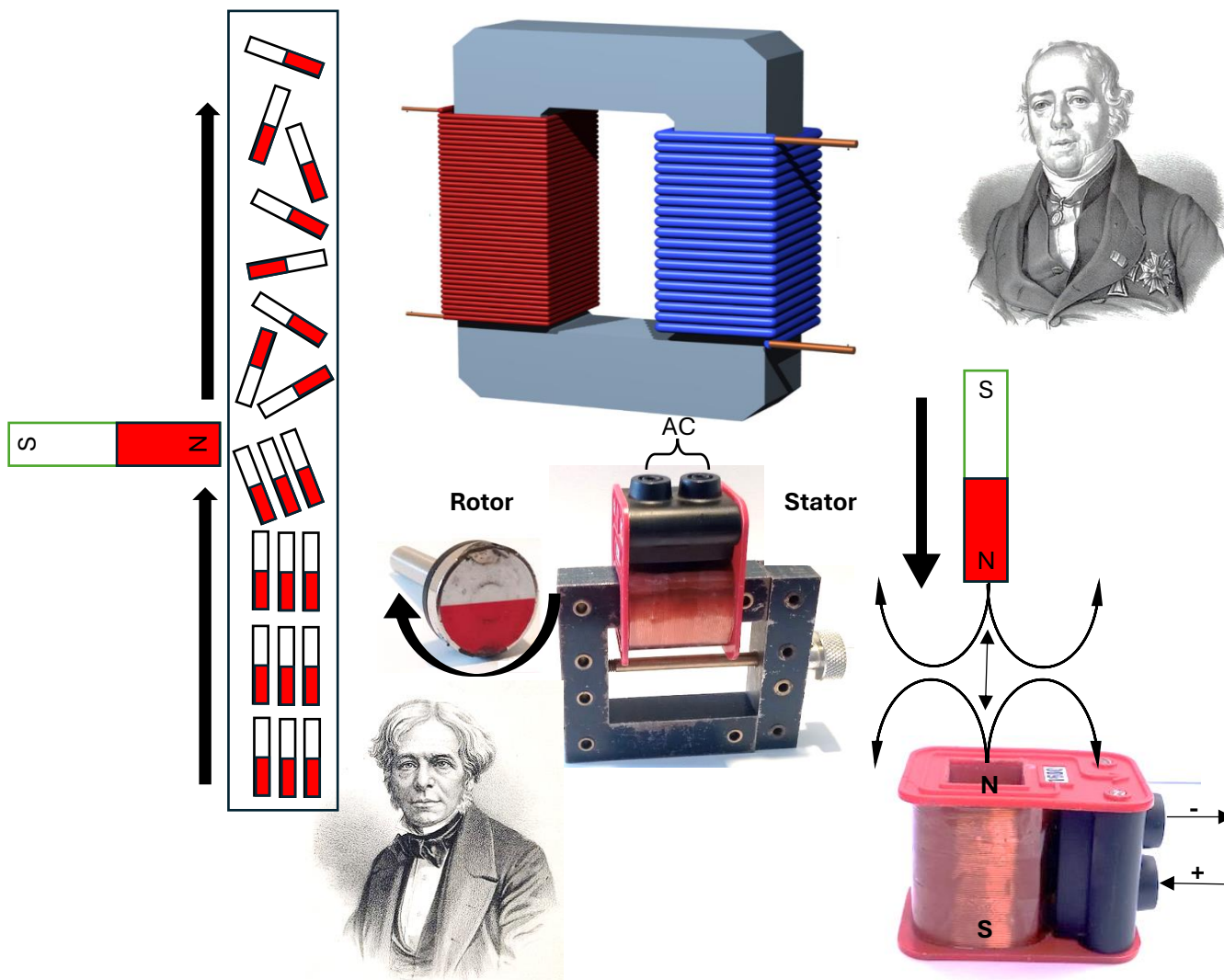


# Magnetisme & Elektromagnetisme



## Indhold

1.0 Magnetisme.....	2
2.0 Magnetisme & Magnetmodellen .....	7
3.0 Elektromagnetisme .....	12
4.0 Elektromagnetisme i hverdagen .....	15
5.0 Induktion .....	19
6.0 Induktion og strømproduktion .....	23
7.0 Transformatoren.....	28

Lavet i samarbejde med chatGpt4

## 1.0 Magnetisme

### 1. Magneter i Hverdagen

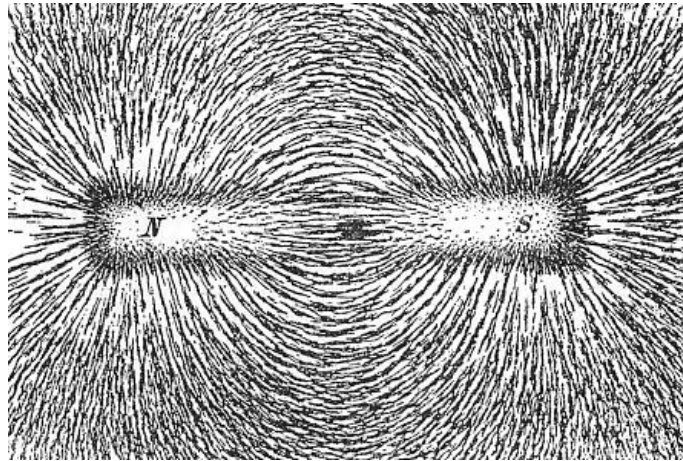
Magneter er en del af vores hverdag, og vi støder på dem oftere, end vi måske er klar over. Et simpelt eksempel er køleskabsmagneten, som mange har hængende på køleskabet. Denne magnet tiltrækker køleskabslågen, der er lavet af jern. Mange skabslåger bruger også små magneter til at holde dørene lukket. I legetøjsverdenen finder vi også magneter i ting som Geomags eller Brio-tog, hvor magneterne hjælper med at samle delene. Udover de synlige steder findes magneter også skjult i mange apparater. For eksempel bruger højttalere magneter til at skabe lyd, og elektriske magneter findes i mobiltelefoner, hvilket hjælper med vibrationer og sensorer. Magneter er altså overalt i vores hverdag, både synlige og skjulte, og de spiller en vigtig rolle i mange af de ting, vi bruger hver dag.

### 2. Magnetiske Metaller

Ikke alle metaller kan være magneter eller tiltrækkes af en magnet. Fra oldtiden har man vidst, at jern i visse former, som kaldes magnetit, var magnetisk. Ud over jern er også metallerne nikkel og kobolt magnetiske. Nikkel kender de fleste fra billige smykker, da det kan give nikkelallergi, mens kobolt er et sjældent metal, som bl.a. udvindes i kobberproduktion og bruges bl.a. i lithiumbatterier som findes i mobiler og bærbarcomputere. Der er også sjældne metaller som neodym, der bruges i meget kraftige magneter. Vigtigt er det at vide, at andre metaller som f.eks. kobber og aluminium ikke er magnetiske og ikke kan tiltrækkes af en magnet, hvilket ofte misforstås.

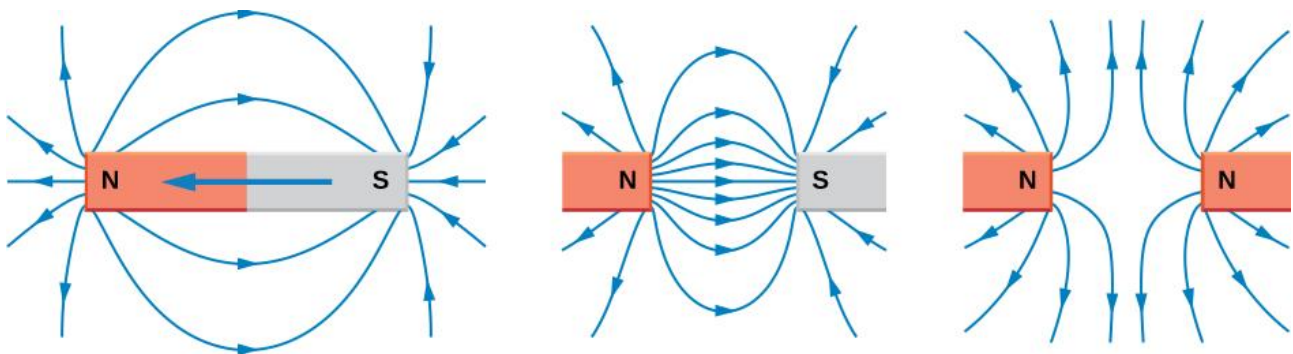
### 3. Magnetens Poler

En magnet har to poler: en nordpol og en sydpol. Nordpolen er ofte farvet rød, og sydpolen er ofte hvid. Huskereglen her er, at *"julemanden bor på Nordpolen, og hans farve er rød"*. Når man nærmer to forskellige poler til hinanden altså en Nordpol og en Sydpol, vil de tiltrække hinanden, mens to ens poler vil frastøde hinanden f.eks. to Nordpoler. Denne frastødning kan man bruge til praktiske ting som at få ting til at svæve i luften. I Japan har man for eksempel maglev-tog, der svæver og dermed kan køre meget hurtigere end normale tog. Magneter kan også midlertidigt gøre ting som jernsøm magnetiske, men jernsømmet mister så igen den magnetiske egenskab, når magneten fjernes.



#### 4. Magnetens Magnetfelt

Rundt om en magnet er der et magnetfelt, som består af feltlinjer. Hvis man tager en stangmagnet, lægger et stykke papir over og drysser jernspåner ud over, vil man kunne se at spånerne samler sig i linjer der går fra pol til pol. Disse linjer kalder man for feltlinjerne. Ved polerne stritter spånerne ud til alle sider, mens de ved midten ligger ned, hvilket viser, at magnetfeltet går hele vejen rundt om magneten og at magneten er stærkest ved enderne og svagest på midten.

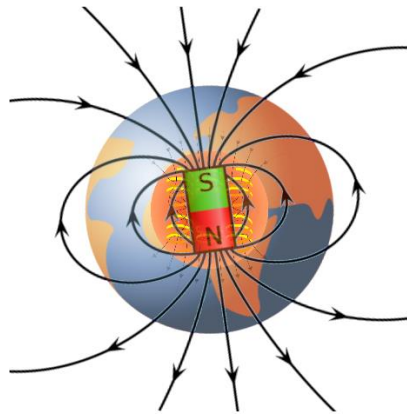


#### 5. Feltlinjer og Magnetisk Tiltrækning og Frastødning

Feltlinjerne har en retning, der går fra nordpol til sydpol. Denne retning kan forklare, hvorfor to nordpoler frastøder hinanden. Det gør de fordi feltlinjerne har samme retning og dermed giver en frastødende effekt. Omvendt vil en nordpol og en sydpol tiltrække hinanden, da feltlinjerne går i hver sin retning og skaber en tiltrækkende effekt. Selvom retningen af feltlinjerne er bestemt af os mennesker, ændrer det ikke på, hvordan tiltrækning og frastødning fungerer.

## 6. Forskellige typer af magneter

Ud over de klassiske stangmagneter findes der også andre former for magneter. En af de mest kendte er hesteskomagneten, der har formen som en hestesko. Hesteskomagneten er designet sådan, at dens to poler er tæt på hinanden, hvilket giver et stærkt magnetfelt mellem polerne. En anden type er rundmagneter, som er cirkulære og ofte bruges i højtalere og motorer.



## 7. Jordens Magnetfelt

Jorden har også et magnetfelt, som mange kender fra brugen af et kompas. Kompassets nordpol peger mod Jordens nordpol. Men som vi har lært, bliver en nordpol jo tiltrukket af en sydpol, så her må der være noget galt. Dette skyldes, at Jordens nordpol faktisk er en magnetisk sydpol - der er byttet rundt på det. Man skelner derfor mellem den geografiske Nordpol og den magnetiske nordpol. Den geografiske nordpol er derfor i virkeligheden den magnetiske sydpol.

Den magnetiske sydpol er heller ikke placeret det samme sted som den geografiske nordpol. De magnetiske poler flytter sig nemlig over tid en smule, og hver 200.000 år bytter de to poler plads pludselig plads viser forskningen. Når det sker vil det have stor betydning for livet på Jorden i det

Nøglebegreb	Forklaring

**Arbejdsspørgsmål:**

Kan du nævne et sted i din hverdag hvor man finder magneter?

Sæt kryds ud for de metaller som kan magnetiseres?

Metal	
Jern	
Guld	
Aluminium	
Kobber	
Nikkel	
Zink	
Sølv	
Kobolt	



Skriv hvad der er Nordpol og Sydpol på magneten:

Marker det rigtige forhold mellem magnetens poler:

	Tiltrækning	Fraastødning
Nord + Nord		
Nord + Syd		
Syd + Nord		
Syd + Syd		

Rundt om magneten er der et magnetfelt. Hvad består dette magnetfelt af?

Hvor er en magnetstærkest og svages?

Stærkest =

Svagest =

Prøv at tegn magnetfeltet rundt om magneten nedenfor:



Hvilken vej går feltlinjerne?

Prøv at tegn og forklar hvorfor to Nordpoler frastøder hinanden ved at bruge feltlinjernes retning



Tegn jordens magnetfelt og placer Den geografiske Nordpol og den Magnetiske Nordpol



Hvilken magnetisk pol findes på Nordpolen?

## 2.0 Magnetisme & Magnetmodellen

### 1. Naturvidenskabelige Modeller

I naturvidenskaben bruger vi modeller for at gøre det lettere at forstå virkeligheden. Modellerne er ofte forenklede versioner af virkeligheden, men de hjælper os med at forklare komplekse fænomener. For eksempel findes der både magnetisk og ikke-magnetisk jern. Hvad er det, der gør, at en stangmagnet af jern er magnetisk, mens et jernsøm ikke er det? Og hvorfor bliver jernsømmet magnetisk, når det kommer tæt på en magnet? For at forklare dette bruger vi en model kaldet magnetmodellen.



### 2. Magnetmodellen

Magnetmodellen kan forklare, hvorfor nogle stykker jern er magnetiske, mens andre ikke er det. Forestil dig en magnet, hvor der indeni er en masse mindre magneter. En stangmagnet er magnetisk, fordi de små magneter inden i er ordnet, så de alle peger samme vej. I et stykke jern, der ikke er magnetisk, ligger de små magneter *"bulter til bulter"* i totalt kaos. Når jernsømmet kommer tæt på en magnet, bliver de små magneter i sømmet ordnet, så de alle peger samme vej, og dermed bliver sømmet magnetisk. På billedet til højre kan man se, hvordan en stangmagnet har magnetiseret en skrue som så igen kan tiltrække en ny skrue. Fjernes skruerne fra stangmagneten er de ikke længere magnetiske.

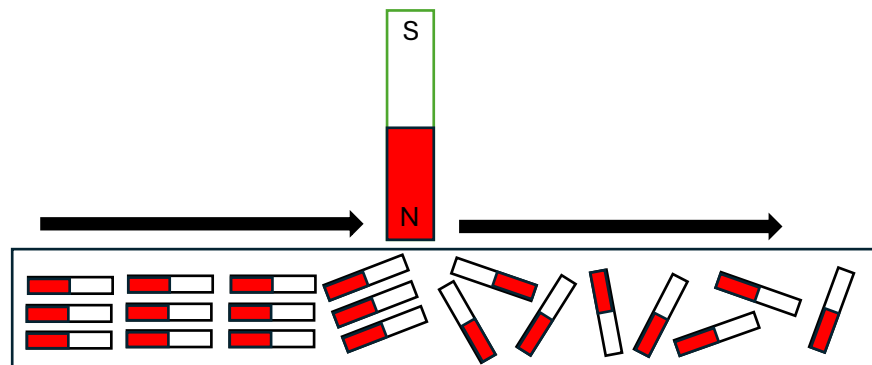


Denne model er dog ikke hele sandheden - der er jo ikke mindre magneter inde i magneten. Den egentlige forklaring involverer imidlertid elektroner, der spinner rundt om sig selv.



### 3. Afmagnetisering af en Magnet

I et fysiklokale er der mange stangmagneter – nogle gamle og slidte og andre nye. De nye er ofte kraftigere end de gamle, fordi de gamle magneter med tiden kan miste deres magnetisme. Dette sker, fordi de små magneter inden i magneten kan komme i uorden, for eksempel hvis man taber eller slår magneten hårdt ned i bordet. Det kan også ske, hvis man varmer magneten kraftigt op. I forhold til opvarmningen er der et sjovt fænomen kaldet curietemperaturen, hvor mange magnetiske materialer mister deres magnetisme når de bliver opvarmet til en bestemt temperatur.



### 4. Magnetisering af et Stykke Jern

Et stykke jern, der ikke er magnetisk, har små magneter i kaos. Ved at stryge en magnet langs jernet kan man få de små magneter til at lægge sig i orden. Hvis man gør dette mange gange, vil jernet blive mere og mere magnetisk. For eksempel, hvis man stryger en nordpol langs jernet, vil der opstå en sydpol i enden, fordi nord og syd tiltrækker hinanden.

### 5. Magnetprøven

Når man har lavet en magnet ved hjælp af en anden magnet, skal man kunne teste, om det nye stykke jern nu også er en magnet (magnetprøven). Mange vil mene, at hvis det kan tiltrække en anden magnet, så er det en magnet. Men da en magnet også kan tiltrække umagnetisk jern, er det ikke nok. Den rigtige test er at se, om den kan frastøde en anden magnet, for eksempel et kompas. Hvis den kan det, så er det en magnet.



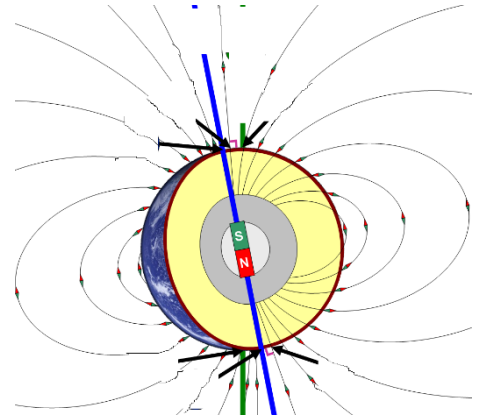
## 6. Forskellige Typer af Jern

Der er forskel på blødt jern og stål. Begge metaller er lavet af jern, men stål er meget hårdere end blødt jern. Blødt jern magnetiseres hurtigere end stål, men taber også hurtigere sin magnetisme igen. Stål tager længere tid om at blive magnetisk, men holder bedre på magnetismen.

## 7. Jordens Magnetfelt

I det forrige kapitel lærte vi, at Jorden har et magnetfelt, men ikke hvorfor. Jorden har et magnetfelt, fordi jordens kerne består af en jern- og nikkel. Den inderste del af kernen er fast, mens den ydre del er flydende. Det er i den flydende del, at magnetfeltet opstår på grund af elektriske strømme. Ikke alle planeter har et magnetfelt – Mars har for eksempel en

jernkerne, men da den er fast, har Mars ikke et kraftigt magnetfelt. Jordens magnetfelt beskytter os mod farlige partikler fra solen som kaldes for solvinden. Det gør magnetfeltet ved at fange partiklerne og føre dem ned til polerne. På vej ned gennem atmosfæren opstår fænomenet nordlys. Magnetfeltet spiller også en vigtig rolle i dyrs navigation, for eksempel trækfugle, der bruger det til at finde vej.



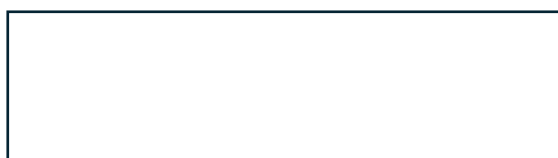
**Afslutning:** Det kan virke mystisk at det er i den flydende del af jordens kerne at magnetfeltet opstår. En stangmagnet er jo ikke flydende men alligevel magnetisk. I det næste kapitel skal vi se på hvordan disse elektriske strømme i den flydende jernkerne kan skabe et magnetfelt.

Nøglebegreb	Forklaring

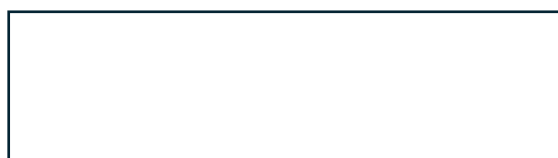
### Arbejdsspørgsmål:

Prøv at forklare hvad en model er og hvorfor man bruger dem i fysik?

Noget jern er magnetisk og andet er ikke. Prøv at tegn forskellen ved at bruge magnetmodellen:

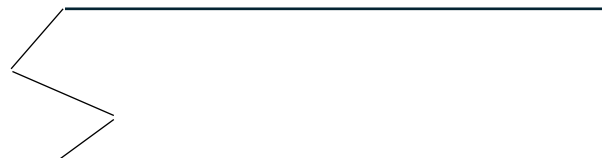
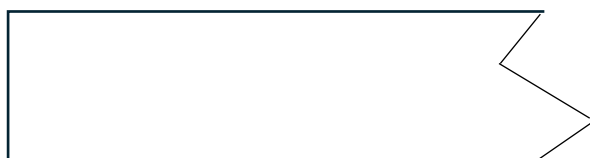


Umagnetisk Jern



Magnetisk Jern

Overvej hvad der sker når en magnet brækker over? (Start med at tegn magnetmodellen nedenfor på magneten som er brækket over på midten)



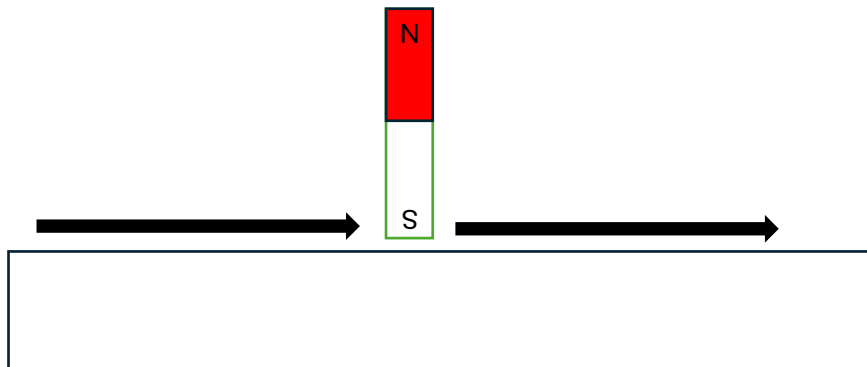
Hvad bliver resultatet?

Prøv at forklar, hvordan det kan være at et jernsøm der sættes fast på en magnet bliver magnetisk og kan tiltrække andre jernsøm. Men når sømnet fjernes er det ikke længere magnetisk?

Hvordan kan man afmagnetisere en magnet? (NB: man kan gøre det på 2 måder)

Hvis man er i tvivl om hvorvidt noget er en magnet kan man bruge magnetprøven. Men hvad går den ud på?

Overvej i forsøget nedenfor hvor Nord og Sydpol vil blive placeret på jernet (indtegn magnetmodellen)



Der findes forskellige typer af jern. Beskriv hvordan henholdsvis blødt jern og stål magnetiseres forskelligt

- Blødt Jern:
- Stål:

Hvad er det som gør at jorden har et magnetfelt?

Hvad beskytter jordens magnetfelt os imod?

Hvilket fænomen skabes i forbindelse med jordens magnetfelt ved polerne?

### Undringsspørgsmål:

Magnetmodellen er nok ikke den helt rigtige forklaring på magnetisme. Undersøg selv hvad elektronspin har med magnetisme at gøre?

Hvad er det som der egentlig sker når nordlys dannes (undersøg selv)

### 3.0 Elektromagnetisme

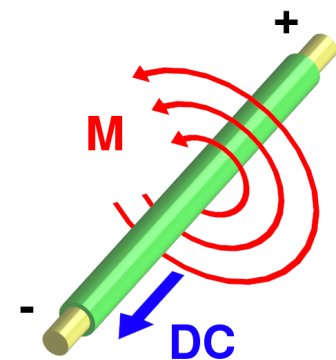
#### 1. Opdagelsen af Elektromagnetisme

I naturvidenskaben undersøger vi mange forskellige fysiske fænomener som magnetisme, elektricitet, tyngdekraft og meget mere. I starten af 1800-tallet (1820) gik en dansk forsker, H.C. Ørsted, rundt og tænkte over, om disse fænomener mon var forbundet på en eller anden måde. På det tidspunkt syntes mange, det var en underlig tanke. Men Ørsted viste gennem forsøg, at elektricitet og magnetisme er forbundet. Han opdagede, *at der opstår et magnetfelt omkring en ledning, når der løber strøm igennem den*. Selvom magnetfeltet er meget svagt, er det der, og det forsvinder, når strømmen slukkes. Denne opdagelse af elektro-magnetisme er en af de største i fysikkens verden og har enorm indflydelse på vores liv i dag. Det er nemlig grundlaget for, hvordan vi i dag producerer elektricitet.



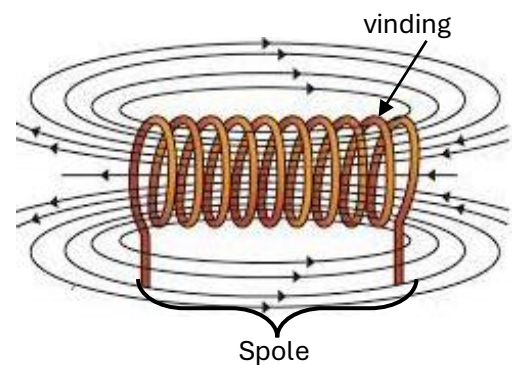
#### 2. Retningen af Magnetfeltet Rundt om en Ledning

Magnetfeltet rundt om en ledning har, ligesom en stangmagnet, en retning. Ørsted fandt ud af, at retningen af magnetfeltet afhænger af strømmens retning. Magnetfeltet løber hele vejen rundt om ledningen og kan dreje på to måder: venstre eller højre om. Ved at ændre strømmens retning kan man ændre magnetfeltets retning. Dette er en vigtig opdagelse, fordi det betyder, at vi kan kontrollere magnetfeltet og dermed magnetens poler ved blot at vende strømmens retning.



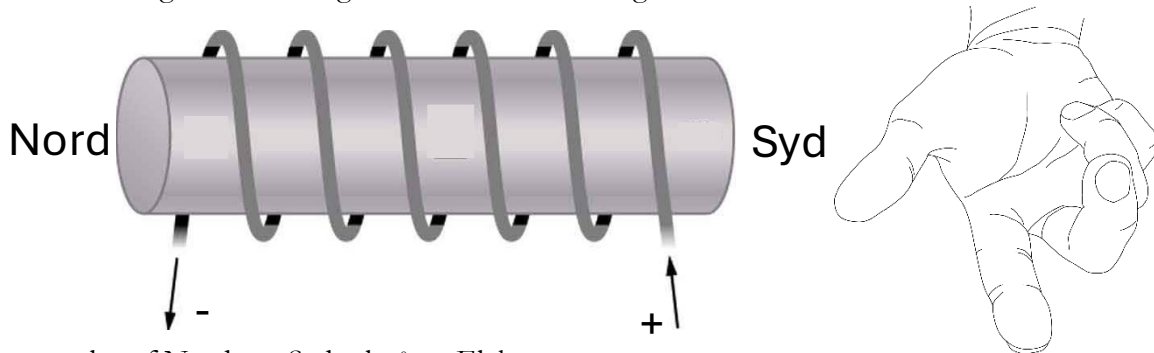
#### 3. Forstærkning af Magnetfeltet med en Spole

En lille stykke ledning i sig selv har et meget svagt magnetfelt, men man kan forstærke det ved at samle en lang ledning på et lille område. Dette gøres ved at vikle ledningen om et rør eller et stykke plastik. Hver gang ledningen vikles rundt kaldes det en vinding, og mange vindinger tilsammen kaldes en spole. En spole er altså en lang ledning samlet på et lille område, og jo flere vindinger spolen har, jo stærkere bliver magnetfeltet.



#### 4. Forstærkning af Magnetfeltet med en Jernkerne

Man kan forstærke magnetfeltet yderligere ved at lægge et stykke jern ind i spolens hulrum. Jern kan magnetiseres og forstærker derfor magnetfeltet. Når man kombinerer en spole og en jernkerne, kaldes det en elektromagnet. Typen af jern, man bruger, er vigtig. Blødt jern bruges ofte, fordi det magnetiseres hurtigere end stål og dermed forstærker magnetfeltet mere effektivt.

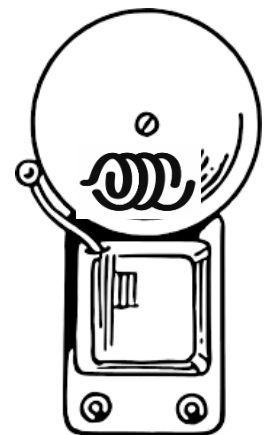


#### 5. Bestemmelse af Nord- og Sydpol på en Elektromagnet

Retningen af magnetfeltet afhænger af strømretningen, og ved hjælp af retningen kan man bestemme, hvor nord- og sydpolen er på en elektromagnet, er placeret. En af de regler, vi bruger, kaldes *gribereglen*. For at bruge gribereglen skal man bruge sin højre hånd og lægge den i strømmens retning (fra plus til minus). Man griber om spolen i den retning, vindingerne er viklet (højre om eller venstre om). Hvis man peger sin tommelfinger ud, vil den pege mod nordpolen.

#### 6. Strømmens Retning og Polernes Placering

Når man har lavet en elektromagnet og brugt gribereglen, kan man bestemme, hvor nordpolen er. Hvis man vender strømmens retning, vil polerne på elektromagneten bytte plads. Dette princip bruges i mange apparater. For eksempel fungerer en simpel ringeklokke ved at sende vekselstrøm (AC) ind i en elektromagnet. Vekselstrømmen løber frem og tilbage, hvilket får elektromagnetens poler til hele tiden at bytte plads. Dette får et stykke jern til at blive tiltrukket og falde tilbage, hvilket skaber en klokkeslag.



Vi har nu set, hvad en elektromagnet består af, og hvordan vi kan bestemme dens poler. I det næste kapitel skal vi lære, hvordan man kan skabe en meget kraftig elektromagnet – så kraftig, at den kan løfte en hel bil.

**Arbejdsspørgsmål:**

Hvad er det H.C Ørsted leder efter da han opdager elektromagnetismen?

Hvad er det han opdager der er rundt om en ledning og hvornår er det der?

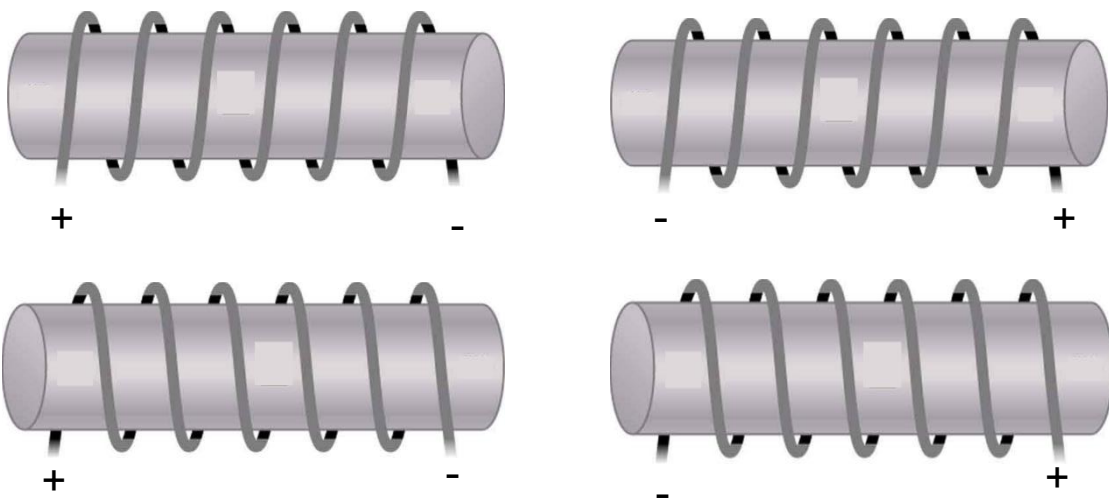
Hvad påvirker strømretning?

Hvad består en spole af?

Prøv at tegn en spole her:

Hvad består en elektromagnet af?

Med gribereglen kan man bestemme hvor Nord og Sydpol på en elektromagnet er. Prøv at brug gribereglen til at bestemme Nord og sydpolens placering på elektromagneterne nedenfor:



## 4.0 Elektromagnetisme i hverdagen

### 1. Hvad er en Elektromagnet?

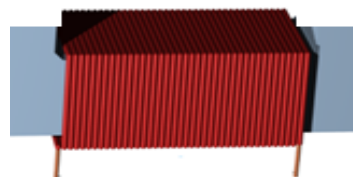
Lad os starte med at repetere, hvad en elektromagnet er. I starten af 1800-tallet opdagede den danske forsker H.C. Ørsted, at der opstår et svagt magnetfelt omkring en ledning, når der løber strøm igennem den. Denne opdagelse førte til fremstillingen af såkaldte elektromagneter, som består af en spole med en jernkerne indeni.

**Elektromagnet = Spole + jernkerne.**

Ørsteds opdagelse var banebrydende, da han så noget, som ingen andre før ham havde anet: *at elektricitet og magnetisme er forbundet.*



Få vindinger = Svag



Mange vindinger = Stærk

### 2. Vindingers Indflydelse på Elektromagnetens Styrke

I det tidligere afsnit har vi lært, at en *spole* består af mange *vindinger* af kobberledninger, der er samlet på et lille område. Antallet af vindinger påvirker, hvor kraftig en elektromagnet bliver. Jo flere vindinger, jo længere ledning, og jo stærkere magnetfelt. Dette betyder, at vi kan øge elektromagnetens styrke ved at tilføje flere vindinger til spolen.



1 A = Svagere



2 A = Stærkere

### 3. Andre Faktorer, der Påvirker Elektromagnetens Styrke

Ud over antallet af vindinger kan andre faktorer også påvirke en elektromagnets styrke. I elektricitet er der forskellige måleenheder, der kan måle forskellige ting i strømmen. For eksempel angiver spændingen (målt i volt) hvor stort det elektriske tryk er (eller hvor meget energi hver elektron har), mens strømstyrken (målt i ampere) måler, hvor mange elektroner der løber igennem ledningen pr.



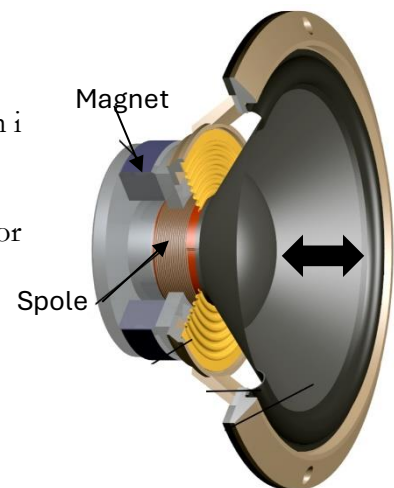
sekund. Når vi taler om elektromagnetens styrke, er det strømstyrken (ampere), der er vigtig. Jo flere ampere vi kan få ind i elektromagneten, jo stærkere bliver den. Dette giver mening, fordi flere elektroner, der løber igennem ledningen, skaber et stærkere magnetfelt.

#### 4. Praktisk Anvendelse af Elektromagneter

Elektromagneter kan være så kraftige, at de kan løfte en hel bil. En sådan elektromagnet vil have mange vindinger og en høj strømstyrke. Når man slukker for strømmen, mister elektromagneten sin kraft, og bilen frigives. Et andet vigtigt anvendelsesområde for elektromagneter er i hospitalernes MR-scannere. Her bruges et kraftigt magnetfelt til at se ind i kroppen og opdage sygdomme som kræft uden at skære folk op. Lad os se på to store anvendelser af elektromagneter: *højtalere* og *elektromotorer*.

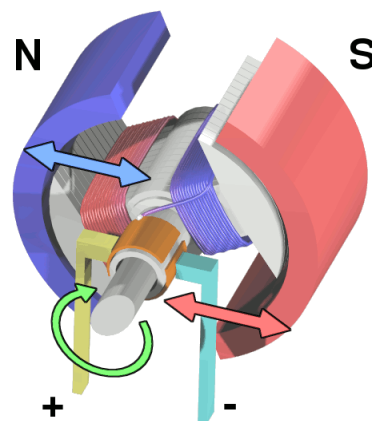
#### 5. Hvordan Fungerer en Højtaler?

En højttaler består af en almindelig magnet formet som en ring. Inden i ringen er der en elektromagnet. Når man afspiller musik fra f.eks. youtube kommer musikken i virkeligheden som en elektrisk strøm, hvor retningen af strømmen hele tiden skifter. Denne strøm løber ind i elektromagneten, og dermed ændrer nord- og sydpol sig efter strømmens retning. Afhængig af placeringen af nord- og sydpolen på elektromagneten skubbes den ind eller ud af den magnetiske ring pga. tiltrækning og frastødning. På elektromagneten er der fastgjort et stykke pap, som bevæger sig med elektromagneten. Da lyd er bevægelse af molekyler i luften, kan papstykkets bevægelser skabe lyd. Når man lægger sin finger på membranen af en højttaler, der spiller, kan man mærke disse bevægelser.



## 6. Hvordan Fungerer en Elektromotor?

Elektromotorer bruges i mange apparater som vaskemaskiner, hårtørrere og elbiler. En simpel elektromotor består af statiske magneter og en roterende elektromagnet. Når strøm løber igennem elektromagneten, dannes et magnetfelt, hvor nordpolen placeres overfor nordpolen på den statiske magnet. Da to ens poler frastøder hinanden, vil elektromagneten dreje om sin akse. Når elektromagneten har drejet sig 180 grader, skifter strømmen retning, og nord- og sydpol bytter plads. Dette får elektromagneten til at dreje konstant og kan drive hjulene i en bil eller blæseren i en hårtørrer.



### Afslutning

Ud af de mange anvendelser er elektromotoren den mest alsidige, fordi den ikke kun laver bevægelse ud fra elektricitet, men også kan producere elektricitet ud fra bevægelse. Dette fænomen kaldes induktion, som vi vil se nærmere på i det næste kapitel.

Nøglebegreb	Forklaring

**Arbejdsspørgsmål:**

Beskriv kort hvad det var H.C.Ørsted opdagede i starten af 1800 tallet:

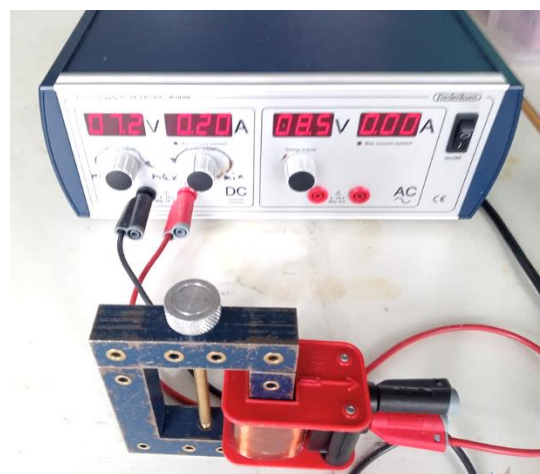
Hvad består en elektromagnet af?

Tegn nedenfor en stærk og en svag elektromagnet?

Svag

Stærk

Se på de 2 billeder nedenfor. Hvor vil man finde den stærkeste elektromagnet? (sæt kryds)



Hvad sker der med elektromagneten når man slukker for strømmen til den?

Hvordan ville musikken lyde, hvis elektromagneten i en højttaler ikke kunne ændre nord- og sydpol?

Hvorfor er det vigtigt at strømmen skifter retning i elektromagneten i en elektromotor?

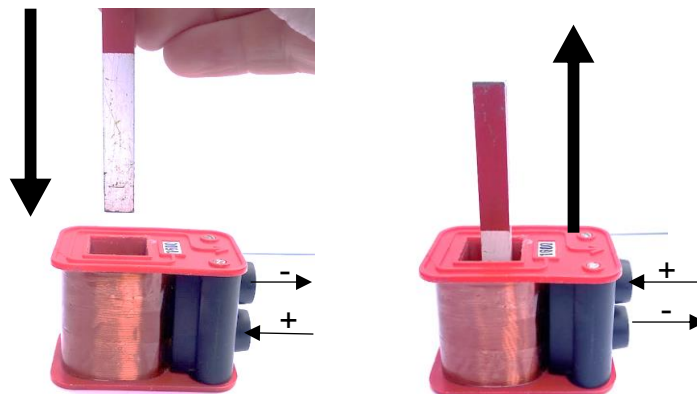
## 5.0 Induktion

### 1. Elektromagnetisme og Induktion

Da H.C. Ørsted opdagede, at der opstår et magnetfelt rundt om en ledning, når der løber strøm igennem den, blev vejen banet for fremstillingen af elektromagneter. Ørsteds opdagelse var banebrydende: *man kunne nu lave en magnet ved hjælp af elektricitet.* En anden berømt videnskabsmand, Michael



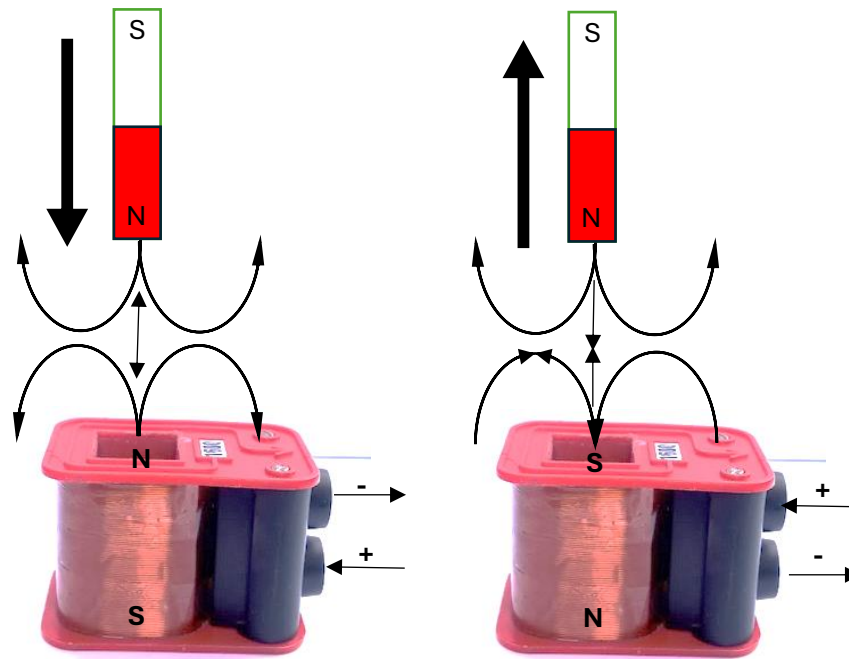
Faraday, tænkte at hvis man kan lave en magnet ud fra elektricitet kan man måske også gå den anden vej og *lave elektricitet ved at bruge en magnet.* Faraday opdagede, at når man førte en stangmagnet ind i en spole, blev der skabt elektricitet. Dette fænomen kaldte han for induktion, fordi "*inducere*" på latin betyder "*at føre noget ind i*".



### 2. Hvad Skaber Induktionsstrømmen?

Faraday fandt ud af, at når han førte en stangmagnet ind i en spole, begyndte der at løbe strøm i ledningen, som var forbundet til spolen. Men han bemærkede også, at når magneten stod stille inde i spolen, stoppede strømmen. Faraday fandt ud af, at for at der hele tiden skulle løbe strøm, skulle magneten hele tiden bevæge sig. *Det var ændringen i magnetfeltet, som skabte elektriciteten.*

Han bemærkede også, at når han stak magneten ind i spolen, løb strømmen den ene vej, og når han trak magneten ud, løb strømmen den anden vej. Strømmen skiftede altså retning, hvilket er tilfældet i vekselstrøm (AC). Han havde altså lavet *vekselstrøm*.



### 3. Hvorfor Skabes der en Strøm? – Lenz' Lov

Det kan virke mystisk, at der opstår vekselstrøm, og at det er ændringen i magnetfeltet, der skaber en strøm. Ifølge Lenz' lov *modsetter naturen sig forandringer*. Når man for eksempel fører en nordpol ind i en spole, vil spolen prøve at frastøde nordpolen ved selv at lave en nordpol. To ens poler frastøder hinanden, og for at spolen kan lave en nordpol må der løbe en strøm igennem spolen i en bestemt retning. Når man trækker magnetens nordpol ud af spolen, vil naturen igen prøve at modsætte sig forandringen. Det gør spolen ved at lave en sydpol, som kan tiltrække nordpolen på magneten. For at lave en sydpol i spolen må strømmen løbe den modsatte vej. Denne proces forklarer, hvorfor der opstår vekselstrøm (AC), og hvorfor det kun er ved ændringen i magnetfeltet, at der skabes en strøm.

### 4. Faktorer, der Påvirker Induktionsstrømmens Styrke

Der er tre forhold, som påvirker, hvor meget spænding (målt i volt) der produceres:

- **Magnetens Styrke:** Jo kraftigere et magnetfelt, jo mere induktionsstrøm produceres.
- **Spolens Størrelse:** Jo flere vindinger spolen har, jo mere induktionsstrøm kan der produceres.
- **Hastighed:** Jo hurtigere magnetfeltet ændrer sig, jo mere induktionsstrøm laves.

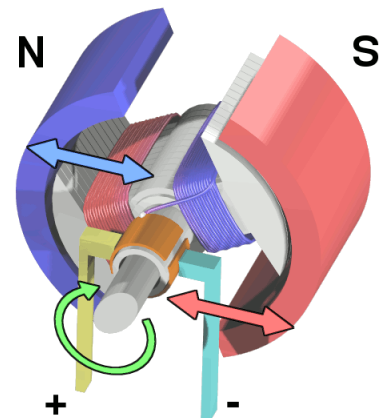
### 5. Anvendelse af Induktion – Cykellygter

En praktisk anvendelse af induktion ses i cykellygter, også kaldet dynamoer. Disse lygter kræver ikke batterier, men virker ved bevægelse. På cyklen er der monteret små magneter på hjulets eger. Når hjulet drejer rundt, bevæger disse magneter sig forbi lygten, som består af en spole + jernkerne (elektromagnet). Bevægelsen af magneterne forbi spolen skaber altså induktionsstrøm, som får pæren i lygten til at lyse. Moderne cykellygter bruger små pærer kaldet dioder, som kan lyse kraftigt ved en svag strøm.



### 6. Elektromotor som Generator

Et apparat, der udnytter induktionsprincippet til at lave strøm, kaldes en *generator*. Generators bruges mange steder og er alle baseret på at omdanne bevægelse til elektricitet. En elektromotor, som vi gennemgik i forrige kapitel, kan faktisk også fungere som en generator. Elektromotoren består af en elektromagnet og en statisk magnet, som kan bevæge sig i forhold til hinanden – dette er princippet i induktion. Moderne elbiler udnytter dette fuldt ud. Når man



trykker på speederen, fungerer motoren som en elektromotor. Når man slipper speederen, fungerer elektromotoren som en generator, der omsætter hjulenes bevægelser til elektricitet, som oplader batteriet. Dette bremser også bilen og giver mindre slid på bremsesystemet. Ved at køre fornuftigt kan man omdanne tabt energi ved bremsning til ny energi i batteriet og dermed køre længere.

Nøglebegreb	Forklaring

**Arbejdsspørgsmål:**

Hvis man kan lave en magnet ud af elektricitet - hvad opdagede Faraday så også at man kunne?

Hvad kaldte han sin opdagelse?

Hvornår opstår der en strøm i en spole?

Hvilken type strøm laves når man fører en magnet ind og ud af en spole?

Prøv at forklare hvad der sker i spolen når man fører en stangmagnets nordpol ind i den?

Prøv at forklare hvad der sker i spolen når stangmagneten står stille inde i spolen?

Prøv at forklare hvad der sker i spolen når stangmagneten trækkes ud af spolen?

Hvis du skulle lave en meget stor induktionsstrøm hvad ville du så anvende (husk 3 forhold påvirker det):

Hvordan fungerer en cykel dynamo?

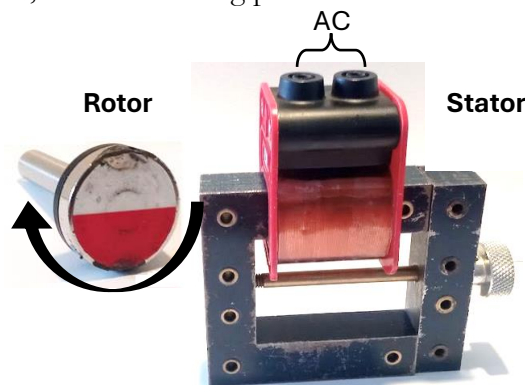
Beskriv hvad fordelene i en elmotor i en elbil ud over at den kan få bilen til at køre?



## 6.0 Induktion og strømproduktion

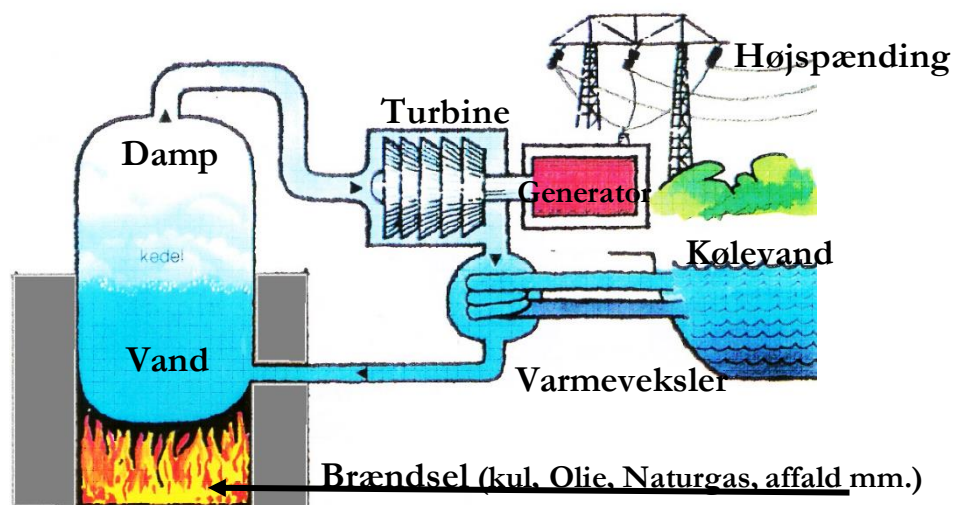
### 1. Induktion - En Kort Repetition

Faraday opdagede, at man kan lave elektricitet ved hjælp af en magnet og en spole. Den producerede strøm kaldte han for *induktionsstrøm*. På det tidspunkt kunne man kun lave elektricitet gennem batterier, så det var en stor opdagelse. Han fandt ud af, at det var ændringen af magnetfeltet inde i spolen, som skabte en strøm i spolen. Den strøm, der bliver produceret, er af typen vekselstrøm (AC). Faradays opdagelse blev grundlaget for, hvordan vi i dag producerer elektricitet i moderne samfund ved hjælp af generatorer.



### 2. Hvordan en Generator er Opbygget

En simpel generator kunne bestå af en rund magnet, der kan rotere. Denne kaldes for rotoren i generatoren. Rundt om denne magnet er placeret en eller flere elektromagneter (altså en spole med jernkerner). Disse kaldes for statoren. Når den runde magnet roteres, vil dens magnetfelt inducere en strøm i elektromagneterne, fordi magnetfeltet inde i dem ændrer sig. Den strøm som produceres er vekselstrøm (AC).



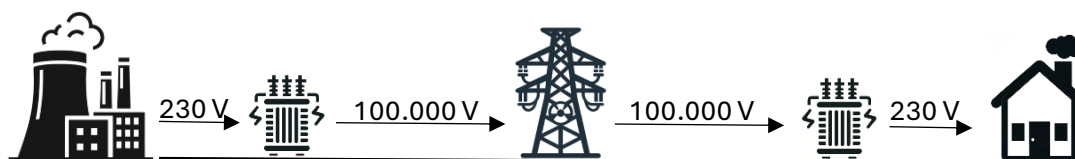
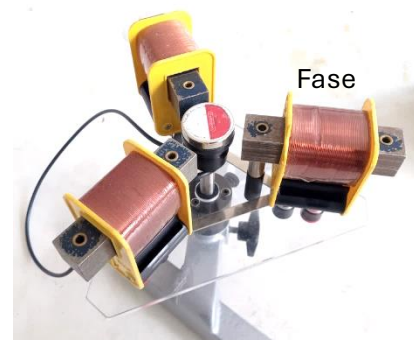
### 3. Hvordan en Generator Fungerer på et Kraftværk

Et kraftværk er et sted, der producerer elektricitet og ofte også varme. Dette kan gøres på mange måder, men en udbredt metode er at brænde noget af, f.eks. kul, olie, naturgas, affald eller træ. Når det

brænder, opvarmes en masse vand, som begynder at koge og gå over i dampform. Dampen er i et lukket system og kan ikke slippe ud, hvilket skaber et højt tryk og temperatur. Dampen ledes forbi en turbine, som fungerer som en vindmølle drevet af damp i stedet for vind. Turbinen omdanner den varme damp til en roterende bevægelse, som drejer rotoren i generatoren. Herved laver kraftværket elektricitet ved at omdanne noget brandbart materiale til elektricitet.

#### 4. Den Strøm, Generatoren Producerer på Kraftværket

Generatoren på et kraftværk har teknisk set tre elektromagneter i statoren. Ved at have tre elektromagneter produceres tre elektriske strømme, som hver kaldes en fase. I Europa roterer rotoren med en hastighed på 50 rotationer i sekundet, hvilket måles i enheden Hertz (Hz). Derfor siges det, at strømmen i Europa er på 50 Hz, i modsætning til USA, hvor den er på 60 Hz. Den elektricitet, der kommer ud af en af elektromagneterne, er på 230 Volt. Tilsammen kan de tre faser producere 400 V, hvilket kaldes 3-faset strøm. Dette kan umiddelbart virke matematisk forvirrende, men af forskellige matematiske grunde bliver det kun til 400 V og ikke 690 V.



#### 5. Hvordan Elektriciteten Transporteres til Forbrugerne

Transporten af strømmen er ikke så enkel som at trække en lang ledning ud til forbrugerne. Selv i den bedste ledning er der en lille modstand mod strømmen, hvilket omdanner elektriciteten til varme. Jo længere ledningen er, jo mere modstand er der. Hvis elektriciteten skal transporteres over lange afstande, vil meget af elektriciteten derfor blive omdannet til varme i ledningerne, hvilket man gerne vil undgå. Derfor har man fundet på en smart løsning: *Hvis man ændrer de 230 Volt til f.eks. 100.000 - 400.000 Volt, mister mindre af elektriciteten.* Dette kaldes *højspænding*.

Ude på landet kan man ofte se høje master med højspændingsledninger, som transporterer elektriciteten over lange afstande. Når elektriciteten når frem til f.eks. en landsby, kan den høje spænding ændres tilbage til 230 Volt, som så føres via ledninger i jorden ud til de enkelte huse.

## 6. Hvorfor Højspænding Mindsker Energitab

Højspænding er meget farligt for mennesker at komme i kontakt med og kan medføre døden. Denne risiko er samfundet villig til at tage fordi: *Der tabes mindre elektricitet, når strømmen transporteres ved højspænding.* Forklaringen findes i Joules lov:

$$P = R * I^2 \quad (\text{Effekt} = \text{Modstand} * \text{Strømstyrke}^2)$$

Denne lov kan bruges til at beregne energitabet i et system. Lad os se på hvad der sker i et kredsløb med en modstand på  $1 \Omega$ , men med forskellige strømstyrker (som måles i Ampere):

$$P = 1 \Omega * 1^2 \text{ A} = 1 \text{ W}$$

$$P = 1 \Omega * 10^2 \text{ A} = 100 \text{ W}$$

Det står klart, at jo større strømstyrken er, jo mere energi vil der blive tabt. Derfor gælder det om at få en så lav strømstyrke som muligt, når elektriciteten transporteres. *Men hvordan hænger den høje spænding sammen med strømstyrken?* Forklaringen er simpel - når man øger spændingen (antal Volt), sænker man tilsvarende strømstyrken (Ampere). Man kunne altså også kalde højspændingskabler for lavstrømstyrke kabler.

Afslutning:

Man kan godt undre sig over, hvordan spændingen af elektricitet kan ændres. Det er heller ikke så enkelt, som man skulle tro, og det er det, næste kapitel skal handle om. Ændringen af spændingen kaldes også *transformation*.

Nøglebegreb	Forklaring

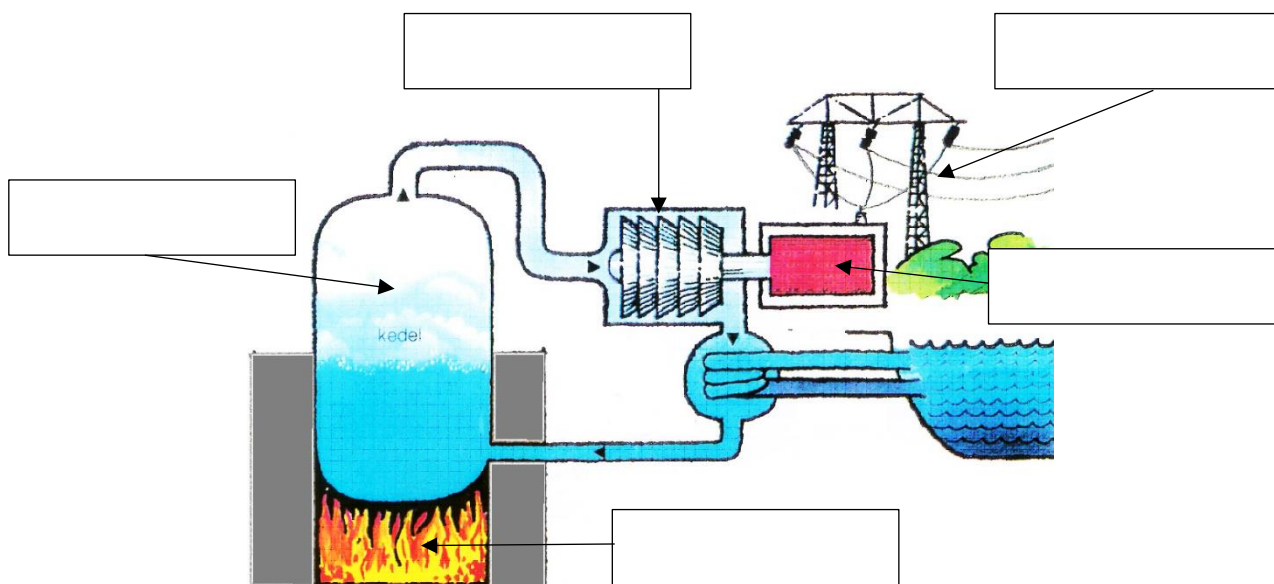
**Arbejdsspørgsmål:**

Hvad kan en generator lave?

En Generator består af en Stator og Rotor. Prøv at forklar hvad de hver især gør

- Stator:
- Rotor:

Sæt de rigtige ord ind i boksene:



Prøv at forklare hvilken rolle turbinen har i kraftværket?

Når man siger at elektriciteten i DK er på 50 Hz. Hvad mener man så egentlig?

På hvor mange volt er en fase på - og hvor meget er 3 faset strøm på?

- En Fase:
- Tre Faset strøm:

Når man transporterer elektricitet over lange afstande forsvinder noget af den energi der er i elektriciteten. Prøv at forklare hvorfor?

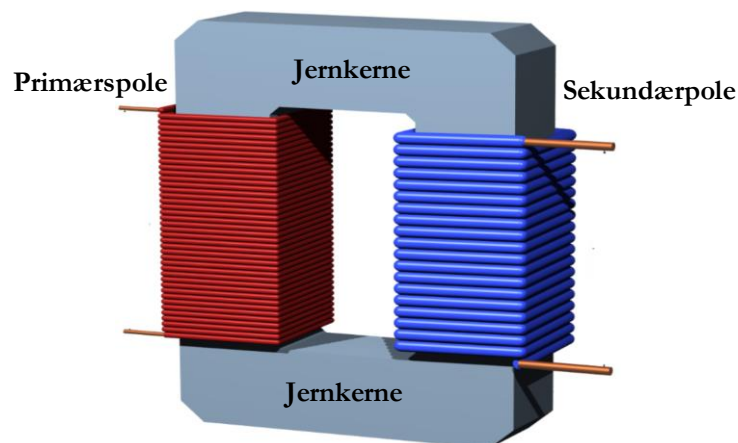
Når man snakker om højspænding - hvor mange Volt snakker man så op at der er i ledningerne?

Prøv at forklare hvad ideen med at sætte spændingen op i højspændingsledningerne er?

## 7.0 Transformatoren

### 1. Repetition af Strømproduktion og Transport

I forrige kapitel lærte vi, at kraftværker producerer elektricitet ved hjælp af en generator. Denne generator bruger princippet, som Faraday opdagede: *at et ændret magnetfelt i en spole skaber elektricitet*. Den producerede strøm er vekselstrøm (AC), hvor strømmens retning hele tiden skifter, i modsætning til jævnstrøm (DC), hvor strømmen kun løber i én retning. Generatoren sender elektriciteten ud til forbrugerne gennem højspændingsledninger. *Men hvordan ændres spændingen?*

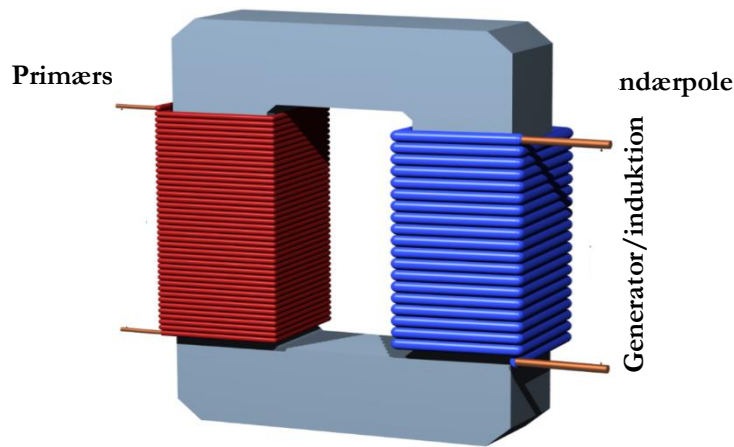


### 2. Opbygning af en Transformator

En transformator er et apparat, der kan ændre eller *transformere* spændingen af elektriciteten. Hvis man åbner en transformator, vil man finde to spoler, som er forbundet af en firkantet jernkerne. Jernkernen går gennem midten af de to spoler. En spole og en jernkerne kaldes også for en elektromagnet. Derfor kan man sige, at en transformator består af to elektromagneter, som er forbundet af en jernkerne. Den ene spole kaldes *den primære spole*, og den anden kaldes *den sekundære spole*.

### 3. Hvad sker der i den Primære Spole

Når man sender strøm ind i den primære spole, skabes der et magnetfelt, fordi det er en elektromagnet. Hvis man sender jævnstrøm (DC) ind i den primære spole, vil der blive skabt et permanent magnetfelt. Hvis man derimod sender vekselstrøm (AC) ind i den primære spole, vil strømretningen hele tiden skifte. Da placeringen af nord- og sydpolen på elektromagneten afhænger af strømretningen, vil magnetfeltet, der skabes i den primære spole, hele tiden skifte retning. I Danmark sker dette 100 gange i sekundet (50 Hz).

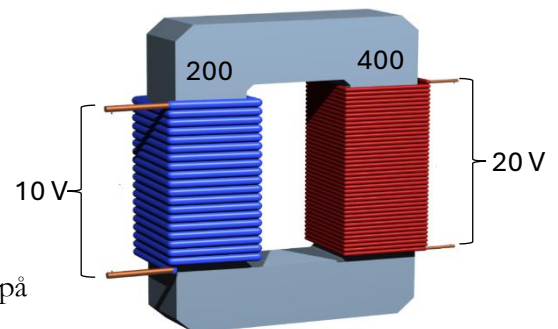


#### 4. Hvad sker der i den Sekundære Spole

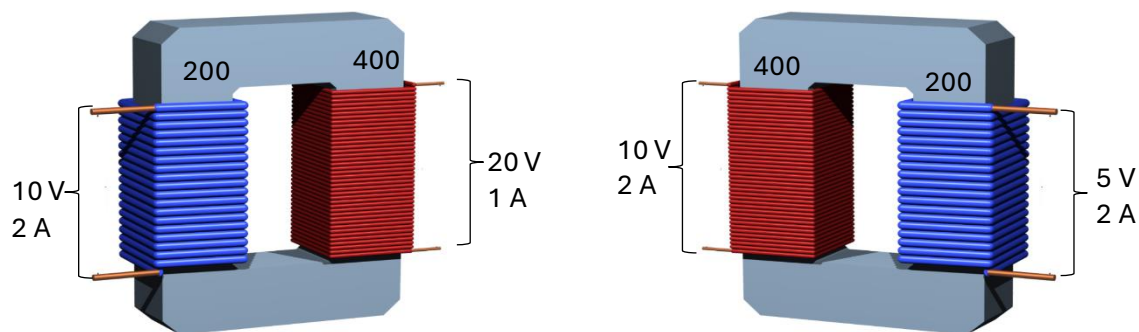
Når den primære spole bliver magnetiseret af strømmen, bliver jernkernen også magnetisk. Dette magnetfelt vandrer gennem jernkernen og ned i den sekundære spole. I den sekundære spole ændres altså magnetfeltet, og som vi har lært, skaber en ændring i magnetfeltet i en spole en strøm. I den sekundære spole opstår der derfor en *induktionsstrøm*. Hvis man sender jævnstrøm ind i den primære spole, vil der kun opstå en kortvarig induktionsstrøm i den sekundære spole, fordi induktionsstrøm kun skabes, når magnetfeltet ændres. Hvis man derimod sender vekselstrøm ind i den primære spole, vil magnetfeltet i den primære spole hele tiden skifte retning, hvilket også vil gøre sig gældende i den sekundære spole. Derfor vil vekselstrøm altså resultere at der opstår en permanent strøm i sekundærspolen. Derved vil strømmen løbe ind i den primære spole og også ud af den sekundære spole. Primærspolen fungerer som en elektromagnet, mens sekundærspolen fungerer som en generator.

#### 5. Ændring af Spændingen

Styrken af induktionsstrømmen afhænger blandt andet af størrelsen af spolen, altså antallet af vindinger. Dette udnytter man i en transformator. Hvis man for eksempel har 200 vindinger på primærspolen og 400 vindinger på sekundærspolen, vil der blive lavet en dobbelt så stærk induktionsstrøm i sekundærspolen. Derfor, hvis man sender 10 volt ind i primærspolen, vil strømmen, der kommer ud af sekundærspolen, være på 20 volt, fordi der er sket en fordobling af antallet af vindinger fra primær- til sekundærspolen. Hvis man gør det omvendte, altså har 400 vindinger på primærspolen og 200 vindinger på sekundærspolen, vil de 10 volt blive til 5 volt i sekundærspolen. På denne måde kan man sætte spændingen op eller ned ved at ændre antallet af vindinger i transformatoren.







## 6. Strømstyrke i en Transformator

Det kan virke mystisk, at man kan ændre 10 volt til 20 volt, som om der pludselig kommer mere energi ud af strømmen. Tænk, hvis det var en pengemaskine, der kunne det samme – så kunne man hurtigt blive meget rig! Men den ekstra spænding opstår på bekostning af noget andet, nemlig strømstyrken. Når spændingen fordobles i sekundærspolen, halveres strømstyrken tilsvarende i sekundærspolen. Hvis vi tager eksemplet fra forrige afsnit, hvor der blev sendt 10 volt ind i primærspolen, som blev fordoblet til 20 volt i sekundærspolen, vil strømstyrken i primærspolen være 2 ampere og blive til 1 ampere i sekundærspolen. Dette gælder også omvendt; hvis spændingen halveres, fordobles strømstyrken tilsvarende.

## 7. Anvendelse af Transformatorer i Hverdagen

I forrige kapitel beskrev vi, hvordan strømmen fra kraftværkerne blev lavet om til højspænding. Denne ændring af spændingen sker inde i store transformatorer. Derudover bruges transformatorer i mange apparater. De fleste apparater er ikke så glade for de 230 volt, der kommer ud af en stikkontakt. En computer, afhængigt af mærket, kan bedst lide omkring 15-20 volt. Inde i opladeren, som følger med til de fleste bærbare computere, sidder der en transformator, der laver de 230 volt om til f.eks. 15 volt. Princippet i transformation bruges også i induktionskogeplader. I kogepladen er der en stor elektromagnet, og i grydens bund er der en vinding. Ved at gå fra mange vindinger til meget få vindinger stiger antallet af ampere i grydens bund voldsomt, hvilket gør grydens bund meget varm.

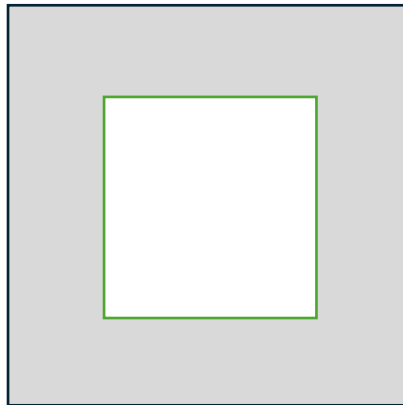
**Afslutning:** Transformatorer spiller en vigtig rolle i vores hverdag. Uden dem ville verden se anderledes ud, og uden H.C. Ørsteds opdagelse ville verden formodentlig ikke være så elektrificeret som i dag. Så når du tænder lyset på dit værelse, kan du sende en lille tak til H.C. Ørsted og hans

nysgerrighed på verden.

**Arbejdsspørgsmål:**

Hvad består en transformator af?

Prøv at tegn en transformator og skriv primærspolen og sekundærspolen ved de rigtige spoler

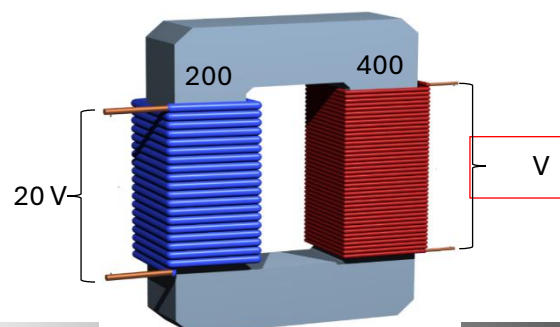


Forklar hvad der sker henholdsvis i primærspolen og sekundærspolen

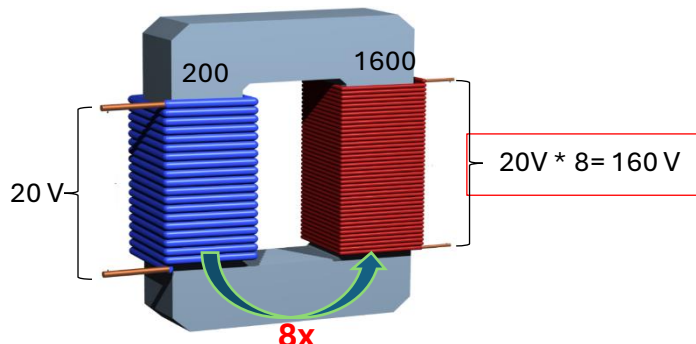
- Primærspolen:
- Sekundærspolen:

Prøv at forklare hvorfor transformatoren kun vil virke med Vekselstrøm?

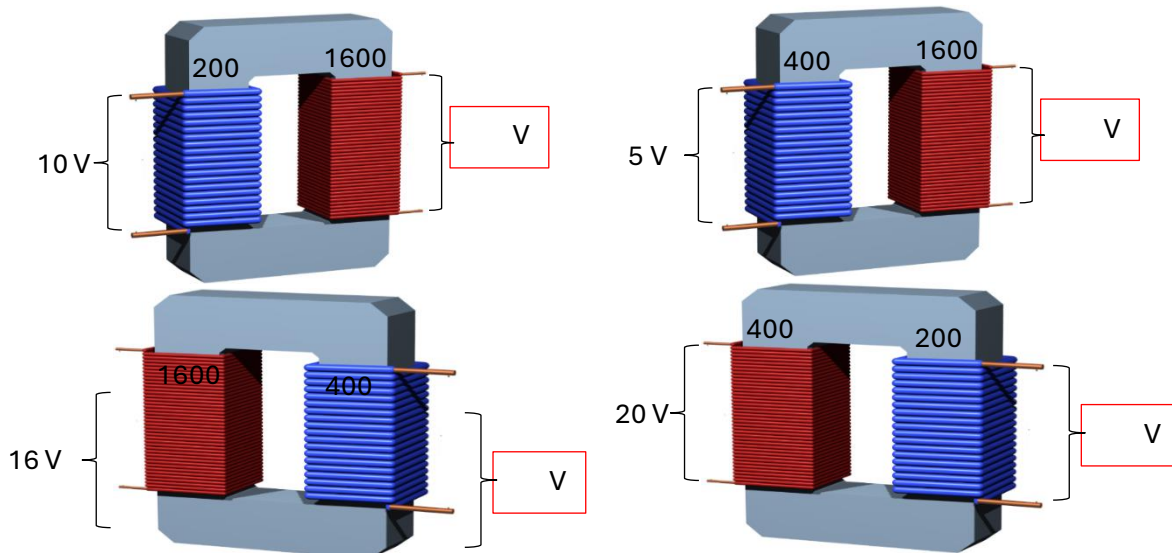
Hvis man har en transformator hvor der på primærspolen er 200 vindinger og på sekundærspolen er 400 og man sender 20 Volt ind i primærspolen. Hvor mange Volt kommer der så ud af sekundær?



Nedenfor ses en transformator hvor primær er på 200 vindinger og sekundær på 1600. Her er forholdet mellem de to spoler  $1600 / 200 = 8$ . Dvs. at spændingen ændres med en faktor 8.



Brug det du har lært om transformatoren til at bestemme den manglende spænding (Volt)



Brug det du har lært om transformatoren til at bestemme den manglende strømstyrke (Ampere)

**HUSK** at der sker det omvendte med strømstyrke i forhold til spænding

