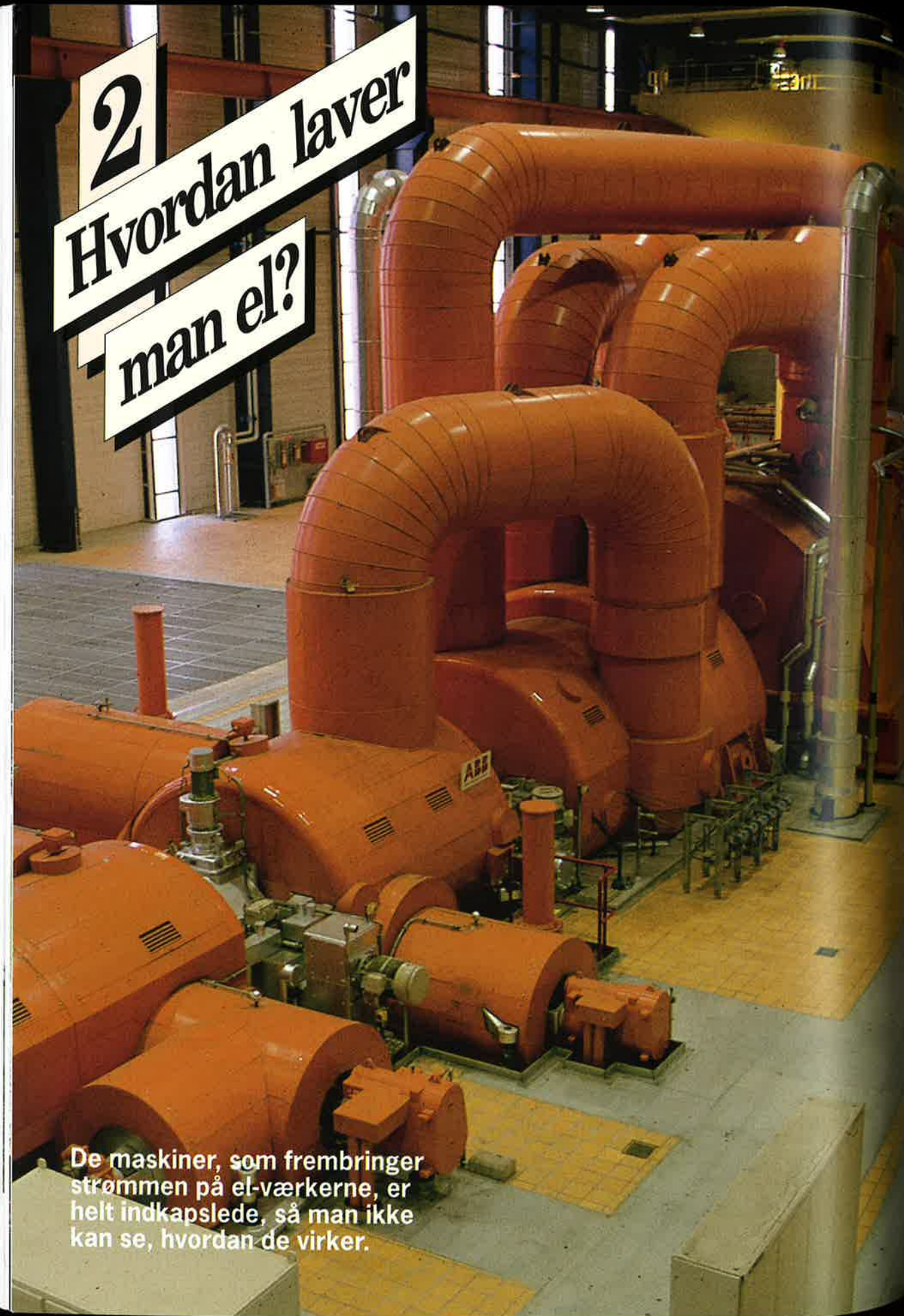


2 Hvordan laver man el?



De maskiner, som frembringer strømmen på el-værkerne, er helt indkapslede, så man ikke kan se, hvordan de virker.

Vi kigger indenfor på et el-værk
De maskiner, som frembringer strømmen på el-værkerne, kaldes el-generatorer.



Hvordan virker en el-generator?

El-generatoren fungerer efter et princip, som blev opdaget af den engelske fysiker Michael Faraday i 1831.

Faradays opdagelse byggede på den danske fysiker H.C. Ørstedes opdagelse af elektromagnetismen i 1820.

Faraday tænkte, at hvis Ørsted kunne lave magnetisme ved hjælp af strøm, så måtte man også kunne gå den modsatte vej og lave strøm ved hjælp af magnetisme!

Faraday tumlede længe med problemet og udførte adskillige eksperimenter med magneter og spoler, inden det lykkedes for ham at frembringe elektrisk strøm.

Laboratorieopgave 1

Vi laver en strømkilde

I denne laboratorieopgave skal I selv prøve, om I kan lave en strømkilde ved hjælp af en spole og en magnet.



Induktion

I laboratorieopgave 1 så I, at I kunne frembringe en lille, kortvarig spænding på forskellige måder. I kunne for eksempel bevæge en magnet ind i eller ud af en spole, eller føre magneten hen mod eller væk fra en jernkerne, som var anbragt i spolen.

Den proces, der foregår, når en magnet bevæges i forhold til en spole, kaldes *induktion*. Vi siger, at der *induceres* en spænding i spolen.

Vi vil nu undersøge, hvad der bestemmer denne spændings størrelse.

Hertil vil vi anvende et oscilloskop, som blandt andet har den fordel, at det bedre end et almindeligt voltmeter kan følge hurtige ændringer af spændingen.

Når en magnet bevæges i forhold til en spole, induceres der en spænding i spolen.

DU FORSTÅR DA OGSÅ AT LAVE SPÆNDING...



FELLESFORSØG

Hvad afhænger spændingen af?

Vi forbinder en spole med 1200 vindinger til et oscilloskop. Oscilloskopet indstilles, så lyspletten står stille på midten, og følsomheden er 0,5 volt pr. cm.

Derefter fører vi en magnet ned i spolen og ser, at lyspletten flytter sig op eller ned som tegn på, at der induceres en spænding i spolen. Det stykke, lyspletten flytter sig, er et udtryk for spændingens størrelse.

Vi ser, at spændingen bliver større, jo hurtigere vi bevæger magneten.

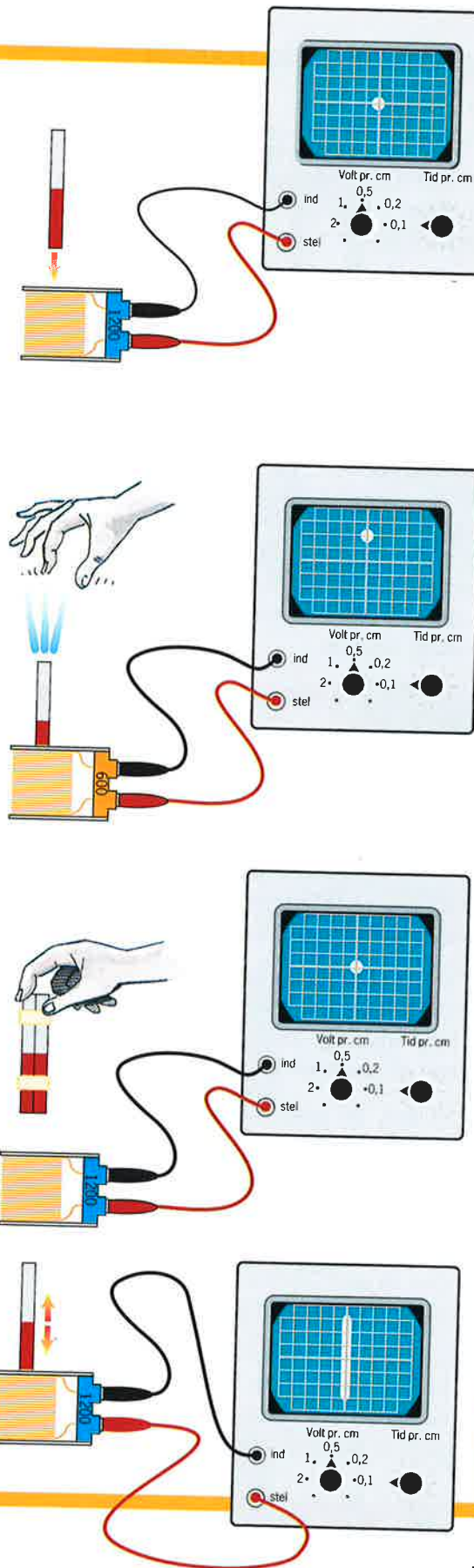
Vi prøver dernæst med spoler med forskelligt vindingstal (f.eks. 300, 600 og 1200 vindinger). For at være sikker på, at magneten bevæges med samme fart, lader vi den hver gang falde ned i spolen fra samme højde, f.eks. fra spolens overkant.

Vi ser, at den inducerede spænding bliver større, jo flere vindinger spolen har.

Vi lader nu først en enkelt magnet og derefter en kraftigere magnet (to magneter holdt sammen med tape) falde ned i spolen med 1200 vindinger.

Vi ser, at den inducerede spænding bliver større, når der anvendes en kraftigere magnet.

Til sidst fører vi gentagne gange en magnet hurtigt op og ned i spolen. Vi ser, at lyspletten bevæger sig skiftevis opad og nedad som tegn på, at der induceres en vekselspænding i spolen. Vi kan endda nøjes med at svinge magneten hurtigt frem og tilbage lige over spolens åbning.



Brug af roterende magnet

Vores forsøg viste, at den inducerede spænding bliver større,

- jo hurtigere magneten bevæges.
- jo flere vindinger spolen har.
- jo kraftigere magneten er.

Vi vil nu prøve, om vi kan udnytte dette til at lave en brugbar vekselstrøms-generator.

Hertil vil vi bruge en skiveformet magnet, som kan dreje rundt. Den har nordpol på den ene halvdel og sydpol på den anden halvdel.

Fordelen ved at anvende denne magnet er, at vi blot ved at sætte den i rotation kan få dens poler til at bevæge sig skiftevis forbi åbningen af en spole - på samme måde som da vi svingede en magnet frem og tilbage over spolen.



FÆLLESFORSØG

Induktion med roterende magnet

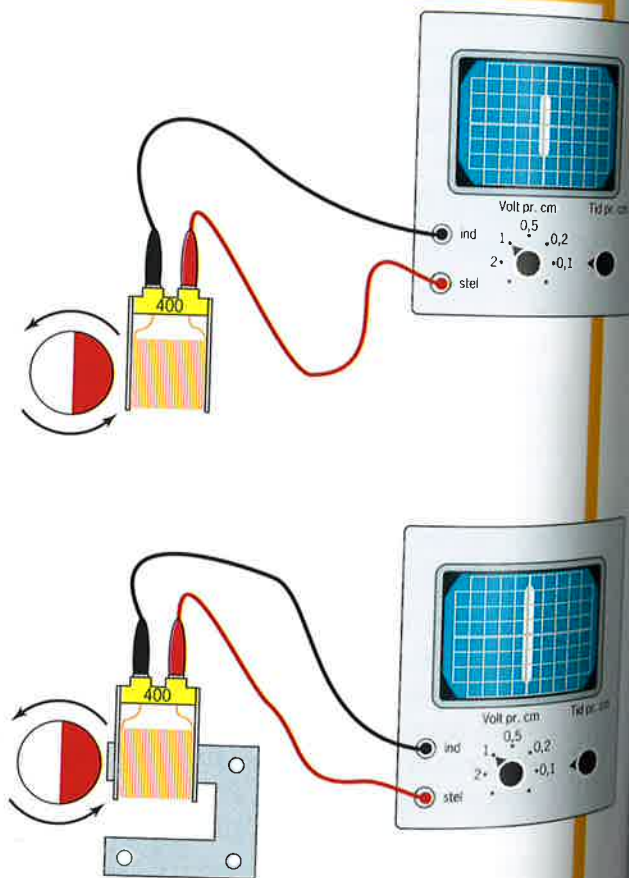
Vi forbinder en spole med 400 vindinger til et oscilloskop. Oscilloskopet indstilles, så lyspletten står stille på midten, og følsomheden er 1 volt pr. cm.

Vi sætter med hånden den skiveformede magnet i rotation tæt foran spolens åbning, så spolen skiftevis passer af magnetens nordpol og sydpol.

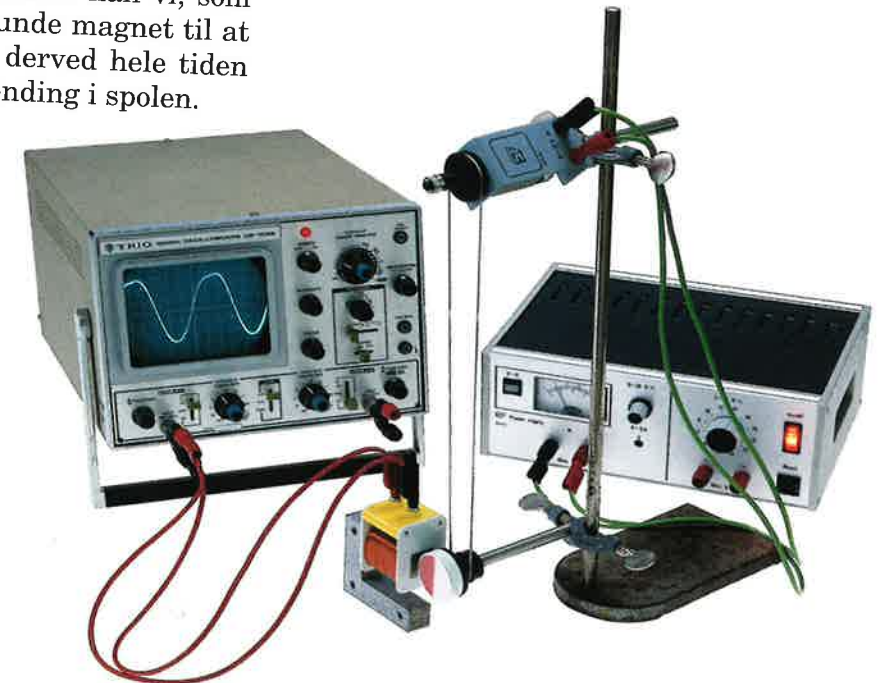
Vi ser, at lyspletten flytter sig op og ned som tegn på, at der frembringes en vekselspænding i spolen.

Vi anbringer nu spolen helt ude for enden af en U-formet jernkerne, som vist på tegningen, og gentager forsøget.

Vi ser, at lyspletens udsving herved bliver større som tegn på, at der induceres en større spænding i spolen, når den er forsynet med en jernkerne.



Ved hjælp af en lille el-motor kan vi, som vist på billedet, få den runde magnet til at rotere meget hurtigt og derved hele tiden frembringe en vekselspænding i spolen.



FÆLLESFORSØG

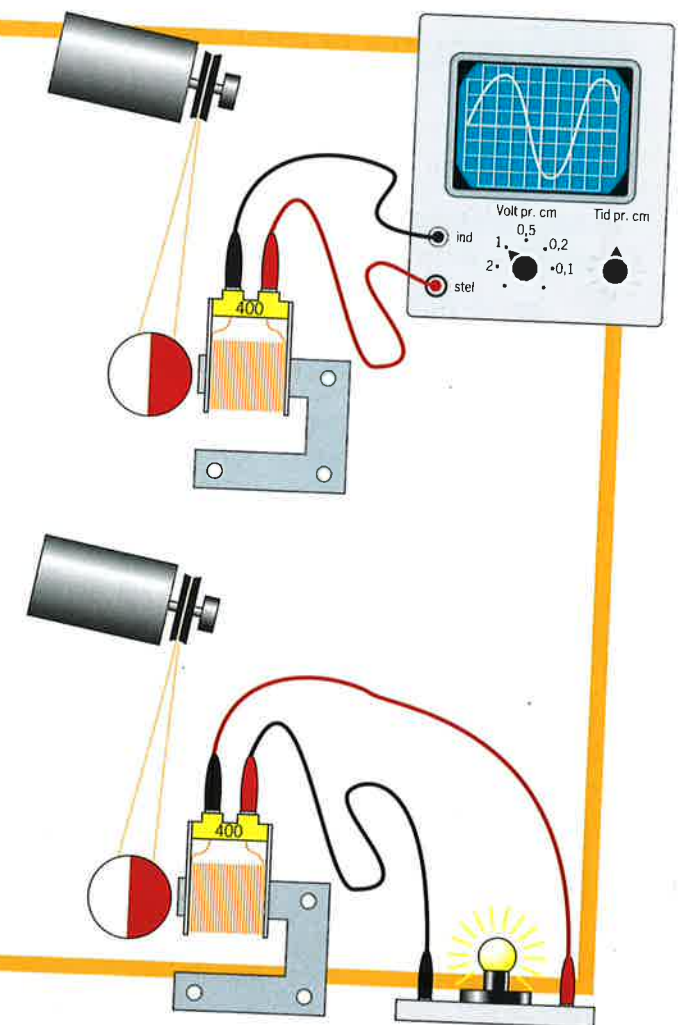
Vi laver en vekselstrømsgenerator

Vi laver denne opstilling, hvor vi sætter magneten i hurtig rotation ved hjælp af en lille el-motor. Vi ser, at lyspletten bevæger sig så hurtigt op og ned, at den blot tegner en lodret streg.

Vi indstiller nu oscilloskopet, så lyspletten vandrer med lav fart hen over skærmen. Vi forøger gradvis lyspletens fart, indtil den tegner en kurve som den, der er vist på tegningen.

Denne kurve viser endnu tydeligere end før, at der i spolen induceres en spænding, som hele tiden skifter retning. Vi har lavet en vekselstrøms-generator!

Generatoren er så god, at den kan få en 1,5 volts pære til at lyse!



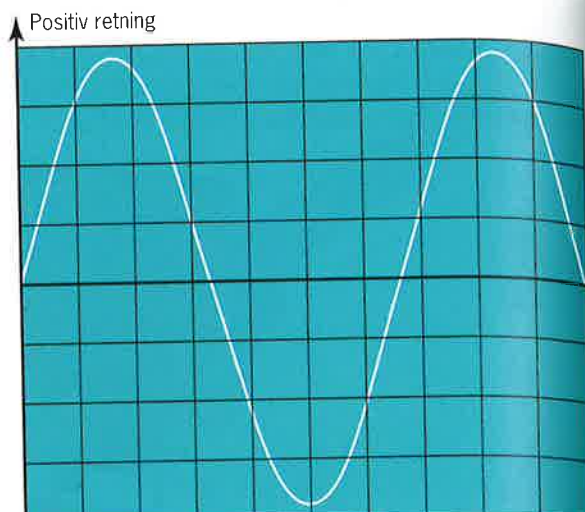
Vekselspændingskurven

Den kurve, der aftegnes på oscilloskopet, kaldes en *vekselspændings-kurve*.

Den viser tydeligt, hvordan vores generators spænding hele tiden ændrer retning og størrelse i en rolig og regelmæssig rytme.

Først vokser spændingen op til sin største positive værdi. Derefter aftager den til nul og bliver mere og mere negativ, indtil den når sin største negative værdi. Så bliver den mindre og mindre negativ, når op til nul og vokser igen op til sin største positive værdi, osv.

Den største spænding, der opnås, hvad enten den går i positiv eller negativ retning, kaldes *maksimal-spændingen*.



Oscilloskopet viser tydeligt, hvordan en vekselspænding hele tiden ændrer retning og størrelse.

El-forsyning fra et mini-elværk

I de følgende gruppeforsøg skal I lave et mini-elværk ved hjælp af en vekselstrøms-generator, som I selv opbygger.

I skal undersøge jeres el-værks ydeevne og søge at få generatoren til at yde mest muligt.

Det er bedst, hvis der er tilstrækkelig med roterende magneter og el-motorer til rådighed,

så klassen kan deles op i grupper på 4-6 elever, som selv laver forsøgene. I modsat fald må forsøgene udføres i fællesskab, så hele klassen udgør én stor gruppe.

Under alle omstændigheder er der i arbejds hæftet afsat plads til, at I kan notere jeres resultater.



GRUPPEFORSØG

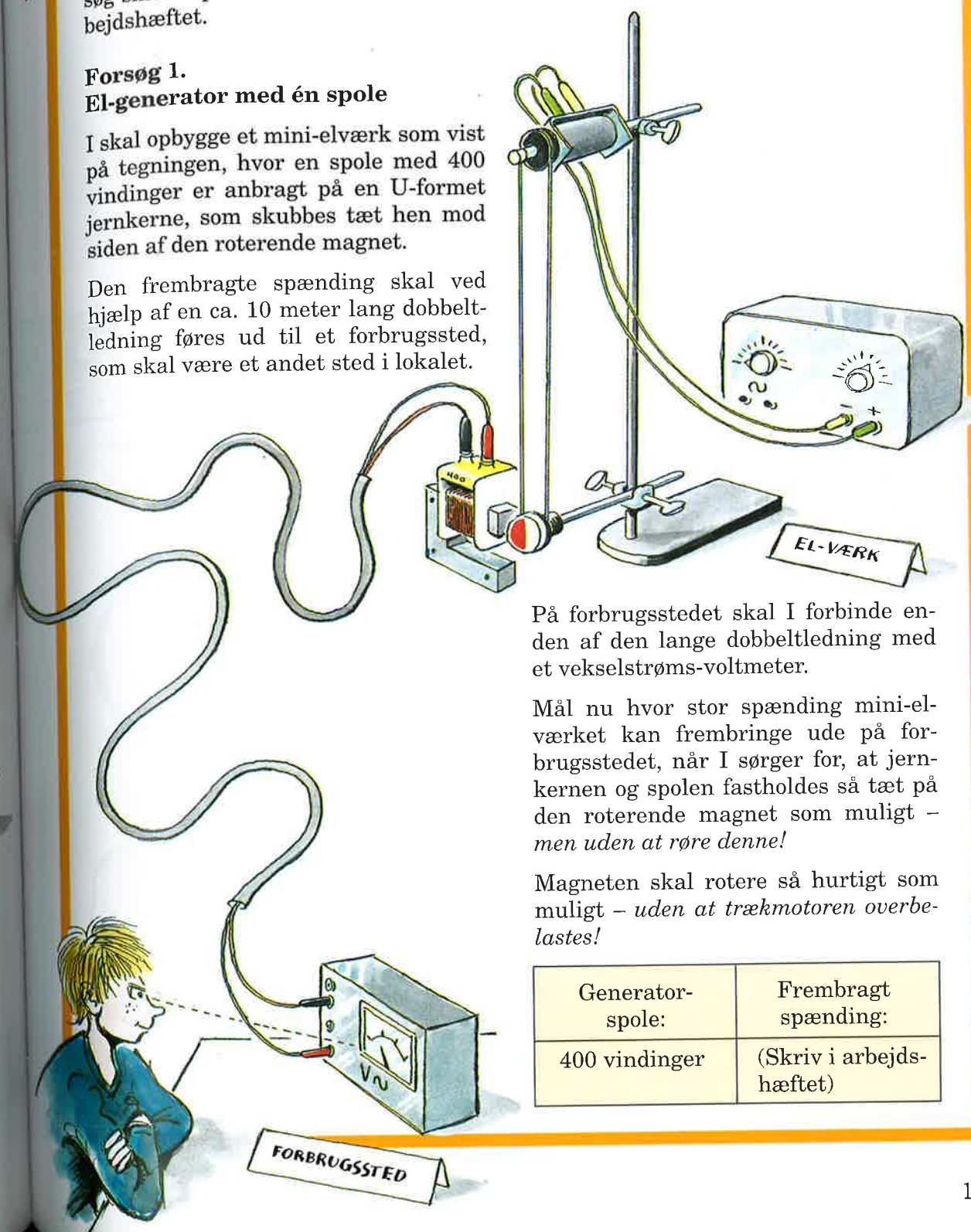
Et mini-elværk

NB! Resultaterne af de følgende forsøg skrives på de tilhørende sider i arbejds hæftet.

Forsøg 1. El-generator med én spole

I skal opbygge et mini-elværk som vist på tegningen, hvor en spole med 400 vindinger er anbragt på en U-formet jernkerne, som skubbes tæt hen mod siden af den roterende magnet.

Den frembragte spænding skal ved hjælp af en ca. 10 meter lang dobbeltledning føres ud til et forbrugssted, som skal være et andet sted i lokalet.



På forbrugsstedet skal I forbinde enden af den lange dobbeltledning med et vekselstrøms-voltmeter.

Mål nu hvor stor spænding mini-elværket kan frembringe ude på forbrugsstedet, når I sørger for, at jernkernen og spolen fastholdes så tæt på den roterende magnet som muligt – men uden at røre denne!

Magneten skal rotere så hurtigt som muligt – uden at trækmotoren overbelastes!

Generator-spole:	Frembragt spænding:
400 vindinger	(Skriv i arbejds hæftet)

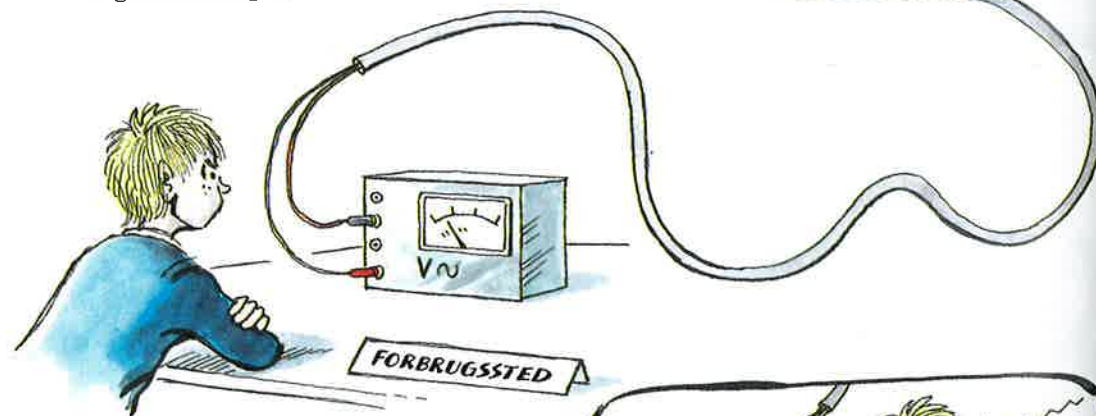
Forsøg 2.
El-generator med 2 spoler

Forsyn mini-elværket med 2 spoler med hver 400 vindinger. De skal være anbragt på hver sin U-kerne, én på hver side af magneten.

Find ud af, hvordan ledningerne skal forbindes, hvis generatoren ude på forbrugsstedet skal frembringe en ca. dobbelt så stor spænding, som én spole kunne præstere.

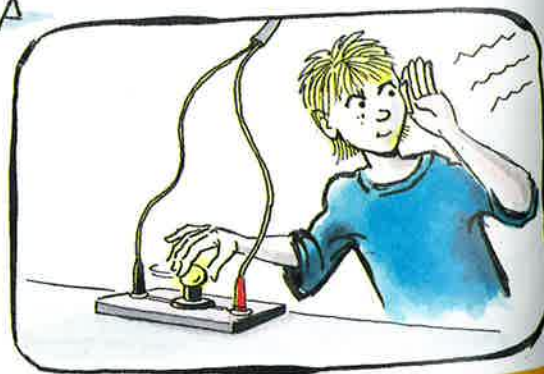
Når det er lykkedes, skal I indtegne ledningsføringen på den tilsvarende tegning i arbejdshæftet og notere, hvilken spænding I opnåede.

Justér derefter mini-elværket, så det leverer en spænding på ca. 6 volt. Det gøres ved at skubbe spolerne helt ud til jernkernens kant og regulere træk-motorens fart og/eller jernkernernes afstand fra magneten. Sæt eventuelt et stykke tape over spolerens åbning, så de ikke glider ind på jernkernen igen.



Udskift nu voltmeteret med en pære (6V-0,1A) og vis, at mini-elværket kan få den til at lyse.

Prøv om I kan høre forskel på, hvordan el-værket arbejder, når I skiftevis skruer pæren løs og skruer den fast igen.

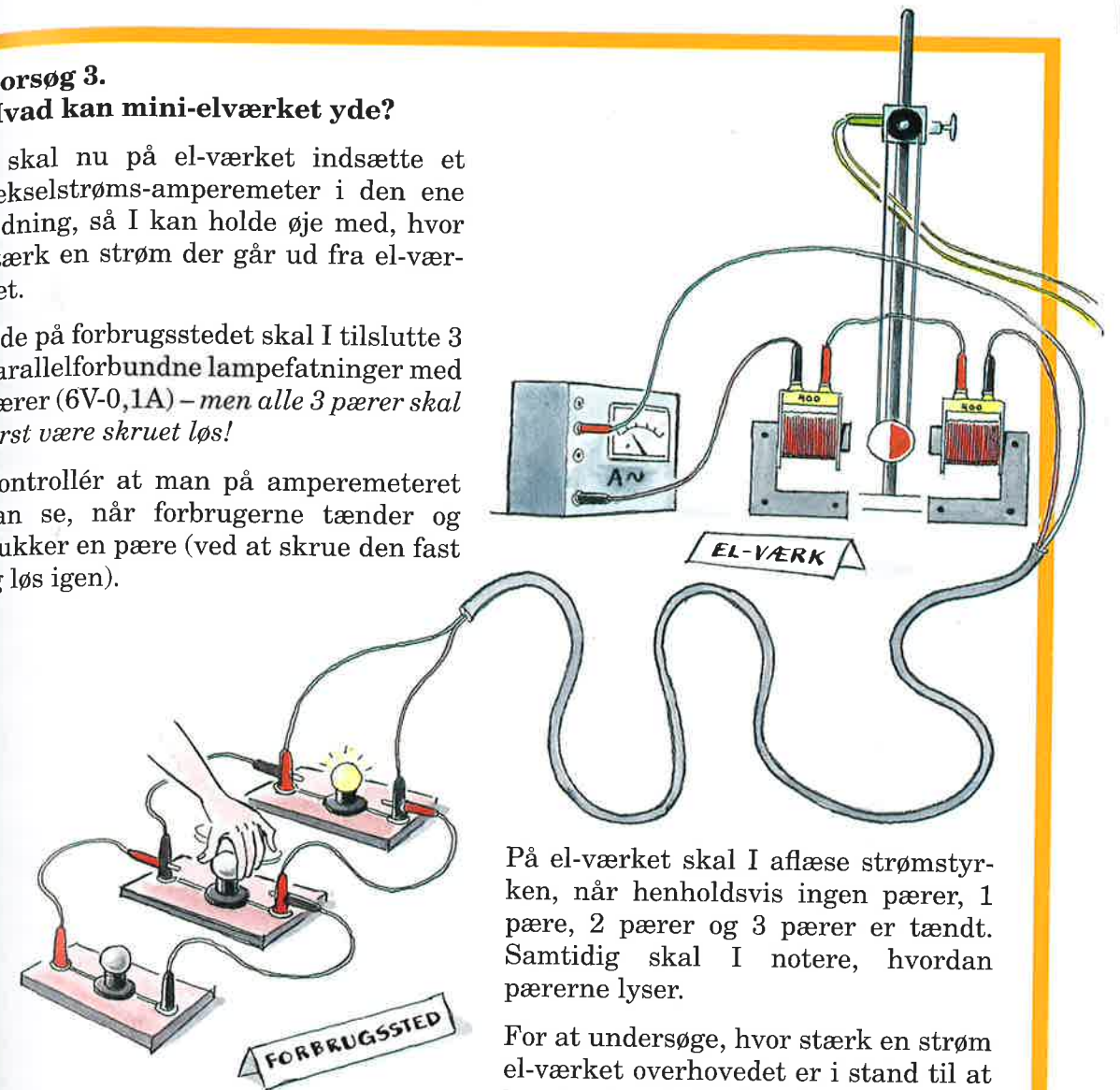


Forsøg 3.
Hvad kan mini-elværket yde?

I skal nu på el-værket indsætte et vekselstrøms-ampere-meter i den ene ledning, så I kan holde øje med, hvor stærk en strøm der går ud fra el-værket.

Ude på forbrugsstedet skal I tilslutte 3 parallelforbundne lampefatninger med pærer (6V-0,1A) – men alle 3 pærer skal først være skruet løs!

Kontrollér at man på amperemeteret kan se, når forbrugerne tænder og slukker en pære (ved at skrue den fast og løs igen).



På el-værket skal I aflæse strømstyrken, når henholdsvis ingen pærer, 1 pære, 2 pærer og 3 pærer er tændt. Samtidig skal I notere, hvordan pærene lyser.

For at undersøge, hvor stærk en strøm el-værket overhovedet er i stand til at levere, skal I til sidst kortslutte dobbeltledningens ender ude på forbrugsstedet og derefter aflæse strømstyrken.

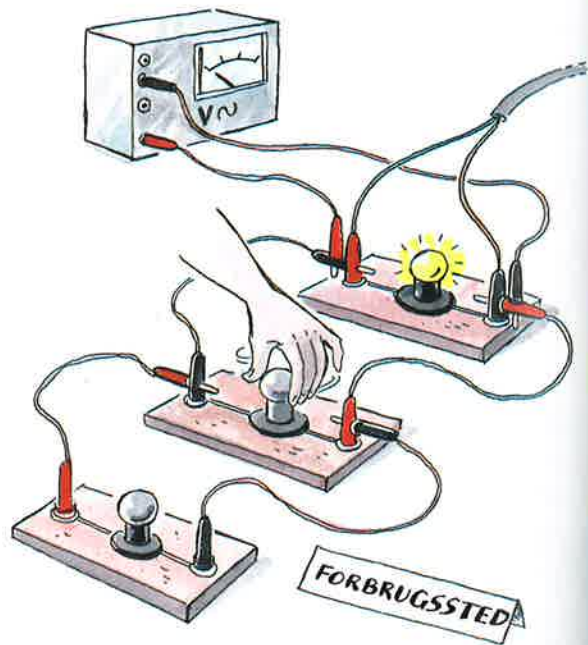
Tilslutning:	Strømstyrke:	Hvordan lyser pærene?
Ingen pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	-
1 pære	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
2 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
3 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
Kortslutning	(Skriv i arbejdshæftet)	-

Forsøg 4.
Mini-elværkets evne til at opretholde spændingen

Tilslut ude på forbrugsstedet både voltmeteret og de 3 parallelforbundne pærer – som først skal være skruet løs.

Aflæs på voltmeteret, hvor stor en spænding el-værket er i stand til at opretholde ude på forbrugsstedet, efterhånden som pærerne skrues fast.

Antal pærer:	Spænding:
Ingen pærer	(Skriv i arbejdshæftet)
1 pære	(Skriv i arbejdshæftet)
2 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)
3 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)



Forsøg 5.
Anvendelse af spoler med 200 vindinger

Udskift nu begge mini-elværkets spoler til spoler med 200 vindinger. Anbring jernkernerne i samme afstand fra magneten som før – og lad denne rotere med samme fart.

Aflæs strømstyrken på mini-elværkets amperemeter og spændingen ude på forbrugsstedet, efterhånden som I skruer én, to og tre pærer fast – og til sidst, når I laver kortslutning. Læg også mærke til, hvordan pærerne lyser. Skriv resultaterne i skemaet.

Generatorspoler med 200 vindinger			
Tilslutning	Strømstyrke	Hvordan lyser pærerne?	Hvor stor spænding kan el-værket opretholde?
Ingen pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	—	(Skriv i arbejdshæftet)
1 pære	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
2 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
3 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
Kortslutning	(Skriv i arbejdshæftet)	—	(Skriv i arbejdshæftet)

Forsøg 6.
Anvendelse af spoler med 1600 vindinger

Udskift nu begge mini-elværkets spoler til spoler med 1600 vindinger. Anbring jernkernerne i samme afstand fra magneten som før – og lad denne rotere med samme fart.

Aflæs både strømstyrken på mini-elværkets amperemeter og, hvor stor spænding der kan opretholdes ude på forbrugsstedet, efterhånden som I skruer én, to og tre pærer fast – og til sidst, når I laver kortslutning. Læg også mærke til, hvordan pærerne lyser. Skriv resultaterne i skemaet.

Sammenlign jeres resultater i forsøg 3, 4, 5 og 6 – og besvar følgende spørgsmål (skriv i arbejdshæftet):

Hvilket af de tre el-værker (med 200, 400 eller 1600 vindinger på spolerne) kunne frembringe den største spænding (når ingen af pærerne var skruet fast)?

Hvilket el-værk var bedst til at opretholde den frembragte spænding, efterhånden som pærerne blev skruet fast?

Hvilket el-værk var i stand til at afgive den største strømstyrke (ved kortslutning)?

Generatorspoler med 1600 vindinger			
Tilslutning	Strømstyrke	Hvordan lyser pærerne?	Hvor stor spænding kan el-værket opretholde?
Ingen pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	—	(Skriv i arbejdshæftet)
1 pære	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
2 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
3 pærer	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)	(Skriv i arbejdshæftet)
Kortslutning	(Skriv i arbejdshæftet)	—	(Skriv i arbejdshæftet)

Når ingen af de tre mini-elværker er særlig gode til at opretholde den frembragte spænding, skyldes det, at den inducerede spænding ikke blot skal sende strøm igennem de lange ledninger og pærerne, men også gennem spolerne selv. En del af den inducerede spænding medgår derfor til at sende strøm igennem spolerne.

Især spolerne med 1600 vindinger er dårlige til at opretholde spændingen. Det skyldes, at de har en langt større modstand end de andre spoler, dels fordi den omviklede kobbertråd er længere, dels fordi man

må anvende tyndere tråd, for at spolen ikke skal fylde mere.

Den store modstand i spolerne med 1600 vindinger gør også, at et mini-elværk med disse spoler ikke kan afgive nær så stor en strømstyrke ved kortslutning som de andre.

Spolerne med 400 og 200 vindinger virker bedre i forsøgene, fordi begge spolars modstand er langt mindre end pærerens modstand.

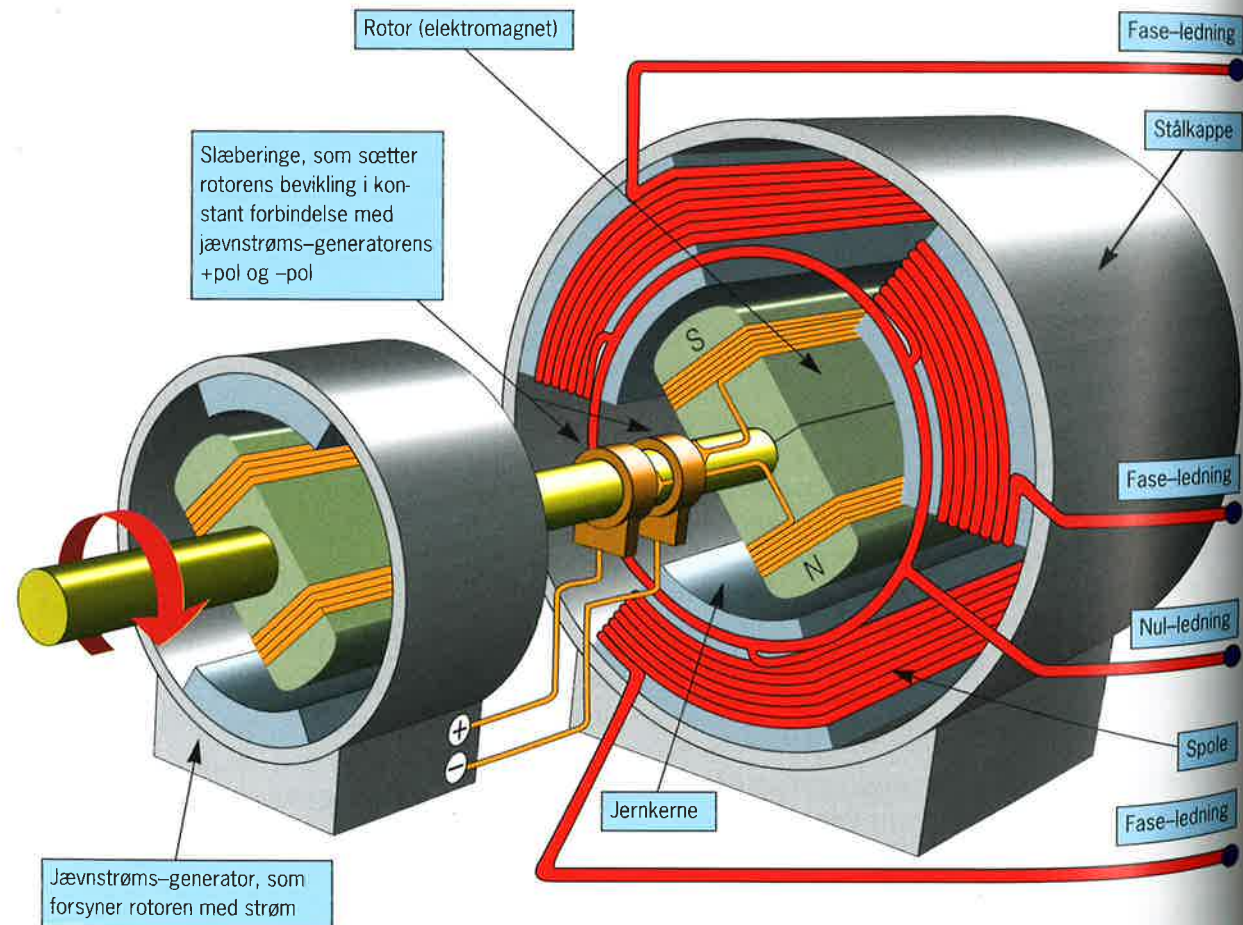
Hvordan er et rigtigt el-værks generator opbygget?

Hvis man besøger et el-værk, kan man ikke direkte se, hvordan generatoren er indrettet. Det hele er kapslet inde i en kæmpemæssig stålkappe.

Men i princippet er generatoren opbygget på samme måde som den simple generator, vi selv har lavet.

Den roterende magnet er en stor elektromagnet, som forsynes med jævnstrøm udefra. Den kaldes „rotoren“. Dens magnetpoler passerer tæt forbi nogle store spoler, som er anbragt på indersiden af en stor jerseycylinder.

Denne skematiske tegning viser, hvordan en rigtig elværks-generator er indrettet. Den roterende magnet er en kraftig elektromagnet, som får strøm fra en lille jævnstrøms-generator anbragt på samme aksel. Læg mærke til, at der uden om rotoren er anbragt tre spoler på hver sin jernkerne. Fra hver spole er en såkaldt "fase-ledning" ført ud, mens spolerens anden ende er samlet til en fælles "nul-ledning". Hvorfor generatoren er opbygget på denne måde, skal du lære om i næste kapitel.



Når el-værkets generator er så stor, skyldes det især, at de spoler, den indeholder, er lavet af meget tykke kabler. Hvis de ikke var så tykke, ville generatoren ikke kunne levere den enorme strøm, der er behov for, når mange tusinde forbrugere tænder for det elektriske lys, for varmeovne, kogeplader, m.m.

Hvis spolerne på vores hjemmelavede vekselstrøms-generator var lavet af tykkere kobbertråd, ville den også kunne frembringe en større strømstyrke, så vi kunne få flere pærer til at lyse!

I det næste kapitel vil vi undersøge den vekselstrøm, som vi får leveret fra el-værket.

3 Vekselstrøm fra el-værket



På et el-værk overvåges produktionen meget nøje ved hjælp af moderne data-udstyr.