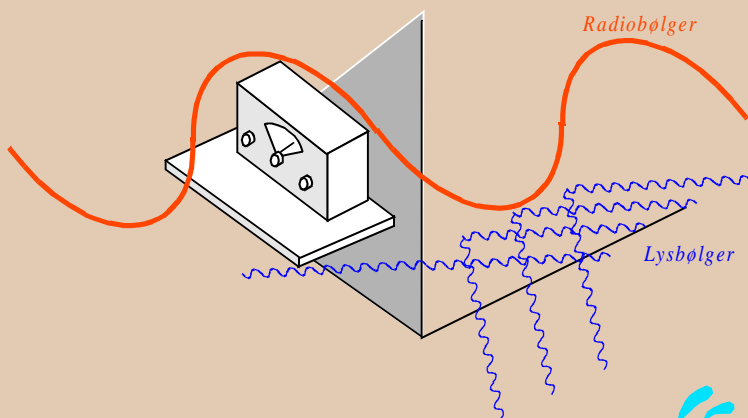




Vitensenteret
Trondheim

Går radiobølger gjennom vegger??



Enkle spørsmål og enkle svar på
hvordan radio og mobiltelefon
fungerer

Marianne E. Fostervold
Nils Kr. Rossing





Vitensenteret 2002

Går radiobølger gjennom vegger??

ISBN 82-92088-24-5

Henvendelser om dette hefte kan rettes til:

*Vitensenteret
Postboks 117
7400 Trondheim
Tlf: 73 59 61 23*

Omslag og layout: *Nils Kr. Rossing*

Trykk: *Reprosentralen
NTNU*

2. utgave 2.10.02



1 Innledning

I dette heftet vil du få svar på mange spørsmål om radio, TV og mobiltelefon. Her er ei liste over noen av de spørsmålene vi vil svare deg på:

1. *Lyden bruker ganske lang tid på å gå gjennom lufta. Betyr det da at fotball-VM i Frankrike egentlig skjedde for 5 minutter siden, når vi får høre det "på direkten" på radio i Norge?*
2. *Hvorfor hører jeg ikke radiosignalene direkte i øret når de er overalt rundt meg?*
3. *Hvordan kan radiosignalene holde seg samlet i lufta og komme like hele fram til radioen? Hvorfor flyter de ikke ut og blir borte som lyset gjør?*
4. *Hvordan kan vi ta inn radiosignaler innenfor veggene i huset uten å ha antenner på taket?*
5. *Hva om radioen står bak en vegg i stua, treffer radiosignalene radioen da?*
6. *Hvorfor går det noen ganger an å høre radio inne i en tunnel og andre ganger er det helt umulig?*
7. *Jeg var en gang på ei hytte som lå nede i en dal med fjell på alle kanter. TV-signalene var fryktelig dårlige, men radioen fikk vi inn fint. Hvorfor det?*
8. *Hva kommer det av at det ofte er nok å flytte antennen bare noen centimeter for at TV- eller radiosignalene skal bli mye bedre?*
9. *Går det an å bruke kleshengere som antenner, og går det an å lage sin egen radio?*
10. *Sender mobiltelefoner ut en slags radiosignaler?*
11. *I Norge er det i dag to typer mobiltelefonsystemer, NMT og GSM. Hvorfor er det blitt slik?*
12. *Kan man høre andres mobiltelefonsamtaler på en avansert radio?*
13. *Hvorfor kræsjer ikke alle radiobølgene i lufta, og kommer ut i radioen som ett eneste stort surr?*
14. *Kan man få kreft av å bruke mobiltelefoner?*
15. *Hvor farlige er mikrobølgeovner?*
16. *Hvordan kan en lage en enkel radio?*
17. *Hvor kan vi skaffe komponentene til krystallapparatet?*
18. *Går det an å lage en antenne selv?*
19. *Når er det best å bruke et krystallapparat?*



20. *Hvordan kan elektriske signaler bli til lydsignaler? Går det an å lage en høyttaler selv?*
21. *Hvordan kan det ha seg at en spole, en dorull og et kremmerhus kan lage lyd?*
22. *Hva har du lært?*
23. *Hva du kan lese for å lære mer?*

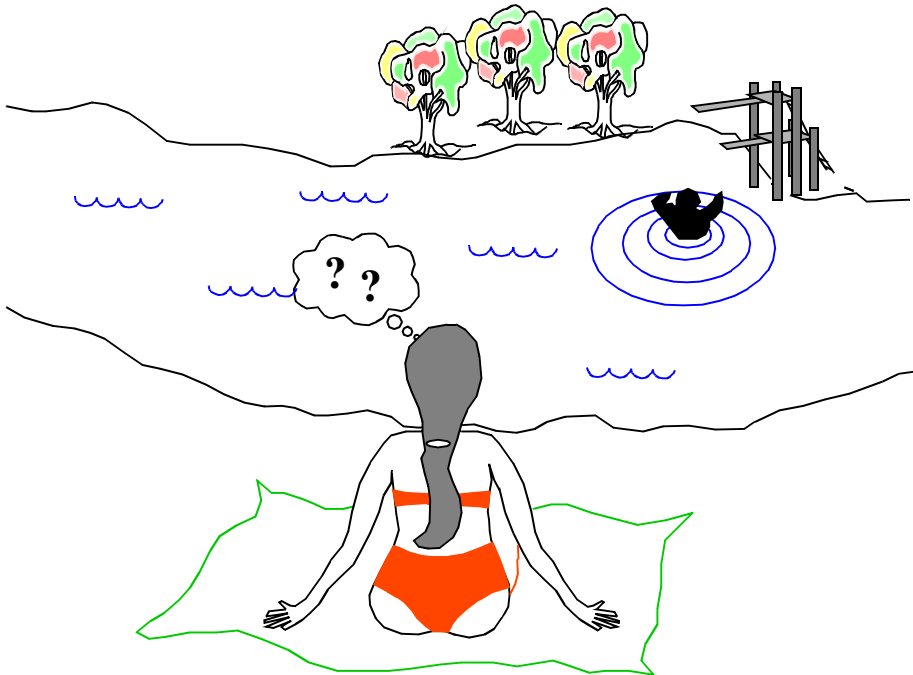
Så setter vi igang!



Når jeg ligger på stranda og ser noen hoppe fra stupetårnet et stykke unna, ser jeg dem lande i vannet så sjøspruten står, og etterpå hører jeg plasket. Lydbølger går altså sakte.

Spørsmål 1. Lyden bruker ganske lang tid på å gå gjennom luften. Betyr det da at fotball-VM i Frankrike egentlig skjedde for 5 minutter siden når vi får høre det “på direkten” på radio i Norge??

Det er riktig at både lyd og radiosignaler er bølger, men lydbølgene er mye tregere enn radiobølgene. Det skjønner vi når vi hører at radiobølger kan gå rundt jorda *7 ganger på 1 sekund*, mens lydbølgene bruker over *10 dager* på å gå like langt. Det vil si at radiosignalene går så fort, at vi vanligvis ikke merker forsinkelsen.



Også *lys* er bølger, bølger av samme type som radiobølgene. Lys og radiosignaler går derfor like fort.

Når du ser og hører en person som hopper i vannet fra et stupetårn, vil lyssignalene fare mot deg med en kjempes fart og treffe øyet ditt nesten med en gang. At lysbølger treffer øyet ditt gjør at du kan se det som skjer. Lydbølgene derimot, er som vi har nevnt, mye tregere, så lyden fra plasket kan bli både 1 og 2 sekunder forsinket.

Siden radiobølger går like fort som lysbølger, vil det vi hører i radioen “på direkten” her



i Norge, fra for eksempel fotball-VM i Frankrike, bare være forsinket en ørliten del av et sekund. Forsinkelsen er derfor så liten at vi kan si at det skjer samtidig.

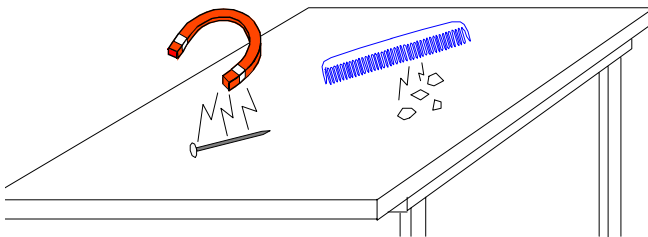
Spørsmål 2. Hvorfor hører jeg ikke radiosignalene direkte i øret når de er overalt rundt meg??

Når en kjepp svinges fort frem og tilbake setter den luften rundt seg i bevegelse. Når denne luftbevegelsen når øret vårt, oppfatter vi den som lyd. Vi sier at vi hører en lyd. Raske bevegelser av luften gir altså hørbar lyd. Svinger vi kjeppen sakte, kan vi ikke høre lyden. Radiobølger er en annen type bølger som *ikke* er bevegelse av luften.

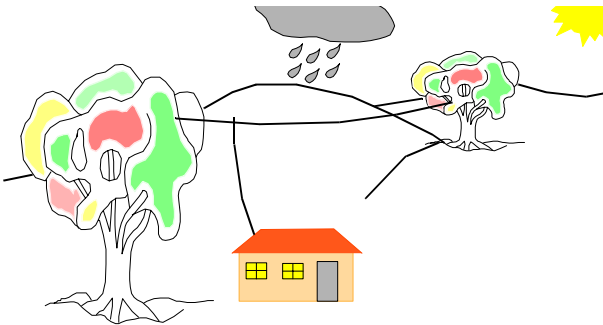
Vi har alle sett at en magnet kan trekke til seg nåler og spiker og slike ting. Mellom magneten og nålen er et **magnetfelt**. Noen har også prøvd å gni en ballong mot håret og merket at den etterpå “klistrer” seg fast i f.eks. taket. Mellom ballongen og taket blir det det vi kaller et **elektrisk felt**. Radiobølgene er på en måte bølger laget av både magnetiske og elektriske felter. Siden radiobølger er noe annet enn bevegelse av luft, er ikke øret vårt i stand til å høre radiobølger.

*Magneten trekker
til seg jern på
grunn av **magnetisme***

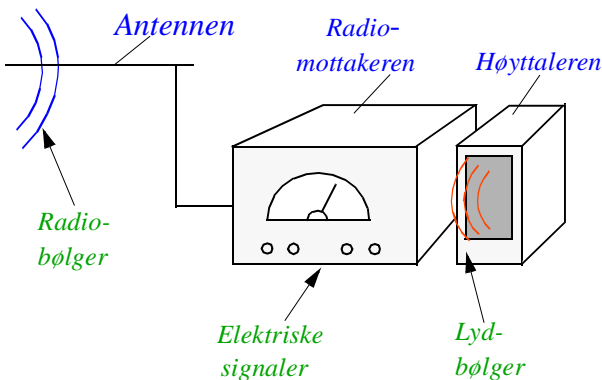
*Kammen trekker
til seg papir på
grunn av **elektrisitet***



For at vi skal kunne høre radiobølger, må de gjøres om til bølger som øret kan oppfatte, nemlig lydølger. Dette hjelper radiomottakeren oss med.



Alle radioer har en antenne. Noen har antennen inne i radioen, mens andre har antennen oppe på taket, slik som vist på bildet over. Antennen gjør radiobølger om til **elektriske signaler** inne i radioen. Men vi kan heller ikke høre elektriske signaler. Vi trenger derfor en **høytaler** som gjør om de elektriske signalene til **lydbølger**. Hvordan dette skjer skal du få høre mer om senere. Bildet under viser hvordan radiomottakeren med høytaler gjør radiobølger om til lydbølger som vi kan høre.

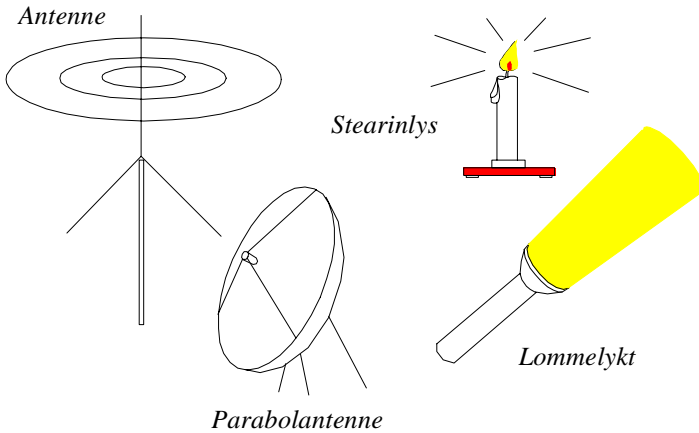


Spørsmål 3. Hvordan kan radiosignalene holde seg samlet i lufta og komme like hele fram til radioen?? Hvorfor flyter de ikke ut og blir borte som lyset gjør??

Når radiosignalene sendes ut fra antennen, spres de nesten like mye til alle kanter akkurat på samme måte som lyset fra et stearinlys som står i staken sin. Som vi vet så lyser stearinlyset opp nesten hele rommet, men svært svakt. Slik er det også med radiobølgene. Når disse sendes ut til alle kanter, kan du høre radio samme hvilken retning du bor

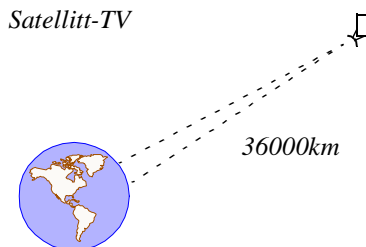


i, men du skal ikke reise langt bort fra radiosenderen før signalene bli ganske svake.



De av dere som har brukt en lommelykt vet at den lyser sterkt i en retning, og svært lite eller ingenting i alle andre retninger. På denne måten kan vi sende en lysstråle langt av gårde. På samme måte kan en lage antenner som sender eller mottar radiostråler bare i en retning. Disse antennene kalles *parabolantenner* og brukes blant annet for å ta i mot satellitt-TV. På den måten kan vi ta i mot svært svake signaler, men bare i den ene retningen.

Signalene fra satellitten er spesielt svake fordi satellitten er så langt borte. Avstanden ut til satellitten er omtrent like stor som lengden rundt jorda.



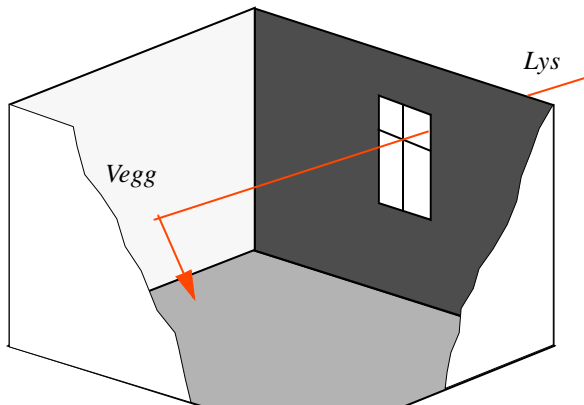
Du kan prøve slike “antenner” (paraboler) som sender *lyd* (eller lys) i bare en retning på Vitensenteret i Trondheim.



Spørsmål 4. Hvordan kan vi ta inn radiosignaler innenfor veggene i huset uten å ha antenner på taket??

Som vi tidligere har snakket om, så oppfører radiobølger og lysbølger seg omtrent likedan. Vi kan derfor ofte tenke på radiobølger som om de var lys.

Når vi slår på ei lyspære, eller tenner et stearinlys, vil lyset skinne til alle kanter. Er lyset svært sterkt, vil det lyse kraftig opp. Lys vil likevel ha sine begrensninger. Det vil foreksempel ikke lyse *gjennom* veggene, men istedet bli kastet tilbake til oss.



Nesten det samme skjer med radiobølgene. De blir ikke som lys, *slukket helt ut* når de møter en vegg, men kan bli mye svakere på andre siden av veggene. Dersom veggene er riktig tykke, som i en tunnel, kan de bli helt borte. De går derimot ganske lett gjennom vinduer og dører.

Tenk deg at du sitter hjemme i stua en solskinnsdag. Du har ikke tent noe lys innendørs, likevel er det ganske lyst overalt. Det skyldes at det kommer lys inn gjennom vinduene eller en åpen dør. Du kan også legge merke til at selv om en vegg ikke direkte treffer av sollyset, så kan den virke ganske opplyst. Det kommer av at lyset som kommer inn i rommet, kastes fram og tilbake mellom gulv, tak og vegger, slik at til slutt er hele rommet opplyst.

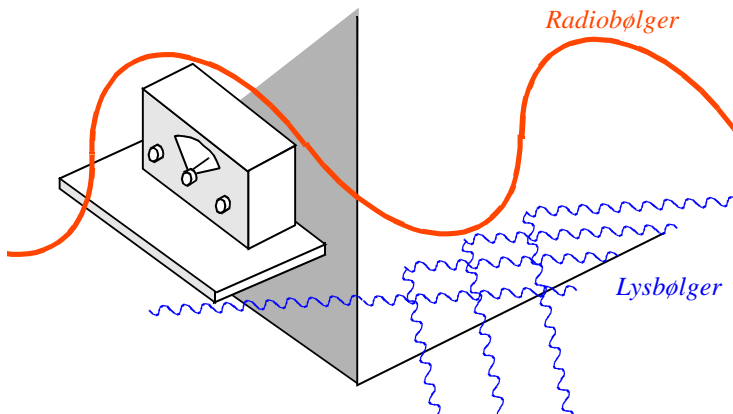
Slik er det også med radiobølgene. De kommer fra sendestasjonen og blir sendt ut som "lys" til alle kanter. Noen bølger treffer trær, husvegger og fjell og kastes tilbake på kryss og tvers. Andre radiobølger vil treffe et vindu og seile rett inn gjennom vinduet og treffe antennen inne i radiomottakeren som står i stua. Selv om radioen ikke står direkte i "radioskinnet" fra vinduet, kan den virke ganske godt fordi den blir truffet av en radiobølge som er kastet fram og tilbake mellom veggene.



Der man kan se, der går det også lysbølger, ellers hadde man ikke sett noe. Og der det går lysbølger går det som oftest også radiobølger

Spørsmål 5. Hva om radioen står bak en vegg i stua, treffer radiosignalene radioen da??

Når en radio står inne i et hus vil som regel radiobølgene treffe radioen, men som vi har hørt er det ikke alltid at de går den korteste veien.



Hvis vi tenker tilbake på det sterke sollyset som kom inn gjennom vinduet i stua, så vil vi kunne se at det kaster skygge bak vegg. Også radiobølger kaster skygger, men som oftest ikke så kraftige skygger. Her kommer vi inn på forskjellen mellom lysbølger og radiobølger.

Lys har bittesmå kjappe bølger, mens radiobølgene er *mye* lengre! Dette fører til at når radiosignalene farer mot en vegg, er lengden av radiobølgene så store at de snor seg rundt hjørner og fram til radioen i stedet for å stoppe mot veggen.

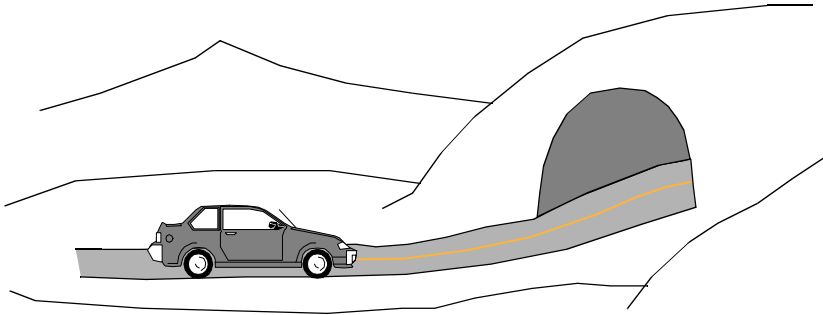
Dess kortere radiobølgene er, dess mer ligner de på lysbølger og jo lettere blir de stoppet av vegger inne i huset. Som vi nevnte tidligere, trenger de ikke gå den retteste veien til radioen. De kan treffe vegger og kastes fram og tilbake flere ganger før de treffer radioen. Hver gang de kastes tilbake fra en vegg blir de imidlertid litt svakere.

Spørsmål 6. Hvorfor går det noen ganger an å høre radio inne i en tunnel og andre ganger er det helt umulig??

Vi kan tenke på vei- og tog tunneler som hus med svært tykke vegger uten vinduer. Noen av dere har kanskje kjørt gjennom en veitunnel uten veibelysning. Da vet dere at ved



inngangen så slipper litt av sollyset inn, men dette blir fort svakere innover i tunnelen. Dersom tunnelen gjør en sving på seg, blir det gjerne helt mørkt og vi må stole på lysene på bilen. Ikke noe lys slipper inn gjennom veggene.



Slik er det også med radiobølger i en tunnel. Ved inngangen slipper radiobølgene inn i tunnelen, men de blir fort svært svake når vi kommer lenger innover. Tilslutt blir det helt stille.

Noen av dere har kanskje lagt merke til at av og til kan en likevel høre radio inne i tunnelene. Det kommer av at de som har laget tunnelen har lagt en lang antenne innover i tunnelen. Denne antennen slipper ut litt radiobølger hele veien. Vi kan tenke på antennen som “radio-lyspærer” som er montert innover.

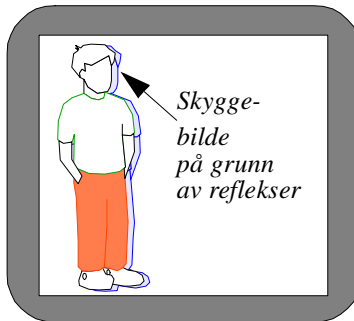
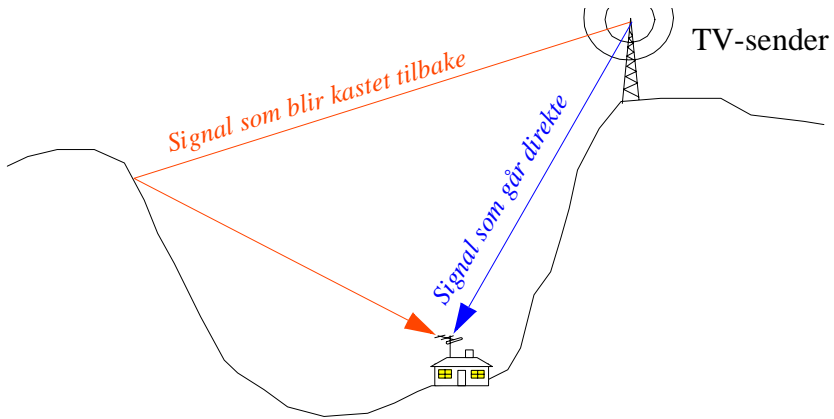
Mange tunneler har også antenner som kan ta imot radiobølgene fra mobiltelefoner, slik at det også er mulig å snakke i mobiltelefon inne i tunnelen.

Spørsmål 7. Jeg var en gang på ei hytte som lå nede i en dal med fjell på alle kanter. TV-signalene var fryktelig dårlige, men radioen fikk vi inn fint. Hvorfor det??

TV-signaler og radiosignaler er på mange måter ganske like, men TV-signaler blir lettere forstyrret enn radiosignaler.

Noen ganger mottar TV'en flere signaler samtidig. TV'en kan for eksempel ta imot en bølge som er gått direkte fra senderen og en som for eksempel er kastet tilbake (eller reflektert som vi sier) fra den andre siden av dalen. Dette er vist på tegningen foran.

Når dette skjer, kommer det to signaler fram til TV'en. Det signalet som går direkte kommer fram litt før det som blir kastet tilbake fra dalsiden. Dette er fordi det som kastets tilbake går en litt lengre vei. I et slikt tilfelle kan det hende at vi ser to like bilder på TV'en, det ene litt til siden for det andre. Vi sier at TV-bildet har *reflekser*. Dette er vist på tegningen på neste side.



Nede i en dal hvor det fort kan bli en mengde reflekser, kan resultatet bli et helt uforståelig bilde. Det kan også hende at de tilbakekastede signalene blir så svake at bildet på TV'en blir helt borte.

Radiosignalene derimot greier seg bedre blant fjell og daler. Signalene blir like forstyrret, men TV- bildet blir fortere ødelagt enn lyden på radio.

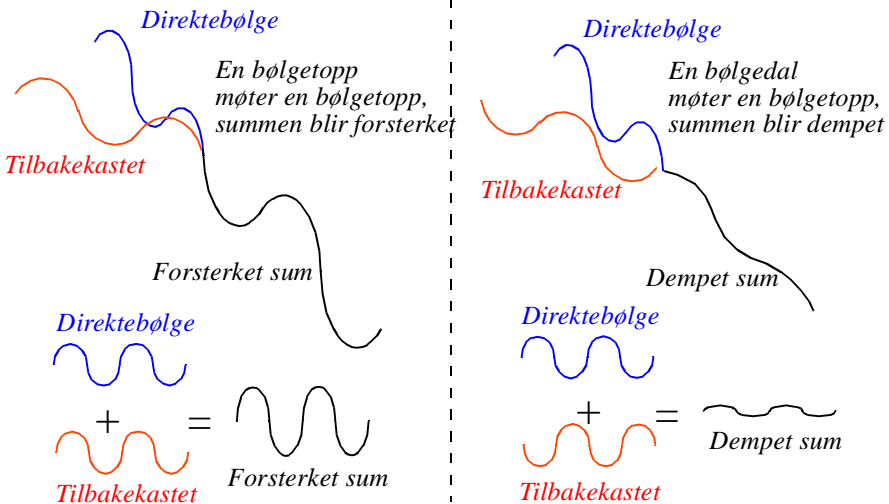
Spørsmål 8. Hva kommer det av at det ofte er nok å flytte antennen bare noen centimeter for at TV- eller radiosignalene skal bli mye bedre??

Når to signaler møtes ved antennen, et som kommer direkte og et som er kastet tilbake fra en fjellvegg, kan signalene *legge seg sammen* på flere forskjellige måter.

Hvis de begge kommer "på bølgelengde", det vil si at toppene og dalene hos radiobølgene kommer samtidig, blir signalene forsterket, og vi får et bra bilde eller lyd. Vi må



imidlertid ikke glemme at dersom det ene signalet er mye forsinket vil vi selv om signalet blir forsterket kunne få reflekser på bildet.



Hvis de kommer motsatt av hverandre, dvs at en topp møter en dal, vil svingningene utsette eller dempe hverandre og signalet kan bli mye svakere.

I de fleste tilfellene treffer bølgetoppene og bølgedalene litt tilfeldig i forhold til hverandre, og vi får et resultat som er en mellomting av de to tilfellene vi har snakket om foran.

Du har kanskje opplevd at mens du hører på radio blir lyden i radioen noen ganger svært dårlig, eller den forsvinner helt. Så flytter du deg en meter til siden og lyden kommer tilbake.

Dette kommer av at radiobølgene, som omgir deg på alle kanter, påvirkes av at du er tilstede. I det ene tilfellet slukker to eller flere bølger ut hverandre. Når du så flytter litt på deg kan det være at de forsterker hverandre.

Dette kan spesielt være et problem når du lytter på FM-bølgen. For FM er bølgelengden bare omtrent tre meter, og styrken på signalene forandres lett med plasseringen av radioen.

Har du problemer med å få inn radiokanalen du ønsker å høre på, prøv derfor å flytte radioen litt til siden.

FM står for *Frekvens Modulert* og er den "bølgen" vi vanligvis hører på her i Norge, siden nesten alle vanlige radioprogrammer sendes på FM-bølgen. Noen få sendes imidlertid ut på kortbølge til sjøfolk og andre som befinner seg i utlandet. Dette kommer



av at kortbølgen rekker så mye lenger enn FM-bølgen.

Spørsmål 9. Går det an å bruke kleshengere som antenner, og går det an å lage sin egen radio??

Det går fint an å bruke stål-kleshengere som antenner, selv om det ikke blir de aller beste antennene. I virkeligheten vil alle gjenstander av metall som ikke har elektrisk forbindelse med jord fange opp radiobølger. Kobles disse til antenneinngangen på en radio vil en ofte få sterkere signal enn om en lot det være.

Det beste er imidlertid om antennen er en metalltråd av en bestemt lengde. Lengden kan være ca halvparten av bølgelengden på det signalet vi ønsker å motta. På FM-bølgen blir lengden av antennertråden omtrent 1.5 meter.

Før 2. verdenskrig og under krigen var det mange som laget sine egne radioapparater. De enkleste av disse ble kalt **krystallapparater** fordi de inneholdt et lite krystall. Ved siden av krystallet (som er et mineral), trengte man en lang antenne, en kobbertråd viklet opp på en papprull og en kondensator. I tillegg trengte man en øretelefon hvor lyden kunne komme ut.

Det er ikke mulig å ta imot FM-bølgen med et slikt krystallapparat. Siden det i Norge nesten bare sendes ut FM-signaler er vi avhengige av å lytte på stasjoner lenger syd i Europa for å kunne få inn signaler på et krystallapparat.

Bakerst i dette heftet er det vist hvordan du kan lage et slikt krystallapparat.

Spørsmål 10. Hvorfor kræsjer ikke alle radiobølgene i lufta, og kommer ut i radioen som ett eneste stort surr??

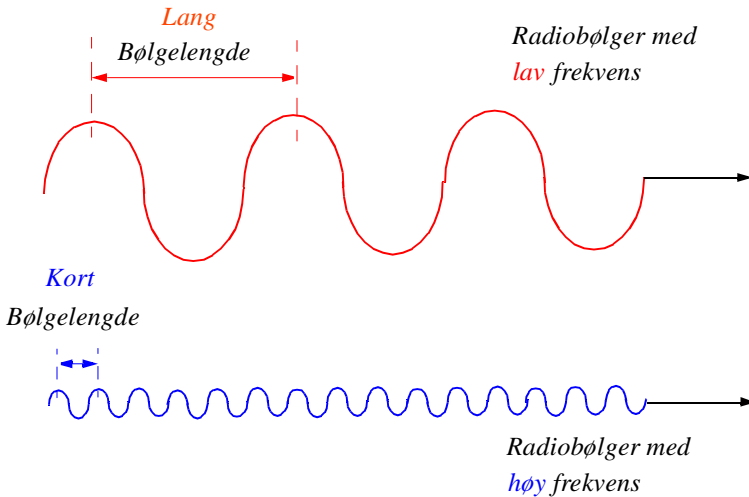
Som vi husker, så sender en radiosender ut radiobølger. Forskjellige radiosendere sender ut bølger med forskjellig bølgelengde. En bølge går opp og ned, og antall svigninger i løpet av et sekund kalles **frekvens**. Dess kortere bølgelende en radiobølge har, dess raskere svinger den.

En bølge som har lang bølgelengde og svinger langsomt, sier vi har **lav frekvens**. En bølge som har kort bølgelengde og svinger fort sier vi har **høy frekvens**.

En radio kan bare lytte til signaler på én frekvens av gangen. Ved hjelp av søkeren på en radio, kan vi velge hvilken frekvens vi ønsker å motta på. Dersom to radiosendere sender på samme frekvens vil radiobølgene “kræsje” og det blir bare tull i mottakeren.

På en radio må vi skru på søkeren til vi finner den stasjonen vi ønsker å høre på. I en mobiltelefon skjer dette automatisk, og vi slipper å tenke på hvilken kanal vi skal bruke.

Alle radiostasjonene har sine egne frekvenser som de sender sine radiosignaler på. På



sjøen finnes egne nød-frekvenser, som båter ofte lytter på for å fange opp nødsignaler fra andre båter. Ellers er det noen som har radio (-sending og lytting) som hobby, og snakker med hverandre på en egen frekvens. Disse kalles radioamatører og må avlegge en prøve for å vise at de skjønner hvordan en radio virker, og at de kan sende og motta morsesignaler.

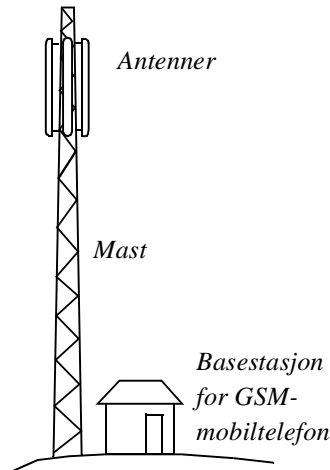
Vi kan derfor slå fast at siden de enkelte radiostasjonene har forskjellige frekvenser, så “kræsjer” de ikke i lufta, men lever sitt eget liv side om side.

Spørsmål 11. Sender mobiltelefoner ut en slags radiosignaler??

Mobiltelefoner har både sender og mottaker i den samme boksen. Når vi snakker, sendes signalene ut fra telefonen til en stasjon som er plassert ute i terrenget. Disse kalles *basestasjoner*. Når vi hører at noen snakker til oss i mobiltelefonen vår er det basestasjonen som sender signalene til oss.

Basestasjonene er gjerne bokser som er montert i et lite hus ved siden av en høy mast med antenner på, som vist på tegningen på neste side..

Antennene på den nye GSM-mobiltelefonen er lange og “pakket” inn i en hvit glass-fiberkasse. De står ofte montert på master, høye piper eller på taket på hus. Se etter slike neste gang du er ute og sykler eller kjører bil. I byene er det ofte mange basestasjoner, slik at det blir mulig å snakke i telefonen samme hvor du er.



Spørsmål 12. I Norge er det i dag to typer mobiltelefonsystemer, NMT og GSM. Hvorfor er det blitt slik??

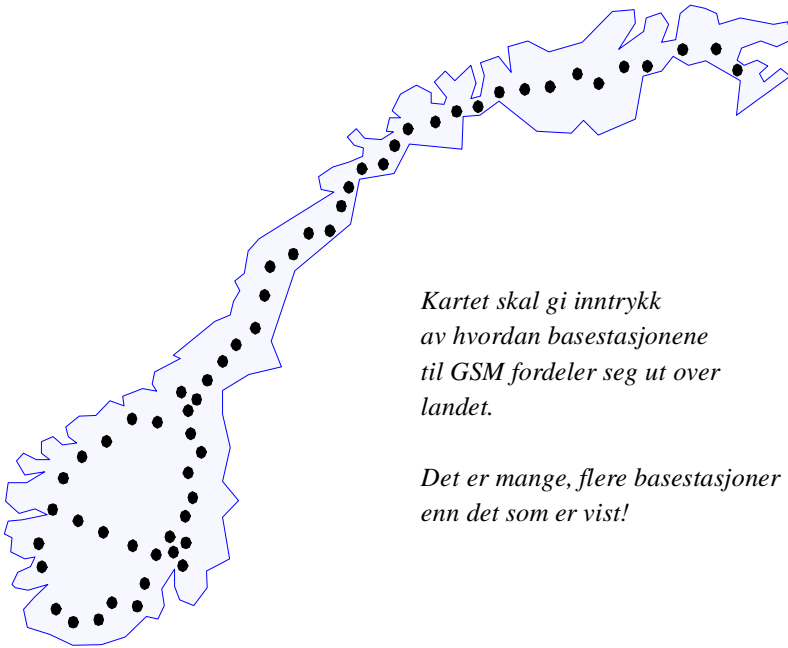
De nordiske landene var av de første land i verden som laget sitt eget automatiske mobiltelefonsystem. Med automatisk menes at en slapp å ringe opp en sentral for å bestille den abonenten en ønsket å snakke med. Dette skjedde på 1970-tallet, og systemet ble kalt NMT (Nordisk Mobil-Telefon).

I løpet av 80-årene viste det seg at NMT ble langt mer populært enn en hadde antatt, og det ble derfor snart trangt om plassen på lufta. Dessuten var det også land utfor Norden som tok i bruk systemet.

Man ble derfor enig om at det burde lages et system som dekket hele Europa. Dette systemet ble kalt GSM (Global System for Mobile service) og kom i drift på begynnelsen av 1990-tallet. Norge og forskningsmiljøet i Trondheim har vært med på å bestemme hvordan dette systemet skulle lages. Som vi vet er mobiltelefonene nå noe nesten alle har, og Norge er i dag et av de landene i verden som har flest mobiltelefonbrukere i forhold til folketallet (over 40% i 1998). Bare Finland slår oss på dette området..

For at vi skal kunne bruke en mobiltelefon, må vi være i nærheten av en basestasjon. Det er derfor viktig at det bygges basestasjoner der folk ønsker å bruke mobiltelefon. Siden dette er ganske dyrt, bygger en først ut mobiltelefonsystemet i de største byene og langs de største veiene. Dette er vist på kartet over.

På grunn av dette er det for eksempel vanskelig å bruke GSM-telefoner i fjellet. Det



*Kartet skal gi inntrykk
av hvordan basestasjonene
til GSM fordeler seg ut over
landet.*

*Det er mange, flere basestasjoner
enn det som er vist!*

gamle NMT-systemet er bedre utbygd, noe som gjør at NMT også kan brukes i fjellet.

Spørsmål 13. Kan man høre andres mobiltelefonsamtaler på en avansert radio??

Med en avansert radio kan man nok høre NMT-signaler. En må stille inn radioen på den frekvensen mobiltelefonen sender på. Med GSM er det mye vanskeligere fordi GSM-signalerne er fordreid. Vi sier at GSM-signalet er *kodet*. Dersom vi stiller inn en vanlig radio på frekvensen til en GSM-telefon vil vi bare høre noen merkelige klikkelyder.

Spørsmål 14. Kan man få kreft av å bruke mobiltelefoner??

Det skrives mye i media om at man kan få kreft av å snakke i mobiltelefon. Dette er hverken bekreftet eller avkreftet ennå.

Når vi bruker en mobiltelefon, er antennen ofte tett ved hodet. Antennen sender ut radiosignaler i alle retninger, og en god del går rett inn i hodet. En er derfor redd for at radiobølgene fra mobiltelefonen skal varme opp cellene inne i hodet slik at de tar skade. En har også lurt på om øyet kan ta skade av oppvarming som skyldes bruk av mobiltelefon. En tenker seg at dette kan skje ved at det som er inne i øyeeplet blir hvitt på samme



måte som eggehviten blir hvit i et egg når det kokes. Ingen av disse tingene er foreløpig påvist.

En har imidlertid oppdaget at GSM-mobiltelefonen sender ut noen radiobølger med svært lav frekvens, og at den enkelte ganger kan utløse brannalarmer, forstyrre flyinstrumenter eller medisinsk utstyr. Derfor hender det at det er forbud mot å bruke mobiltelefoner i noen bygninger eller ombord i fly.



Det er derfor viktig at mobiltelefoner slås helt av ombord i fly. Det er ikke nok at vi ikke snakker i dem. Det er nemlig slik at GSM-telefoner er i stadig kontakt med basestasjonene slik at de skal vite hvor vi er til en hver tid og kan gi beskjed om noen ringer oss. Det hender derfor at de sender ut og mottar signaler selv om vi ikke bruker telefonen.

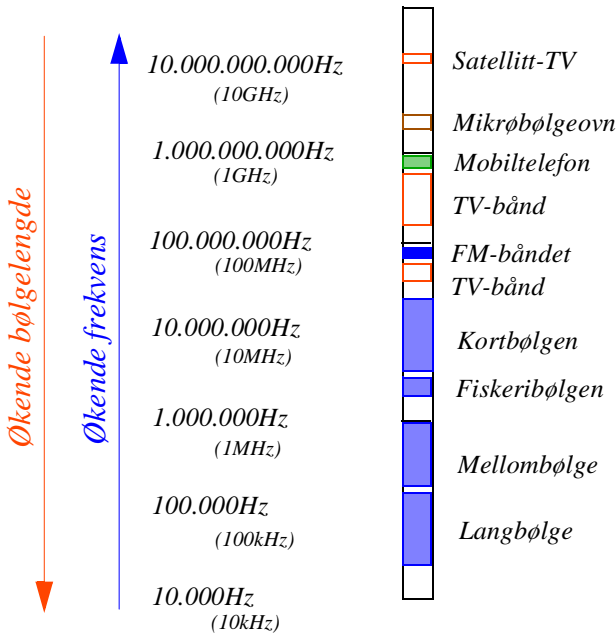
Spørsmål 15. Hvor farlige er mikrobølgeovner??

Mikrobølgeovnen er etter hvert blitt vanlig rundt om i hjemmene. Det de færreste vet er at inne i mikrobølgeovnen sitter en radiosender og en antenne. Når vi slår på ovnen begynner senderen å sende korte radiobølger eller det som kalles *mikrobølger*.

Når vi setter mat inn i ovnen så vil bølgene forsvinne inn i maten som blir varm mens tallerkenen som maten ligger på ikke blir særlig varm. Dette kommer av at tallerkenen reflekterer bølgene mens maten samler dem opp eller *absorberer* dem.

Dersom vi stikker en arm inn i en mikrobølgeovn, vil den bli gjennomkokt og ødelagt. Mikrobølgeovner er imidlertid laget slik at når døra på ovnen er åpen slås ovnen av.

Mikrobølger i en mikrobølgeovn er derfor av "samme type" som signalene fra mobiltelefonen. Frekvensen i mikrobølgeovnen er ca tre ganger så høy som frekvensen mobiltelefonen sender ut. Forskjellen er at mikrobølgeovnens signaler er ca 2000



ganger kraftigere enn signalene fra mobiltelefonen og det er det som gjør ovnen kan koke kjøtt og annen mat.

Figuren ovenfor viser hvor på frekvensskalaen de forskjellige radio- og telefonsystemene befinner seg. Legg merke til at mikrobølgeovnen ligger mellom mobiltelefonen og satellitt-TV.

Vi har nå hørt om mange typer bølger. Vi har hørt om radiobølger, mikrobølger og lysbølger. Alle disse kalles elektromagnetisk stråling, og det eneste som skiller dem er frekvensen. Vi har også hørt om lydbølger. Disse er av en helt annen type og er egentlig bevegelse i luften.

Etter Tsjernobyl ulykken i 1987, hvor en Sovjetisk atomreaktor ble ødelagt av brann og slapp ut store mengder stråling, var det mye snakk om radioaktivitet. Radioaktiv stråling er både små deler av atomer som sendes ut med svært stor fart, og elektromagnetisk stråling på frekvenser mye høyere enn lysfrekvensene. Radioaktiv stråling ødelegger cellene i kroppen og kan forårsake kreft.

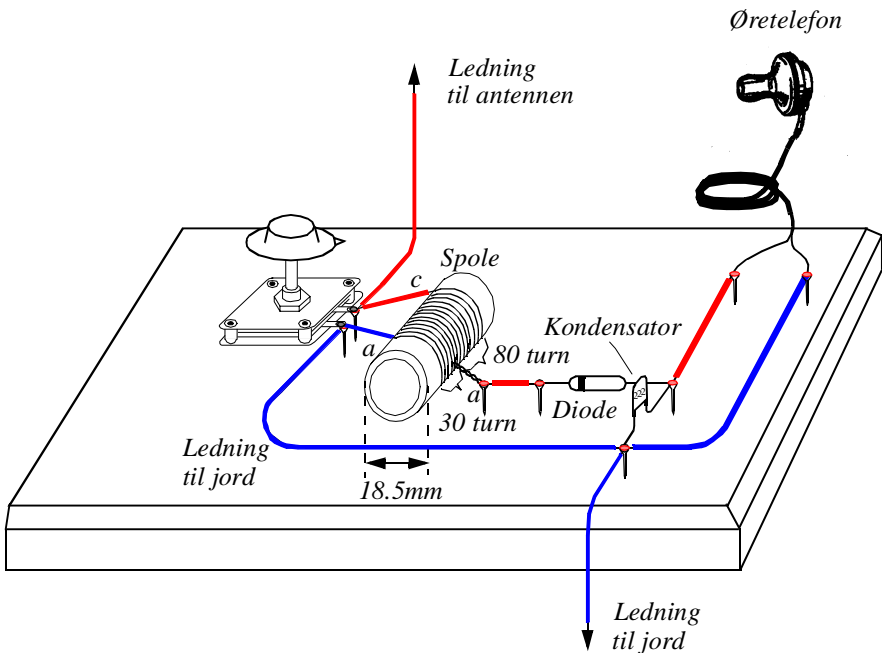
Radiosignaler er rundt oss hele tiden, hvor vi enn befinner oss. Vi kan ikke unngå dem. Det har vært snakket om at mye bruk av mobiltelefoner kan fremkalle kreft. Dette er ikke påvist, men en vet enda ikke hvordan mye bruk over lang tid virker på kroppen. En



kan derfor ikke utelukke helt at radiobølger fra en mobiltelefon kan bli *en av mange andre årsaker* til en økning av antall kreft-tilfeller.

Spørsmål 16. Hvordan kan en lage en enkel radio??

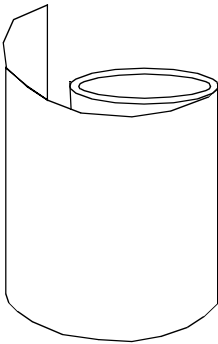
Før i tiden kunne barn lage krystallapparater som de satte sammen av deler som de plukket ut av gamle radioer, kjøpte eller byttet til seg. Vi skal her gi en oppskrift på hvordan vi kan lage et enkelt krystallapparat for å motta *mellombølge*. Da det nesten ikke finnes mellombølgesendere igjen i Norge i dag, må vi lytte på de store senderne ute i Europa. Siden senderne er så langt borte, er det viktig at vi lager en lang antenne som henger så høyt som mulig.



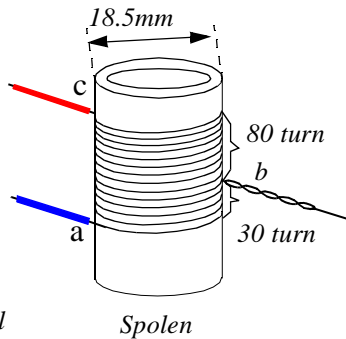
Spolen vikles på et papp- eller plastrør (ikke metall) med en diameter på ca 18.5mm, med tilsammen 110 viklinger med uttak etter 30 viklinger. Uttaket kan lett lages ved å lage en sløyfe på tråden som tvinnes sammen før en vikler videre. Vikleretningen betyr ingenting, men det er viktig at viklingene ligger tett ved siden av hverandre, og at alle går i samme retning. Tykkelsen til kobberåden er omtrent 0.3 mm og den er lakkisolert. Lakkisolert betyr at kobbertråden er belagt med et tynt lag av lakk. Slik tråd finnes i bl.a.



transformatorer.

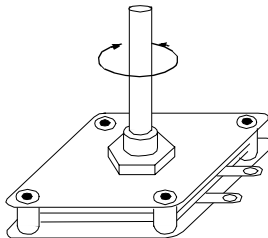


*Spoleformen
kan lages av
en papirstrimmel*



Dersom du ikke har en pappull med riktig størrelse, kan du lage en av papir. Lag en lang strimmel ca 5cm bred og rull den sammen slik at den får riktig diameter. Deretter kan du vikle tråden rundt pappullen.

En variabel kondensator (også kalt **dreiekondensator**) kan enten kjøpes eller plukkes ut av en gammel radio. Dreiekondensatoren er krystallapparatets *søker*. Det er med den

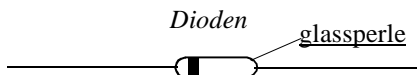


*En dreiekondensator
kan plukkes ut av en
gammel radio eller
kjøpes*

Dreiekondensatoren

vi skifter stasjoner. Dreiekondensatoren bør ha en størrelse på ca 200-300 pF (pF - pico Farad er en måleenhet for kondensatorer).

Dioden er en avlang glassperle hvor det går en ledning inn fra hver side. Rundt den ene enden er det enten en rød eller svart ring. I vårt tilfelle er det ikke så viktig hvilken vei dioden monteres. Dioden er den komponenten som gjør det elektriske radiosignalet om til et elektrisk talesignal.





Kondensatoren brukes for å ta bort unødig støy og kan ha forskjellig utseende. På figuren under ser vi hvordan den kan se ut.



Kondensatoren

Det er særdeles viktig at øretelefonen er *høyohmig*, dvs at den har høy indre motstand f.eks. 2000 Ohm (Ohm er måleenheten for motstander). Øretelefoner som er beregnet på f.eks. Walkman eller Diskman vil ikke fungere. I dag kan det være vanskelig å få kjøpt høyohmige øretelefoner som dekker over begge ørene. Det er imidlertid mulig å få kjøpt ørepropper som skulle kunne brukes til et krystallapparat. En slik er vist på tegningen under.



Øretelefonen

Det er viktig at de enkelte komponentene har god forbindelse med hverandre. Det er derfor nødvendig at alle komponentene loddes sammen. Slå små messingstifter ned i plata der en eller flere ledninger møtes, som vist på tegningen av krystallapparatet. Siden messing lar seg lodde kan du lodde fast komponentene til stiftene.

Spørsmål 17. Hvor kan vi skaffe komponentene til krystallapparatet??

En kan forsøke å kontakte følgende leverandører dersom en er i mangel av komponenter.

Frithjof Arngren Electronics Oslo Telefon: 22 50 85 60

Dreiekondensator: 200pF: Best.nr: 48 24 15-11, 1992 pris kr. 29,50



ELFA Postordre Sverige Ordretelefon: 00 46 8 730 35 35

Keramisk kondensator 2.2nF: Bestillingsnummer: 65-714-34

Diode OA90: Best. nr: 70-031-30, 1998 pris kr. 5.85.

Høyohmig ørepropp: Bes.nr: 30-181-08, 1998 pris kr. 19.00

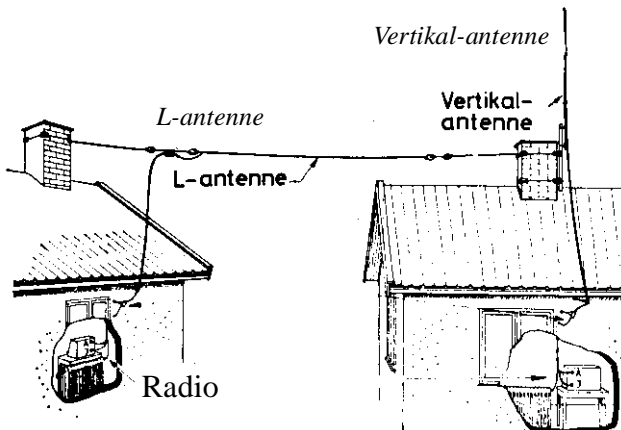
Vikletråd er dyrt å kjøpe, da en gjerne må kjøpe så store mengder. Her burde det gå an å finne noe i en gammel radio.

Messingstifter for å lodde fast komponentene på får du kjøpt i en vanlig jernvareforretning.

Forsøk også å se hva som finnes i gamle radioer eller hos lokale radioverksteder o.l. Kjøp av komponenter i spesialbutikker kan bli ganske dyrt.

Spørsmål 18. Går det an å lage en antenne selv??

Det går fint an å lage en antenne selv. Antennen kan være en lang kobbertråd hengt opp mellom to trær, eller huset du bor i og et høyt tre. Tråden må henges så høyt som mulig over bakken. For å unngå at radiosignalene som antennen tråden fanger opp, bare skal gå rett ned i jorden, *isolerer* antenneledningen fra trærne eller huset. Dette kan du lett gjøre ved å henge opp antennen i begge ender med nylontau, som er isolerende.



En ledning føres fra den ene enden av antennen og ned til radioen eller krystallapparatet. En antenne for mottaking kan gjerne være så lang som mulig.

Ledningen som på krystallapparatet er merket **jord**, kobles til et vannrør eller direkte til en jernstav stukket ned i jorden. Jordledningen gjøres så kort som mulig.

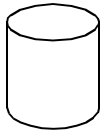
**Spørsmål 19. Når er det best å bruke et krystallapparat??**

Mottakerforholdene for mellombølge er best etter mørkets frambrudd. Siden krystallapparatet ikke er av de beste mottakerne, kan det være vanskelig å høre noe om sommeren når det er lyst nesten hele døgnet. Om høsten og vinteren blir forholdene mye bedre.

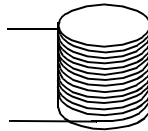
Spørsmål 20. Hvordan kan elektriske signaler bli til lydsignaler?? Går det an å lage en høyttaler selv??

Til slutt skal vi se hvordan det er mulig å gjøre om elektriske strømmer og spenninger som varierer i takt med talen til ordentlig tale som vi kan høre med øret. For å få til dette må vi lage en primitiv høyttaler:

Ta en dorull og klipp den i to på midten slik at du får to like store papprør.



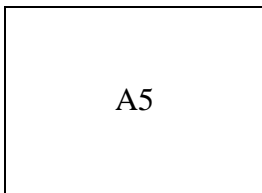
Halv dorull



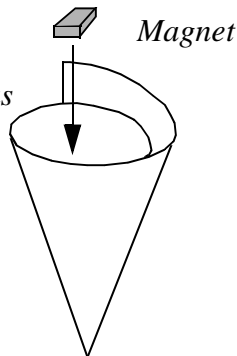
*Vikle 150 viklinger
med tynn isolert
kobbertråd*

Vikle ca 150 viklinger med tynn lakkisolert kobbertråd, f.eks. samme type tråd som du brukte til krystallapparatet. Fest tråden ved å legge litt tape rundt spolen.

Ta et vanlig A4 ark og del det i to. Lag et kremmerhus som vist på tegningen under. Fest kremmerhuset med litt tape slik at det holder seg sammen.



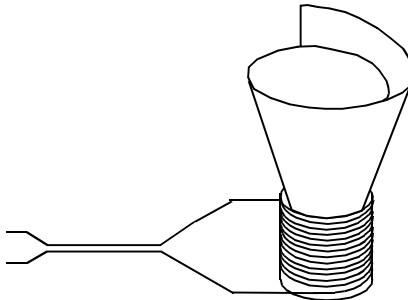
Brett et kremmerhus



Legg en liten magnet nede i kremmerhuset. Sett kremmerhuset med magneten ned i



spolen.



Koble til høyttalerutgangen av en radio

Ledningen fra spolen kobles til høyttalerutgangen til en radio mens radioen er avslått. Det kan være lurt å koble på en høyttalerplugg før du kobler til. Deretter slår du på radioen og skrur forsiktig opp volumet. Da skal du høre svakt det som blir sagt eller spilt av musikk.

Spørsmål 21. Hvordan kan det ha seg at en spole, en dorull og et kremmerhus kan lage lyd??

Strømmen på høyttalerutgangen går gjennom spolen rundt dorullen. Strømmen varierer i takt med talen. Når det går en strøm i en spole, vil strømmen skape et magnetisk felt rundt seg. Dette magnetiske feltet varierer i takt med talesignalet, og magneten inne i kremmerhuset vil begynne å røre på seg. Når magneten rører på seg vil også kremmerhuset røre på seg. Kremmerhuset setter luften rundt seg i bevegelser som øret vårt fanger opp. En ordentlig høyttaler virker omtrent på akkurat denne måten.

Siden signalet fra krystallapparatet er svært svakt er det ingen vits i forsøke å koble kremmerhushøyttaleren til dette.

Spørsmål 22. Hva har du lært??

Du har nå hørt hvordan radiobølger brer seg ut fra senderen og fanges opp av mottakerens antenne. Antennen gjør om radiobølgene til elektriske signaler som forsterkes. De elektriske signalene gjøres så om til lyd, som øret kan høre ved hjelp av en ørepropp eller en høyttaler.

Både mobiltelefon, TV og mikrobølgeoven benytter radiobølger. Ja, selv lys er en slags radiobølger. En viktig forskjell på radiobølger, mikrobølger og lysbølger er frekvensen.



Lysbølger har mye høyere frekvens en radiobølgene.

Du har også sett hvordan det er mulig å lage et enkelt krystallapparat, en antenne og en primitiv høyttaler.

Så står det bare igjen å ønske deg lykke til med din nye radiointeresse.

Spørsmål 23. Hva du kan lese for å lære mer??

Dersom du ønsker å lære mer om hvordan radioen virker kan du spørre etter heftene:

- *Slik virker radioen - en populær fremstilling av radioens historie og virkemåte*
- *Norsk radiohistorie - En kort oversikt*
- *Radiominner - Et nostalgisk tilbakeblikk på radioopplevelser fra barndommen*
- *Kommunikasjon - Experimentarius forklarer hvordan radioen virker*

Du finner dem alle på Vitensenteret



