

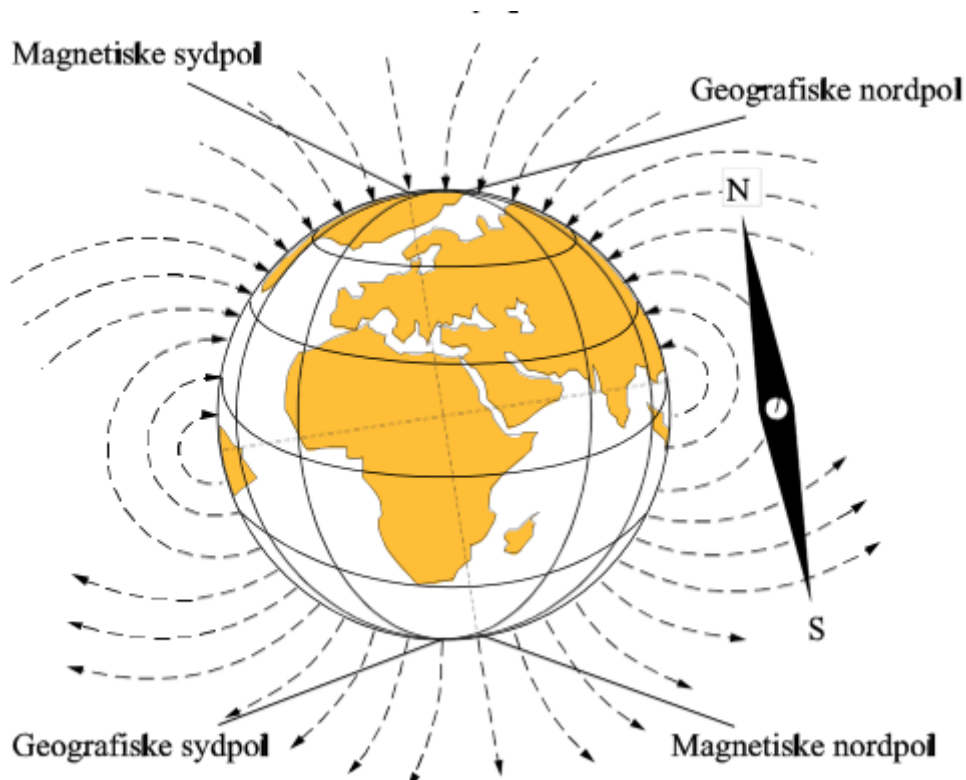
Magnetisme

Magnetisme er opkaldt efter en lille by, Magnesia, i Asien, hvor der i større mængder forekommer jern- malme, som viser magnetiske egenskaber. Det vil sige, at de påvirker eller lader sig påvirke af andet jern. Jernmalm kaldes også magnetjernsten.

Foruden de i naturen forekommende magnetjernsten viser kun stål samt nogle enkelte metaller som nikkel og kobolt stærke magnetiske egenskaber.

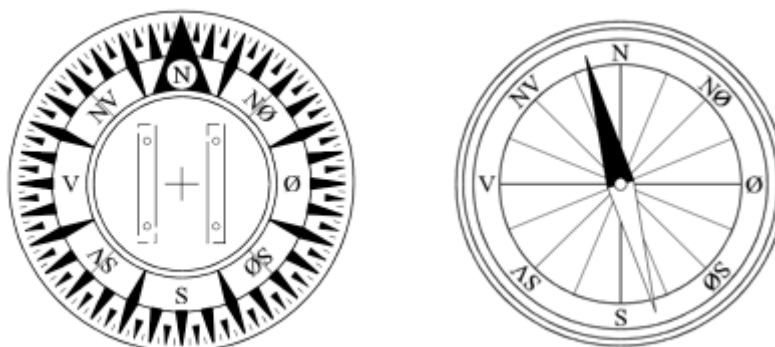
Ophænges en stangformet naturmagnet frit drejelig, vil dens ene ende pege mod jordens nordpol

Forklaringen herpå er, at jordkloden i sig selv virker som en kæmpemæssig magnet, hvor jordens magnetiske sydpol ligger i nærheden af den geografiske nordpol og den magnetiske nordpol ved den geografiske sydpol og den anden derfor mod sydpolen.



Kompasnålen

En kompasnål er en lille drejelig stangmagnet.



Den ene ende af kompasnålen, der peger mod jordens nordpol, kaldes nordpol, den anden ende derfor sydpol.

I vore dage er en kompasnål ikke en naturmagnet; den fremstilles som en permanent stålmagnet.

Kompasset er opfundet af kineserne før Kristi fødsel. Man benyttede naturlige magneter, det vil sige fundne stykker af magnetjærnsten.

Imidlertid opdagede man, at magnetismen lod sig overføre fra det naturlige magnetjærn til andre jernstykker, og man bemærkede yderligere, at hærdet stål gav de mest holdbare magneter.

På almindelige skibskompasser fastgøres kompasnålen på undersiden af en kompasrose, som foruden nordretningen samtidig angiver alle andre kompasretninger.

En magnet kendes på, at den tiltrækker jern. Magneter fremstilles i dag af forskellige legeringer, hvor jern eller jernpulver indgår, alt efter hvad magneten skal anvendes til.

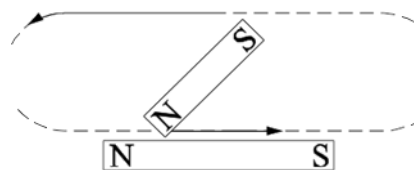
Der skelnes mellem permanente magneter og elektromagneter.

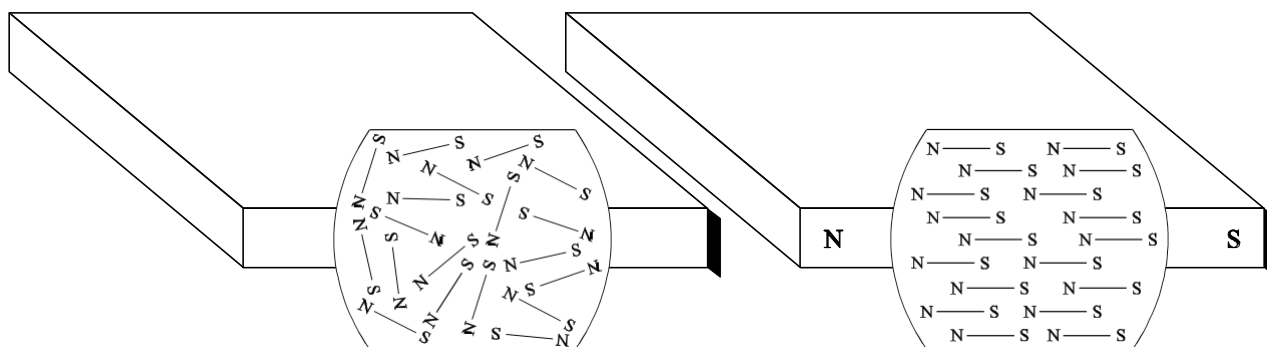
Ordet permanent betyder vedvarende. Permanente magneter fremstilles af hårdt stål, og har den egenskab, at de holder magnetismen.

Magnetisering ved strygning

Magnetisering af en stålstang kan ske ved, at man stryger en permanent magnet gentagne gange i samme retning og i hele stålstangens længde. Derved omdannes det før umagnetiske stål til en magnet.

Et billede på hvad der sker, kan man få ved at tænke sig, at det umagnetiserede stål indeholder en mængde småmagneter, som ligger huler til bulter.





Ved strygning med en magnet ordnes disse småmagneter så de kommer til at ligge med nordpolen i én retning og sydpolen i den modsatte retning. Midt i stangen vil en lille magnets sydpol ligge imod en anden lille magnets nordpol; men ved stangens ender ligger en hel del nord- og sydpoler frit, hvorfor stångsten får en magnetpol i hver ende.

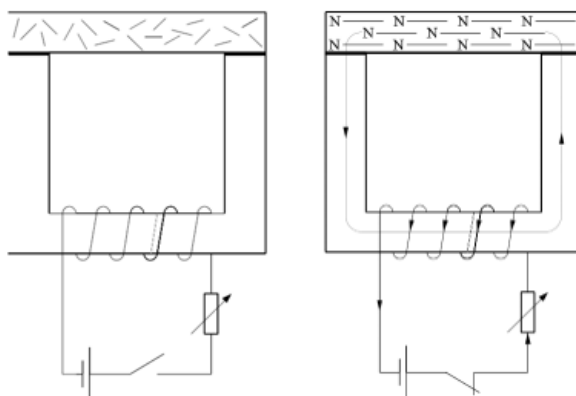
I støbejern og blødt stål drejer småmagneterne sig lettere end i hårdt stål, men kommer til gengæld også lettere i uorden. I fx ankerblik, som er blødt stål, drejer småmagneterne sig på plads, så snart de udsættes for en magnetiserende kraft, men kommer delvis i uorden igen, så snart kraften ophører.

I hårdt stål kræver småmagneterne en stor kraft for at ordne sig, men beholder derefter deres stilling, selv om den magnetiske kraft ophører.

Opmagnetisering ad elektronisk vej

Det almindeligste er at opmagnetisere ad elektromagnetisk vej. Elektromagnetens spole tilsluttes en jævnspændingskilde, hvorved strømmen i spolen frembringer et magnetfelt, hvis retning er bestemt af strømretningen i spolen. Dette magnetfelt vil forløbe i kernen og gennem stångsten.

Når strømmen forøges, og magnetfeltet derfor forstærkes, vil stångstens småmagneter påvirkes, således at de drejer sig med nordpolerne i feltets retning.



Magnetform

Da stål er mest anvendt til fremstilling af permanente magneter, benævnes den her omtalte form for magnetisme for ferromagnetisme.

Inden for stærk- og svagstrømsteknikken er permanente magneters anvendelsesområder mangfoldige.

For eksempel anvendes de i måleinstrumenter, elektricitetsmålere, termostater, radio- og tv-apparater, højt- talere, telefoner og i små motorer.

Udsættes en permanent magnet for et slag i en bestemt retning, kan den derved miste hovedparten af sin magnetisme. Det er en af grundene til, at måleinstrumenter, hvori der findes permanente magneter, skal behandles med varsomhed.

Endvidere forsvinder magnetismen, når magneten op- varmes til ca. 700 °C.

I dag er det muligt at fremstille meget kraftige magnet med små ydre dimensioner. Fremstillingen foregår ved, at selve støbningen af den færdige magnet sker i et meget kraftigt magnetfelt.

Tidligere anvendtes stållegeringer, hvor kulstof, krom, wolfram eller kobolt indgik.

I dag er det oftest betydeligt mere komplicerede le- geringer, der anvendes, og som hovedsageligt består af jern, nikkel, aluminium samt diverse andre stoffer. Eksempler på disse legeringer er ticonal, alnico og alcomax.

Magnetfelter

Anbringer man en magnets ene pol i nærheden af en anden magnets pol, vil der som nævnt optræde en tiltrækning eller en frastødning. En magnetpols virkning strækker sig altså ud i rummet udenom. Man siger, at der uden om magneten findes et magnetisk felt.

Man tænker sig ofte feltets karakter anskueliggjort ved hjælp af magnetiske kraftlinier.

De magnetiske kraftlinier tænkes at udgå fra magnetens nordpol og vende tilbage til dens sydpol.

Inde i magneten går kraftlinierne videre fra sydpolen til nordpolen. De magnetiske kraftlinier danner altså lukkede kurver.

Kraftliniernes retning, feltets retning i et tilfældigt punkt, angiver den retning, hvori en nordpol vil påvirkes, hvis den anbringes i det pågældende punkt. Dette stemmer med, at kraftlinierne udgår fra magnetens nordpol og vender tilbage til dens sydpol.

Nærmer man en magnets ene pol til en anden magnets pol, vil de to magneter enten frastøde eller tiltrække hinanden, afhængig af om de enten er ens polede eller modsat polede.

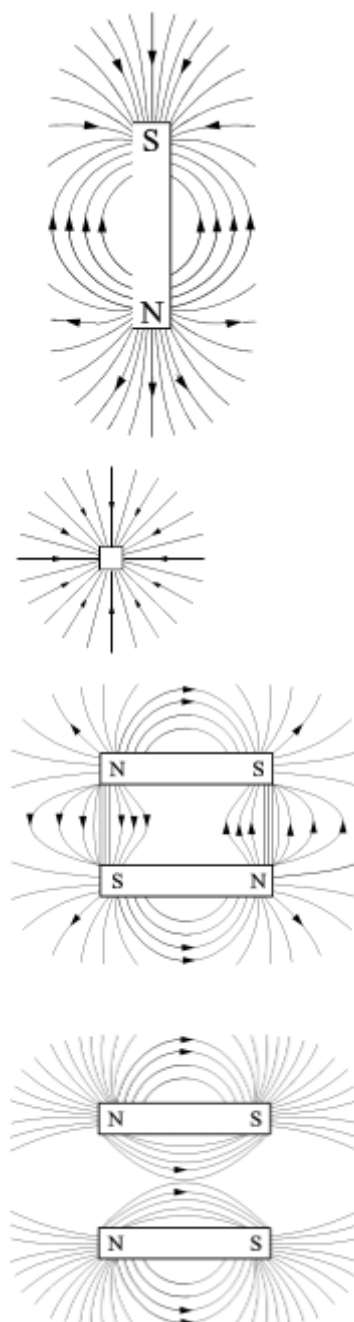
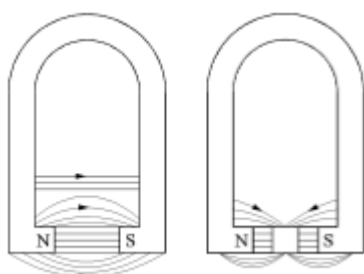
Ved permanente magneter har kun kurverne uden for magneten interesse; men ved elektromagneter har kraftlinierne inde i magneten ofte interesse.

Man kan let udføre et forsøg, der viser feltets karakter. På et bord lægger man en permanent magnet og derover et stift stykke papir. Af blødt stål filer man nogle spåner og drysser dem på papiret. Spånerne magnetiseres, og når man banker let på papiret, vil de lægge sig i et mønster, der er karakteristisk for den anvendte magnet.

I figurerne er vist en hesteskomagnet uden og med et anker af blødt stål. Man kalder stålkernen mellem magnetens poler for et anker.

Ankeret magnetiseres og tiltrækkes derfor af magneten. Da kraftlinierne vil løbe den kortest mulige vej fra en nordpol til en sydpol, og da stålet leder de magnetiske kraftlinier mange gange bedre end luft, vil kraftlinierne i det tilfælde, hvor der er anker, søge gennem dette.

Ved at anvende stålkerne, får man altså en mindre spredning og derfor et kraftigere magnetfelt.



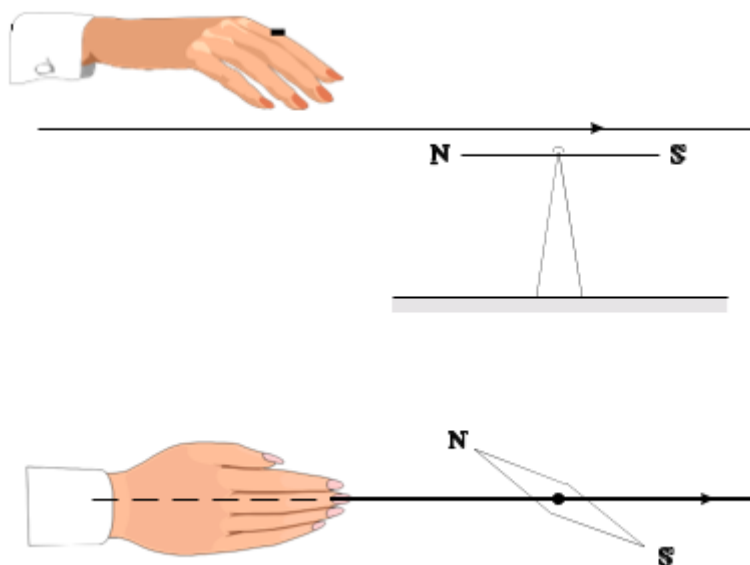
Elektromagneter

Den elektriske strøms magnetiske virkning blev i 1891-1920 påvist af den danske professor H. C. Ørsted. Han opdagede, at en bevægelig magnetnål bliver påvirket til drejning, når den anbringes i nærheden af en strømførende leder.

Retningen af udslaget findes ved hjælp af højrehånds- reglen:

- Man lægger højre hånd langs lederen med fingrene i strømmens retning og med håndfladen vendt mod magneten.

Magnetens nordpol vil da slå ud til den side, hvor tommelfingeren befinder sig.



Strømmens magnetiske virkninger udnyttes i moderne elektricitetsproduktion, i motorer, mange apparater og instrumenter mv.

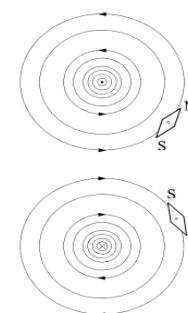
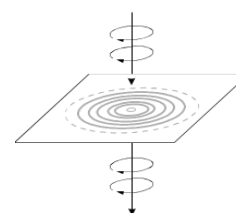
Lader man en strømførende leder gå gennem et stykke karton, der er bestrøet med jernfilespåner, vil disse ordne sig i cirkler omkring lederen.

Feltet er kraftigst inde ved lederen og aftager hurtigt udefter. Retningen af feltet huskes lettest ved den såkaldte "proptrækkerregel".

Skrues en højreskåren proptrækker frem gennem ledningen i strømmens retning, vil proptrækkerens omdrejningsretning angive feltretningen.

Enhver strømførende leder er omgivet af et magnetisk felt.

På den øverste figur er vist et plan vinkelret på lederen, hvor strømmen kommer ud fra papirets plan, og på den nederste figur ses, at strømmen går ind i papirets plan.



Prikken angiver spidsen af en pil på vej ud af papiret, mens krydset angiver styrefanerne på en pil på vej ind i papiret.

Gensidig påvirkning mellem to parallelle ledere

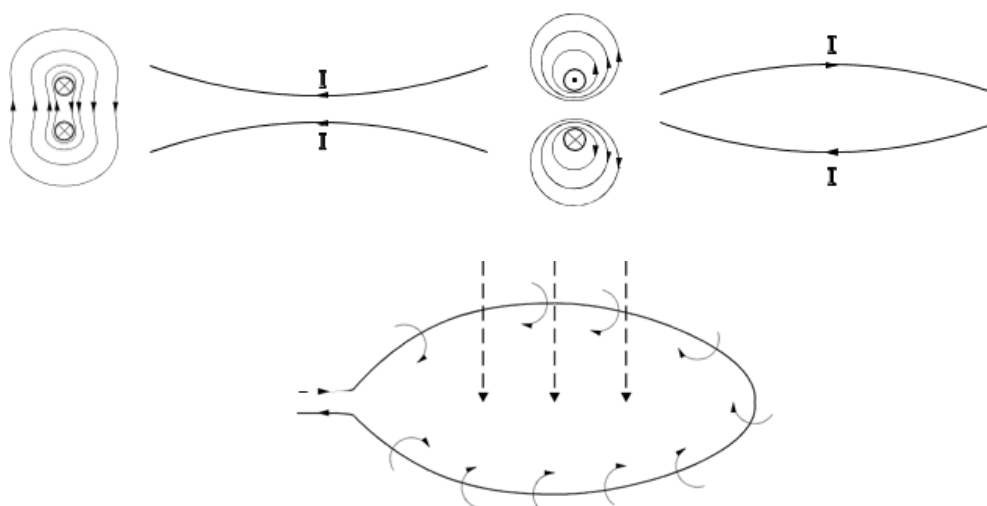
To retlinede, parallelle ledere, som gennemløbes af en strøm, vil påvirke hinanden magnetisk.

- Går strømmene i samme retning, tiltrækker lederne hinanden.
- Går strømmene i modsat retning, frastøder lederne hinanden.

Bøjes en leder i cirkelform, vil magnetfeltet omkring lederen danne et felt med retning vinkelret på lederens plan.

Det ses af proptrækkerreglen, at alle kraftlinierne inde i sløjfen vil have en retning, og udenfor den modsatte retning.

Sløjfen virker altså som en flad magnet.



Hvis man vikler lederen op i en spole, vil hver vinding optræde som en cirkulær leder med et magnetfelt vinkelret på lederens plan; felterne fra de enkelte vindinger vil understøtte hverandre, og der vil dannes et for spolen fælles magnetfelt, således at spolen udadtil optræder som en magnet, hvis poler befinder sig i spolens endeflader. Man kalder sådan en spole for en elektromagnet eller en solenoide. Den har et feltbillede, der svarer til en stangmagnets.

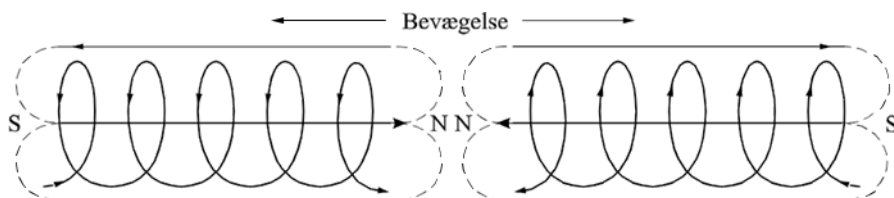
Polerne bestemmes ved højrehåndsreglen:

- Man griber med højre hånd om spolen med fingrene i strømmens retning. Spolen vil da have nordpol til den side, hvor tommelfingeren befinder sig.

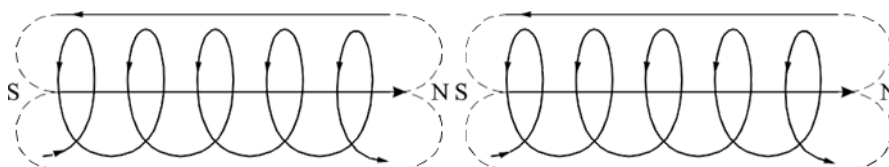
Gensidig påvirkning

To spoler vil påvirke hinanden på samme måde som permanente magneter.

Frastøder hinanden.



Tiltrækker hinanden.



Spole med kerne

Anbringer man stålkerner i spolerne og sender samme strømstyrke gennem spolerne som før, vil virkningen blive kraftigere. Det magnetiske felt er blevet mangedoblet.

Den evne til således at mangedoble magnetismen, som stålet her afslører, skyldes stålets permeabilitet.

Permeabiliteten er stålets magnetiske ledeevne og betegnes ved bogstavet μ , der er en talfaktor, som angiver, hvor mange gange stålet leder magnetismen bedre end luft.

De legeringer, der anvendes som kernemateriale, er sædvanligvis de såkaldte magnetiske bløde materialer, det vil sige ferromagnetiske stoffer med ringe remanens.

Siliciumjern er den mest brugte legering til nettransformere og drosselspoler. Legeringen leveres i forskellige sammensætninger med indtil 4 % silicium.

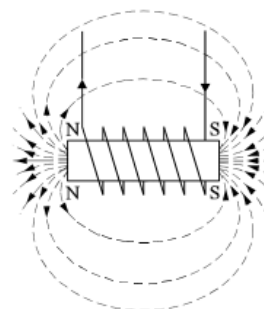
Nikkellegeringer, som sælges under navne som Permalloy, Permivar og Mumetal, og som består af jern, nikkel og kobolt, har flere bemærkelsesværdige egenskaber, som gør dem egnede ved særlige anvendelser. Egenskaberne afhænger af deres sammensætning og den varmebehandling, de gennemgår.

Pulverkerner benyttes i spoler ved frekvenser over tonefrekvensområdet.

De fremstilles ved at sammenpresse findelt jernpulver med et ikkeledende bindemiddel, fx schellak, trulitul eller keramiske materialer.

Den stærke findeling af det magnetiske materiale ned- sætter hvir-
velstrømstabene, mens de mange luftspalter forårsager, at per-
meabiliteten først ændrer sig ved temmelig store feltkræfter.

Pulverkerner er beregnet til frekvenser op til 0,1-0,5
MHz.



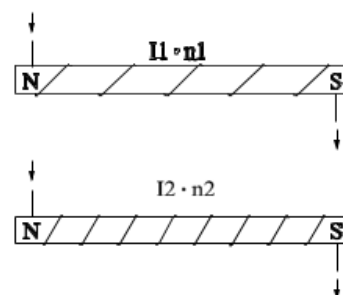
Ampere-vindinger

Det viser sig, at styrken af det magnetiske felt vokser proportionalt
med såvel strømstyrken som antallet af vindinger.

Dette udtrykkes ved, at magnetfeltet er afhængig af ampere-vindingerne.
Ved ampere-vindinger, AV, forstås således:

$$I \cdot n = AV$$

AV = strøm i ampere C antal vindinger.



Eksempel

En spole har 600 vindinger og kræver til magnetisering en strøm på 2,5 A.
Hvor mange vindinger skal spolen have, hvis magnetiseringsstrømmen kun skal være
1,5 A?

Den magnetiserende kraft frembringes af et amperevindingstal:

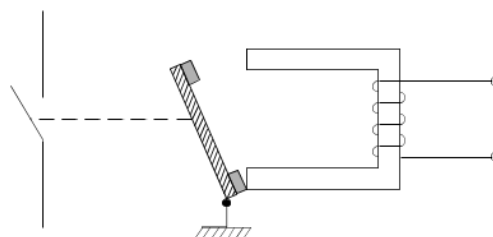
$$AV = I1 \cdot n1$$

$$2,5 \cdot 600 = \underline{1500 AV}$$

$$I2 \cdot n2 = 1500 AV$$

$$n2 = \frac{1500}{1,5} = \underline{1000 vindinger}$$

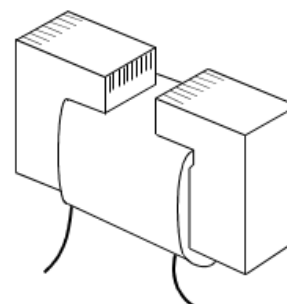
Den mest udbredte brug af elektromagneter er i relæer, motorværn og lignende, hvor
magneten er udformet og monteret således, at den kan tiltrække et anker, som kan be-
tjene forskellige typer kontakter.



Forhold ved jævn- og vekselspænding

Sendes der jævnstrøm gennem magnetspolen, tiltrækkes ankeret konstant. Sendes der derimod vekselstrøm gennem spolen, vil tiltrækningen være nul, når strøm-
mens værdi passerer nul; dette vil få relæspolen til at brumme kraftigt. For at undgå dette må elektromagneten være bygget for vekselstrøm.

Undertiden bruger man trefasede magneter, eller man ensretter strømmen, før den sendes gennem magnets-
polen.



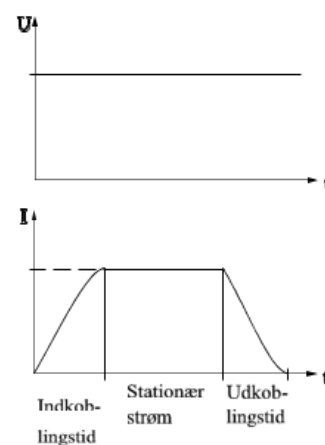
Spole tilsluttet jævnspændingen

Tilsluttes en spole jævnspænding, vil strømmen ikke stige til maksimum i samme øjeblik afbryderen sluttes; der vil gå en vis tid, afhængig af spolens selvinduktion. Ligeledes vil strømmen ikke øjeblikkeligt falde til nul ved afbrydning.

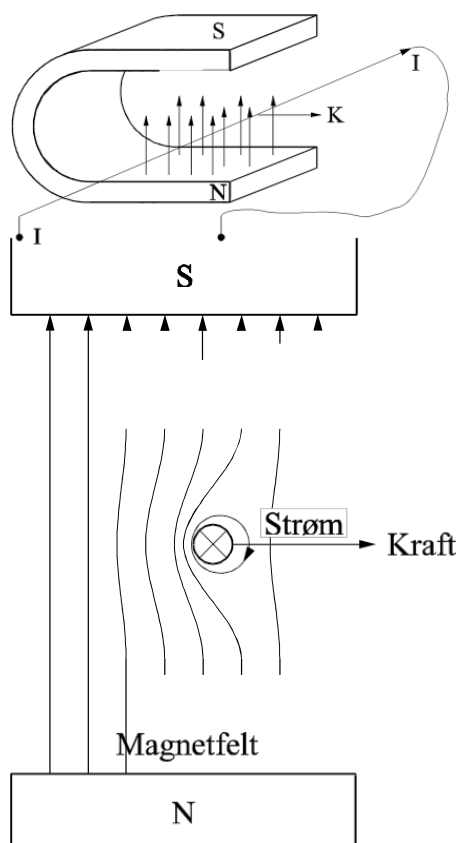
Der induceres kun spænding og strøm ved ind- og ud- kobling. I brugsperioden, hvor strømmen er stationær, er induktionen nul, og spolen virker som en almindelig ohmsk modstand.

Ved beregninger anvendes derfor Ohms lov:

$$U = I \cdot R$$



Strømførende leder i magnetfelt



Det er påvist, at enhver strømførende leder omgives af et magnetfelt, og at to magnetfelter i nærheden af hin- anden vil udøve gensidig kraftpåvirkning.

Anbringes en strømførende leder i et magnetisk felt, påvirkes lederen af en kraft, der søger at bevæge lederen på tværs i magnetfeltet.

På tegningen er vist en leder set i snit; krydset angiver strømretningen.

Magnetfeltet omkring den strømførende leder danner en lukket ring.

Dette felt indvirker på hovedfeltet N-S, således at der til højre for lederen frembringes en feltsvækkelse og til venstre en tilsvarende feltforøgelse.

Lederen vil derved blive påvirket af en kraft K, der søger at drive den ud af hovedfeltet, som antydtes med pilen.

Kraftens størrelse afhænger af magnetfeltets styrke og strømstyrken i lederen.

Motorprincippet

Ved motorprincippet placeres en strømførende ledersløjfe i et magnetfelt og vil i dette blive påvirket af en kraft, der søger at trække lederen ud af feltet.

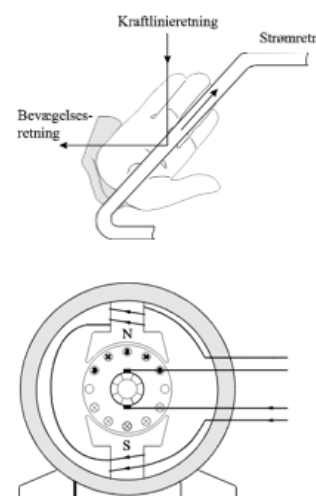
Bevægelsesretningen kan bestemmes ud fra følgende regel:

Se næste side

- Man anbringer sin højre hånd således, at kraftlinierne går ind i håndfladen, og fingerspidserne peger i strømretningen. Lederen vil da bevæge sig til lillefingersiden.

Tegningen viser skematisk en jævnstrømsmotor. Med de antydende poler og strømretning i ankerspølerne vil de øverste ledere påvirkes til drejning mod højre og de nederste mod venstre.

Motoren vil køre højre om.



Induktion

Inden for stærkstrømsteknikken omtales to former for induktion, hvorved der frembringes elektrisk spænding.

Elektromagnetisk - og elektrodynamisk induktion.

En maskine, der får tilført mekanisk kraft fra fx en dieselmotor, damp turbine eller lignende og derved omdanner den mekaniske energi til elektrisk energi, kaldes en generator.

Tidligere kaldte man de maskiner, der frembringer jævnspænding, for dynamoer og de, der frembringer vekselspændinger, for generatorer. Nu benævnes begge kategorier generatorer.

Bevæges en leder, som indgår i et lukket elektrisk kredsløb, i et magnetfelt, således at den overskærer de magnetiske kraftlinier, vil der i lederen induceres en spænding. Denne spænding benævnes elektromotorisk kraft.

Retningen af den inducerede elektromotoriske kraft findes ved Lenz's lov.

Den elektromotoriske kraft har en sådan retning, at en strøm fremkaldt af den, vil søge at modvirke den årsag, som frembragte den.

I år 1831 opdagede den berømte engelske fysiker Michael Faraday den elektriske induktion. Faraday påviste, at der i en spole induceres en spænding, når den bevæges i et magnetfelt.

Hvis spolen indgår i et lukket kredsløb, vil strømretningen være sådan, at den modvirker ændringen i de magnetiske forhold.

Princip

Skydes den viste permanente magnet ind i spolen, vil der induceres en spænding og dermed en strøm med en sådan retning, at spolen prøver at holde stangmagneten ude; det vil sige, at spolen danner en nordpol til højre og en sydpol til venstre.

Når magneten er anbragt midt i spolen, vil den inducerede spænding være nul og dermed ingen strøm.

Trækker man på ny magneten ud af spolen, til venstre, vil der induceres en spænding og dermed strøm af modsat retning, idet der fremkaldes en sydpol i højre ende og en nordpol i venstre ende af spolen, som igen søger at undgå ændringen af de magnetiske forhold. Når magneten er trykket helt bort fra spolen, vil spænding og strøm være nul. Der induceres altså kun spænding i spolen, så længe de magnetiske forhold ændres.

Den inducerede spændings størrelse afhænger af:

- den permanente magnets styrke
- magnetens bevægelseshastighed
- antal vindinger på spolen.

Generatorprincippet

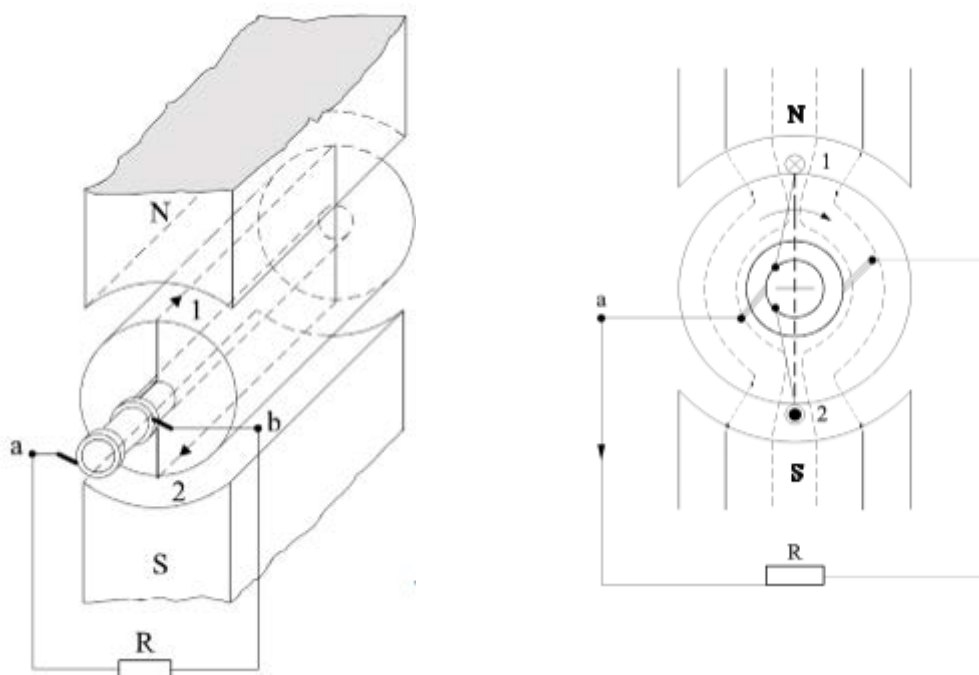
Induktionsprincippet anvendes i de maskiner, der inden for stærkstrømsteknikken benyttes til fremstilling af elektricitet.

Imellem to magnetpoler anbringes et cylindrisk anker af jern, som kan drejes rundt. Ankerviklingen består her kun af en vinding, hvis sider 1 og 2 befinder sig i luftmelle rummet mellem magnetpolerne og ankeret.

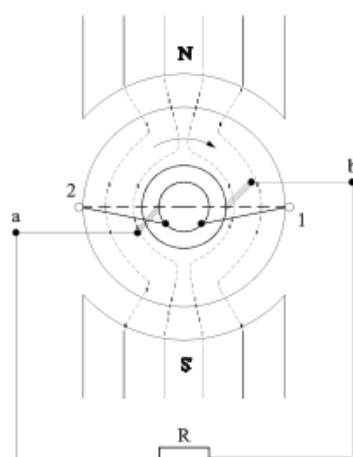
Viklingens ender er forbundet til to kontaktringe, og den inducerede strøm aftages gennem to børster, som glider på kontaktringene og er forbundet til maskinens ankerklemmer a og b.

Ved generatorprincippet påvirker man med en kraft lederen ind i magnetfeltet og får dermed induceret en spænding og følgelig en strøm gennem sløjfen.

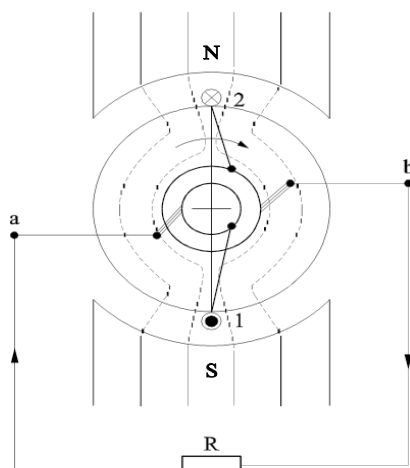
Betragter man en række stillinger af ankerviklingen under dennes rotation, vil der i den viste stilling være den største spændingsforskel mellem klemmerne a og b, idet viklingens sider her bevæger sig vinkelret på kraftlinierne, der er angivet ved punkterede linier.



Når ankeret drejes videre, vil den inducerede spænding blive mindre, fordi der pr. tidsenhed skæres færre kraftlinier, og når ankeret har drejet sig en kvart omdrejning, vil spændingen mellem klemmerne være nul, fordi viklingens sider nu bevæger sig parallelt med kraftlinierne.

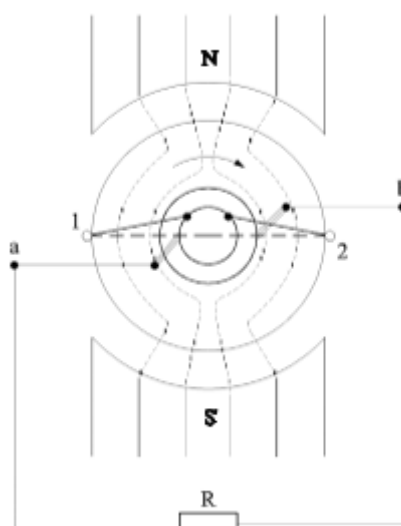


Efter yderligere en kvart omdrejning, vil spændingen mellem klemmerne a og b atter have den størst mulige værdi, men med modsat fortegn.



En kvart omdrejning senere vil spændingen mellem a og b atter være nul.

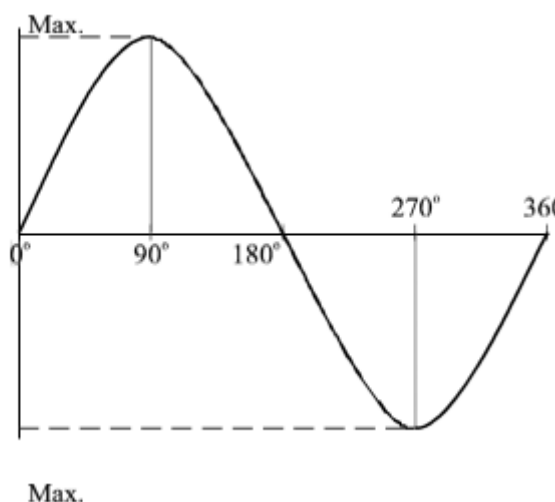
I løbet af den sidste del af omdrejningen vokser spændingen til den værdi, den havde i den først betragtede stilling.



Mellem klemmerne a og b vil der således fremkomme en periodisk varierende spænding, når ankeret drejes rundt mellem magnetpolerne.

Tiden for en periode er lig med tiden for en omdrejning. En spænding, der varierer på denne måde, kaldes en vekselspænding.

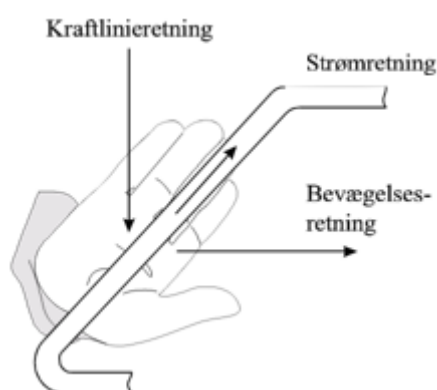
Ved passende udformning af magnetpolerne kan man opnå, at spændingen kommer til at variere efter en sinuskurve.



Generatorreglen

Ud fra Lenz's lov bestemmes strømretningen i ankerviklingen.

Man anbringer sin højre hånd således, at kraftlinierne går ind i håndflader, og tommelfingeren peger i bevægelsesretningen. Der går da strøm i retning af fingerspidserne.



Den inducerede spændings størrelse afhænger af:

- magnetfeltets styrke
- spolens bevægelseshastighed
- spolens vindingstal.

Opbygningen af generatorerne på de store kraftcentraler er noget anderledes end den her omtalte, hvor det er spolerne, der er fastsiddende, og magnetpolerne der roterer, men virkningen er den samme. Magnetfeltet i maskinen frembringes normalt ad elektromagnetisk vej.

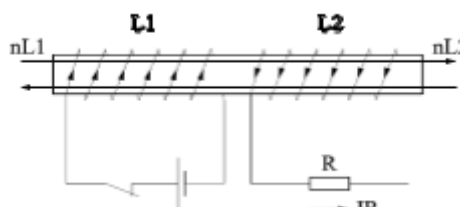
Ændres de magnetiske forhold om en leder, induceres der spænding i lederen.

Det variable magnetfelt, som indvirker på lederen, behøver ikke at stamme fra en bevægelig permanent magnet, men kan lige så godt hidrøre fra en elektromagnet. I visse tilfælde er det mere fordelagtigt at lade elektro- magneten være stillestående, men ændre magnetfeltet ved at ændre strømstyrken i magnetens spole. Man taler da om elektrodynamisk induktion.

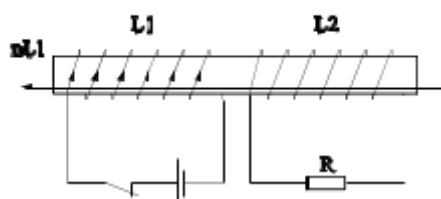
Forhold ved strømtilslutning

Sluttes den på tegningen viste afbryder, stiger strømmen i spolen L1. Derved frembringes et stigende magnetfelt, der ifølge højrehåndsreglen forløber i hele stål- kernen fra højre mod venstre.

Spolen L2 udsættes altså for et stigende felt med den viste retning. Der induceres en spænding, og da kredsen er lukket, vil der gå en strøm, der frembringer et felt modsat rettet feltet fra L1.



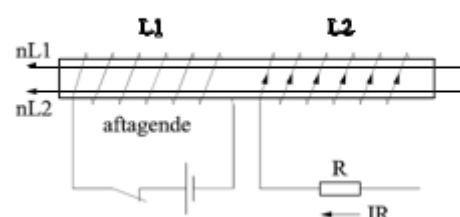
Stationær strøm



Når strømmen gennem L1, og dermed feltet, har nået en konstant værdi, ophører induktionsvirkningen.

Strømmen i L2 og feltet fra L2 forsvinder.

Strømafbrydelse



Afbrydes strømmen, vil feltet fra L1 være aftagende. Dette vil spolen L2 modsætte sig ved at frembringe et felt, der søger at bibeholde det aftagende felt fra L1, hvorved den inducerede spænding og strøm skifter retning.

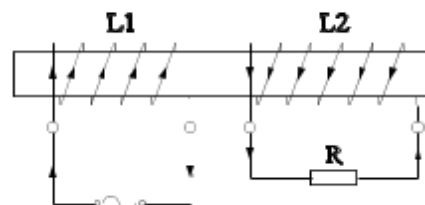
Sender man vekselstrøm gennem spolen L1, altså en varierende strøm, vil magnetfeltet ændres, og der vil derfor til stadighed induceres vekselspænding og vekselstrøm i spolen L2.

Den kraftigste virkning opnås, når den magnetiske modstand er mindst mulig.

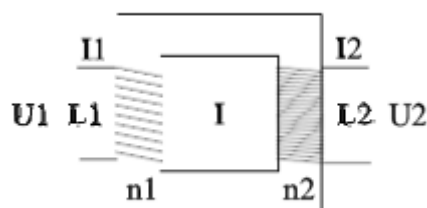
I reglen udformer man derfor jernkernen som en lukket ring.

Apparatet kaldes da en transformer, og L1 kaldes primærviklingen, mens L2 kaldes sekundærviklingen.

Transformerprincippet



I hver af sekundærspolens vindinger vil der induceres en vis vekselspænding, og da vindingerne er serieforbundne, kan der opnås fx 100 gange så stor spænding ved at udføre L2 med 100 vindinger i stedet for en. Udføres L2 med 100 gange så mange vindinger som L1, vil sekundærspændingen være ca. 100 gange primærspændingen.



Formeltegnet u angiver transformerens omsætningsforhold.

$$u = \frac{U1}{U2} = \frac{n1}{n2}$$