

# BRÆNDELSCELLER

Institut for Fysik  
Danmarks Tekniske Universitet

nanMteket

Rettelser til:  
Ole Trinhammer  
[ole.trinhammer@fysik.dtu.dk](mailto:ole.trinhammer@fysik.dtu.dk)

## BRÆNDELSCELLER i BRINTSAMFUNDET

Øvelsen består af 3 forsøg

Virkningsgraden af elektrolysecelle

Virkningsgraden af brændselscelle (kan udelades)

Karakteristik og effektkurve for brændselscelle

Formålet er overordnet at illustrere det kompromis, man må indgå mellem maksimal effekt og maksimal effektivitet, og at motivere til forskning i forbedring af teknologien.

Vi arbejder på at udvikle målingen af virkningsgraden af brændselsceller, som kan drille. Man kan deltage i udviklingsarbejdet eller bruge tid på at måle karakteristik af forskellige brændselsceller.

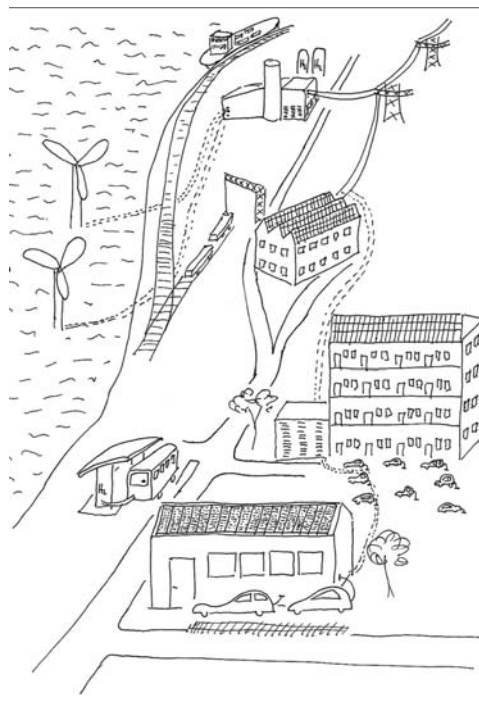
### Indledning:

I fremtiden kan man tænke sig brintbiler, der indgår i et brintsamfund, hvor grundlaget for vores energiforbrug er elektricitet fra forskellige energikilder og oplagring af brint som energibærer. Man kan også forestille sig større kraftværkssystemer. Når der er overskudsproduktion af elektricitet, f.eks. fra vindmøller, gemmes energien i form af brint fremstillet ved elektrolyse af vand til brint og ilt. Når man har brug for elektricitet fødes brinten ind i en brændselscelle, der laver elektricitet.

I et sådant system er der to vigtige tabskilder, nemlig ved elektrolysen under brintproduktionen og i brændselscellen ved forbrug af brinten. Det viser sig at effektiviteten afhænger af, hvor kraftigt man udnytter cellerne. Efter øvelsen skulle eleverne kunne svare på spørgsmålet om, hvor man skal lægge sig i belastning, hvis man ønsker at anvende en brændselscelle hhv i en bil, der skal accelerere kraftigt eller i et kraftværk, der skal udnytte energien effektivt.

Tegningen viser, hvordan man kan forestille sig brintsamfundet. *I brintsamfundet bruges brint som energibærer. Der er elektrolysestationer ved kraftværkerne. Bilen kobles til det fælles net, når den er parkeret ved arbejdet eller huset. Hustagene er dækket med solceller, og en lagertank til brint erstatter olietanken til fyret. Bilen fungerer som elektrolyseanlæg eller brændselscelleanlæg efter behov. Der kan være forbindelse til naturgasnettet. Bilen oplades også om natten.*

**Tænkeopgaver:** Beskriv de enkelte dele. Hvordan transporteres energi? Hvordan lagres energi? Hvilke energikilder kan producere elektricitet direkte? Hvordan kan kernekraft indgå i brintsamfundet?





## Forsøgsgang med PEM-celle med dataopsamling

1. Fyld cellens tanke med DEMINERALISERET vand. (IKKE fra vandhanen).
2. Tilslut cellen til en strømforsyning. Vælg strømstyrke lidt under 1 A. MAX 1 A.
3. Start målingen, når vandet er nået op af stigrøret og begynder at fylde ind i den overliggende beholder.\*
4. Notér spændingsforskel og strømstyrke i skemaet nedenfor.
4. Stop opladningen før brintrumfanget når bunden af stigrøret. (H<sub>2</sub>-siden).
5. Aflæs strømstyrken, spændingen og virkningsgraden (effektiviteten) og eventuelt øvrige størrelser fra computeren. Beregningerne i computeren foregår ligesom i det indledende forsøg.
6. Gentag forsøget med en ladestrøm under 0,4 A.
7. Prøv eventuelt andre ladestrømme.

Forsøg	$U$	$I$	$P$	$t$	$E_{el}$	$V$	$E_{brint}$	$\eta$ , Effektivitet
	volt	ampere	watt	sekunder	joule	milliliter	joule	%
1			§	§	§	§	§	
2								

§ Kan udelades.

\* Programmet nulstiller rumfangsvisningen, når det startes. Rumfangsmålingen foregår ved en oversættelse af en trykmåling under det opstemmede vand. For at holde oversættelsen simpel, skal man undgå at måle den første del af produktionen med, hvor stigrøret fyldes, da trykket her vokser meget hurtigere med brintrumfanget. Bemærk, at der sker en løbende beregning under dataopsamlingen, så der tages hensyn til eventuelle variationer i alle de målte størrelser.

### Konklusion:

I brintsamfundet må man forestille sig, at bilen oplades om natten ved at blive koblet til elnettet i garagen. Kan det bedst betale sig at oplade bilen hurtigt ved en stor strømstyrke eller langsomt ved en lille strømstyrke?



## KARAKTERISTIK og EFFEKTKURVE for BRÆNDSSELSCELLE

**Formål:** At optegne belastningskarakteristik for en brændselscelle.

**Teori:** En karakteristik er en kurve, der viser sammenhængen mellem elektrisk strømstyrke og spændingsforskel. Kurven findes ved at måle på en brændselscelle, der belastes med forskellige modstande, der skal forestille forskellige apparater, man kunne tænke sig at koble til cellen.

I visse områder af kurven følger målingerne en nogenlunde ret linie og man beskriver da sammenhængen ved følgende formel

$$U = U_0 - R_i I$$

hvor  $U$  er den målte polspænding, som brændselscellen leverer,  $I$  er den målte strømstyrke,  $U_0$  kaldes hvilespændingen og  $R_i$  kaldes cellens indre modstand.

**Forsøgsang:** Brændselscellen forsynes fra elektrolysecellen med gasser, der strømmer frit gennem systemet. Altså åben udstødning både på brint- og på iltiden.

1. Byg en strømkreds fra brændselscellen med amperemeter og dekademodstand i serie. Vælg ledninger i en bestemt farve. Tilkobl et voltmeter med ledninger af en anden farve parallelt over cellen.
2. Sæt belastningsmodstanden på  $11 \times 100 + 11 \times 10 + 11 \times 1 + 11 \times .1 \ \Omega$ .
3. Start programmet, der tegner karakteristik og effektkurve.
4. Drej gradvist ned for modstanden en dekade ad gangen måske helt ned til "0"  $\Omega$  \*.
5. Diskutér  $(I, U)$ - og  $(I, P)$ -graferne.
6. Gentag eventuelt måleserien med luft i stedet for ren ilt, eller prøv en celle til metanol.
7. Lav eventuelt en måleserie med brint og ilt fra fyldte lagertanke og med lukkede udstødninger på brændselscellen.

\* Hvis man vil undgå at brintproduktionen eventuelt ikke kan følge med behovet ved store belastninger (små modstande) må man i stedet fylde lagertankene og tage gasser derfra.

### Konklusion

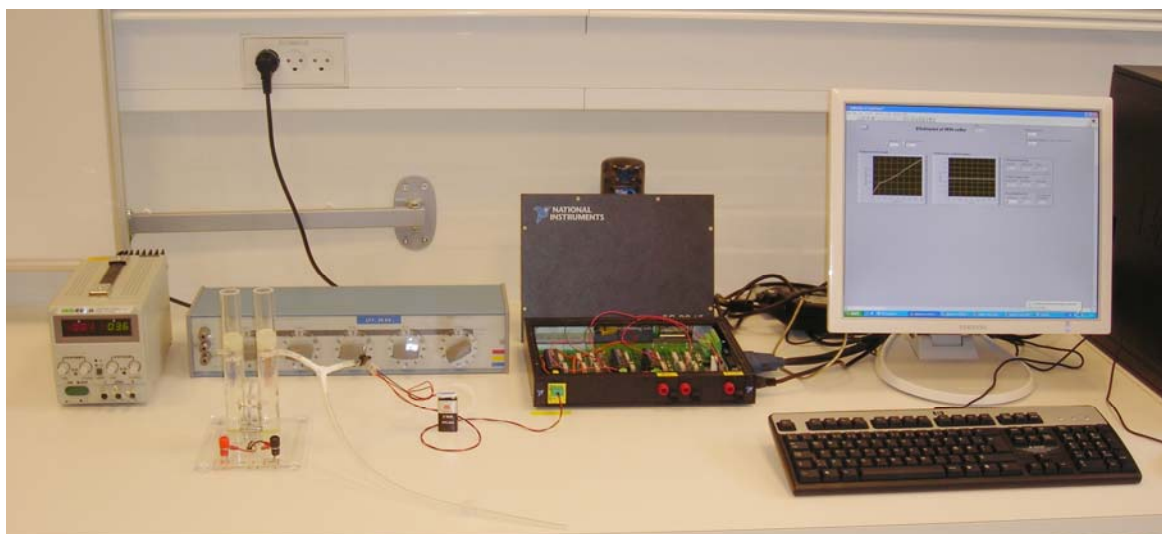
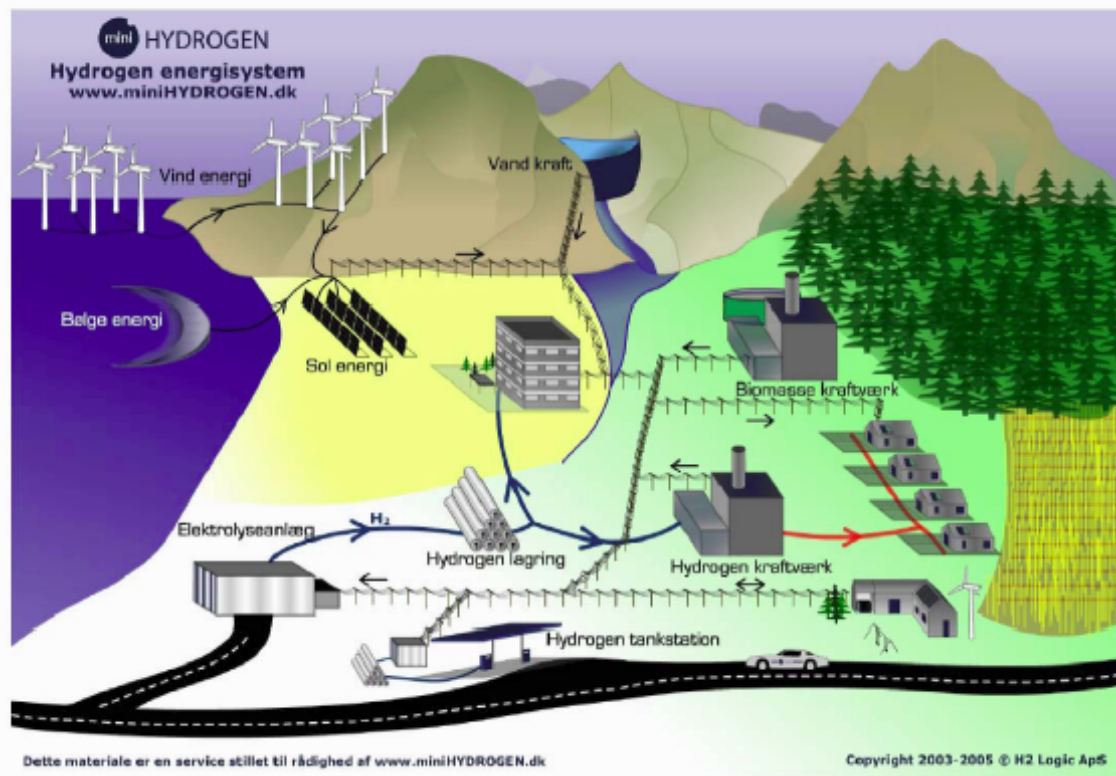
Hvilken sammenhæng er der mon mellem polspændingen og virkningsgraden (brug resultaterne fra målinger af virkningsgrader)? Hvor skal man lægge sig i belastning, hvis brændselscellen skal forsyne en elmotor i en bil under kraftig acceleration, og hvor skal man lægge sig i belastning, hvis cellen indgår i en cellestak i et kraftværk, der skal dimensioneres til at køre med effektiv udnyttelse af brændslet?

## Referencer

Ole Trinhammer, *Evig Energi? - brændselsceller og brintsamfundet*, Fysikforlaget 2005 (Bogens hjemmeside <http://evigenergi.fys.dk>, bl.a. uddybende noter om forskellige faktorer i virkningsgraden).

Anders Smith og Mogens Mogensen, *Brændselscellers fysik og kemi*, Bragt i Kvant <http://www.risoe.dk/Afd-abf/sofc/articles/Kvant.pdf>

## Fremtidigt energibillede?



Opstilling til dataopsamling med interface (sort kasse).