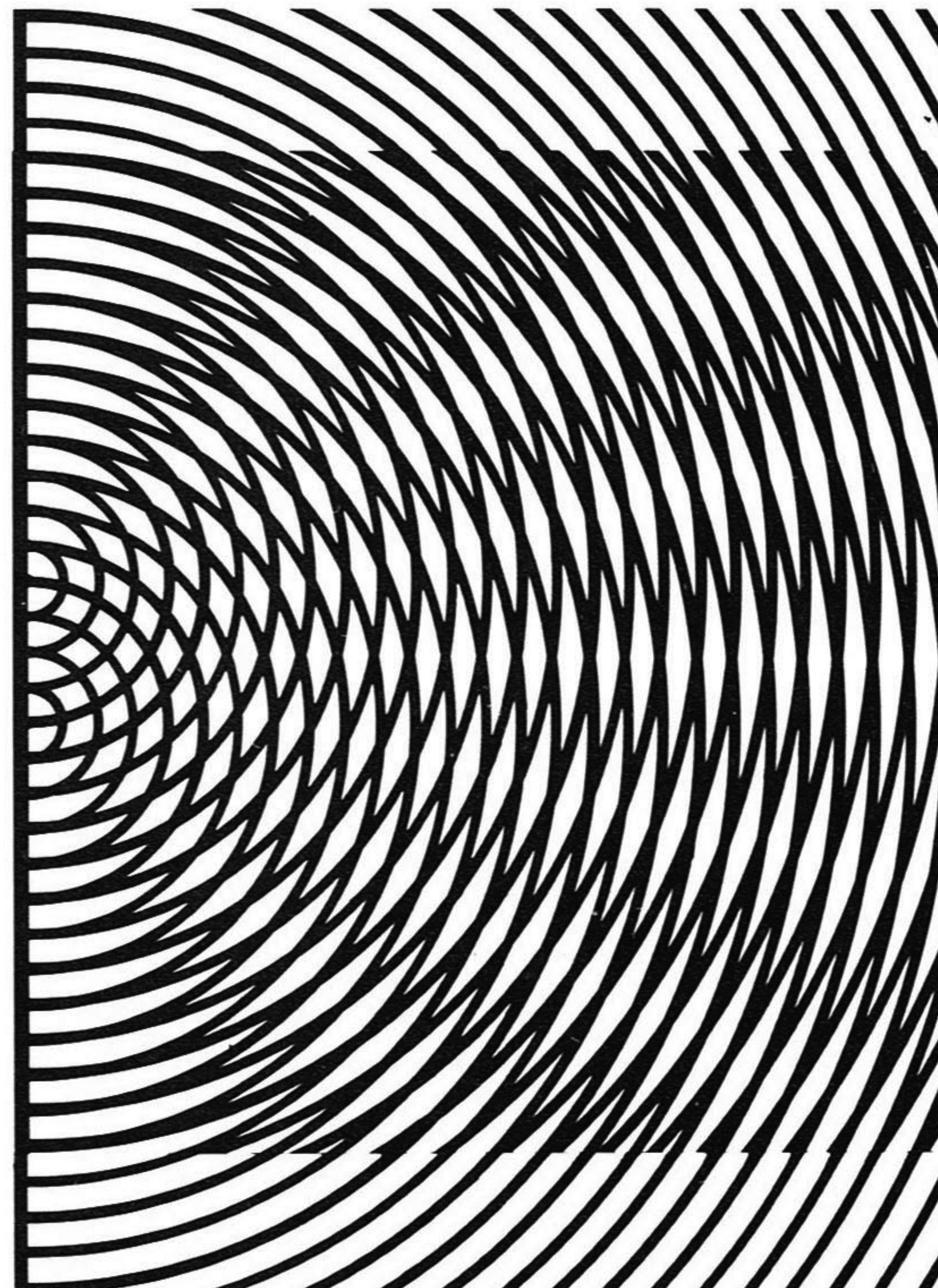
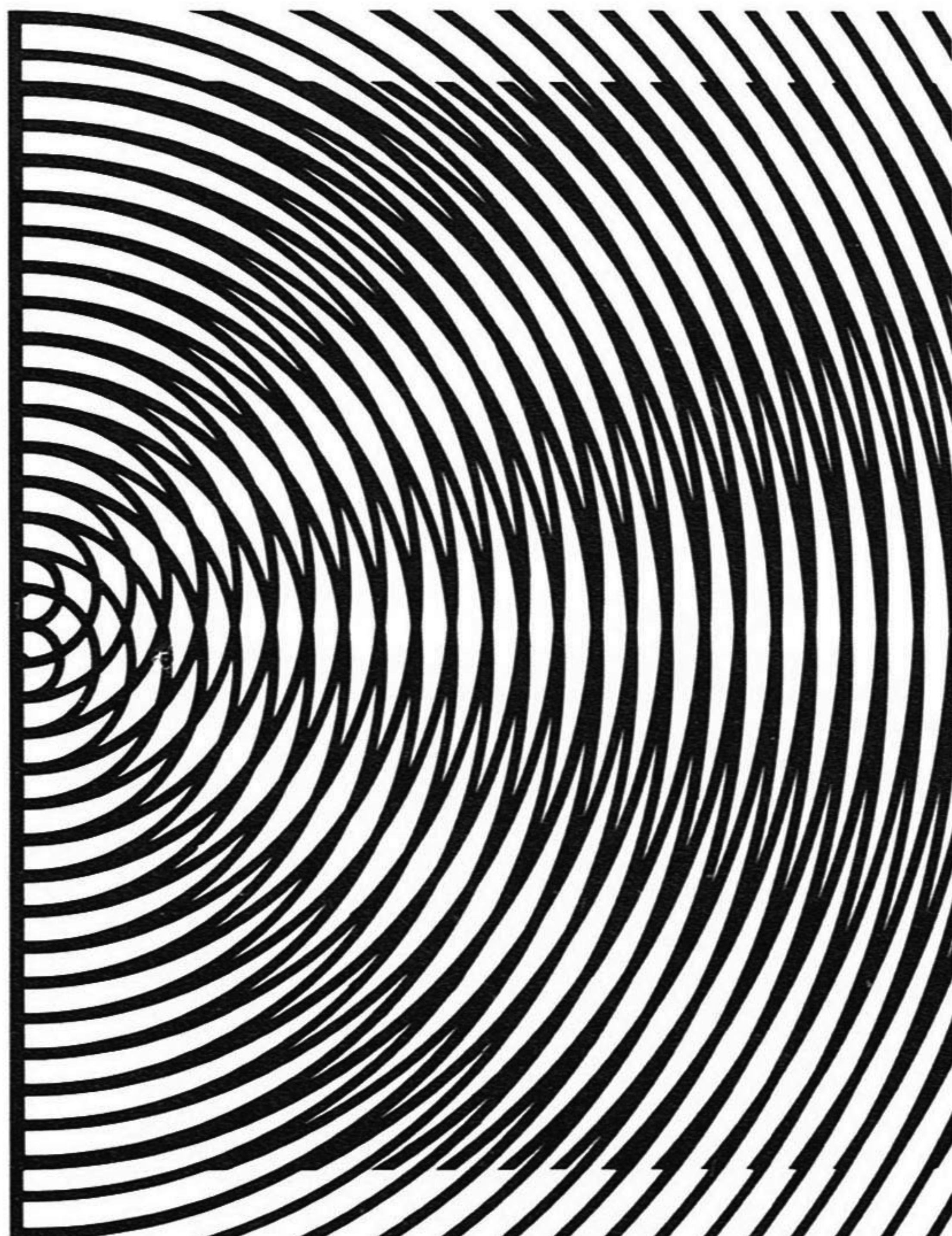
10,8 cm: \_\_\_\_\_

2,7 cm: \_\_\_\_\_

Find frekvensen for ultralyd, når bølgelængden er 0,01 meter. Temperaturen er 20°.

f = \_\_\_\_\_ kHz.





Indtegn på disse tegninger, hvor der kommer interferensstriber.

Hvor mange striber kommer der på den første tegning:

Antal striber: \_\_\_\_\_

Hvor mange striber kommer der på den anden tegning:

Antal striber: \_\_\_\_\_

Kan du forklare forskellen?

---

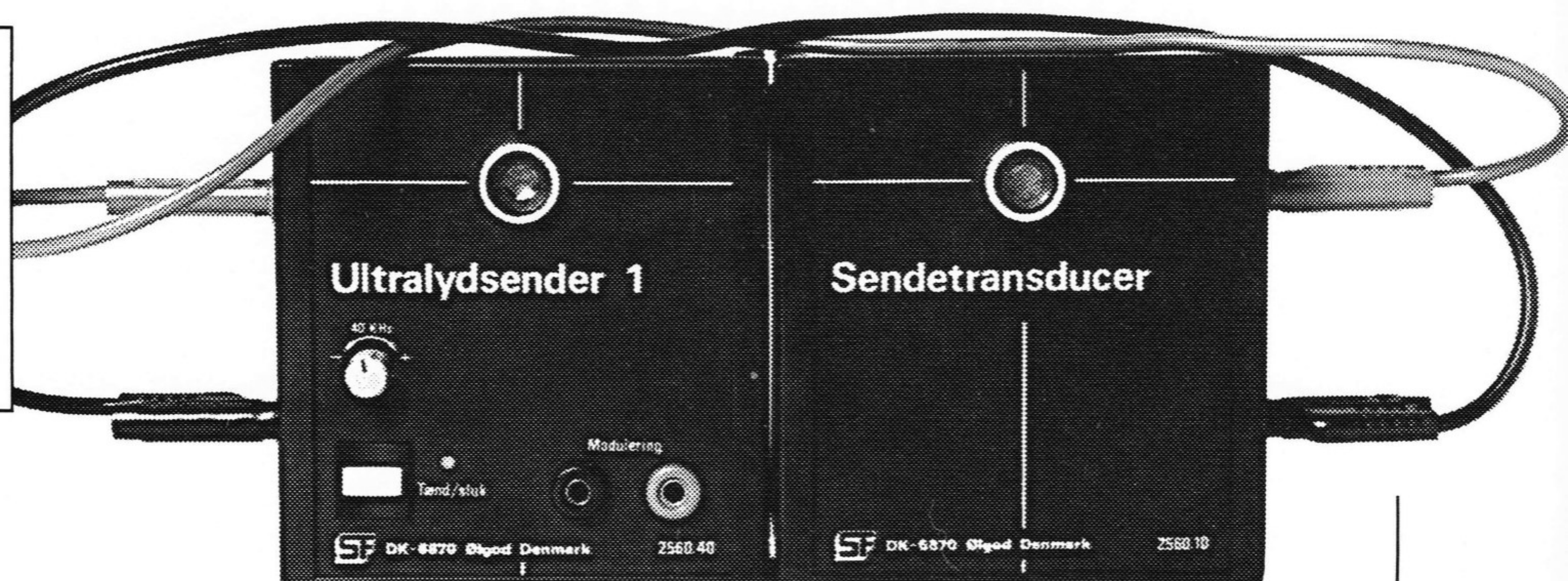
---



# 18 Interferens mellem to sendere

## Materialer

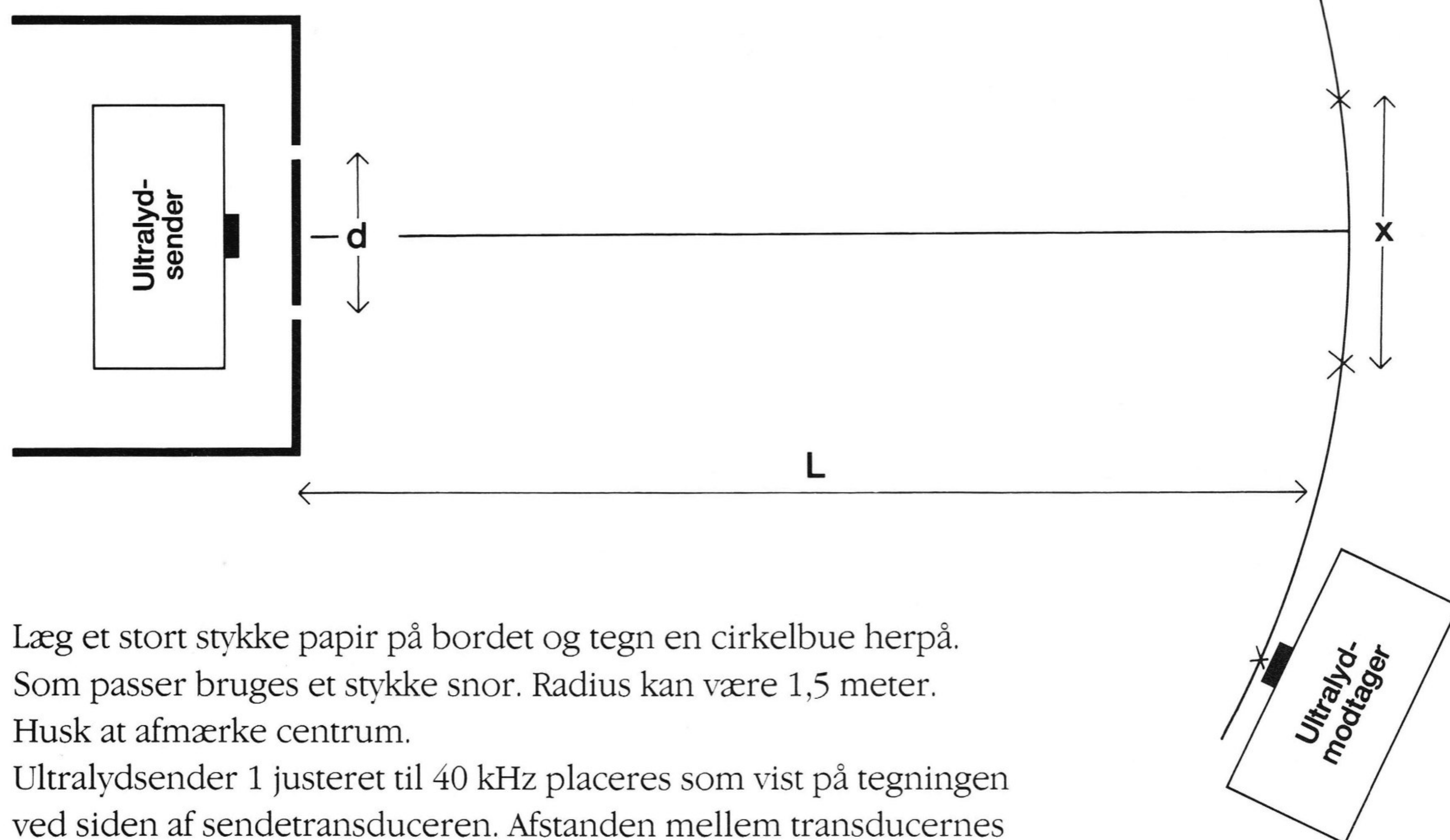
Ultralydsender 1  
sendetransducer  
ultralydmodtager  
voltmeter (10 V)



I øvelsen *Interferens* måles minimumpunkter, der fremkom, når ultralyd passerer to spalter i en skærm.

Der kan i stedet måles interferens mellem ultralyd, der kommer fra to sendere.

For at være helt sikker på, at frekvensen for de to sendere er helt ens, bruges ultralydsender 1 som den ene sender. Den anden sender er sendetransduceren forbundet til ultralydsender 1 med to ledninger.



Læg et stort stykke papir på bordet og tegn en cirkelbue herpå.

Som passer bruges et stykke snor. Radius kan være 1,5 meter.

Husk at afmærke centrum.

Ultralydsender 1 justeret til 40 kHz placeres som vist på tegningen ved siden af sendetransduceren. Afstanden mellem transducernes midtpunkt (mærket) justeres til 10,8 cm (12 bølgelængder ved 40 kHz).

Nu bevæges ultralydmodtageren langs med cirkelbuen.

Hvad ser man:



Voltmeteret sættes på ultralydmodtageren. Nu bevæges ultralydmodtageren igen langs cirkelbuen. Der standses, når den kommer til et sted, hvor der er minimum udslag på voltmeteret. Marker punktet ved at sætte en streg ud for midten af ultralydmodtageren. Apparatet bevæges videre langs cirkelbuen, indtil der kommer et nyt minimum. Marker dette punkt. Fortsæt med at finde minimumpunkter.

Hvor langt er der mellem to minimumspunkter: \_\_\_\_\_ cm

Hvor mange minimumspunkter fandt du: \_\_\_\_\_

## Beregning af bølgelængde

Vi kan nu ud fra den måling, vi har lavet, nøjagtigt beregne bølgelængden for ultralyd. Den beregnes efter formlen:

$$\lambda = \frac{x \cdot d}{L}$$

x = afstanden mellem to minimumpunkter = \_\_\_\_\_ cm

d = afstanden mellem spalterne på skærmen = \_\_\_\_\_ cm

L = afstand fra skærm til målepunkt = \_\_\_\_\_ cm

$\lambda$  = \_\_\_\_\_

Bølgelængden for ultralyd er: \_\_\_\_\_ cm

## Beregning af ultralydfrekvens

Når bølgelængden for ultralyd kendes, kan frekvensen beregnes. Vi bruger denne formel:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

f = frekvensen målt i Hz

c = lydens hastighed i m/s

$\lambda$  = bølgelængde i meter

f = \_\_\_\_\_

Hvis de to sendere lægges på siden med toppen mod hinanden, vil afstanden mellem dem være 5 cm. Sendetransducere kan flyttes, så afstanden mellem midten af transducerne er 5,4 cm (6 bølgelængder ved 40 kHz).

Afstanden mellem 2 minimumpunkter = \_\_\_\_\_ cm

Antal minimumpunkter = \_\_\_\_\_

Beregn bølgelængden:

x = \_\_\_\_\_ cm      d = \_\_\_\_\_ cm      L = \_\_\_\_\_ cm



# 19

## Resonans – svævning

### Materialer

2 stemmegafler  
ultralydsender 1  
ultralydsender 2  
ultralydmodtager  
LF-forstærker



To stemmegafler anbringes i nærheden af hinanden.

Når den ene slås an, høres en tone på 455 Hz.

Slå den ene stemmegaffel an. Tag om stemmegafflen. Høres tonen stadig? ja / nej

Hvor kommer tonen fra?

---

Da de to stemmegafler begge svinger på 455 Hz, vil lyden fra den ene sætte den anden i svingninger. Hvad kaldes dette fænomen:

---

Sæt en bøjle på den ene stemmegaffel og slå den an. Hvad sker der med frekvensen?

Tonens frekvens er **uforandret** / højere / lavere

Slå begge stemmegafler an samtidig. Kan du beskrive lyden?

---





Vi vil prøve det samme med to ultralydsendere.

De to sendere anbringes ved siden af hinanden. 2 meter derfra anbringes ultralydmodtageren monteret med LF-forstærker.

Ultralydsender 1 indstilles på en frekvens lidt under 40 kHz. Ultralydsender 2 indstilles på en frekvens lidt over 40 kHz.

Der tændes for alle apparater undtagen ultralydsender 2.

Tænd for ultralydsender 2.

Beskriv, hvad der sker:

---

Er de to sendere i resonans? **ja / nej**

Hvordan skal de to sendere indstilles, for at de er i resonans?

---

Hvordan ved du, at de er i resonans?

---



# 20 Doppler-effekt

## Materialer

Ultralydsender 1  
ultralydsender 2  
ultralydmodtager  
LF-forstærker



Anbring ultralydsender 1 og ultralydsender 2 ved siden af hinanden.  
Et par meter derfra anbringes ultralydmodtageren med LF-forstærkeren sat på.  
Ultralydsender 1 justeres til lidt under 40 kHz, ultralydsender 2 til lidt over 40 kHz.  
Flyt samtidig ultralydsender 1 og ultralydsender 2 hen mod ultralydmodtageren.

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Flyt samtidig ultralydsender 1 og ultralydsender 2 væk fra ultralydmodtageren.

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Ultralydsender 1 flyttes nu nærmere mod ultralydmodtageren.  
Ultralydsender 2 bliver stående.

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Ultralydsender 1 flyttes nu bort fra ultralydmodtageren.  
Ultralydsender 2 bliver stående.

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Prøv det samme med ultralydsender 2 og lad ultralydsender 1 blive stående.  
Når ultralydsender 2 flyttes nærmere ultralydmodtageren:

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Når ultralydsender 2 flyttes bort fra ultralydmodtageren:

Tonens frekvens er **uforandret / højere / lavere**

Du lytter til et udrykningskøretøj. Tonens frekvens bliver lavere. Er køretøjet på vej mod det sted, hvor du står, eller er det på vej væk fra stedet?

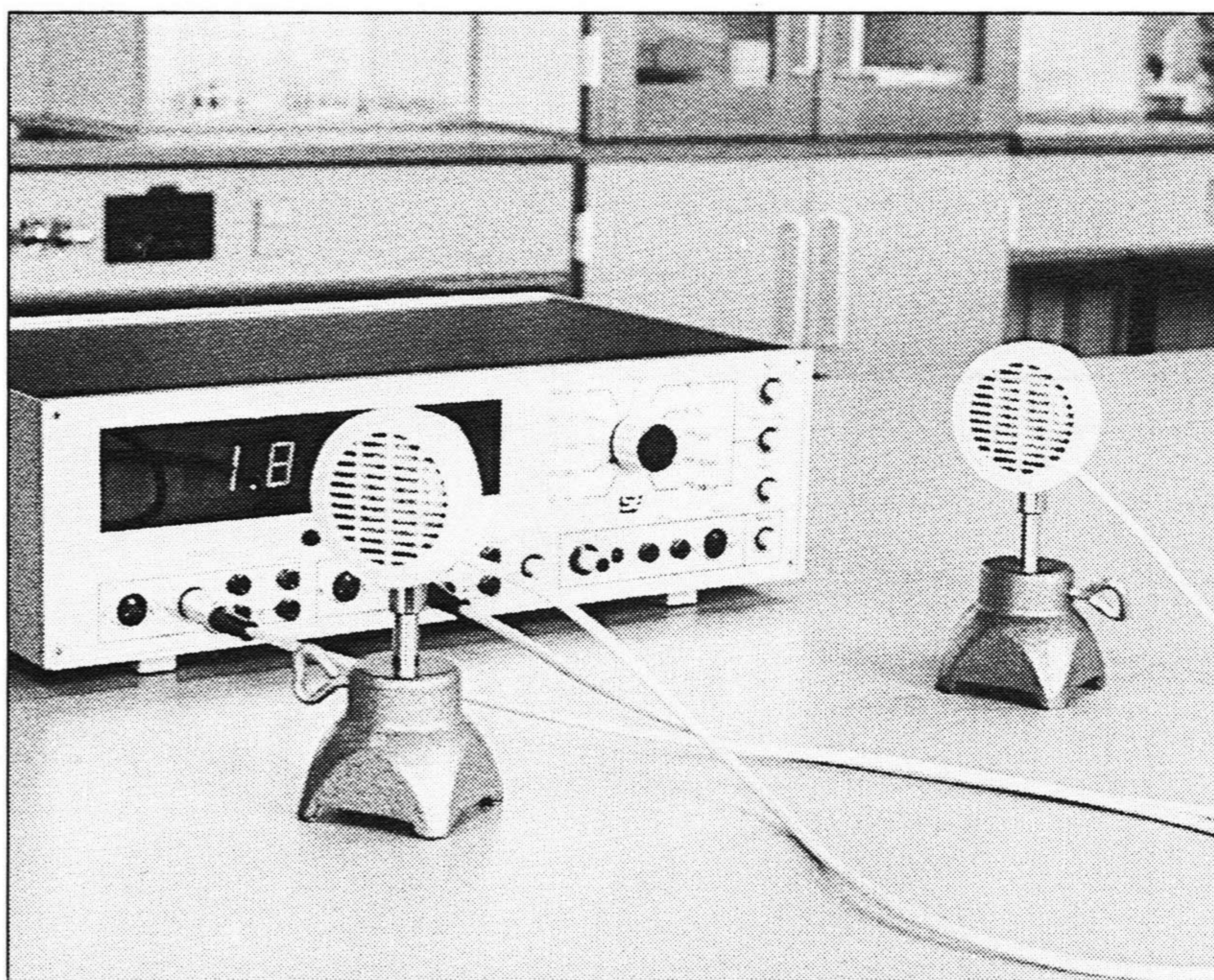


# 21

## Lydens hastighed

### Materialer

Elektronisk tæller  
2 mikrofoner  
klaptræ



Lydens hastighed i luft kan måles med en elektronisk tæller.

En mikrofon sættes til startindgang, og en mikrofon sættes til stopindgang. Tælleren sættes i x10 positionen. Sendes en lyd hen mod mikrofonerne, vil den starte tælleren, når den når den første mikrofon, og standse tælleren, når den når den anden mikrofon.

Som lyd giver et klaptræ af bøg velegnet.

Mikrofonerne placeres nøjagtigt 1 m fra hinanden.

Fra nogle meters afstand (i mikrofonernes sigtelinje) sendes en lyd hen mod mikrofonerne.

Tælleren viser: \_\_\_\_\_ sek.

Nulstil tælleren og gentag forsøget. Det skulle gerne give samme resultat.

Lydens hastighed kan nu beregnes:

Beregning:

På \_\_\_\_\_ sekund går lyden 1 meter

På 1 sekund går lyden så \_\_\_\_\_ meter

= \_\_\_\_\_ meter

Bemærk: Lydens hastighed er afhængig af luftens temperatur.



# 22 Ultralyds hastighed

## Materialer

Elektronisk tæller  
to ultralydmodtagere  
2 tilslutningskabler  
ultralydsender 1



Vi har hidtil regnet med, at ultralyd havde samme udbredelseshastighed i luft som hørbar lyd. Hastigheden er afhængig af temperaturen, og for hørbar lyd er den 346 m/s ved 20° C. Ultralyds hastighed i luft kan måles med en elektronisk tæller. En ultralydmodtager slutes til "start" mikrofonindgangen med et specielt kabel. Prøv, om du kan starte tælleren med tale, råben eller fløjten. Tænd herefter for ultralydsenderen. Bemærkninger:

---

Tælleren standses og resettes. Sæt den anden ultralydmodtager til "stop" mikrofonindgang. Placer de to ultralydmodtagere 1 meter fra hinanden. På nogle meters afstand startes en ultralydsender. Tælleren viser: \_\_\_\_\_ sek. Nulstil tælleren og gentag forsøget. Det skulle gerne give samme resultat. Ultralydens hastighed kan nu beregnes:

Beregning:

På \_\_\_\_\_ sekund går ultralyd 1 meter

På 1 sekund går ultralyd så \_\_\_\_\_ meter

= \_\_\_\_\_ meter

Bemærk: Ultralydens hastighed er afhængig af luftens temperatur.



# 23

## Nu har jeg arbejdet med

- 1 Hvor høj en tone kan du høre?
- 2 Bølger
- 3 Mekaniske svingninger
- 4 Længdebølger
- 5 Tværbølger
- 6 Ultralyd
- 7 Ultralydsender
- 8 Ultralydmodtager
- 9 Transducerens egenfrekvens 1
- 10 Transducerens egenfrekvens 2
- 11 Ultralyd kan dæmpes
- 12 Refleksion af ultralyd
- 13 Indgangsvinkel = tilbagekastningsvinkel
- 14 Ultralyd i hverdagen
- 15 Kan ultralyd gå om hjørner?
- 16 Interferens
- 17 Interferensstriber
- 18 Interferens mellem to sendere
- 19 Resonans – svævning
- 20 Doppler-effekt
- 21 Lydens hastighed
- 22 Ultralyds hastighed

Sæt kryds, når du er færdig med en øvelse.









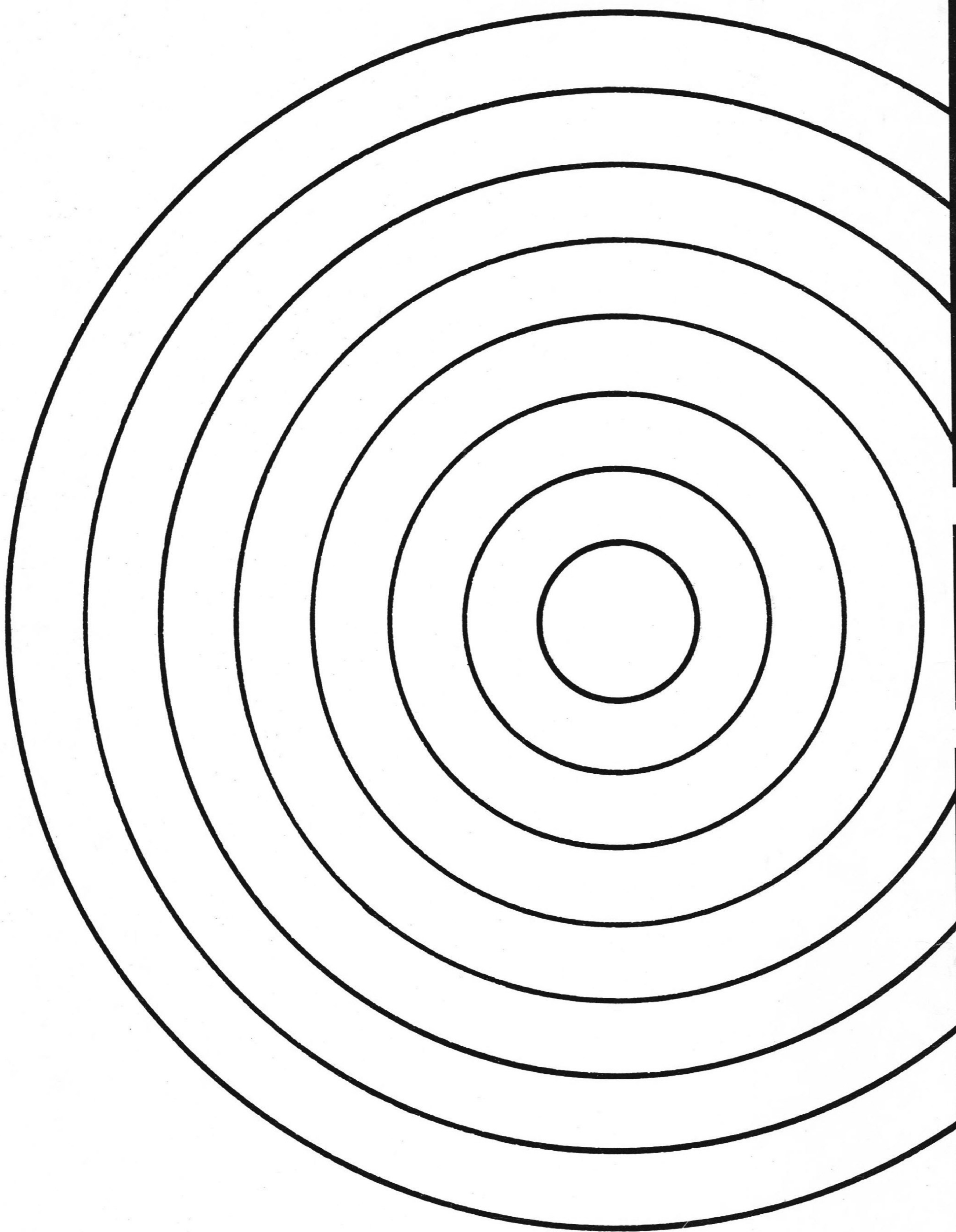


**Ryan Holm**

**Bølger & kommunikation 1**

**Kopimappe**

**Gyldendal**



ISBN 87-00-23464-8