



ANTENNER & RADIOBØLGER

Dette kompendium er et forsøg på at forstå forhold omkring elektromagnetiske - EM-bølger.

Det jeg skriver er derfor ikke nødvendigvis helt korrekt, - men er efter megen tid mit bedste bud.

Derfor modtages rettelser og forslag meget gerne. ☺

Materialet er **meget foreløbigt**.

Se Youtube film om hvordan radiobølger skabes / vha. skitser: (14 min) : <https://www.youtube.com/watch?v=IWVPJS0JDzA>

Og 15 min om, forskellige frekvenser mm. : <https://www.youtube.com/watch?v=sRX2EY5Ubt0>



Termisk stråling.

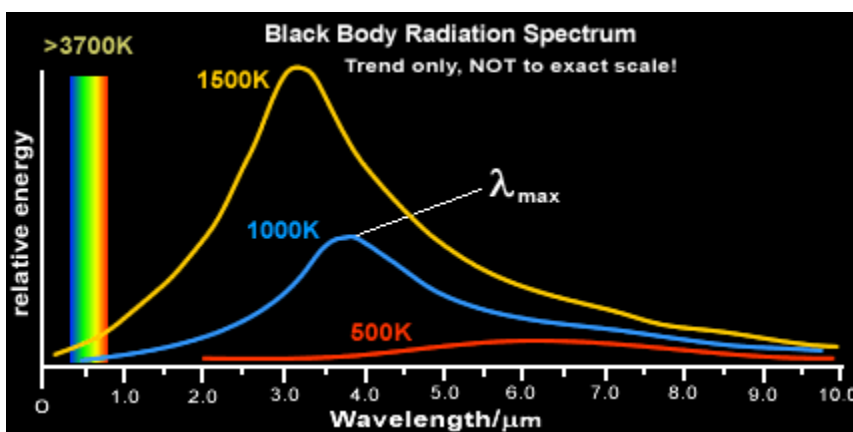
Elektromagnetisk stråling udsendes fra alt stof med en temperature højere end absolut nul.

Temperatur er et mål for gennemsnitlig energi af vibrerende atomer og disse vibrationer får dem til at afgive elektromagnetisk stråling. Ved stigende temperatur udsendes mere stråling og strålingens frekvens stiger. Kilde: # ¹

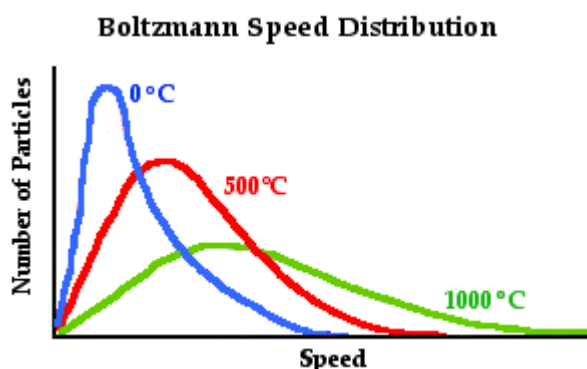
Selv "kolde" ting udsender stråling, dvs. Radiobølger!

Dvs. i forhold til Kelvinskalaen er alt i vore omgivelser jo "varmt"

Det er bare fordelingen af strålingens frekvenser, der ændres ved ændret temperatur.



Kilde: # ²



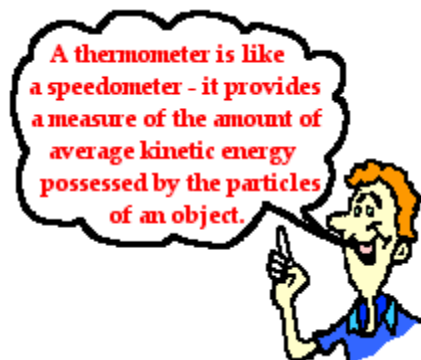
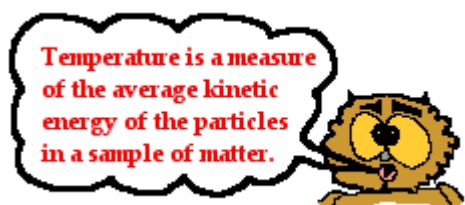
Grafen viser hvordan fordelingen er af de hastigheder, partiklerne i et legeme kan bevæge sig ved, ved forskellige temperaturer.

Ved højere temperaturer er der en større procentdel af partiklerne, der bevæger sig med højere hastighed.

<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U1811c.cfm>

¹ <http://www.school-for-champions.com/science/emwaves.htm>

² <http://library.thinkquest.org/C007571/english/advance/background4.htm>



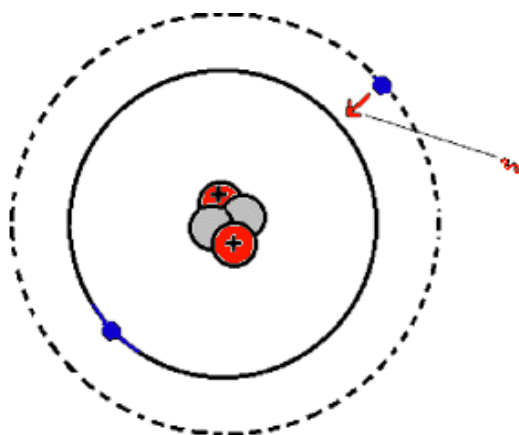
<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U1811c.cfm>

Al elektromagnetisk stråling, det være RF, (Radio frekvenser), termisk, eller optisk, skabes ved at ændre energien i elektroner eller ladede partikler. Dette generelle princip gælder ikke kun for fri-elektron-energi ændringer, der fører til acceleration eller til deceleration, men også til kvante-energi-stadier, for elektroner, der cirkulerer om et atom.

Hvis en ladet partikel får et spark, og pludselig accelererer, udsendes energi af alle frekvenser.

En af de to elektroner i et He-atom er blevet slået ud i en ny bane af en fremmed partikel og falder nu tilbage, hvorved den afgiver en foton, et lysglimt.

I modsætning til de bølger, der udsendes af en varm ting, hvor molekyler og atomer svinger i alle mulige takter, er elektronspringene helt præcist afgrænset, så der udsendes stråling ved en bestemt frekvens.



Kilde: #³

De største spring giver de mest energirige fotoner (° dvs. mest kortbølget stråling, eller med højeste frekvens).

For at en elektron kan "hoppe nærmere" kernen, skal den først være slået længere ud, dvs. exciteret.

Det kan ske på flere måder.

Elektroner kan slås ud i en yderligere liggende bane, ved at man "bombarderer" atomet med andre elektroner (som fx i et lysstofrør), ved at man "sender en fotonstråle" (= lysstråle, bedst UV-stråler, der har stor energi) mod stoffet, ved kemiske processer eller varmepåvirkninger.

Fælles for alle tilfælde: Der skal tilføres energi af en slags for at "løfte elektronerne", og de betaler så energien tilbage i form af en foton. Andre energiformer kan på den måde blive til lys.

³ <http://www.ahorn.dk/asu/base/elhtm/elmastr/elmastr.asp>



Synligt lys opstår, når et atoms ydre elektroner slås ud i en bane længere væk fra kernen. De ydre elektroner er ikke så svære at slå ud af kurs, som de indre, fordi de indre er bundet langt stærkere til kernen (større elektrisk tiltrækning mellem protonerne i kernen og elektronen jo nærmere de to modsatte ladninger er hinanden).

Jo mindre energi, der skal til for at "løfte" elektronen ud, desto mindre energi afgiver den igen, når den hopper tilbage - og det er her lysglimt (fotonen) udsendes. En energisvag foton er det samme som forholdsvis langbølget elektromagnetisk stråling. Eller en lav frekvens.

Ultraviolet lys stammer fra elektroner nærmere kernen. Der skal mere energi til for at løfte en elektron ud, og når den falder tilbage afgives ret kortbølget stråling, (høj frekvens) der er energirig nok til at skade levende væv, bl.a. i menneskers hud og i planter. Det er derfor, vi skal passe på, Ozonlaget ikke bliver for tyndt. Det "opsuger" en del af UV-strålingen og beskytter os derved mod sollysets UV-stråler.

Røntgenstråling opstår ofte, når elektronerne nærmest kernen slås længere ud og atter falder tilbage i den gamle bane. Her er store kræfter, der skal overvindes, og dermed afgives energirige fotoner ved tilbagefald (° kortbølget lys, røntgenstråler).

Er det en sinus-oscillator, der accelererer ladninger ved en bestemt frekvens, udsendes stråling (overvejene) kun **ved denne frekvens**, Feltet misdannes kontinuerligt sinusformet, og der opstår kun stråling ved denne frekvens.

Hvis man tilslutter en konstant spænding til en længde tråd, vil spændingen bevirke en proportional strøm efter Ohms Lov. DC strømmen består af ladninger i bevægelse. Selvom vejen for hver enkel elektron er tilfældig og kompleks, er hovedbevægelsen overvejende i den ene retning, i strømmens retning. Derfor ignoreres de mikroskopiske bevægelser i den makroskopiske verden. Der opstår ikke stråling, fordi de effektive ladninger bevæger sig med konstant hastighed. Se #4

Sources of electromagnetic radiation Kilde:

An electron carries an electric charge. A stationary electron creates no magnetic field. (Like a wire with no current). An electron moving at constant velocity generates a steady magnetic field, but (like a stationary magnet in a coil of wire) a constant magnetic field won't result in another electric field.

An electron moving with a CHANGING velocity (ie. accelerating), however, generates a CHANGING magnetic field, which WILL produce a changing electric field, which produces a changing magnetic field, etc. In other words, it generates an electromagnetic wave.

Electrons in a copper wire at room temperature undergo a collision about every 4×10^{-14} sec [relaxation time], during which they lose all "memory" of their previous motion. There are about 10^{23} electrons per cc,

⁴ (Kollisionerne på atom-niveau forårsager tilfældigheder i bevægelserne. Denne tilfældige komponent i bevægelsen producerer termisk stråling, og elektrisk støj.)



all moving randomly, so average motion is zero. An electric potential applied across the ends of the wire produces an axial electric field that accelerates each electron (for a short time!) following a collision. The average motion or net "drift" is what we call a current.

Change or remove the electric field and the electrons will resist any alteration in their state of motion, i.e., ... any change of speed or of direction of motion according to Newton. That's inertia. But only for 4×10^{-14} seconds! Then the motions are randomized again and inertial effects are over.

A changing magnetic field can influence the motion by generating an voltage, thereby inducing electron flow, as Mr. Faraday discovered.

Kinke-model

En måde at forstå EM-waves er ved den såkaldte Kinkemodel:

Den viser hvordan et elektrisk felt fra en (mange) elektroner i bevægelse kan opfattes på afstand. Udbredelsen svarer til lysets hastighed.

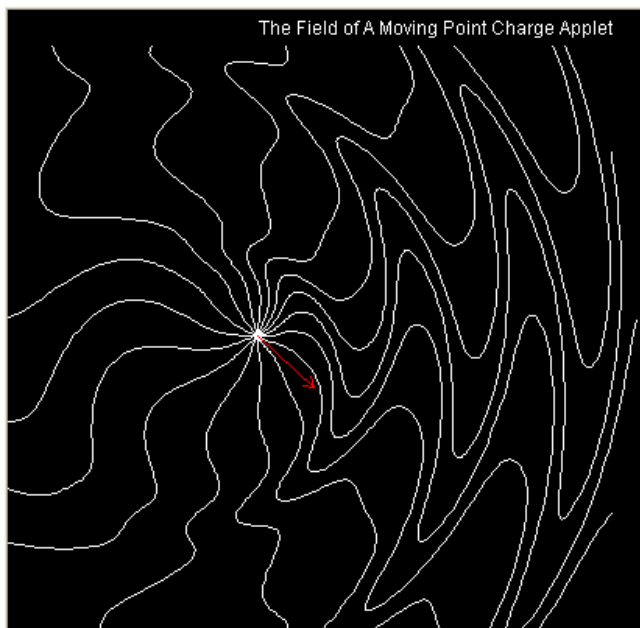
Vist her til højre !!

Hvis elektronerne i antennen flytter sig, vil det også kunne registreres på afstand.

Men der er forskel på om elektronerne bevæger sig med jævn bevægelse – som i en strømførende wire, eller hvis elektronerne accelererer.

Det kan ses på flg. Animation:

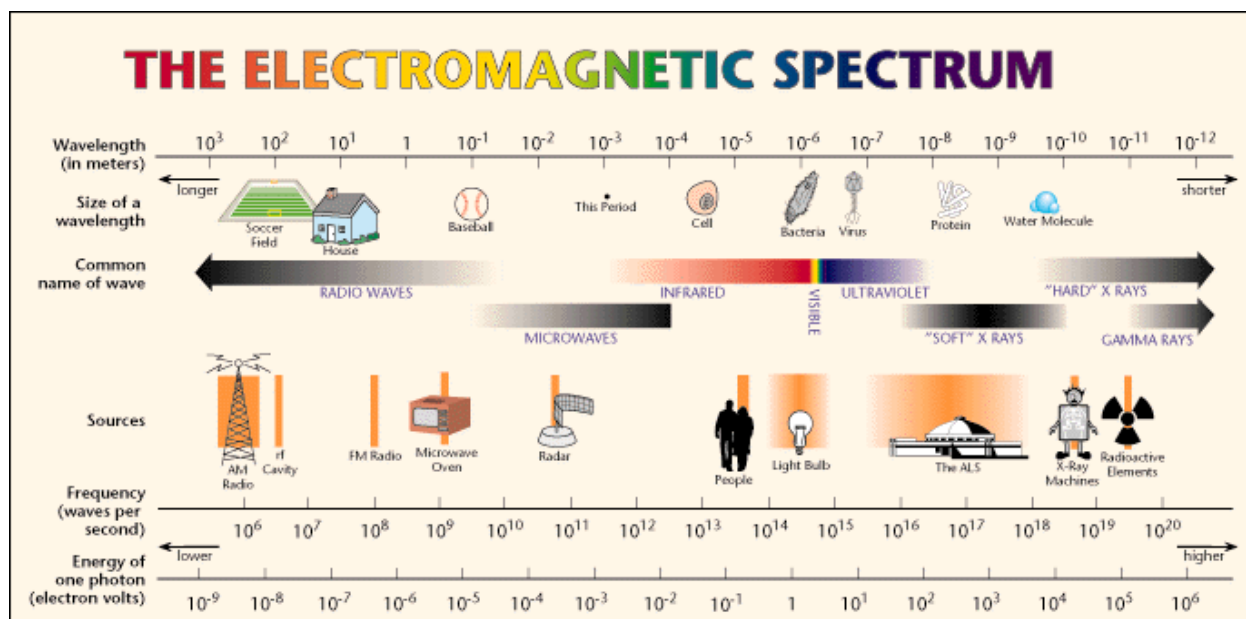
<https://www.compadre.org/osp/EJSS/4126/154.htm>



Radiobølger:

I det følgende afsnit gennemgås forskellige forhold omkring radiobølger. Eller rettere EM-bølger, **E**lektro**M**agnetiske bølger.

Først nogle oversigter over forskellige frekvenser, og hvad de bruges til.



<http://www.lbl.gov/MicroWorlds/ALSTool/EMSpec/EMSpec2.html>

Selv lys er radiobølger, EM-Waves. Deres frekvens er bare sådan som vore radiomodtagere, dvs. øjnene er indrettet til at kunne modtage, og adskille i frekvens, så vi opfatter forskellige farver.

I radiokommunikation anvendes forskellige frekvenser til forskellige formål. Her ses en oversigt

Common frequency bands include the following:

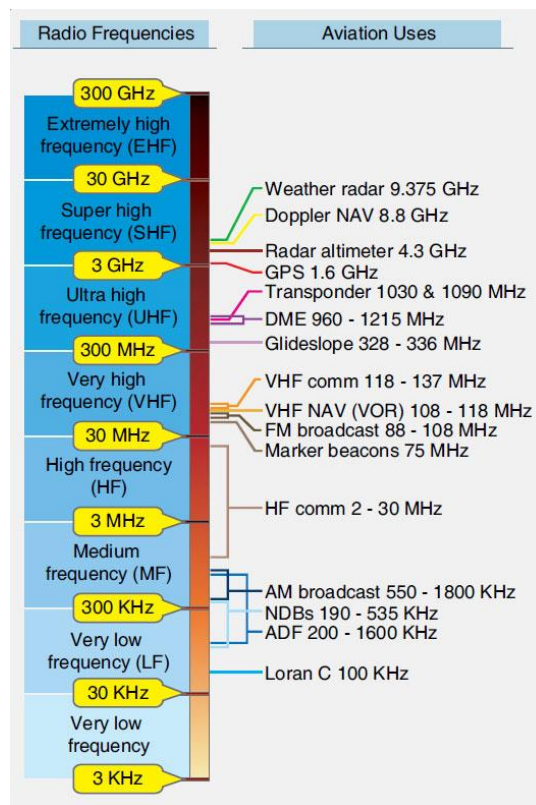
- **AM radio** - 535 kilohertz to 1.7 megahertz
- **Short wave radio** - bands from 5.9 megahertz to 26.1 megahertz
- **Citizens band (CB) radio** - 26.96 megahertz to 27.41 megahertz
- **Television stations** - 54 to 88 megahertz for channels 2 through 6
- **FM radio** - 88 megahertz to 108 megahertz
- **Television stations** - 174 to 220 megahertz for channels 7 through 13
- **ISM Band** - 433 megahertz (use without licens)



Oversigt over hvad nogle forskellige frekvenser bruges til.

Kilde: Ret god side:

<https://www.flight-mechanic.com/radio-communication-radio-waves/>

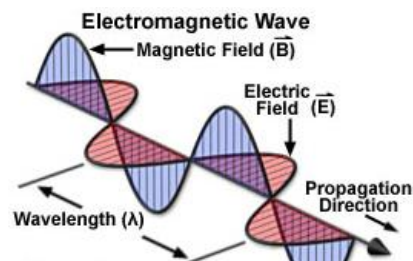


EM-Waves

Når man sender et radiosignal, generer antennen både et vekslende elektrisk- og et magnetisk felt.

Senderens oscillator bestemmer frekvensen på feltet.

Frekvensen i sig selv indeholder ingen information, udover om der sendes eller ej.



For at overføre information, må man påvirke senderen på en eller anden måde. Enten kan man ændre på senderens amplitude, dvs. styrke, eller man kan påvirke frekvensen lidt. Det kaldes at modulere signalet.

Modulationsformer, AM, FM:



Bærebølge.

Når man vil sende et signal, lægges det ovenpå et oscillatorsignal, før det ledes til antennen.

Oscillatorsignalet frekvens, den frekvens, generatoren genererer, kaldes for en bærebølge.

Eks.: En generator genererer fx 27 MHz, en anden fx 88 MHz, en tredje 100 MHz. Dvs. der er flere stationer i et område.

En modtager kan så modtage den ønskede frekvens, eller dæmpe de andre frekvenser. Man siger, den tuner ind på den valgte frekvens.

På den måde kan man inden for et geografisk område have flere forskellige sendere.

De skal sende på forskellige frekvenser, ellers kan en modtager ikke skelne dem fra hinanden.

Bliver der sendt på samme frekvens, giver det interferens, nogenlunde på samme måde, som hvis to personer snakker i unden på hinanden.

Modulation

Bærebølgen er jo blot en sinus. Den kan ikke indeholde information i sig selv.

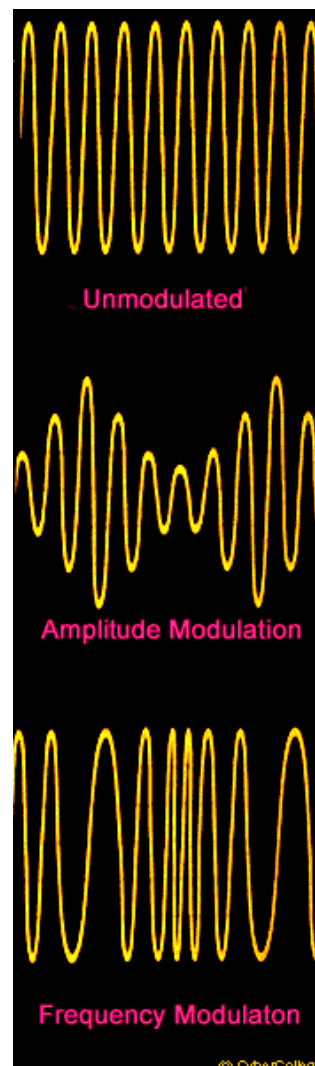
Det signal, man ønsker at sende, fx musik, kan så tilføres bærebølgen på forskellige måder. Man kalder det "at modulere bærebølgen".

AM modulation:

Ved AM-modulation varieres bærebølgens amplitude. Dette princip blev brugt tidligere, men signalets kvalitet er afhængig af støj. fx gnister, der springer, når fx køleskabets switch-kontakt tænder køleskabet. Gnister genererer elektriske og magnetiske impulser, og de kan addere sig til det modtagne radiosignal, og give støj i højtaleren.

FM-modulation

FM radio, som startede i 1930-erne bruger en anden modulationsform end AM. Her blander man musiksignalet ind i bærebølgen, så signalet får bærebølgen til at variere i frekvens. Denne metode giver



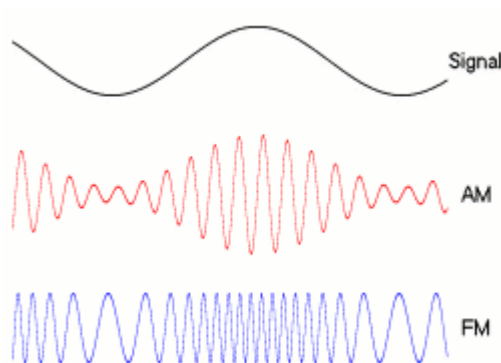


en næsten immun signaloverførsel imod ekstern interferens. Den har større dynamikområde, og den kan håndtere overførsel af højere og lavere frekvenser end AM. Derfor lyder musik med dets højere frekvensområde bedre i en FM-radio.

Se også: <http://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>

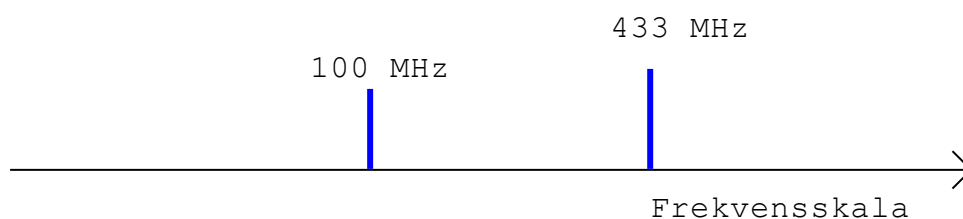
Øverst et signal, der ønskes sendt.

Nedenunder hvordan det sendte signal er iblandt bærefrekvensen på AM og FM-form.



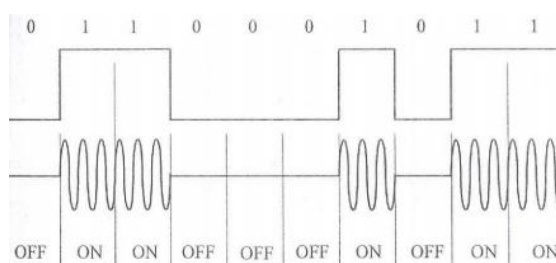
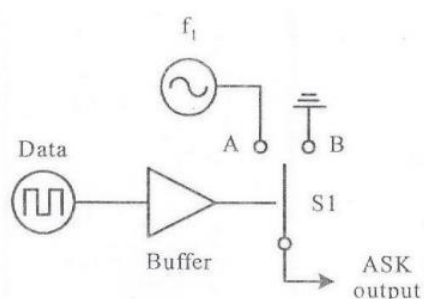
Fra <http://da.wikipedia.org/wiki/Modulation>

Man kan afbilde radiobølge-aktivitet på frekvensskalaen på følgende måde. Der er aktivitet på de viste frekvenser.



Ved FM-transmission flytter man på de blå søjler (sideværts) i takt med musikken, eller i takt med 1'ere og 0'ere. Ved AM er det de blå signal-markører, der bliver varieret i højden.

ASK, Amplitude Modulation



Den modulationsform, der typisk bruges i små 433 MHz sendere, fx fra Let Elektronik, er ASK.

ASK står for Amlitude Shift Keying.

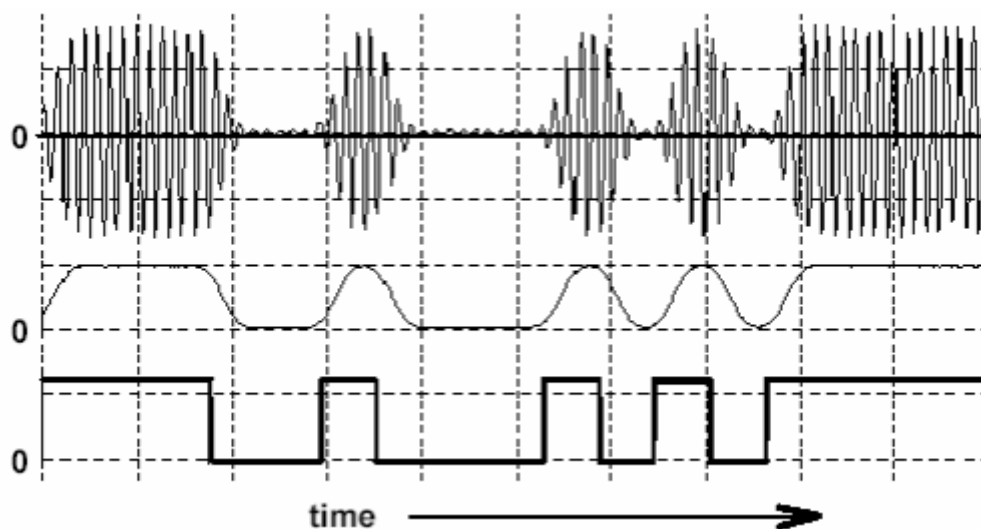


Dvs. det ikke er en kontinuerlig sinus, der sendes, - men korte Bursts !!

Nederst det digitale signal, der sendes.

Øverst den frekvens, fx 433 MHz, der kommer fra sendeantennen.

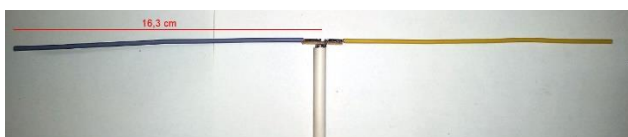
Dvs. man blot starter og stopper bølgegen i et mønster.



Hvordan virker en antenne. Hvad er en elektromagnetisk bølge

Radiobølger skabes og sendes med en antenne, og modtages også med en antenne. Men hvordan virker en antenne ??

En antenne er blot en elektrisk leder !! Fx bare et stykke kobbertråd !! eller rettere gerne 2 tråde, der adskilt fra hinanden går fra midten ug ud i modsatte retninger. Dette kaldes en dipol.



Her ses en dipol. Med en transmissionslinje med skærm og inder-leder sluttet til hver sin gren af dipolen.

Dvs. at det er bølgegen, man tilslutter dipolen, at man skiftevis har plus og minus på den gren, der er tilsluttet inder-lederen.

I det næste ses på kapaciteten mellem de to antenne-grene, - og på magnetfeltet om grenene, når de tilføres ladninger.

Først ses på Magnetfeltet om en leder.

En jævn bevægelse af ladninger i en leder skaber et konstant magnetfelt omkring lederen. Det giver på afstand blot et statisk magnetisk magnetfelt.

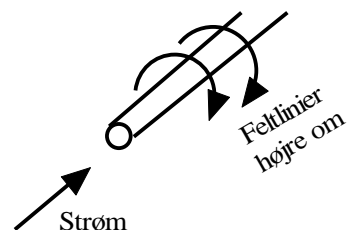
Sker der ændringer i strømmen, vil der også ske ændringer i magnetfeltet omkring lederen.



Er ændringen i strømmen af sinus-form, sker ændringen gentagne gange pr sekund, og det vil også ske i magnetfeltet omkring lederen, der vil vokse, aftage og ændre retning.

Placeres en spole i magnetfeltet på afstand, vil der ved ændring af strømmen i lederen genereres en DC i spolen.

Er der en sinus-spænding på lederen, vil der også i spolen på afstand induceres en sinus-spænding.



Går der en strøm i en leder, vil der gå "magnet-feltlinier" rundt om lederen, højre om som en skrue.

Men en spole er jo blot en leder, der er viklet op. Dvs. der nødvendigvis også vil produceres en spænding i blot en leder – på afstand !! Læs – modtagerantenne !!

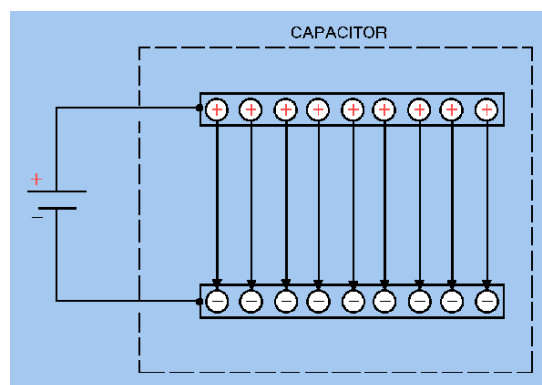
An electron carries an electric charge. A stationary electron creates no magnetic field. (Like a wire with no current). An electron moving at constant velocity generates a steady magnetic field, but (like a stationary magnet in a coil of wire) a constant magnetic field won't result in another electric field. An electron moving with a CHANGING velocity (ie. accelerating), however, generates a CHANGING magnetic field, which WILL produce a changing electric field, which produces a changing magnetic field, etc. In other words, it generates an electromagnetic wave.

Spænding på en kondensator:

Når en kondensator forbindes til en spændingskilde, oplades denne, og der opstår et elektrisk felt mellem pladerne.

Linjerne mellem pladerne indikerer fluxen mellem pladerne. Dvs. det elektriske felt.

Placeres en elektron i feltet, vil den påvirkes med en kraft mod den positive plade!

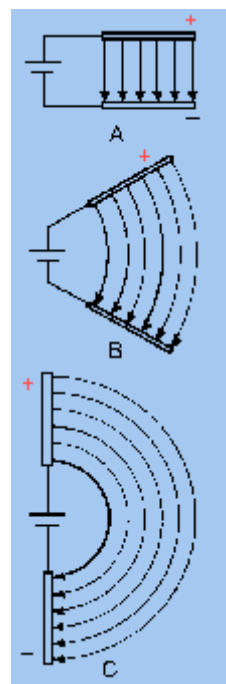




Hvis kondensatorens to plader åbnes, og spredes mere ud, må det elektriske felt bøje i en kurve for at nå fra den positive plade til den negative.

I stedet for kondensatorens plader, kan de to elementer udformes som to stave eller tråde, og udgør på den måde det, vi kender som en antenne, En dipol.

Billedet viser det elektriske felt ved forskellige vinkler af ”kondensator-pladerne.



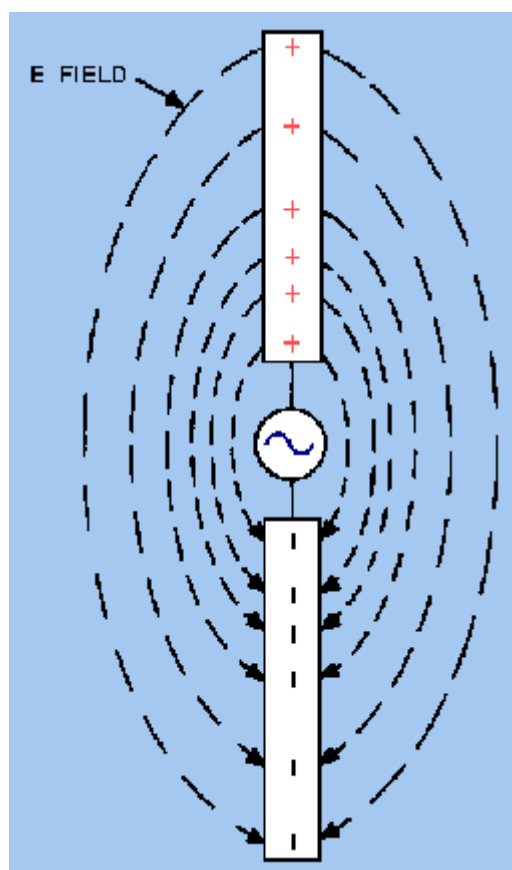
Her er kondensatorens plader erstattet af to stænger. Der er tilsluttet en sinus-generator. Fx 50 kHz.

På billedet er tiden stoppet mens den øverste stang er positiv og den nederste er negativ.

I næste halvperiode er spændingerne byttet om.

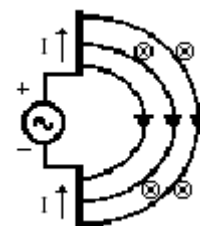
Polariteten af stængerne, og dermed det elektriske felt, vil bytte polaritet periodisk afhængig af frekvensen.

Den viste ”HALF-WAVE DIPOLE ANTENNA” er den fundamentale antenne, når der tales om udbredelse af elektromagnetiske bølger.



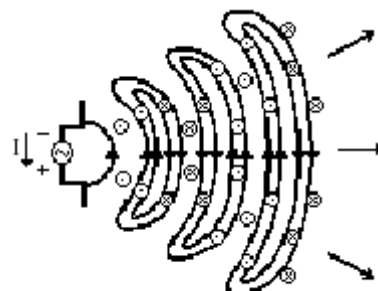
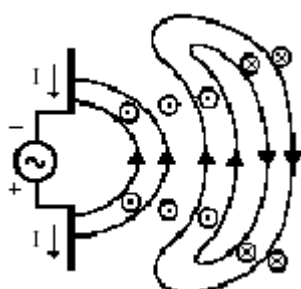


EM-bølgerne er skabt af ladningerne på antennen. Ladningerne selv producerer et E-felt, og deres bevægelser, (strøm) skaber et B-felt – dvs et Magnetisk felt om lederen.



Når strømmen skifter retning, skifter felterne også retning nær antennen.

Imidlertid vil det vekslende felt i rummet et stykke væk fra antennen ifølge Maxwell's lov for elektricitet og magnetisme inducere flere felter.



Maxwell (1831 – 1879) fandt, at:

Et vekslende magnetisk felt producerer et elektrisk felt og et vekslende elektrisk felt producerer et magnetisk felt.

***a changing magnetic field, H , will produce an electric field, E , and
a changing electric field, E , will produce a magnetic field, H .***
These equations are the keys to electromagnetic radiation. Most important is the fact that no conduction current need exist and, therefore, no physical conductor is required.

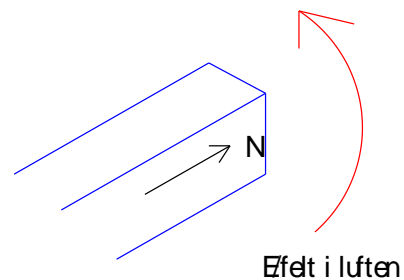
Maxwell (1831 – 1879)

Eksempler på dette:

Et vekslende magnetfelt producerer et elektrisk felt.

Derfor må det også være sådan, at hvis en magnet bevæges i luften, vil der genereres et elektrisk felt omkring bevægelsesretningen.

Hvis der placeres en leder i det skabte elektriske felt, kan der måles en spænding mellem lederens ender.





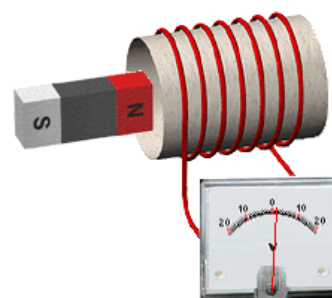
Det elektriske felt, der genereres, vil ” søge **at modvirke** det ændrede magnetiske felt.

Faradays Law of Induction

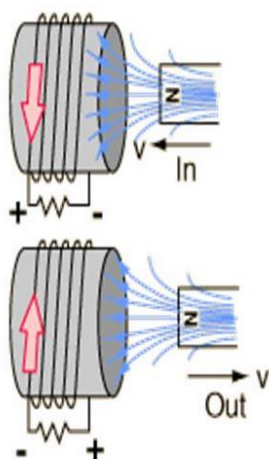
Vi kender, at hvis man ændrer magnetfeltet om en leder, induceres der en spænding.

En spole er jo bare en leder, der er viklet op i spoleform.

Det er spændingen, der genereres i rummet om magneten, hvis magnetfeltet ændres, der samles op, hvis der er en leder i den genererede elektriske felt.

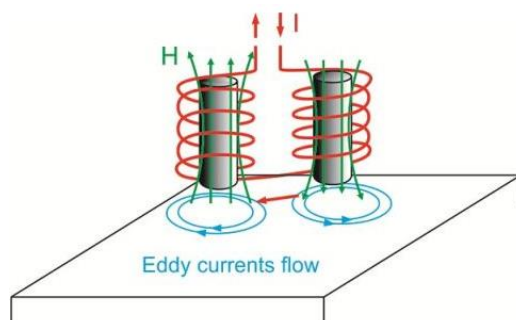


Kilde: <http://anto-hendarto.blogspot.dk/2011/11/generator-theory.html>



Strømhvirvler dannes hvis et vekslende magnetfelt går gennem en leder.

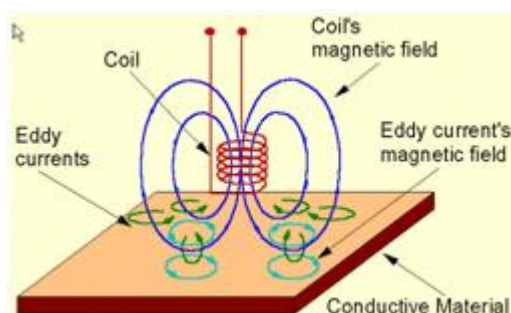
På engelsk kaldes det for Eddy Currents



<http://anto-hendarto.blogspot.dk/2011/11/generator-theory.html>

<http://www.mdpi.com/1424-8220/11/3>

Her en anden skitse, der viser de genererede felter.

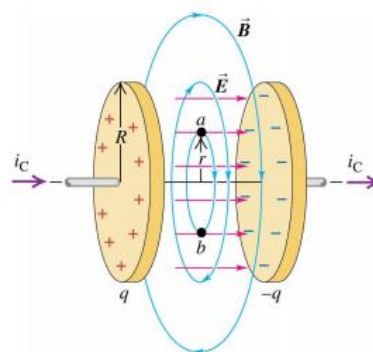


http://en.idea-ndt.com/yuanli_detail/newsId=a7d9e5c4-1107-46e0-b613-2da61dec835d.html



Og modsat:

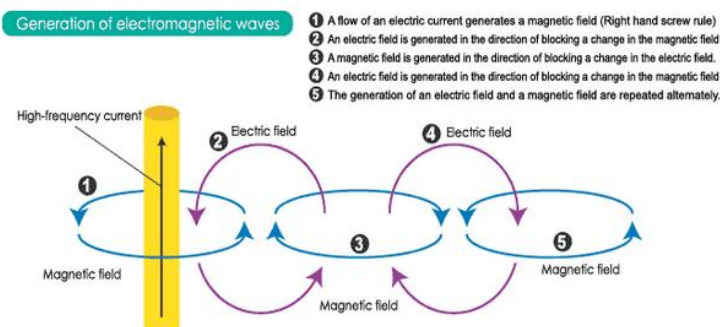
Et voksende elektrisk felt genererer et magnetfelt:



<http://www.lehigh.edu/~inphy21/hw/hw19.pdf>

Her er vist, hvordan et varierende magnetisk felt genererer et elektrisk felt, og at det varierende elektriske felt genererer et magnetisk felt, - som ...

De elektriske og magnetiske felter holder sig selv vedlige.



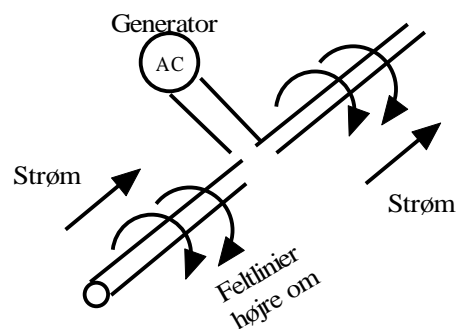
Kilde: <http://www.cdt21.com/resources/guide2.asp>

Både elektriske og magnetiske felter.

Her ses igen på en Sinusgenerator tilsluttet en dipol:

Når en generator påtrykker en spænding på en antenne, en dipol, vil den ene gren fx være positiv, og den anden negativ. Ændres spændingen, som den gør ved AC vil elektronerne blive pumpet fra den ene gren over i den anden.

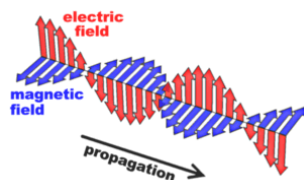
Der løber ikke så mange elektroner ved enderne, det er mest ved midten! Ladningerne er altså i bevægelse. Der løber en strøm. Dvs. der er genereret et magnetfelt om lederen. Dette vil på afstand kunne registreres. Ladningerne har flyttet sig, og man kan registrere et magnetfelt. Dette magnetfelt er vinkelret på ladningsændringen, altså på det elektriske felt.





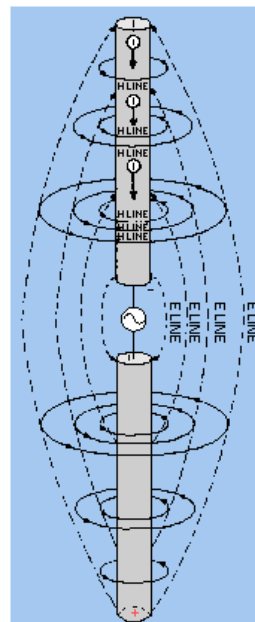
Der er altså et elektromagnetisk felt, hvor den elektriske og den magnetiske vektor er vinkelret på hinanden.

Der er skabt en elektromagnetisk bølge.



Umiddelbart ser det ud som om, magnetfeltet (som følge af strømmen) er størst, når spændingen krydser 0. Da er dU/dt størst, dvs. strømmen og spændingen er 90 grader ude af fase.

Hvis det er sådan, vil generatoren opfatte antennen som en kapacitiv belastning. Der vil ikke afsættes reel energi. ??



Kilde: <http://www.tpub.com/neets/book10/39j.htm>

Reel energi afsat i en antenne

En antenne udgør en uendelig Ohmsk modstand overfor DC-spændinger.

Men fødes antennen med en AC-spænding, vil den udgøre en samlet impedans, sat sammen af en Kapacitiv, en Induktiv og en Ohmsk modstand

Antennens impedans er et resultat af flere faktorer for antennen, herunder antennens form, frekvensen og omgivelserne. Fx højden over Jorden.

Skal der overføres mest energi til antennen, må den ha en karakteristisk impedans svarende til kablets Z_0 , altså kablets karakteristiske impedans.

For at opnå størst effektivitet af antennen må der overføres mest mulig reel energi til antennen.

Set fra antennens tilslutningsterminaler optræder der en "ohmsk modstand", der repræsenterer udstrålingen af reel energi. Den ohmske modstand udtrykkes af Spændingen / Strømmen.

Strålingsmodstanden bestemmes af antennens geometri, ikke af materialet, antennen er lavet af.

Strålingsmodstanden er et udtryk for at reel energi der tilføres antennen, og afgivet fra antennen, når der udstråles energi fra antennen.



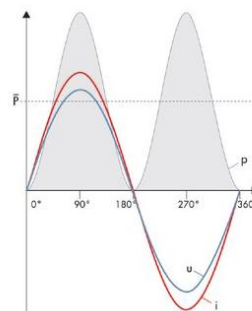
Strålingsmodstanden skyldes at når ledningselektronerne i antennen accelereres, udsendes stråling, som jo indeholder energi.

Hvis antennen er tunet perfekt, vil antennen fra generatoren opfattes som en ren Ohmsk modstand. En modstand der kendes som Strålingsmodstanden.

Størrelsen af strålingsmodstanden varierer fra antenntype til antenntype, og fra design til design.

Påtrykkes en modstand en vekselspænding, vil der afsættes energi i hver af spændingens halvperioder.

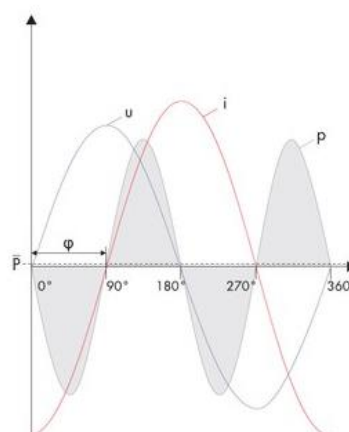
Modstanden bliver varm. Der afsættes reel energi.



Hvis strøm og spænding er 90 grader ude af fase, afsættes der ingen reel energi. (varme-energi) Det svarer jo til en AC-spænding på en kondensator eller en spole.

Men et vekselfelt påtrykt en spole eller kondensator afsætter ingen varme. Der afsættes ingen reel effekt, som der gør i en modstand.

Her er fasedrejningen 90 Grader, - og det ses, at der ikke afsættes positiv effekt. Summen af negativ og positiv effekt er nul.

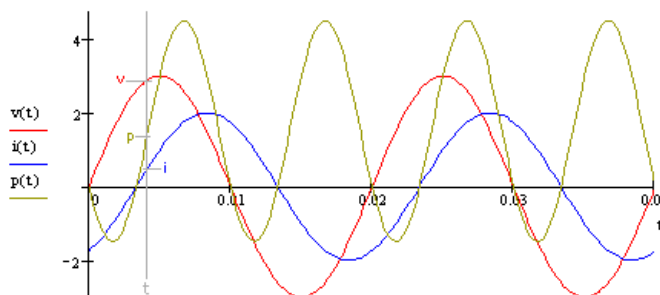


Energien skulper bare frem og tilbage, fra generatoren, til antennen og retur.

$$P = U * I, \text{ med fortegn.}$$

Her er fasedrejningen ikke 90 grader.

Impedansen er ikke rent Ohmsk, og der afsættes ikke den fulde effekt.





<https://www.sma.de/en/partners/knowledgebase/sma-shifts-the-phase.html>

Dvs. at man er nødt til at udforme en antenne, så den opfører sig så tæt på en ohmsk modstand over for generatoren. Ellers vil der ikke optages reel energi fra fødekablet, - og ikke sendes energi ud i en antenne.

Det sker ved at vælge bestemte udformninger, eller længder på antennen. Men den ideelle antenne findes ikke, og andre faktorer spiller ind. Antennens højde over Jorden, Jordens ledeevne under antennen og antennens form og dimensioner.

Er antennen en Ohmsk belastning, afsættes der kun reel energi i den, og så må det skabte E og B felt være i fase.

Men en ren Ohmsk antenne er svær at opnå! – men det tilstræbes !!

Referat d. 29/11-15: / Kaj Bjarne, DTU:

En antennes modstand består af en kombination af reaktivt modstand.

Ohmsk modstand: elektroner bumper ind i metallet i antennen

Radiativ modstand: Kinke, Acc. Af elektroner kræver energi.

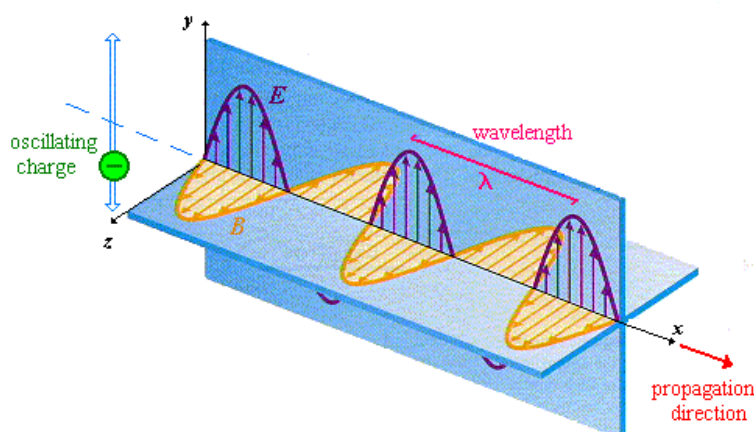
En antennes impedans er $73,0 \text{ ohm} + j42,5$

De $j42,5 \text{ ohm}$ kan fjernes v. en kondensator eller ved at klippe et par procent af dipolens arme.

Kilde: #⁵ If the dipole's length is reduced to 0.48λ , the input impedance of the antenna becomes $Z_{in} = 70 \text{ Ohms}$, with no reactive component.

Felterne bevæger sig mod højre, i Z-aksens retning.

Google på EM-Waves

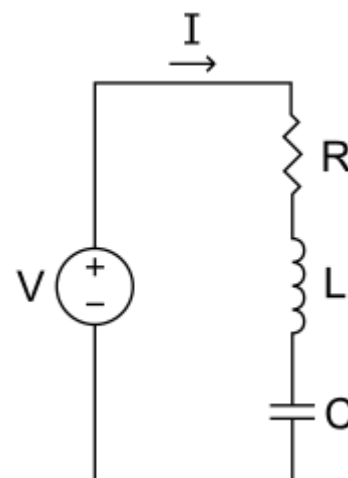
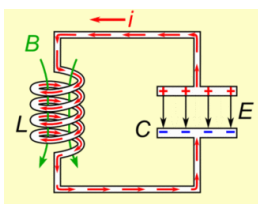


⁵ <http://www.antenna-theory.com/antennas/halfwave.php>

En antennes ækvivalent-kredsløb

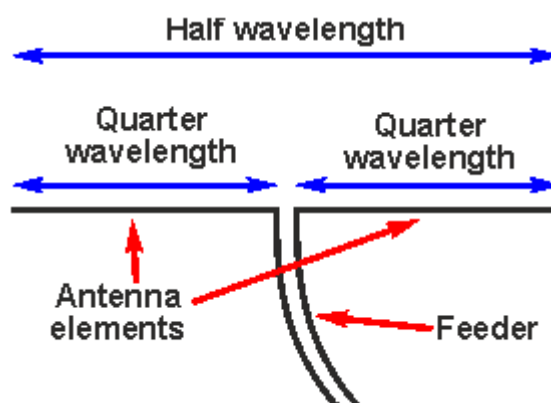
En antennes ækvivalent-kredsløb er en simpel serieforbindelse med RCL, hvor spolen repræsenterer induktansen af antennes lederne, kondensatoren kapaciteten mellem lederne og modstanden repræsenterer energien tabt til udstråling.⁶

Vi husker, at en spole og en kondensator udgør en svingningskreds. Energien skvulper mellem en kondensator og en spole med en given frekvens, afhængig af C og L.



Hvis en dipol-antenne er meget kort, er kredsløbet domineret af den kapacitive reaktans og en relativ lille udstrålingsmodstand.

Gøres antennen længere, bliver udstrålingsmodstanden større, ligesom den induktive reaktans, hvorimod den kapacitive bliver mindre.

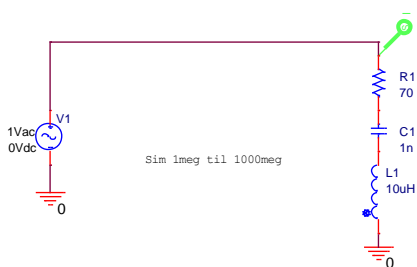


Hvis antennen er omkring en halv bølgelængde lang vil kapacitansen og induktansen være lige store og modsat rettede, og dermed ophæve hinanden. Man siger, antennen er i resonans.

Se en god RCL-animation med vektor på:

https://learnabout-electronics.org/ac_theory/ac_ccts_53.php

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/RLC_circuit



Simuler kredsløbet:

Lav så om så spolen er 0.1 uH

Beregn så en kondensator, der afstemmer ”antennen” til 433 MHz

$$f_{osc} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Transmissionslinje:

En transmissionslinje der er termineret rigtigt, reflekterer ikke energi. Se dok om [transmissionslinjer](#).

Et 70 Ohms kabel skal afsluttes med en 70 Ohms modstand.

De 70 ohms modstand udgøres når der tilsluttes en antenne af noget, der skal opfattes som en ” strålingsmodstand ” – dvs. den energi, der ” flyder ” ud fra antennen.

Den skal helst være ” ren ” – dvs. ikke indeholde kapacitive eller induktive komponenter. Derfor skal en antenne tilpasses, så dens kapacitive og induktive del udbalancerer hinanden.

Forskellige Antennetyper.

433 MHz antenner

De radiofrekvenser, vi kommer til at lege med, er 433 MHz. På denne – og andre – frekvenser må vi sende uden sendetilladelse.

433 MHz ligger i et af ISM-båndene. Undersøg hvad dette betyder !!



Disse antenneskitser er taget fra Radiometrix's hjemmeside. De er beregnet til 433 MHz moduler.

Antenne "A" er en trådspiral. Den frembringer magnetfelt, der jo frembringer elektrisk felt.

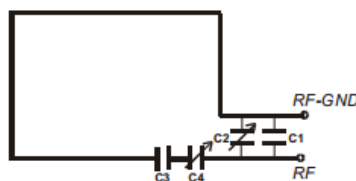
Nr. B viser princippet i en antenne lavet med printbane på et print. (overvej lige en mobiltelefon !!)

Nr. C er blot en tråd eller ledning loddet på udgangsbenet på modulet. Stel på printpladen virker så som den modsatrettede antenne.



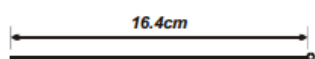
A. Helical antenna

0.5 mm enameled copper wire
close wound on 3.2 mm diameter former
433 MHz = 24 turns



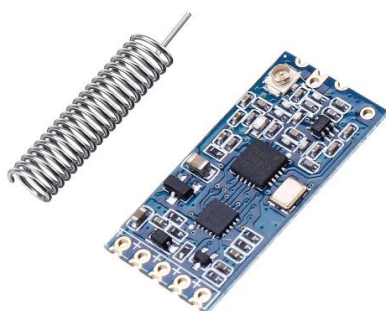
B. Loop antenna

Feed point 15% to 25% of total loop length
track width = 1mm
4 to 10 cm² inside area



C. Whip antenna

wire, rod, PCB-track or a combination of these three
433 MHz = 16.4 cm total from RF pin.



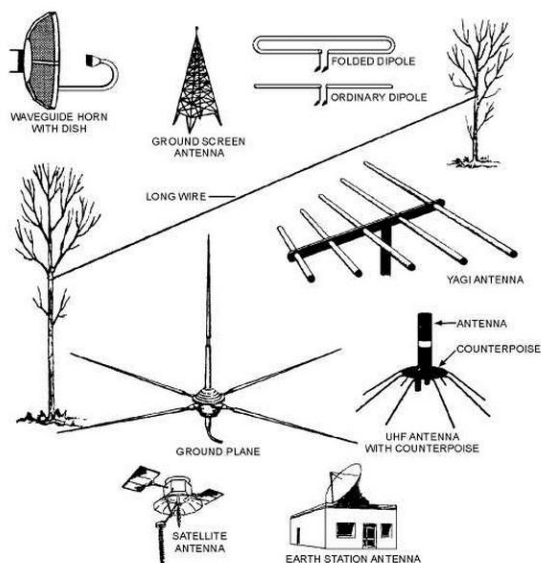
De antenner, vi kommer til at arbejde med, er fra HC-12-modulet.

Man kan bruge den medfølgende spoleantenne, eller købe stavantenner, til 433 MHz.

De kan loddet på, eller clipses på stikket i øverste venstre hjørne af printet.
Se dok om [HC-12](#)



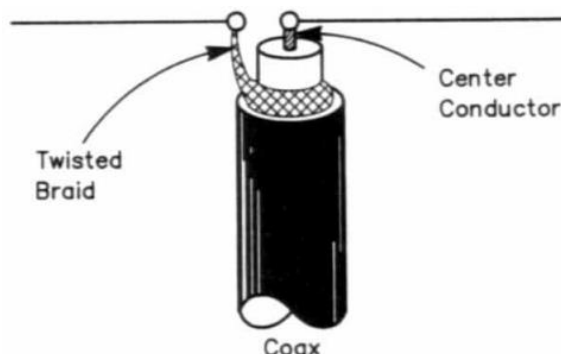
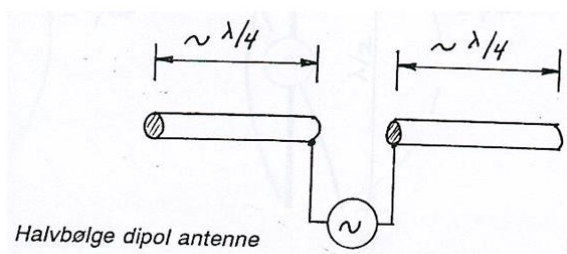
Andre antenneudformninger:



http://electriciantraining.tpub.com/14182/css/14182_170.htm

Dipolantenner er som regel en halv bølgelængde lange. Det vil sige, at ved 433 MHz, hvor bølgelængden er 69 cm, vil en dipolantenne være 34,6 cm lang.

<http://silicium.dk/pdf/fufrapport.pdf>

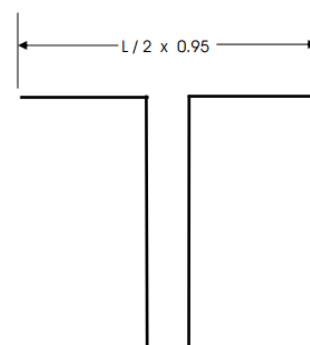


Each half of the half wave dipole is 1/4 wavelength. Together they make up 1/2 wavelength.

The free space wavelength of an electromagnetic wave is: $L = c / f$ (Hz), where $c = 300,000,000$ meters/second (velocity of light) or L (meters) = $300 / f$ (MHz).



The velocity of a wave along an antenna or transmission is slower than it is in free space, usually about 95 % of c. Therefore, a half wave dipole is 5 % shorter than it's free space wavelength.



A 7 MHz half wave dipole length = (c / f) x 0.95 x 0.5 meters

$$= (300 / 7) \times 0.95 \times 0.5 = 20.36 \text{ meters}$$

http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electronic_engineering/Antennas_and_Propagation.pdf

Eksempel for en 433 MHz antenne:

$$\lambda[m] = \frac{3 \cdot 10^8}{433 \cdot 10^6} = 0,693[m]$$

Dvs. at hver gren af en dipol skal være 17,3 cm.

Online findes flere beregnere til antenner. Fx. denne:

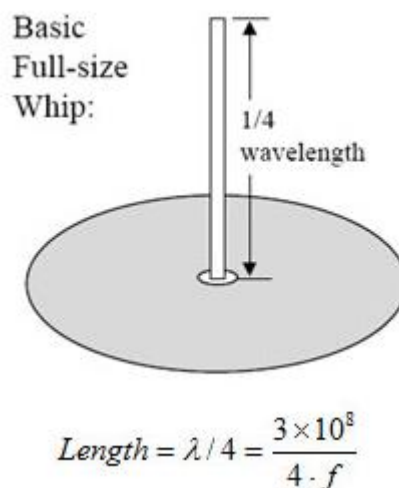
<https://m0ukd.com/calculators/quarter-wave-ground-plane-antenna-calculator/>

Søg: *Antenna calculators*

Whip Antenne

An antenna is a conducting wire that carries an alternating current. This current generates an electromagnetic field around the wire which varies with the current through the wire. If another wire is placed nearby, of similar dimensions, the electromagnetic field will induce an electric current similar to the original at a reduction. If the wire is relatively long, in terms of wavelength, it will radiate much of that field over long distances.

The simplest antenna is the "whip" which is a quarter wavelength wire that stands above a ground-plane. This design is most commonly found within vehicles for broadcast radio, CB and amateur radio and was discovered by a gentleman by the name of Guglielmo Marconi in the 1890's.



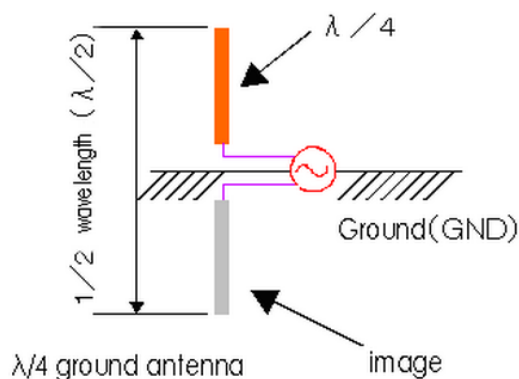
En whip kaldes vist en pisk på dansk !!

<http://www.rfm.com/corp/appdata/antenna.pdf>



En Antenne-pisk (Whip antenna) udgør en $\lambda/2$ dipol, hvor den ene halvdel består af det materiale, pisken er monteret på.

Det kan fx være en bils karosseri, et apparats kasse osv.



Kilde: #⁷

Her et eksempel på en sød lille antenne fra Amazon, til ISM-Båndet !!

Den har en clips, der passer ned i HC-12-printet. 😊



Undersøg følgende antenne: <https://linxtechnologies.com/wp/wp-content/uploads/ant-433-pw-qw.pdf>

Og på RS Components. RS Stock No.:202-5799

Søg evt. andre antennetyper hos Farnell, Elfa og RS-components.

Universally, antennas require at least two connection points. The whip antenna has a connection to ground with the completion of the circuit being formed though the electromagnetic field that exists between the whip and the ground-plane.

Another consideration when designing an antenna is the size of the ground-plane. In this case, it should be at least a quarter wavelength radial spread around the base of the whip.

Fra: Død link: http://capsil.org/capsilwiki/index.php/Low_Power_Antenna_Design

In the case of the whip, there must be a connection to a ground, even if the groundplane area is nothing more than circuit traces and a battery. The whip and groundplane combine to form a complete circuit. The electromagnetic field is set up between the whip and the ground plane, with current flowing through the field, thus completing the circuit.

Ideally, a groundplane should spread out at least a quarter wavelength, or more, around the base of the whip. The groundplane can be made smaller, but it will affect the performance of the whip antenna. The groundplane area must be considered when designing an antenna.

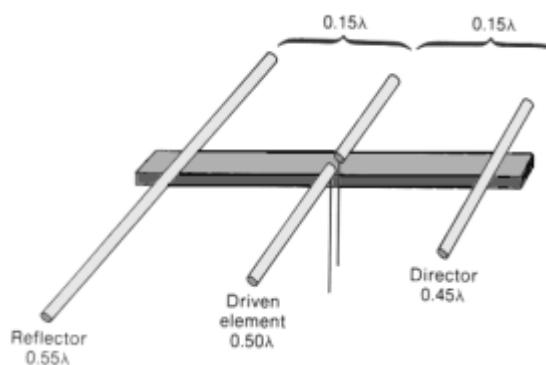
Også død link: <http://community.silabs.com/t5/tkb/articleprintpage/tkb-id/1000/article-id/360>

⁷ <http://www.cdt21.com/resources/guide3.asp>



Yagi Antenna

A yagi antenna is essentially a dipole with directors and reflectors added before and behind the dipole. These reflectors and directors are simply metal rods of similar size to the dipole. They concentrate the energies into a "beam" in order to increase the gain. There is usually only one reflector and one or more directors. A yagi antenna is rated by its total number of elements. A yagi antenna may be considered as a directional form of a dipole antenna and the comments on the dipole antenna are applicable



Reflektor: $1/8 \lambda$ bag dipol – og 5 % længere end dipolen

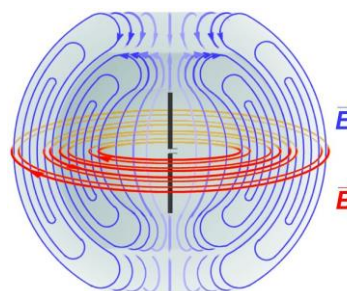
Første direktor $1/8 \lambda$ foran dipolen og 5 % kortere.

Anden direktor: både afstand og længde 5 % mindre end den foregående.

Signaludbredelse fra antenner:

Hvilken vej sender en antenne sit signal ??

Billedet viser de elektriske og magnetiske felter, der opstår omkring en antenne, og at de udbredes i alle retninger vandret rundt om en lodret dipol antenne.

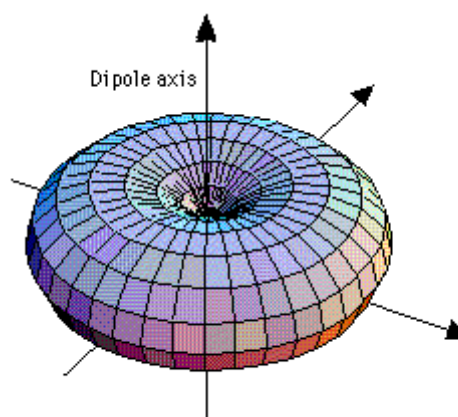


http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna



Her en anden illustration.

Opad og nedad er der ikke meget signal.



http://people.seas.harvard.edu/~jones/es151/prop_models/propagation.html

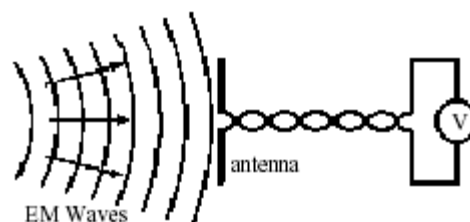
Modtagelse af radiobølger

EM bølger kan detekteres med en antenne som vist her.

Ladningerne i antennen er presset til at oscillere op og ned af det modtagne elektriske felt, og den resulterende spænding kan måles af et måleudstyr, eller en forstærker.

Det elektriske spændingsfelt ved modtagerantennen vil påvirke elektronerne i modtageantennen. Feltet vil pumpe elektronerne op og ned, dvs. generere en spænding i modtage-antennen.

Den strøm, der opstår i vores antenne, varierer på nøjagtig samme måde som i senderantennen. Men dog meget svagere !!



Og følgelig genereres en spænding over indgangsmodstanden.

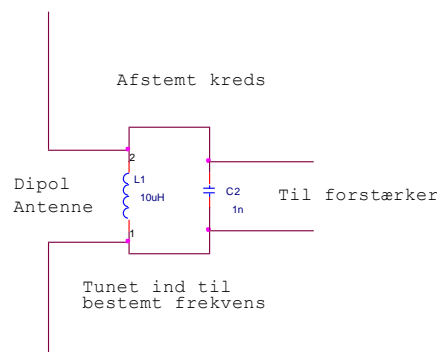
Afstemt antenne:



I en antenneindgang er der typisk en afstemt svingningskreds, der "kun" reagerer på en bestemt modtaget frekvens.

Analogi:

En bil står i en fordybning, fx i en tunnel under en jernbane. Skub nu skiftevis til den forfra og bagfra. Gøres det med den rigtige frekvens, kan man sætte bilen i kraftig bevægelse.



Simuler svingningskreds med ORCAD.

Vha. svingningskredsen opnås, at der skal et meget lille signal til at få energien til at skulpe frem og tilbage mellem spolen og kondensatoren. Man får altså en meget følsom antenne. – Og man opnår, at modtageren kun bliver følsom over for en bestemt senderfrekvens.

Den frekvens hvor der er resonans, dvs. hvor der lettest skulper ladninger mellem spolen og kondensatoren kan findes som den frekvens hvor $X_L = X_C$.

Dvs. at
$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Som kan løses til:
$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Tilladte frekvenser at sende på:

Det er ikke tilladt bare at sende på den frekvens, man ønsker. Men der er udlagt nogle bestemte frekvensbånd, (ISM-bånd) hvor udstyr kan sende uden tilladelse, dvs. uden sende-licens !!

Hånd walkie talkies sender på ca. 27 MHz.

De frekvenser, vi nok kommer til at arbejde med er 433 MHz, - og muligvis 868 MHz.

Der skal blot bruges sende- / modtage-moduler, der er godkendte.

Her en oversigt:



ISM-Bånd (ISM står for *Industrial, Scientific, and Medical Band*; Industriel, videnskabelig og medicinsk bånd)

Det er frekvensbånd til typegodkendt eller individuelt godkendt sendeudstyr og modtageudstyr til industrien, videnskaben og lægevidenskaben, som kan benyttes licensfrit.

(fra: <http://da.wikipedia.org/wiki/ISM-b%C3%A5nd>)

Frequency range [Hz]	Center frequency [Hz]	Availability
6.765–6.795 MHz	6.780 MHz	Subject to local acceptance
13.553–13.567 MHz	13.560 MHz	
26.957–27.283 MHz	27.120 MHz	
40.66–40.70 MHz	40.68 MHz	
433.05–434.79 MHz	433.92 MHz	
902–928 MHz	915 MHz	Region 2 only
2.400–2.500 GHz	2.450 GHz	
5.725–5.875 GHz	5.800 GHz	
24–24.25 GHz	24.125 GHz	
61–61.5 GHz	61.25 GHz	Subject to local acceptance
122–123 GHz	122.5 GHz	Subject to local acceptance
244–246 GHz	245 GHz	Subject to local acceptance

433 MHz-ISM-båndet dækker frekvensområdet fra 433,05 op til 434,79 MHz. Det har allerede været brugt i lang tid til at realisere kunde-specifikke kommunikations-løsninger til kort og mellem-distancer. Med en transmittereffekt op til 10 dBm kan man opnå en rækkevidde på flere hundrede meter i fri luft.

I princippet er der ikke krav til modulationstypen. Til simple opgaver kan man bruge AM, til lidt mere ambitiøse applikationer foretrækkes FM.

Der er ikke yderligere begrænsninger mht. båndbredde og tidsintervaller. Så på den ene side er det tilladt med kontinuerlig transmission, på den anden side er man nødt til at håndtere høje støjdoser pga. andre 433 MHz-sendere. Derfor er det vist sådan, at man kun sender i max 10 % af tiden.

Ps: jeg mente nu, der var krav til, at man ikke må sende hele tiden, - kun kort tid. Andre skal jo også ha lov at sende !!

Kilde: <http://iaf-bs.de/projects/ism-433-868.en.html>

In Europe, the reference document for SRD (Short Range Devices) and licence-free frequency bands has the lovely name of ERC/REC/70-03. You can easily find it on the Internet. This document defines the wellknown 433 MHz, 868 MHz, 2.4 GHz, etc. ISM (industrial, scientific, medical) bands.

Remember that this document defines not only the usable frequency bands, but also the permitted channel widths, the transmitted power and the maximum time of use of the channel. A value of 1% for example corresponds to 36 seconds of use per hour. It also precisely indicates the standards to be used. So "free" band does



not mean rubbish band — its use is free, but only under restrictions which everyone must respect.
 Elektor 5/2018

Lidt vektorregning ??

1. The wave is transverse since both E and B fields are perpendicular to the direction of propagation, which points in the direction of the cross product $E \times B$!
 2. The E and B fields are perpendicular to each other. Therefore, their dot product vanishes, $E \cdot B = 0$! ! .

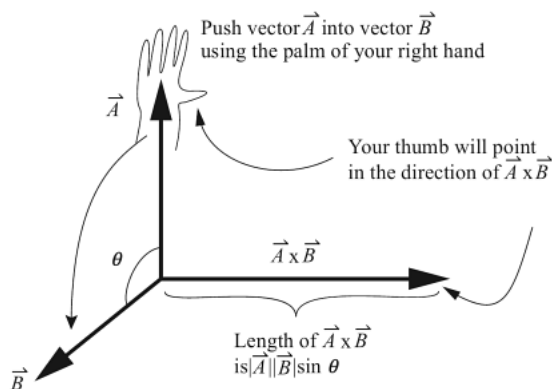
(fra: <http://web.mit.edu/8.02t/www/materials/StudyGuide/guide13.pdf>) (link død !!)

Of course this has implications for POWER, since $E \times B$ fields give the Poynting vector which describes the total energy radiating outward in the 3rd direction (orthogonal to both E and B).

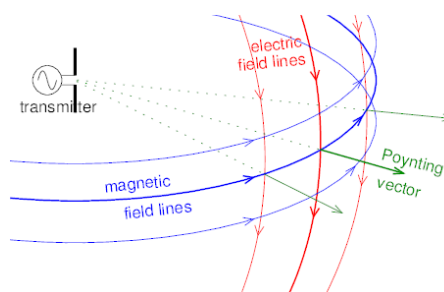
If E and B are not synchronized in time phase, we don't have real power in the wave, only imaginary or reactive power. Kilde #⁸

Højre hånd viser poynting vector

The vector is given the oddly appropriate name poynting vector, not because someone was making a joke about how vectors "poynt" but in honor of its discoverer, the English physicist John Poynting (1852–1914).



The poynting vector is important because it aligns the three vectors of an electromagnetic wave: the electric field, the magnetic field, and the direction of propagation.



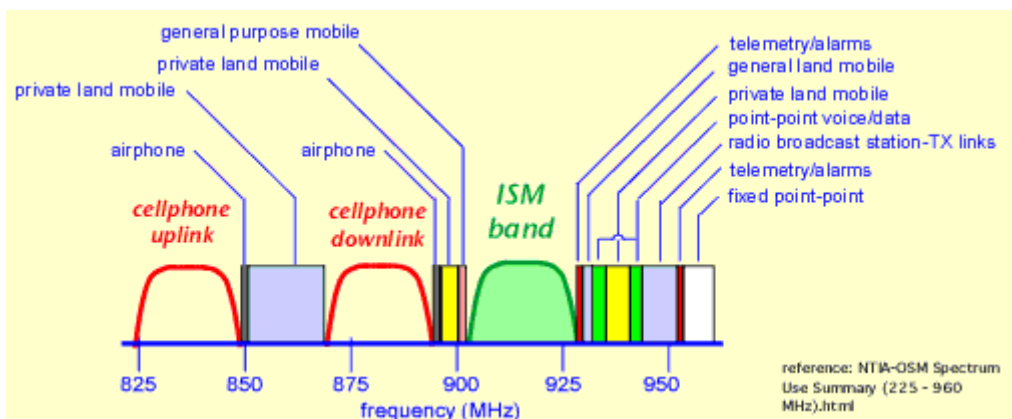
<http://wwwhome.cs.utwente.nl/~ptdeboer/ham/tn/tn07.html>

⁸ <http://www.electrogravity.com/index3.html>



Her følger en oversigt over hvad hvilke frekvenser bruges til:

Se ny side med frekvenser: <http://www.dkradio.dk/>



http://www.enigmatic-consulting.com/Communications_articles/RFID/RFID_frequencies.html

se også: <http://da.wikipedia.org/wiki/ISM-b%C3%A5nd>

og: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum

R&TTE, Dansk Radiogrænseflade.

En frekvensoversigt kan ses på http://test1.contenttest.net/Frequenzplan_en.shtml# (se eksempel herunder)

Frequency usage chart GERMANY (excerpt). Sorted by frequency:									
from (MHz)	to (MHz)	Abbreviation	Power	Range	Modulation	Pulsed	Provider	Comments	Description
26,5	27,4	Citizen band	4W	10km	AM, FM	NO	private		Citizen band (digital modes planned)
41,0	68,0	TV	several 100kW	50km	AM, FM	NO	commercial	Extremely high transmitting power over 100kW. "Pseudo-pulsing" at 15,625kHz (horizontal frequency)	TV broadcast (VHF) Range I
50,08	51,0	8m Band	25W ERP	100km	SSB, CW	NO	private	Only with class A license and additional special license	Amateur radio 8m Band.
87,3	87,4	EuroSig	2000W	500km	AM & FM	NO	commercial	ChannelA=87,340MHz; ChannelB=87,385MHz; ChannelC=87,390MHz; ChannelD=87,415MHz	Eurosignal (Eurosignal receiver)
87,5	108,0	Broadcast	100kW	500km	AM	NO	commercial	Often extremely high transmitting power	Broadcast (FM radio)
144,0	148,0	2m Band	750W	500km	Various	YES	private	Depending on license: Class A = Max. 750W . Class B = Max. 10W EIRP	Amateur radio 2m Band
149,0	149,1	Free-Net	500mW ERP	5km	AM	NO	private	Currently limited until 31.12.2005	Relatively new, free voice radio
174,0	230,0	TV	several 100kW	50km	AM, FM	NO	commercial	Extremely high transmitting power over 100kW. "Pseudo-pulsing" (15,625kHz, horizontal frequency)	TV broadcast (VHF)
174,0	230,0	DVB-T	several 100kW	50km	QPSK, 16-QAM, 64 QAM	NO	commercial	Still lower transmitting powers than analog TV. Slight "pulsing" (periodic level drops for synchronisation)	Digital TV broadcast (currently under construction). 1st public test 2001 in Switzerland. In Germany, available since 2002 (Berlin) and in 10 further cities till 2005
223,0	230,0	T-DAB	several kW	50km	QPSK, 16-QAM, 64 QAM	NO	commercial	"Pseudo-Pulsing" at 10,42Hz (periodic level drops for synchronisation)	Digital Broadcast. Still under construction
380,0	385,0	TETRA (UL)	30mW-25W ERP	50km	DQPSK	YES	BOS	7 power levels from 15dBm to 45dBm in 5 dB steps. Pulsed at 17,6Hz	Digital radio network of BOS (German security authorities). Still under construction.
390,0	395,0	TETRA (DL)	30mW-25W ERP	50km	DQPSK	YES	BOS	7 power levels from 15dBm to 45dBm in 5 dB steps. Pulsed at 17,6Hz	Digital radio network of BOS (German security authorities). Still under construction.
430,0	440,0	70cm Band	750W	500km	Various	YES	private	Depending on license: Class A = Max. 750W . Class B = Max. 10W EIRP	Amateur radio 70cm Band
433,0	434,8	ISM 433	10mW ERP	300m	AM, FM, Various	YES	private		"Playground" for VARIOUS radio services (radio-controlled keys, alarm systems, weather displays etc.)
446,0	446,1	PMR 446	1W ERP	5km	AM, FM	NO	private		Voice radio for devices with fixed antennas
448,0	448,0	CityRuf	100W	50km	AM, FM	NO	DeTeMobil	Cityruf1=448MHz	Cityruf1. Text message services for portable "beepers"



Ovenstående på tysk <http://www.elektrosmog.de/Frequenzplan.htm>

Kilder:

Se evt. god side om radiobølger:

<https://www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/>