

## Hvor mange boliger kan et el-værk betjene?

Der er grænser for, hvad et el-værk kan yde. Ligesom vi taler om et apparats wattforbrug, kan vi også tale om, hvor mange watt et el-værk kan yde.

Vi kan let beregne ydeevnen for det mini-elværk, I selv lavede i kapitel 2. I kunne kun få svagt lys i tre 6 volts pærer – og målte måske en spænding på 2,5 V og en strømstyrke på 0,28 A. Det vil altså sige, at el-værket kunne yde:  $2,5 \text{ V} \cdot 0,28 \text{ A} = 0,7 \text{ watt}$ .

Hvis vi lod mini-elværket køre på fuld kraft i et helt år (8760 timer), ville det kunne producere:  $0,7 \text{ watt} \cdot 8760 \text{ timer} = 6132 \text{ watt-timer} = \text{ca. } 6 \text{ kWh}$ . Det er meget lidt i sammenligning med, hvad et stort el-værk kan yde.

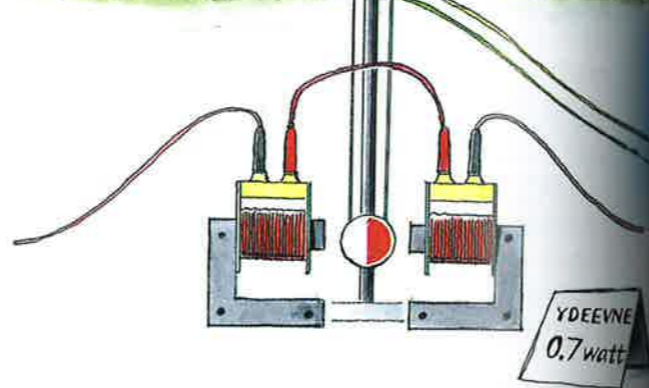
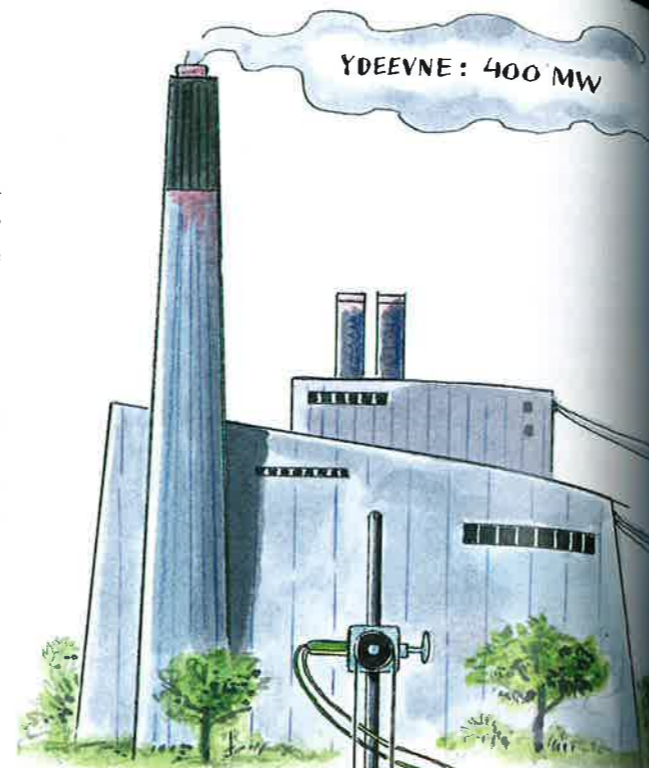
Et mellemstort el-værk kan yde ca. 400 MW (400 megawatt = 400 millioner watt), når det kører på fuld kraft. Hvis et sådant el-værk kørte på fuld kraft i et helt år, ville det kunne producere:

$$\begin{aligned} 400.000.000 \text{ watt} \cdot 8760 \text{ timer} &= \\ 3.504.000.000.000 \text{ watt-timer} &= \\ \text{ca. } 3\frac{1}{2} \text{ milliard kWh.} \end{aligned}$$

I praksis behøver et el-værk ikke at køre på fuld kraft hele tiden, da el-forbruget svinger meget både i løbet af et døgn og i løbet af et år. Et el-værk af den omtalte størrelse vil derfor normalt kun producere ca. 1 milliard kWh om året.

### Teoriopgave

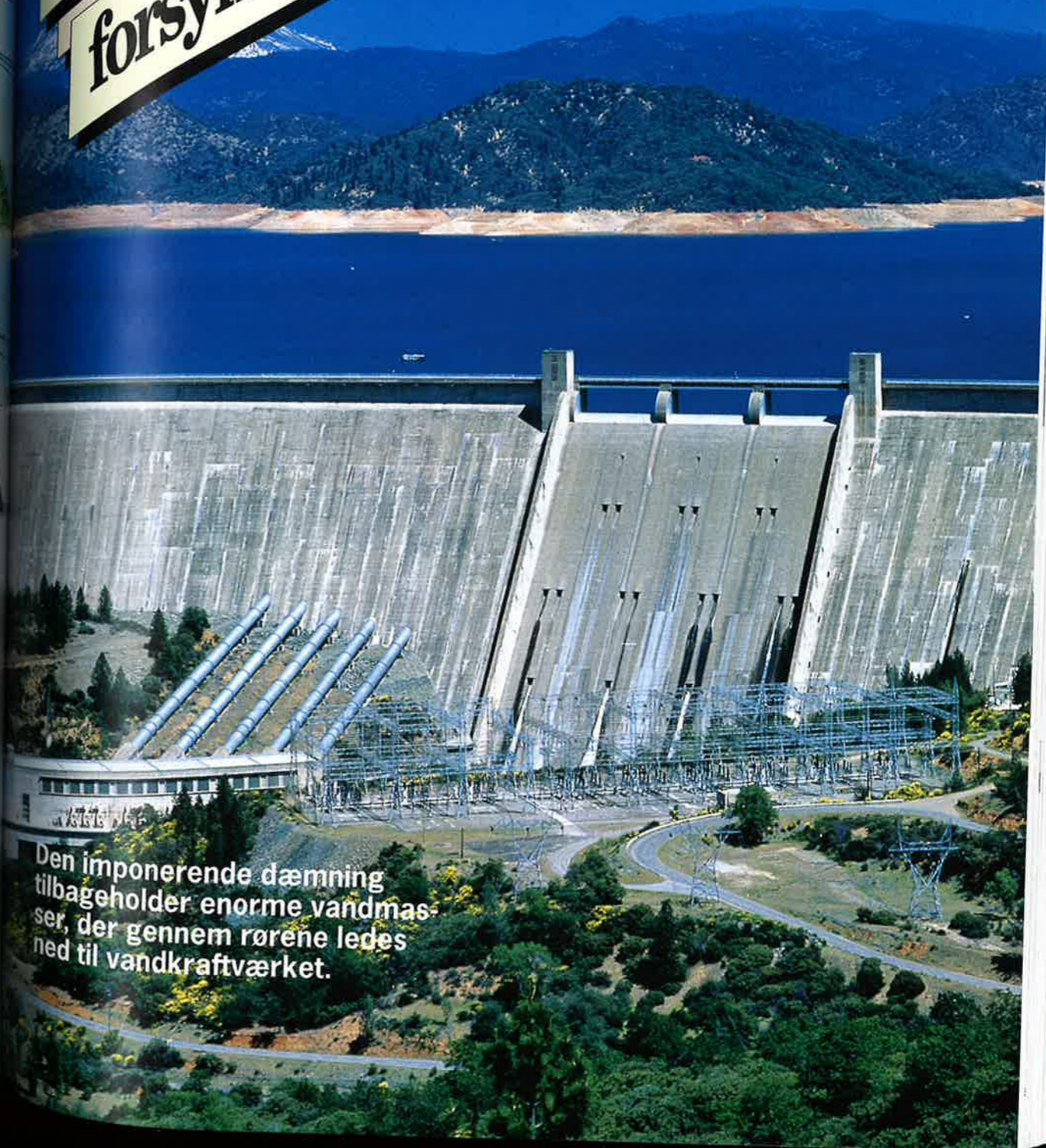
Hvor mange boligers behov vil 1 milliard kWh fra ovennævnte el-værk kunne dække, hvis vi regner med, at hver bolig har et årsforbrug på 4000 kWh?



### Induktion og vekselstrøm

Ved at løse teoriopgaverne i dette undervisningsprogram får du repeteret det vigtigste af, hvad du har lært i kapitel 2 og 3.

# 4 Energi til el-forsyning



Den imponerende dæmning tilbageholder enorme vandmasser, der gennem rørene ledes ned til vandkraftværket.



### En el-generator kører ikke af sig selv

De første el-værker i verden var små jævnstrøms-værker, som kun producerede el til de nærmeste omgivelser.

Senere fandt man ud af, at man ved at anvende vekselstrøm kunne fordele el-energien over langt større afstande – og derfor kunne nøjes med færre og større værker.

Men uanset om generatoren var lille eller stor, eller skulle producere jævnstrøm eller vekselstrøm, måtte man på en eller anden måde få generatorens anker til at dreje rundt.

I dette kapitel skal vi se på, hvordan man på forskellige måder har løst denne opgave.

### El-motor som el-generator

I nogle af de næste forsøg får vi brug for en simpel el-generator.

Hertil kan vi bruge den lille el-motor, som vi tidligere har brugt til at trække den roterende magnet med.

En el-motor kan nemlig også fungere som el-generator. Man behøver blot at dreje dens aksel rundt.

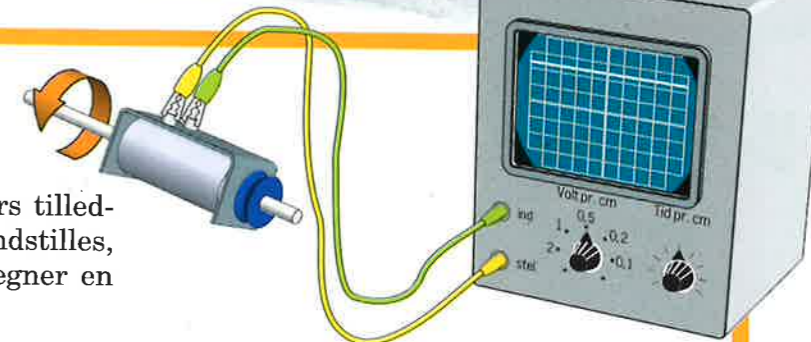
Det kan vi vise ved et forsøg.



### FELLESFORSØG

#### En el-motor som jævnstrøms-generator

Vi forbinder den lille el-motors tilledninger til et oscilloskop, som indstilles, så lyspletten med stor fart tegner en vandret streg.

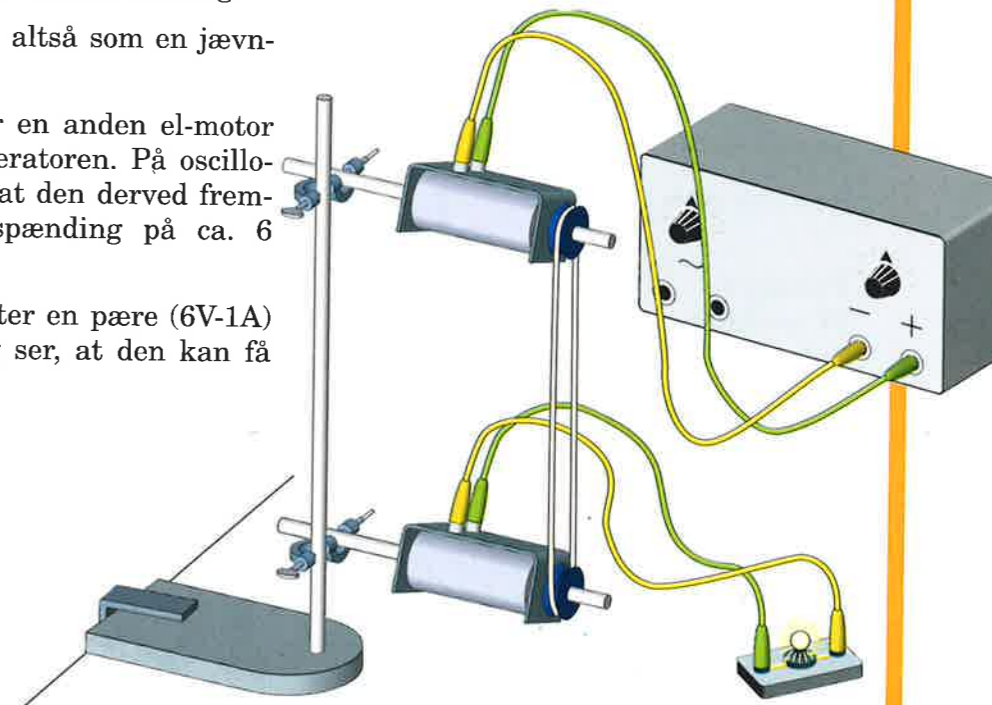


Når vi nu med hånden drejer akslen rundt, ser vi, at strengen hele tiden slår ud til samme side som tegn på, at el-motoren inducerer en spænding, som hele tiden går i samme retning.

El-motoren virker altså som en jævnstrøms-generator.

Vi sætter derefter en anden el-motor til at trække generatoren. På oscilloskopet kan vi se, at den derved frembringer en jævnspænding på ca. 6 volt.

Vi forbinder derefter en pære (6V-1A) til generatoren og ser, at den kan få pæren til at lyse.



## Vi trækker el-generatoren på forskellige måder

I de næste forsøg skal I arbejde i grupper på 4-6 elever. Her skal I eksperimentere med forskellige metoder til at få el-motorens anker til at dreje rundt, så den virker som en el-generator.

Hvis der ikke er tilstrækkelig mange el-motorer til rådighed, udføres forsøgene som fællesforsøg.

### GRUPPEFORSØG

Hvad kan trække el-generatoren?

Skriv resultaterne af de følgende gruppeforsøg på de tilhørende sider i arbejdshæftet.

#### Forsøg 1. Vi trækker generatoren med håndkraft

Fastgør den lille el-motor, som tegningen viser, og forbind den til en 3,5 volts pære.

Prøv med hænderne at trække en knækket elastik hurtigt frem og tilbage over motorens drivhjul.

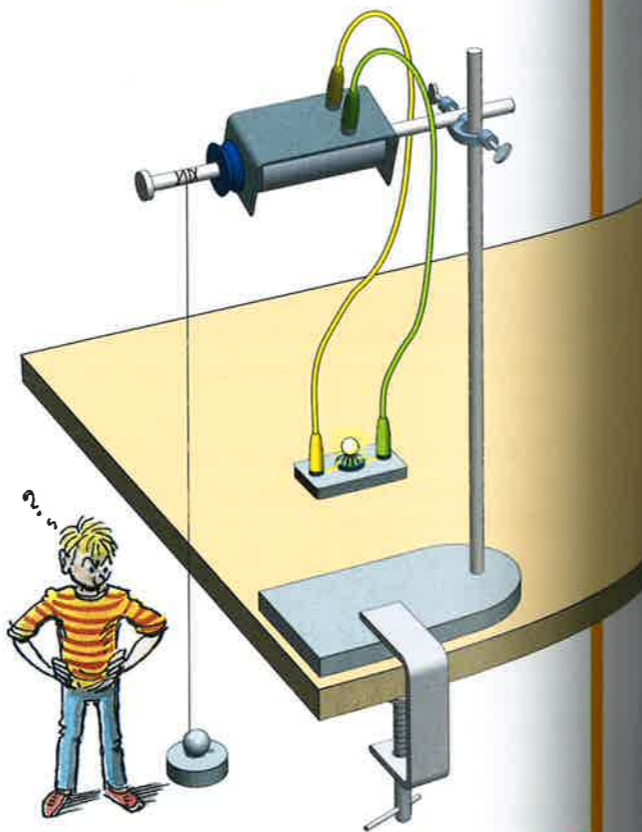
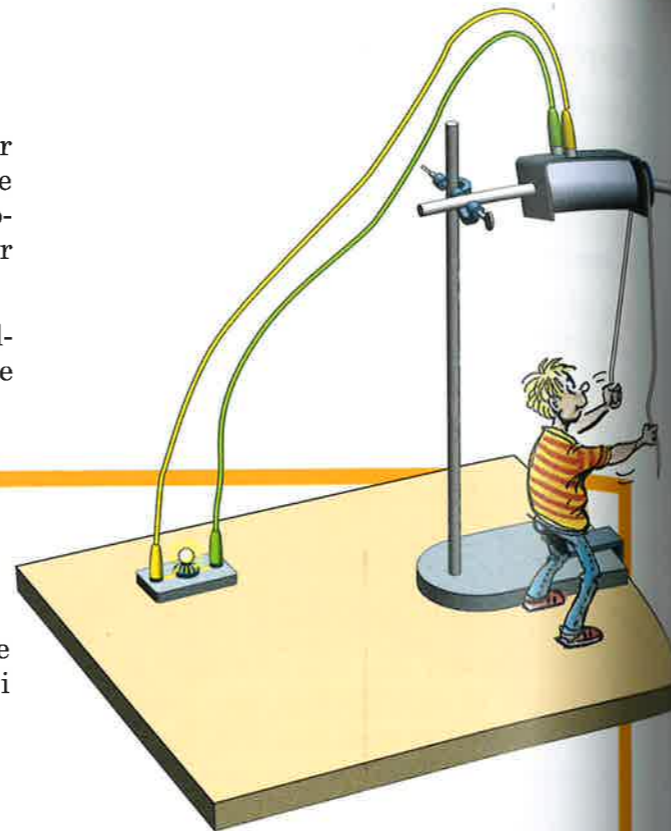
Hvordan lyser pæren?

#### Forsøg 2. Vi trækker generatoren med et lod

Fastgør en snor til motorens aksel. Hæng et 100 g lod i snoren, så loddet netop rører gulvet.

Drej akslen rundt med fingrene, så snoren vikles op, og loddet hæves. Slip derefter akslen, så loddet falder.

Hvad sker der, mens loddet bevæger sig nedad?



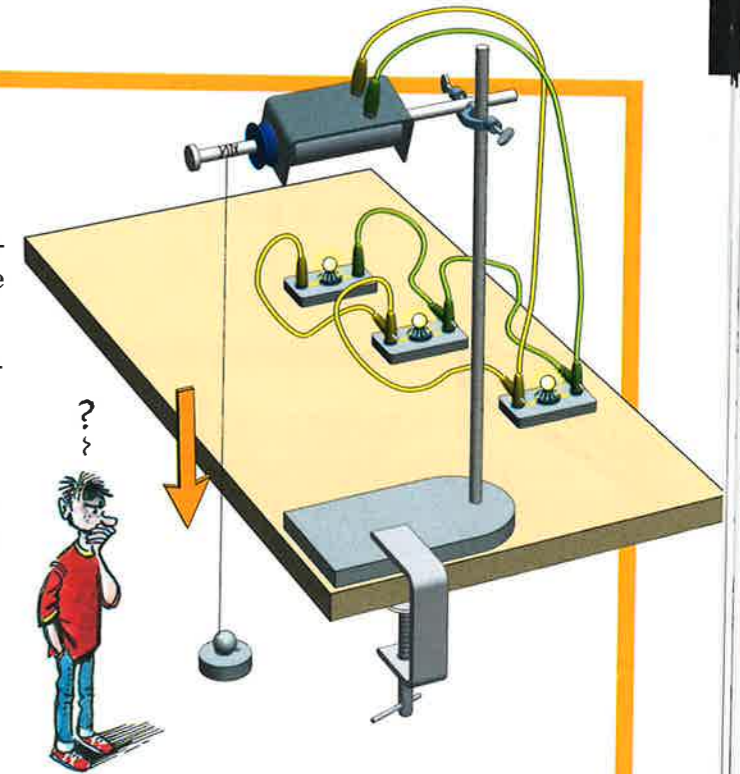
#### Forsøg 3. Vi forsøger at få flere pærer til at lyse

Gentag forsøg 2, først med to parallelforbundne pærer, og derefter med tre parallelforbundne pærer.

Hvordan lyser pærerne, når man forsøger at få lys i flere pærer samtidig?

Hæng nu flere 100 g lodder i snoren.

Hvor mange lodder må I hænge i snoren for at få alle tre pærer til at lyse lige så godt, som én pære gjorde?

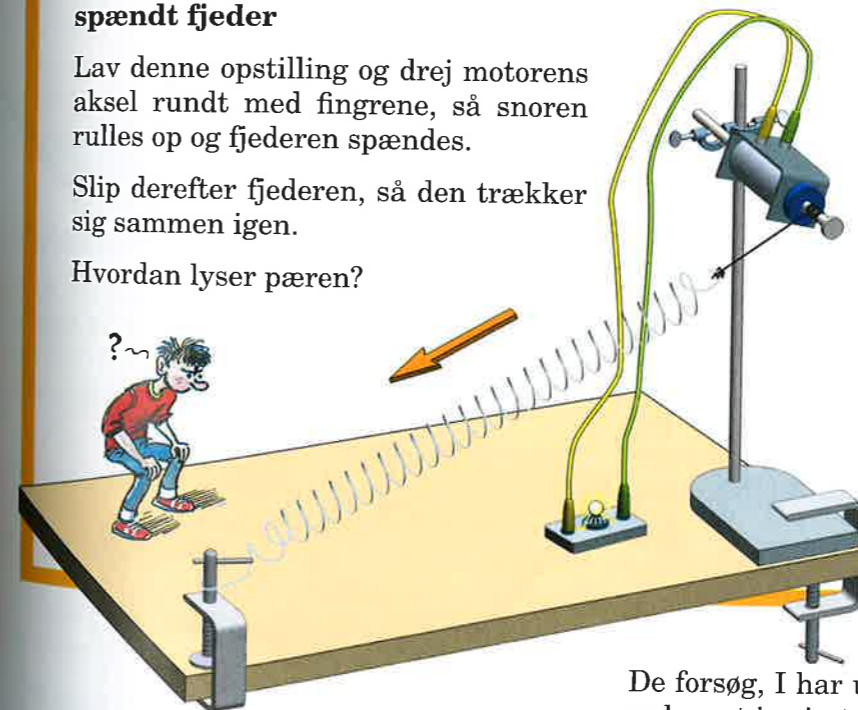


#### Forsøg 4. Vi trækker generatoren med en spændt fjeder

Lav denne opstilling og drej motorens aksel rundt med fingrene, så snoren rulles op og fjederen spændes.

Slip derefter fjederen, så den trækker sig sammen igen.

Hvordan lyser pæren?



De forsøg, I har udført, viser, at et lod, der er hævet i vejret, og en fjeder, der er blevet spændt, kan trække el-generatoren.

Forsøgene viser også, at det bliver sværere at trække generatoren, jo mere strøm den skal afgive. I måtte anvende flere lodder i forsøg 3 for at få flere pærer til at lyse.

## Anvendelse af et roterende svinghjul

Hvis man sætter et tungt svinghjul til at rotere, kan man også få det til at trække generatoren.

Det vil vi nu vise ved et forsøg.

### FÆLLESFORSØG

Vi trækker generatoren med et roterende svinghjul

Vi skal bruge en lille el-motor med et tungt svinghjul spændt godt fast på akslen.

Vi tilslutter motoren en jævnspænding, som vi langsomt regulerer op til 10 volt.

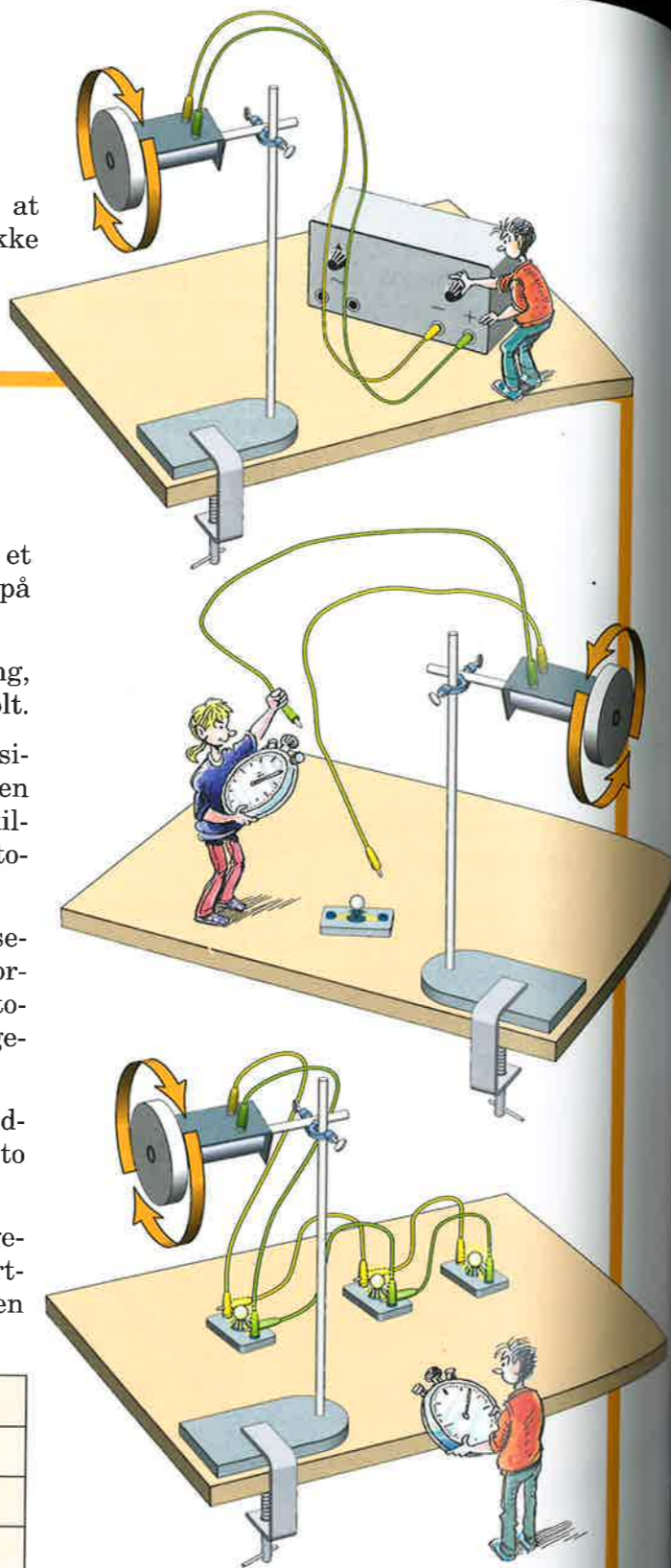
Når svinghjulet har opnået sin maksimale fart – hvad vi kan høre på lyden – fjerner vi ledningerne fra strømkilden og tager tid på, hvor længe motoren er om at gå i stå.

Vi gentager forsøget og måler standsetiden, når ledningerne lynhurtigt forbindes til en 3,5 volts pære, så motoren kommer til at virke som en el-generator, der får pæren til at lyse.

Vi måler også standsetiden, når ledningerne forbindes til henholdsvis to og tre parallel-forbundne pærer.

Til sidst måler vi standsetiden, når generatorens ledninger simpelthen kortsluttes, så generatoren afgiver den størst mulige strøm.

Belastning:	Standsetid:
Uden pære	17,2 sekunder
1 pære	11,3 sekunder
2 pærer	8,6 sekunder
3 pærer	7,7 sekunder
Kortslutning	5,4 sekunder



I skemaet ser du resultaterne fra et sådant forsøg. De resultater, I selv får, skrives i arbejdsheftet.

## Oplagret energi

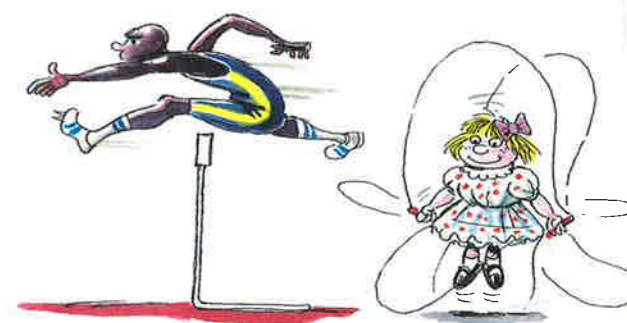
Vi så i de foregående forsøg, at generatoren kunne trækkes af et hævet lod, en spændt fjeder eller et roterende svinghjul. Da vi ved, at det kræver energi at trække en el-generator, må disse ting derfor indeholde energi. Vi siger, at der er oplagret energi i dem.

## Kinetisk energi

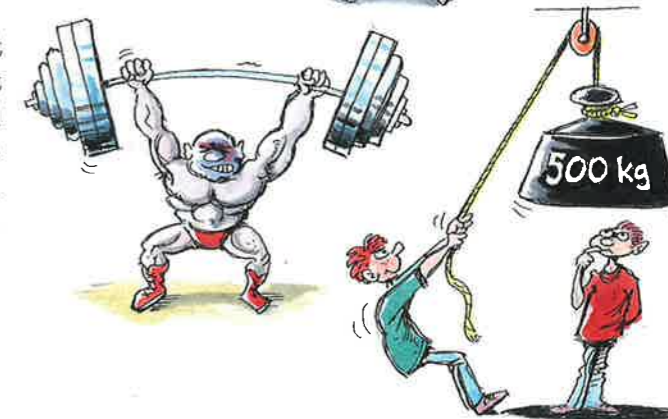
Den energi, der er oplagret i et roterende svinghjul, kalder man for *kinetisk energi*. Det kommer af græsk og betyder „bevægelses-energi“.

Der er oplagret kinetisk energi i enhver genstand, som bevæger sig. Det gælder for eksempel en bil, der kører på landevejen, en hammer, man svinger, eller dig selv, når du går eller løber.

Når man får energi fra en vindmølle, er det den kinetiske energi af vinden, man udnytter. På samme måde er det den kinetiske energi af strømmende eller faldende vand, der udnyttes i en vandmølle.



Ting i bevægelse indeholder kinetisk energi



Ting, der er løftet op, indeholder potentiel energi

## Potentiel energi

Den energi, der er oplagret i et stof på grund af dets beliggenhed, kalder man *potentiel energi*. Det kommer af latin og betyder „beliggenheds-energi“.

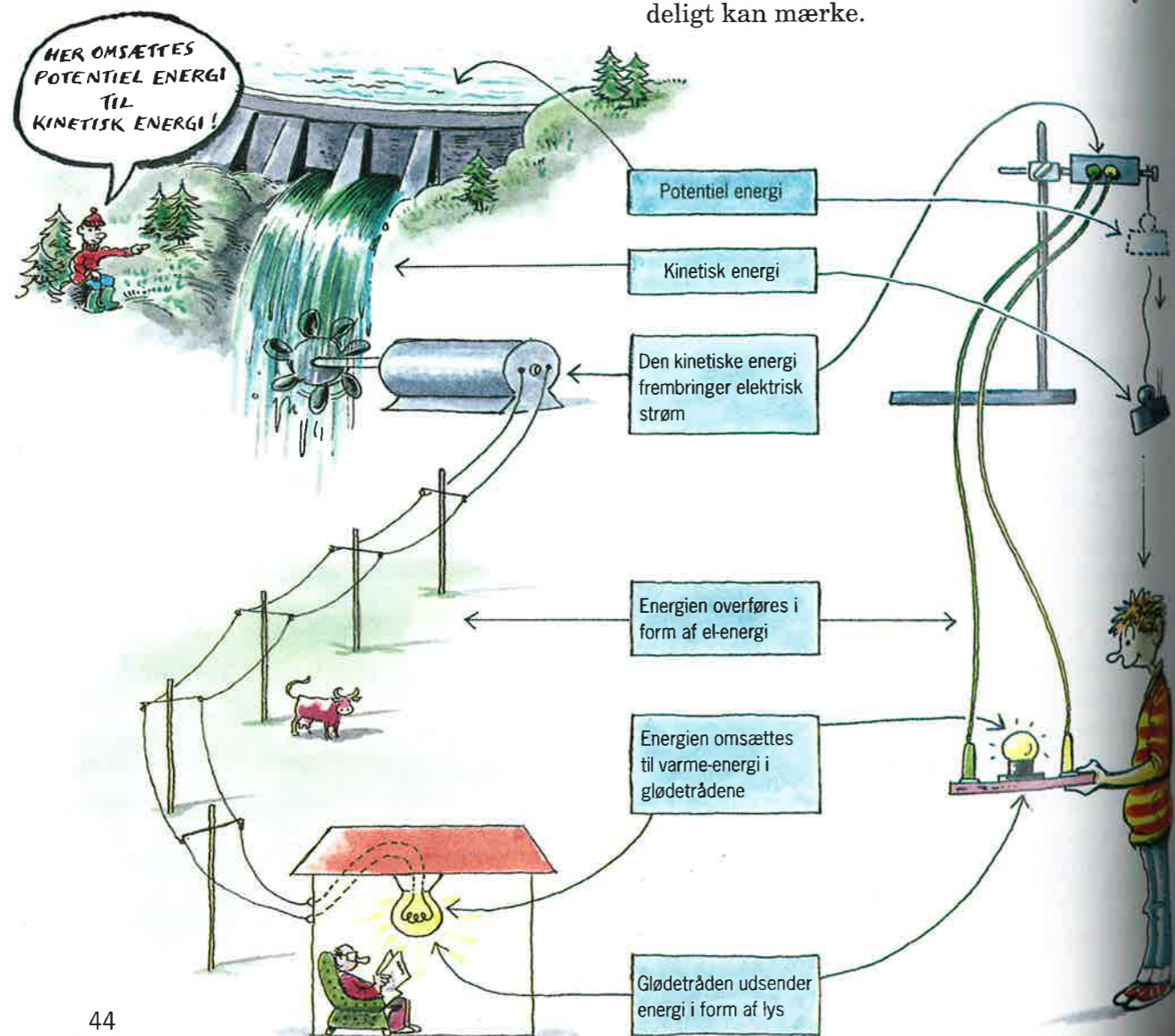
Der er oplagret potentiel energi i både det hævede lod og den spændte fjeder. Loddet har en beliggenhed, så det har mulighed for at falde ned mod gulvet. I den spændte fjeder har de enkelte vindinger en sådan beliggenhed, at fjederen kan trække dem sammen.

Når man udnytter energien i vand, som er opstemmet bag en dæmning, er det ligeledes potentiel energi, man udnytter. Vandet har mulighed for at falde ned – og derved f.eks. trække et vandhjul rundt.

## Energi-omsætninger

Når vand, som er opstemmet bag en dæmning, falder ned, formindskes den oplagrede potentielle energi. Til gengæld får det faldende vand kinetisk energi, så det kan trække et vandhjul, som så igen kan trække en el-generator.

Der sker det samme, som når loddet i det gruppeforsøg, I udførte, bevæger sig ned mod gulvet. Her formindskes den oplagrede potentielle energi også, og samtidig kommer motorens anker og loddet i bevægelse, så der oplagres energi i form af kinetisk energi.



I begge tilfælde udnyttes den kinetiske energi til at drive en el-generator, der sender strøm gennem en eller flere pærers glødetråde, så de opvarmes. Der oplagres derfor også varme-energi i glødetrådene.

I alle tilfælde er der sket en omsætning af energi fra én form til en anden.

Spillet går endnu videre, for pærernes glødetråde opvarmer luften i pærerne og det omsluttende glas, der igen opvarmer den omgivende luft, så der også her oplagres varme-energi.

Hertil kommer, at pærerne også udsender lys. Lys indeholder energi, idet lyset opvarmer de ting, det falder på. Det kender du fra sollyset, hvis varmekraft du tydeligt kan mærke.

## Svinghjulets energi

I forsøget med svinghjulet satte vi ved hjælp af elektrisk strøm svinghjulet i hurtig rotation.

Herved blev hovedparten af den el-energi, vi tilførte, omsat til kinetisk energi i svinghjulet.

Da vi lod svinghjulet gå i stå af sig selv, blev hjulet bremset af gnidningsmodstanden i hjulets lejer, som herved blev opvarmet. I dette tilfælde blev hele svinghjulets kinetiske energi langsomt omsat til varme-energi.

Da vi lod svinghjulet trække motoren, så den virkede som el-generator, blev hovedparten af svinghjulets kinetiske energi i form af el-energi overført til pærerne, hvor den blev omsat til varme-energi.

Forsøget viste tydeligt, at svinghjulets energi hurtigere blev opbrugt, når vi tappede mere energi fra det ved at få flere pærer til at lyse eller ved at frembringe en kraftig strøm ved kortslutning.

En hybridbus indeholder et stort svinghjul, som bruges til at bremse bussen med. Herved sættes det selv i rotation, så det kan hjælpe bussen med at komme op i fart igen.



## Man kan ikke „bruge“ energi!

Når vi taler om, at vi „bruger“ energi, er det egentlig et misvisende udtryk, idet det giver indtryk af, at energien forsvinder. I virkeligheden fordeles den oplagrede energi blot på en ny måde.

Når vi siger, at vi bruger energi, mener vi i virkeligheden, at vi formindsker den energi, der er oplagret på en sådan måde, at vi kan bruge den til nyttige formål.

## Tidlig udnyttelse af vandkraft

Tidligt i menneskehedens historie har man fundet på at udnytte strømmende vand som energikilde.

Omkring år 1700 var vandkraft Europas vigtigste energikilde. Den spillede en langt

større rolle end den energi, der blev leveret af vindmøller.

Selv i Danmark byggede man mange steder vandmøller. De blev drevet af det strømmende vand i vore mange vandløb, selv om det ikke er særlig store hastigheder, vandet strømmer af sted med.

I vandmøllerne var der et stort hjul, der blev drevet rundt af det strømmende vand. Disse møller var ikke særlig effektive. De var kun i stand til at udnytte en lille del af den kinetiske energi, der er oplagret i det strømmende vand.

Vandmøllerne var imidlertid gode nok til at frembringe den trækraft, man havde brug for til at drive pumper, hamre, save, hejseapparater, kværne og lignende apparater.

Dansk vandmølle fra forrige århundrede. Der er tale om et overløbshjul.



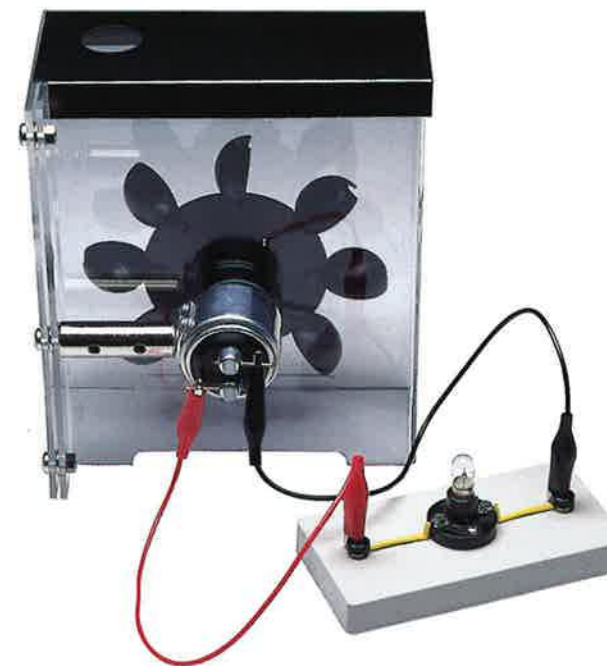
## Vanddrevne el-værker

Det var naturligt, at man også søgte at udnytte vandkraften til at drive de store el-generatorer, man byggede i slutningen af 1800-tallet.

Det første større el-værk, der udnyttede det strømmende vands energi, blev i årene omkring 1890 bygget ved Niagaravandfaldet på grænsen mellem USA og Canada.

Her blev de store el-generatorer drevet af turbiner, som er en videre udvikling af vandmøllerne.

Der findes forskellige typer af vandturbiner. Pelton-turbinen, som blev opfundet i 1880, ligner de gamle vandmøller, men kan køre meget hurtigere. Den består af et hjul med nogle skeformede skovle. Vandet fra et vandfald eller en opdæmmede sø ledes ind gennem nogle store vandrør, så vandet rammer turbinens skovle.



Skolemodel af Pelton-turbinen. Denne type var især velegnet ved vandfald, hvor der ikke var de store vandmængder, men til gengæld stor faldhøjde, så vandet kunne ledes ind i en tynd stråle og ramme de skeformede skovle med stor kraft.

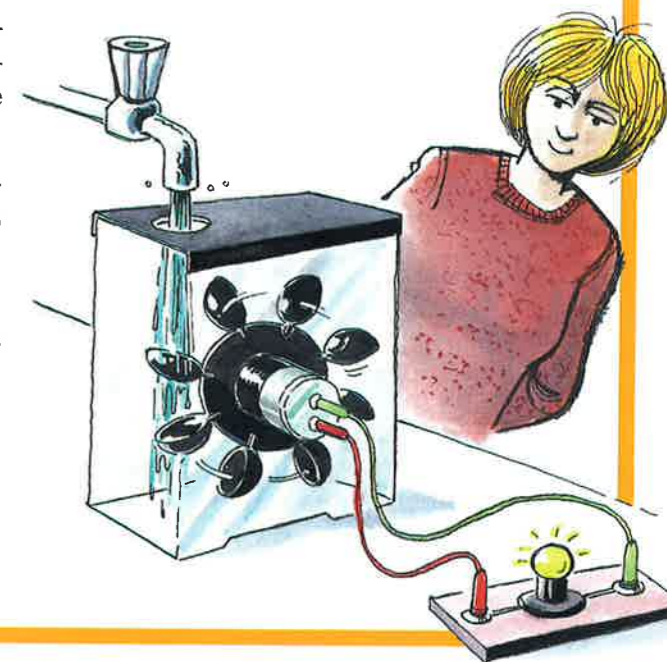
## FELLESFORSØG

### Pelton-turbinen

Vi holder en lille model af en Pelton-turbine ind under en kraftig vandstråle, så strålen rammer de skeformede skovle.

Turbinen er monteret på en cykeldynamo, som vi forbinder til en 3,5 volts pære.

Når vandstrålen trækker turbinen tilstrækkelig hurtigt rundt, ser vi, at pæren lyser.



Forsøget viser, hvordan vi kan udnytte energien i strømmende vand til el-produktion.

Pelton-turbinen er ikke særlig effektiv. I dag anvender man i stor udstrækning lukkede turbiner, hvor vandet føres til og fra turbinen gennem lukkede rør.

En sådan turbine kan udnytte op til 80-90% af vandets energi.

### Udnyttelse af vandkraft i dag

I lande med store vandfald og floder bruger man mange steder vandturbiner til at trække el-værkernes store generatorer.

Man udnytter ikke blot energien i de naturlige vandfald. Tværs over floderne bygger man kæmpemæssige dæmninger, som bremser vandet, så der dannes store søer, der ligger højt over det oprindelige flodleje.

I disse søer er der oplagret enorme mængder potentiel energi. Denne energi omsættes til kinetisk energi i det vand, der igen gennem store rør løber ned til el-værkerne. Her udnytter man den kinetiske energi i det strømmende vand til at drive el-værkernes store turbiner.

Danmarks største vandkraftværk, Tangeværket, ligger smukt ved Gudenåen. I baggrunden ses en del af den 13 km lange kunstige sø, der opstod, da dæmningen i 1920 blev bygget tværs over Gudenåen. Højdeforskellen mellem den opdæmmede sø og åens overflade neden for søen er ca. 10 meter. Tangeværket er stadig i drift og fungerer samtidig som el-museum.



### Vandkraft i Danmark

Selv om vi ikke har de store vandfald eller svulmende floder, har man også i Danmark haft øje for at udnytte vandkraften i vore åer til el-produktion.

Kort efter år 1900 opstod der planer om at bygge et par vandkraftværker ved nogle åer i Jylland. Men først, da kulpriserne steg til mere end det tidobbelte under 1. verdenskrig 1914-18, vedtog regeringen at bygge tre vandkraftværker, hvoraf det største skulle ligge ved byen Tange ved Gudenåen i Midt-Jylland.

En 800 meter lang dæmning blev anlagt tværs over Gudenåen, så der opstod en 13 km lang sø, der skulle levere vand til Tangeværket. 5 huse og 22 gårde måtte nedrives, da de ellers ville blive oversvømmet. Da dæmningen stod færdig i december 1920, kunne folk dagligt iagttage, hvordan vandet i løbet af 3 uger bredte sig ud over de tidligere marker og steg til sin nuværende højde.

Ved værkets indvielse den 8. januar 1921, var der hårdt brug for de 11 millioner kWh, som værket er i stand til at producere om året. I 1921 udgjorde produktionen mere end 1/4 af Jyllands el-forbrug. I dag udgør el fra de danske vandkraftværker mindre end en tusindedel af den samlede el-produktion!

### Dampturbiner

Moderne danske el-værker bruger også turbiner – dog ikke vandturbiner, men dampturbiner. Ved hjælp af disse kan man udnytte den energi, der er oplagret i brændstoffer som kul, olie og naturgas.

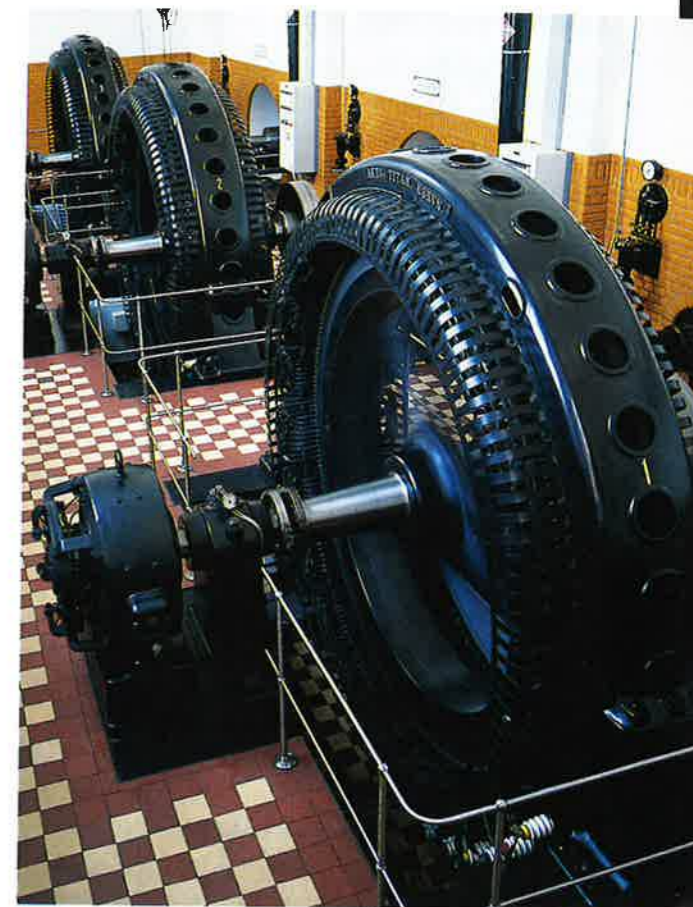
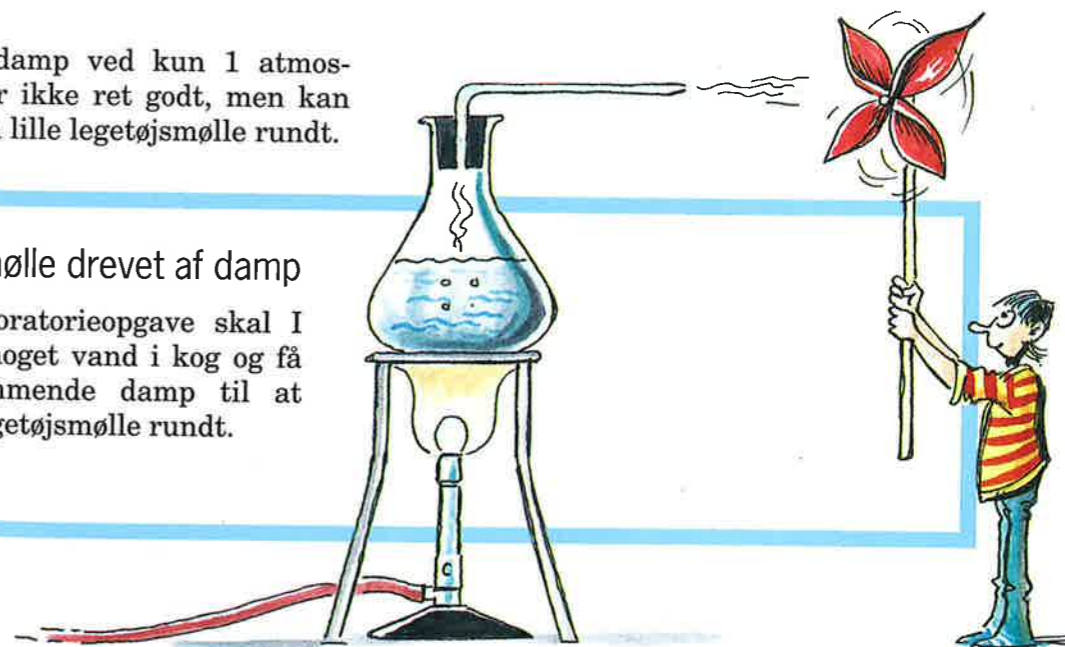
Den varme, der opstår ved forbrændingen, bruges til at opvarme vand, så det omdannes til damp ved højt tryk. Dampen ledes ind i en lukket turbine, hvor den rammer et eller flere turbinehjul, som er anbragt på en aksel, der er forbundet med el-generatorens aksel.

Udstrømmende damp ved kun 1 atmosfæres tryk virker ikke ret godt, men kan dog let trække en lille legetøjsmølle rundt.

#### Laboratorieopgave 3

#### En mølle drevet af damp

I denne laboratorieopgave skal I selv bringe noget vand i kog og få den udstrømmende damp til at trække en legetøjsmølle rundt.



Tangeværkets tre generatorer fra 1921 er ikke som på de fleste andre el-værker kapslet ind i en stor stålkappe. Her kan man tydeligt se, hvordan generatoren er opbygget af en roterende elektromagnet med spoler uden om. Hver generators aksel er direkte forbundet med akslen fra en vandturbine på den anden side af den tykke betonmur.

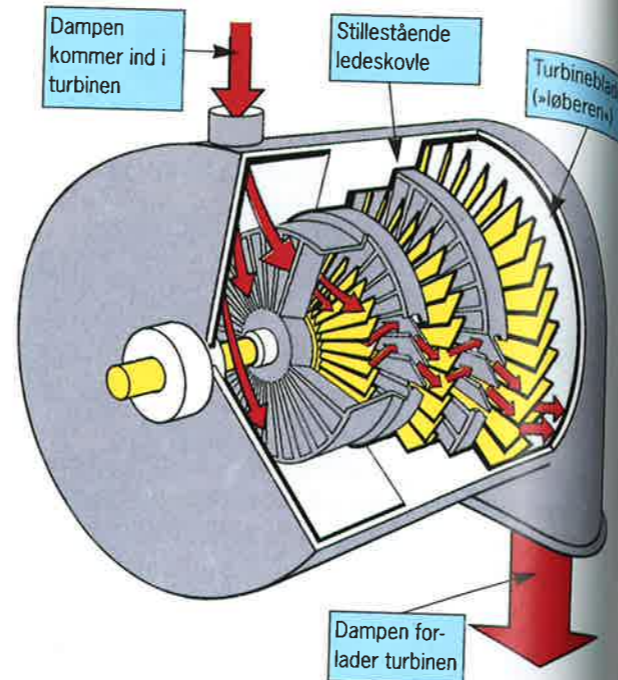
## Damp ved højt tryk

Det er let at frembringe vanddamp ved højt tryk. Man skal blot hælde vand i en stærk, lukket beholder og varme den op.

Da dampen ikke kan slippe ud, koger vandet ikke ved hundrede grader, men temperaturen bliver ved med at stige. Den damp, der bliver ved med at dannes, frembringer et større og større tryk inde i beholderen. I denne tabel kan du se, hvor stort trykket er ved forskellige temperaturer:

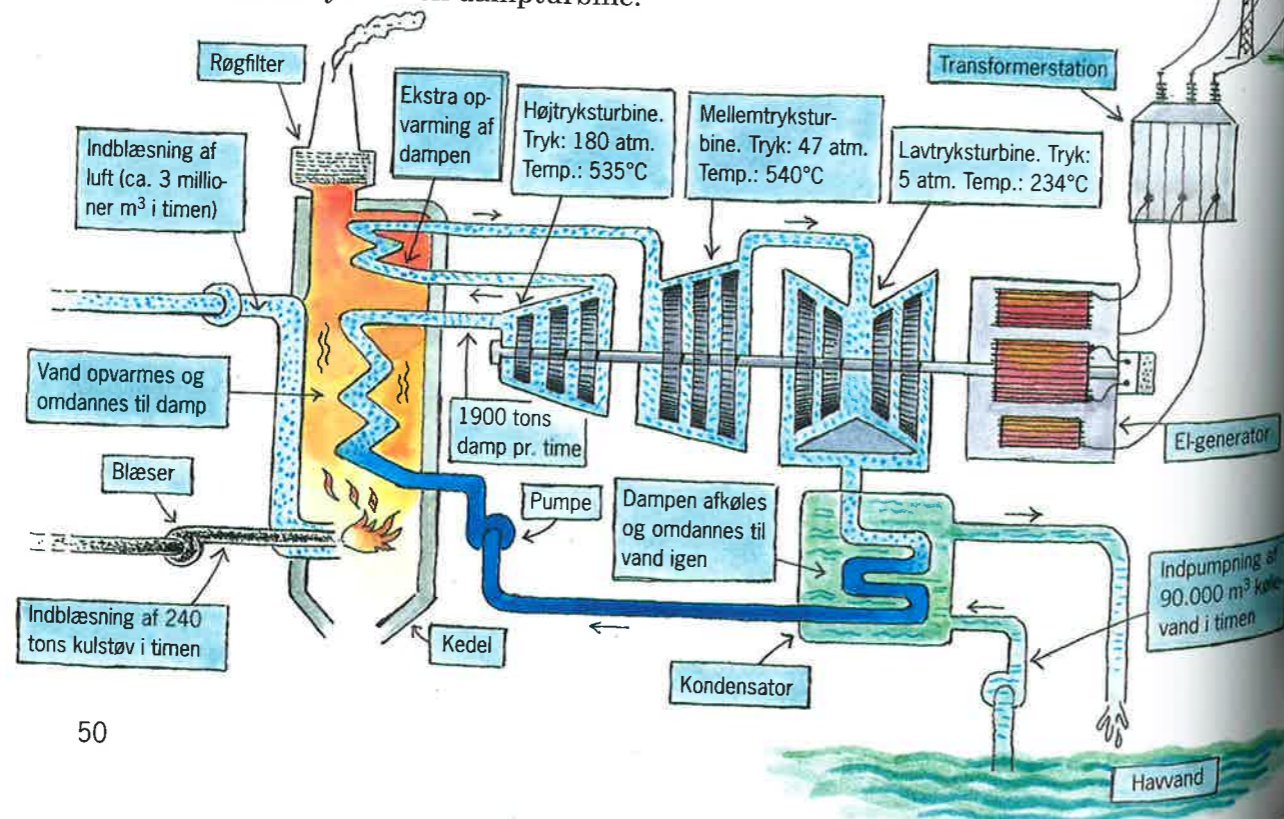
Temperatur	Damptryk
100°C	1 atmosfære
121°C	2 atmosfære
134°C	3 atmosfære
200°C	15 atmosfære
374°C	217 atmosfære

Jo mere man varmer beholderen op, jo mere damp dannes der, så dampmolekylerne kommer til at ligge tættere ved hinanden. Det tryk, de udøver mod beholderens vægge, skyldes, at de samtidig bevæger sig rundt mellem hinanden med stor fart. Det er dette tryk, man udnytter i en dampturbine.



Her kan du se, hvordan en moderne dampturbine er indrettet. Ved hjælp af de stillestående ledeskovle ledes damp under stort tryk og høj temperatur ind, så den med stor kraft rammer turbinerbladene. Herved får man akslen til at rotere med 3000 omdrejninger pr. minut.

Princippet i et el-værk drevet af dampturbiner. De angivne tal gælder for Asnæs-værket ved Kalundborg.



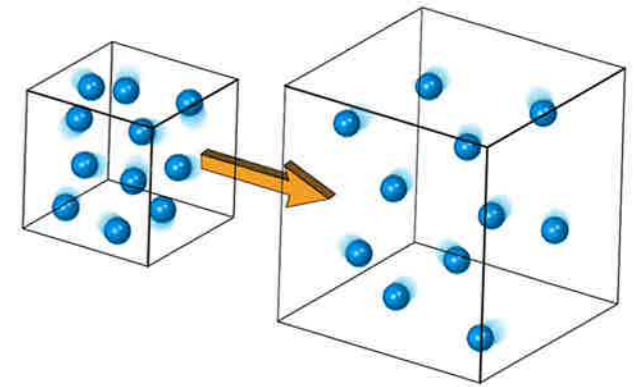
## Man kan variere damptrykket

Når man varmer vand op i en lukket beholder, vil dampmolekylerne ved 374°C være lige så tæt pakket som vandmolekylerne, så der ikke længere er nogen overflade mellem vand og vanddamp.

Varmer man yderligere op, stiger trykket, fordi molekylerne fart øges. Men man kan formindske trykket ved at lede dampen over i en beholder med større rumfang, så molekylerne ikke ligger så tæt ved hinanden. Når blot temperaturen er over 374°C, vil molekylerne ikke kunne hænge sammen og danne vand.

Man kan derfor have damp med forskelligt tryk ved høje temperaturer over 374°C. På Amagerværket driver man f.eks. højtryksturbiner med damp ved 545°C og et tryk på 247 atmosfære og mellemtryksturbiner med damp ved 541°C og et tryk på 54 atmosfære.

Adskilt lavtryksturbine på Vestkraft i Esbjerg. Turbinebladene ses tydeligt.



Når dampen får mere plads at være på, falder trykket, fordi molekylerne, som bombarderer beholderens vægge, nu ikke ligger så tæt som før.

## Alternative energikilder

For at spare på brændstoffer som kul, olie og naturgas søger man i dag at finde alternative energikilder, som man kan udnytte til el-produktion.

Vandkraft er en af mulighederne. Men i et land som Danmark, hvor vi ikke har høje bjerge og vandfald, er der kun lidt energi at hente på denne måde.

Til gengæld blæser det ofte i Danmark. Vi kan derfor udnytte vindens kinetiske energi.

## Energi fra vinden

At man kan udnytte vindens energi, er ikke noget nyt. Vindmøller eksisterede for over 1000 år siden flere steder i verden. I Danmark var der omkring 1920 mere end 20 000 vindmøller.

De fleste vindmøller blev brugt til at male korn med. Når møllens vinger drejede rundt, fik de to store møllesten til at rotere og gnide mod hinanden. Mølleren hældte så korn ind mellem møllestenene, der knuste kornet til fint mel, som kunne bruges til bagning.

I de vindmøller, man bygger i dag, trækker vingerne en el-generator, som producerer elektrisk strøm.





## Danske vindmøller er kendte

I Danmark har vi i flere år arbejdet med at lave vindmøller til fremstilling af el. Vi er blevet så dygtige, at danske vindmøller er anerkendt som nogle af de bedste i verden.

Derfor har vi i Danmark kunnet opbygge verdens største vindkraft-industri, og danske firmaer sælger mange vindmøller til andre lande. Cirka halvdelen af alle vindmøller, der snurrer verden over, er „made in Denmark“.

Det tjener Danmark gode penge på. Derfor forskes der meget i at lave så gode vindmøller som muligt. De forskellige fabrikanter og de store el-selskaber har flere vindmølle-projekter igang, hvor der ofte opstilles 20 til 40 vindmøller i en vindmøllepark.

Det er nemlig begrænset, hvor meget el en enkelt mølle kan producere. De almindeli-



ge vindmøller, som man kan se ved en bondegård, har normalt en ydeevne på 50 kW (kilo-watt).

Store vindmøller er på 100 til 500 kW. Men jo større møllerne bliver, jo mere støjer de også til gene for naboerne. Mange af de vindmøller, man bygger i dag, er lige så høje som et 10-etagers hus, og når møllevingerne drejer rundt, dækker de et areal, der er lige så stort som en lille parcelhusgrund.

## Kan vindmøller erstatte elværker?

I dag er der knap 4000 vindmøller i drift i hele landet, og de fleste af dem er ikke ret store. Hvis man tænkte sig, at blot Sjællands el-behov skulle dækkes udelukkende ved hjælp af vindmøller, skulle der yderligere bygges omkring 35 000 store møller.

Vi kan derfor ikke nøjes med vindmøller, men de kan være en del af el-forsyningen. Politikerne har sat sig som mål, at op til omkring 10% af vores el-forbrug skal dækkes af el fra vindmøller. I øjeblikket er det kun omkring 3%.

Der skal bygges mange vindmøller, hvis dette mål skal nås. For at erstatte bare ét el-værk skal der bygges omkring 500 til 1000 kæmpestore vindmøller.

Et andet problem ved anvendelse af vindmøller er, at det ikke altid blæser. Derfor må man i vindstille perioder skaffe sig el på anden måde.

I Danmark har man løst dette problem ved, at vindmøllerne kan kobles ind på de store el-værkers net. Så kan vindmølle-ejerne levere overskudsstrøm til el-værkerne, når det blæser, og selv få leveret strøm fra el-værkerne, når det ikke blæser.

Da det efterhånden bliver sværere at finde egnede steder, hvor man kan placere vindmølleparker på land, arbejder man i øjeblikket på at udvikle endnu større møller, der kan anbringes på havet. Som et led i dette udviklingsarbejde har man bygget en af verdens største vindmøller på Tjæreborg enge i Sønderjylland tæt ved Vadehavet. Den har en ydeevne på 2000 kW.

## Energi direkte fra solen

Du kender sikkert en solcelle fra for eksempel en lommeregner. En lommeregner med indbyggede solceller har ikke noget batteri. Den elektriske strøm kommer fra solcellerne, som frembringer elektrisk strøm, når de belyses. Det medfører, at lommeregneren kun kan bruges, når der falder lys på solcellerne.

Et armbandsur kan også være udstyret med solceller, men da uret skal gå hele tiden, også når det er mørkt, sidder der et lille batteri inde i uret. Batteriet bliver opladet af solcellerne, når lyset skinner på dem.

At en solcelle kan producere elektrisk strøm, når den belyses, vil vi vise ved et forsøg.



## Hvordan fungerer en solcelle?

Solceller er opbygget af grundstoffet silicium – et stof, der er masser af i almindeligt sand.

Man anvender silicium-skiver, som kun er 0,4 mm tykke. De er så tynde, at sollyset kan trænge igennem dem. Man fremstiller to slags skiver, der er lidt forskellige.

En solcelle består af to forskellige skiver, der er presset tæt sammen. Når sollyset trænger igennem skiverne, strømmer der elektroner fra den ene skive til den anden.



Den ene skive oplades derfor positivt, fordi den mister elektroner, mens den anden skive oplades negativt, fordi den får overskud af elektroner.

Den ene skive kommer således til at udgøre solcellens positive pol, mens den anden skive udgør solcellens negative pol. Solcellen virker derfor som et elektrisk batteri.

## Strøm fra solceller

Vi forbinder et panel med solceller til en lille el-motor, der er forsynet med en propel, og belyser panelet enten ved hjælp af sollys eller en kraftig lampe.

Vi ser, at motoren kører, når panelet belyses, og standser, når vi skygger for lyset.





Solcellerne giver strøm til satellitten.

### Nogle anvendelser af solceller

Man kan sætte flere solceller efter hinanden, montere dem i en kasse og sætte en glasplade på som låg – og så skal solen bare skinne! Et solcelle-panel på størrelse med din opslåede bog kan få en 15W-pære til at lyse.

Når sollyset går ned igennem atmosfæren, tabes der meget energi. Ude i rummet – uden for atmosfæren – er sollyset otte gange kraftigere end hernede ved jordoverfladen. Derfor kan satelliternes solceller frembringe langt mere strøm, end de gør hernede. Den elektriske strøm bruges til at videresende signaler fra forskellige radio- og TV-stationer til store dele af Jorden.

I et fotografiapparat eller i et videokamera er lysmåleren i virkeligheden en solcelle. Jo mere lys der rammer lysmåleren, jo mere strøm afgiver den – og apparatet indstiller sig så efter lysmængden.



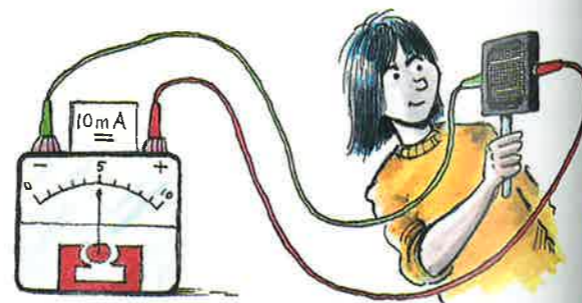
Fotografens lysmåler er en lille solcelle.

### FÆLLESFORSØG

#### Vi bygger en lysmåler

Vi forbinder et solcelle-panel til et amperemeter (fuldt udslag 10 mA).

Ved hjælp af denne hjemmelavede lysmåler måler vi lysstyrken forskellige steder i klassen.



Enmandsflyet Solar Challenger, som drives af solceller på vingerne. Det kan flyve med en fart af 200 km/time.

I de senere år har man bygget større og større paneler med solceller.

Rundt omkring i verden holder man ofte konkurrencer for cykler og små biler, der kun må drives af solpaneler. En af disse konkurrencer foregik i Australien, og her deltog nogle danske studerende med deres eget hjemmebyggede køretøj.

Solcellebiler er bygget af superlette materialer. Her ses deltagerne ved et 'racer'-løb i København.



Det er lykkedes at få et soldrevet enmands-fly til at flyve over den engelske kanal mellem England og Frankrig. Propellen blev trukket rundt af en el-motor, der fik elektrisk strøm fra 16 000 små solceller på oversiden af vingerne.

På vanskeligt tilgængelige steder, hvor det vil være for dyrt at trække el-ledninger, kan man bruge solceller. For eksempel får mange norske fjeldhytter elektricitet fra solpaneler. Om dagen oplader solcellerne en akkumulator magen til den, der sidder i en bil. Så kan man om aftenen bruge strømmen herfra til elektrisk lys.

I udviklingslandene er der mange områder, hvor der ikke er el-værker. Her kan man bruge elektrisk strøm fra solceller til at drive vandpumper og til elektrisk lys.

Der er således mange steder, man kan anvende solceller, men de er endnu ret dyre, og det er ikke lykkedes at lave solceller, som kan producere strøm i større mængder. Men der forskes meget indenfor dette område, og solceller bliver stadig bedre og billigere.

Der er forskere, som mener, at man en dag vil kunne placere flere kvadrat-kilometer store solpaneler ude i rummet, hvor solen altid skinner – og overføre den modtagne energi til Jorden.



Vekselstrømsgenerator i bil. Bilens motor trækker en kilerem, der drejer generatorens aksel.

## Transportmidlers el-forsyning

Biler, skibe og fly kan ikke på samme måde som huse få leveret strøm fra et el-værk. De er i stedet forsynet med en større eller mindre el-generator, som trækkes af transportmidlets benzin-, diesel- eller jetmotor. Denne generator leverer den nødvendige strøm til belysning, m.v.

Transportmidlets motor startes op ved hjælp af strøm fra et stort akkumulatorbatteri, som oplades af el-generatoren, mens motoren er i gang.

## El-biler

Benzindrevne biler forurener luften meget, når de kører. Specielt til bykørsel har man derfor udviklet små el-biler, som trækkes af en el-motor.

I Slagelse kommune bruger man el-biler for at formindske forureningen.



Sådanne el-biler udnytter el-værkets strøm til med mellemrum at oplade et stort akkumulatorbatteri. Den oplagrede energi fra akkumulatoren bruges så til at trække bilens el-motor. Når batteriet er afladet, skal det blot oplades igen.

Problemet er, at det er vanskeligt og dyrt at lave et tilstrækkelig godt akkumulatorbatteri, så bilen kan køre langt efter én opladning. Til gengæld kører den næsten lydløst og uden at forurene luften.

## Genopladelige batterier

Små batterier til transistorradioer, lygter, osv. er normalt engangs-batterier, som må kasseres, når de er afladet.

I dag kan man dog købe tilsvarende batterier, som kan lades op igen efter brugen. De er i virkeligheden små akkumulatører, som kan bruges igen og igen.



## Bly-akkumulatoren

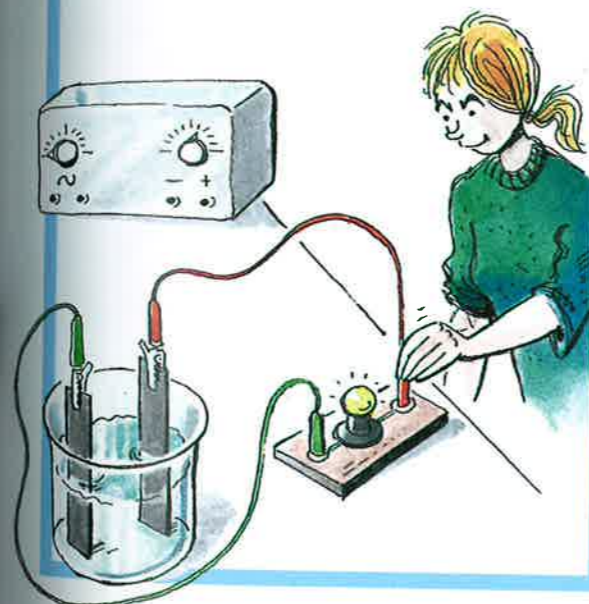
Den akkumulatortype, som er mest anvendt i biler i dag, er bly-akkumulatoren.

Det er let at lave en simpel bly-akkumulator. Det får I selv lejlighed til i den næste laboratorieopgave.

### Laboratorieopgave 4

## Blyakkumulatoren

I denne laboratorieopgave skal I selv prøve at lave en blyakkumulator – og både oplade og aflade den.



## El fra batterier og fra el-værket

Det kan ofte betale sig at bruge genopladelige batterier eller akkumulatører frem for engangs-batterier. På denne måde udnytter man indirekte strømmen fra el-værket.

Den strøm, man får fra engangs-batterier er nemlig væsentlig dyrere end strøm fra el-værket. For eksempel kan et almindeligt 1,5 volts batteri kun holde en pære (1,5V-0,2A) ordentligt lysende i ca. 2 timer. Så er batteriet brugt op.

## Teoriopgave

1 kWh leveret fra el-værket koster i dag ca. 1 kr. Prøv at regne ud, hvad 1 kWh ville koste, hvis den skulle leveres af små 1,5 volts batterier som det ovenfor omtalte, hvis et sådant batteri f.eks. koster 8 kr.

I arbejdshæftet finder du både lidt hjælp til udregningen og plads til svaret. Samtidig kan du kontrollere, om du har svaret rigtigt.

### Tip tretten 1

Du kan få et indtryk af, hvor meget du fik lært i kapitel 2-4 ved at udfylde tipskupon nr. 1 i arbejdshæftet. De tilhørende opgaver kan din lærer give dig.

