

# LÆRERVEJLEDNING POWER-TO-X A-, B- OG C-NIVEAU



## Formål

At eleverne lærer om de kemiske processer, der er forbundet med Power-to-X.

At eleverne bliver klogere på, hvilke udfordringer man møder, når man skal arbejde med Power-to-X i stor industriel skala.

## Fag

Kemi A, B og C

## Indhold

Forløbet omhandler følgende emner:

- Processen bag Power-to-X
- Elektrolyse og energiberegninger
- Kemiske stoffer og navne
- Energi, effekt og energitæthed

## Tidsforbrug

Ca. 7 moduler

## Materialer

Materialet indeholder teori og opgaver om emnerne.

## Besøg

Klassen skal besøge en virksomhed, der arbejder med Power-to-X og grøn energi.

# INDHOLD

Kort om forløbet.....	2
Kort oversigt over undervisningsplan.....	3
Forslag til lektionsplan .....	3
Kernestof .....	6

Materialet er udviklet af Bjørn Svenningsen, cand.scient.,  
gymnasielærer og Åben Virksomhed.

## Kort om forløbet

Power-to-X er et undervisningsforløb om elektrolyse og anden kemi relateret til PtX, som indeholder et virksomhedsbesøg hos en virksomhed, der arbejder med PtX og grøn energi. Gennem forløbet opnår gymnasieelever en faglig viden, der indgår i lærerplanen for kemi på A-, B- eller C-niveau. Samtidig opnår eleverne en almen viden om det private erhvervsliv og det samfund, de indgår i.

Forløbet er udviklet af en kemilærer fra gymnasieverdenen, så undervisningen lever op til de faglige mål i lærerplanen. Undervisningsforløbet består af 6 moduler i klassen inden besøget på fabrikken, selve besøget på ca. 1,5 time og efterfølgende 1 modul i klassen, hvor eleverne arbejder med en slutopgave omkring emnet.

I materialet her finder du en kort oversigt over undervisningsplanen og forslag til indholdet i de enkelte moduler. Du kan som lærer udvælge og tilpasse stoffet i materialesamlingen efter klassens niveau og den tid, der er til rådighed. Det er dog en forudsætning, at eleverne har kendskab til emnerne inden besøget.

Bagerst kan du se en oversigt den del af kernestoffet, som materialet bidrager til at opfylde.

**Inden du går i gang med forløbet, er det en god idé at kontakte virksomheden og få fastlagt en dato for besøget. Når besøget nærmer sig, kan I tales ved og forventningsafstemme besøgets indhold. Læs mere i arket *Forberedelse til virksomhedsbesøg*.**

## Kort oversigt over undervisningsplan

Modulnr.	Indhold	Materialer
1	Intro til Power-to-X	Materialesamling modul 1
2 + 3	Eksperiment med elektrolyse og energiberegninger	Materialesamling modul 2+3
4	Kemiske stofgrupper og kemiske navne	Materialesamling modul 4
5	Energi, effekt og energitæthed	Materialesamling modul 5
6	Forberedelse af virksomhedsbesøg og slutopgave	Materialesamling modul 6
	Virksomhedsbesøg	
7	Arbejde med slutopgave	Materialesamling modul 6+7

## Forslag til lektionsplan

Bemærk, at længden af et modul varierer fra gymnasium til gymnasium. Her er den sat til ca. 70 minutter. Til nogle af modulerne skal eleverne forberede sig forud for undervisningen i klassen.

Modul 1	Materialer
<p><b>Intro til Power-to-X</b> Afhængigt af antallet af moduler, der kan afses til dette undervisningsforløb, kan man vælge at bruge et helt modul i klassen på intro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gennemgå introafsnittet modul 1 i materialesamlingen, herunder figur 1, der giver et godt overblik.</li> <li>• Eleverne kan arbejde med at finde aktuelle oplysninger om PtX på nettet. Det kan være aktuel debat, materiale fra nyhedsmagasinet Ingeniøren, artikler og webinarer fra Dansk Industris hjemmeside eller andet.</li> <li>• Fortæl eleverne lidt om den Power-to-X-virksomhed, som I skal besøge.</li> <li>• Sidst i modulet gennemgås den øvelse, som eleverne skal udføre i Modul 2. Eleverne kan inddeles i grupper, der arbejder sammen gennem hele forløbet.</li> </ul> <p>Alternativt kan eleverne læse introafsnittet i materialesamlingen som lektie, og en kortere introduktion i klassen kan f.eks. laves ved, at man blot præsenterer figur 1 og forbereder eleverne på øvelsen i modul 2.</p>	<p>Materialesamlingen modul 1 s. 2-3.</p>

Modul 2 og 3	Materialer
<p><b>Eksperiment med elektrolyse og energiberegninger</b></p> <p>Eleverne laver forsøg i laboratoriet med elektrolyse af vand. Iagttagelser og målinger sættes i perspektiv til, hvilke udfordringer man møder, når man skal planlægge processen i stor industriel skala.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indledende forsøg for at bestemme en passende elektrolysespænding.</li> <li>• Måling af udviklet hydrogen og oxygen, forbrugt elektrisk energi samt måling af udviklet varme.</li> </ul> <p>Instruktion til eksperimenterne, teori og opgaver er samlet i materialesamlingen.</p> <p>I modul 3 arbejder klassen med energiberegninger ud fra egne forsøgsresultater. Niveauet her kan tilpasses elevernes keminiveau. På A-niveau kan beregningerne være en skriftlig aflevering.</p>	<p>Materialesamlingen modul 2 og 3, s. 4-15.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolysekar</li> <li>• Strømforsyning</li> <li>• Amperemeter</li> <li>• Voltmeter</li> <li>• 0,1 M Svovlsyre</li> <li>• Reagensglas</li> <li>• Termometer</li> <li>• Stopur/mobiltelefon</li> <li>• Træpinde</li> </ul> <p>Vægt eller måleglas</p>

Modul 4	Materialer
<p><b>Kemiske stofgrupper og kemiske navne</b></p> <p>Klassen lærer om klassificering og navngivning af kemiske forbindelser. Teori og opgaver er i materialesamlingen.</p> <p>Elever på A- og B-niveau har sandsynligvis arbejdet med dette stof før, men de vil sikkert have udbytte af et par af eksemplerne og fokus på de praktiske udfordringer ved transport af brændstof.</p> <p>Præsenter evt. nu et eller flere kemiske stoffer, som eleverne vil møde i virksomheden, som klassen skal besøge.</p> <p>For elever med kemi på C-niveau kan afsnittet være en introduktion til den organiske kemi.</p> <p>I materialesamlingen er der beskrevet et lille forsøg, der viser, at ammoniak kan bruges som brændstof, hvilket sikkert vil overraske mange. Forsøget kan udføres som demonstrationsforsøg. Forsøget illustrerer samtidig heterogen katalyse, som man kan møde i mange industrielle anlæg.</p>	<p>Materialesamlingen modul 4, s. 16-24.</p> <p>Til evt. forsøg:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konc. NH<sub>3</sub></li> <li>• Koniske kolber (250 ml)</li> <li>• Måleglas (100 ml)</li> <li>• Kobberspiral</li> <li>• Platinring</li> <li>• To små spatler</li> </ul> <p>Bunsenbrænder</p>

Modul 5	Materialer
<p><b>Energi, effekt og energitæthed</b></p> <p>Klassen lærer om enheder for energi og effekt samt energitæthed. Teori og tilhørende opgaver findes i materialesamlingen.</p> <p>Her kan det også være formålstjenligt at udvælge stof, så det peger i retning af det, som eleverne vil møde i virksomheden.</p>	<p>Materialesamlingen modul 5, s. 25-26.</p>

Modul 6	Materialer
<p><b>Forberedelse af virksomhedsbesøg og slutopgave</b></p> <p>I skal ud at besøge en virksomhed, der arbejder med PtX. Nogle af virksomhederne arbejder mest med forskning og udvikling, mens andre virksomheder er tættere på produktion. Hvad I kan se på virksomheden, afhænger derfor af, præcis hvad de laver.</p> <p>Introducer eleverne til den slutopgave, som de skal arbejde med efter virksomhedsbesøget. I materialesamlingen er foreslået flere forskellige slutopgaver. Om alle de foreslåede opgaver giver mening, afhænger af, præcis hvad den pågældende virksomhed laver. Du kan evt. lade det være op til eleverne selv, hvilken slutopgave de vil lave.</p> <p>Eleverne sætter sig ind i den virksomhed, som I skal besøge, ved hjælp af virksomhedens hjemmeside og prøver at afdække:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvad laver virksomheden?</li> <li>• Hvilke kemiske reaktioner arbejder de med?</li> <li>• Hvilke råprodukter anvender de?</li> <li>• Hvad sælger de videre og til hvem?</li> <li>• Er der biprodukter, der også kan sælges?</li> <li>• Hvordan er produktionsprocessen? (f.eks. temperatur, tryk, koncentration, katalysatorer, effekt, nyttevirkning, eller hvad der nu er relevant)</li> <li>• Hvor kan virksomheden placeres i figur 1 i introafsnittet i materialesamlingen?</li> </ul> <p>Eleverne skal som forberedelse til virksomhedsbesøget prøve at finde den information, som de skal bruge til slutopgaven. Den information, som de ikke kan finde på forhånd, må de forberede som spørgsmål til virksomhedsbesøget.</p> <p>Giv eleverne praktisk information om virksomhedsbesøget, herunder evt. krav til påklædning og sikkerhed.</p>	<p>Materialesamlingen modul 6 og 7, s. 28-29.</p>

Modul 7 – Efter virksomhedsbesøget	Materialer
<p><b>Arbejde med slutopgave</b></p> <p>Her er afsat ét modul til at arbejde med slutopgaven på skolen efter virksomhedsbesøget, men den tid, der er til rådighed, må afhænge af kravene til slutproduktet.</p>	<p>Materialesamlingen modul 6 og 7, s. 28-29.</p>

## Kernestof

Den faglige baggrundsviden, opgaveløsningen og virksomhedsbesøget bidrager til opfyldelse af en del af kernestoffet i læreplanen for kemi på A-, B- og C-niveau og understøtter samtidig karrierelæring. Her ses kernestoffet for STX 2017, som forløbet bidrager til. Det kan naturligvis benyttes af andre gymnasiale uddannelser.

A-og B-niveau
<p><b>Kernestof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemisk fagsprog, herunder navngivning, kemiske formler og reaktionsskemaer.</li> <li>• Mængdeberegning i relation til reaktionsskemaer.</li> <li>• Tilstandsformer, eksempler på strukturisomeri.</li> <li>• Organisk kemi: Stofkendskab, herunder opbygning, egenskaber, isomeri og anvendelse for stoffklasserne carbonhydrider og alkoholer.</li> <li>• Redoxreaktioner.</li> <li>• Homogene kemiske ligevægte, herunder forskydning på kvalitativt grundlag.</li> <li>• Reaktionshastighed på kvalitativt grundlag, herunder katalyse.</li> <li>• (Specielt for kemi A) Termodynamiske tilstandsfunktioner: Entalpi, entropi og Gibbs-energi i relation til kemiske reaktioners forløb.</li> <li>•</li> </ul> <p><b>Supplerende stof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne arbejder med temaer, der relaterer sig til elevernes hverdag, den aktuelle debat eller kemis betydning i global sammenhæng.</li> </ul>
C-niveau
<p><b>Kernestof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemisk fagsprog, herunder kemiske formler og reaktionsskemaer.</li> <li>• Stoffmængdeberegning i relation til reaktionsskemaer.</li> <li>• Tilstandsformer.</li> <li>• Simple organiske molekylers opbygning, navngivning, egenskaber og anvendelse.</li> <li>• Redoxreaktioner.</li> <li>• Simple kvalitative og kvantitative eksperimentelle metoder.</li> </ul> <p><b>Supplerende stof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne arbejder med temaer, der relaterer sig til elevernes hverdag, den aktuelle debat eller kemis betydning i global sammenhæng.</li> </ul>

## Karrierelæring

Eleverne opnår gennem undervisningen viden om og erfaringer med fagets anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og træffe valg om egen fremtid i et studie-/karrierespørgsmål samt et personligt perspektiv. På den måde bidrager forløbet også til deres karrierelæring, som skal indgå i undervisningen i gymnasiet.