

Introduktion til højtemperatur PEM brændselsceller

*Basale principper, kort historik,
DTU-aktiviteter*

Energy and Materials Science Group
Department of Chemistry
Technical University of Denmark
Kemitorvet 207
DK-2800 Lyngby
Denmark

Jens Oluf Jensen
Qingfeng Li
Chao Pan
Niels J. Bjerrum

Outline

CHEMISTRY OF
MATERIALS
A PUBLICATION OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

DECEMBER 30, 2003
VOLUME 15 NUMBER 26



- Brændselscellefamilien
- Hvorfor højere temperatur?
- Hvordan det hele startede
- De basale principper for HT-PEMFC
- DTU's aktiviteter
- Værdikæden i Danmark

Brændselscellefamilien

Type	Forkort.	Temperatur	Elektrolyt
------	----------	------------	------------

Lavtemperaturceller

Alkalisk br.c.	AFC	60-100°C	aq. KOH
Polymer br.c.	PEMFC	60-80°C	Polymer
Direkte methanol	DMFC	60-80°C	Polymer
Phosphorsyre br.c.	PAFC	200°C	H ₃ PO ₄

Højtemperaturceller

Smeltet carbonat	MCFC	650°C	Saltsmelte
Fastoxid br.c.	SOFC	700-000°C	Keramik

Hvorfor højere temperatur?

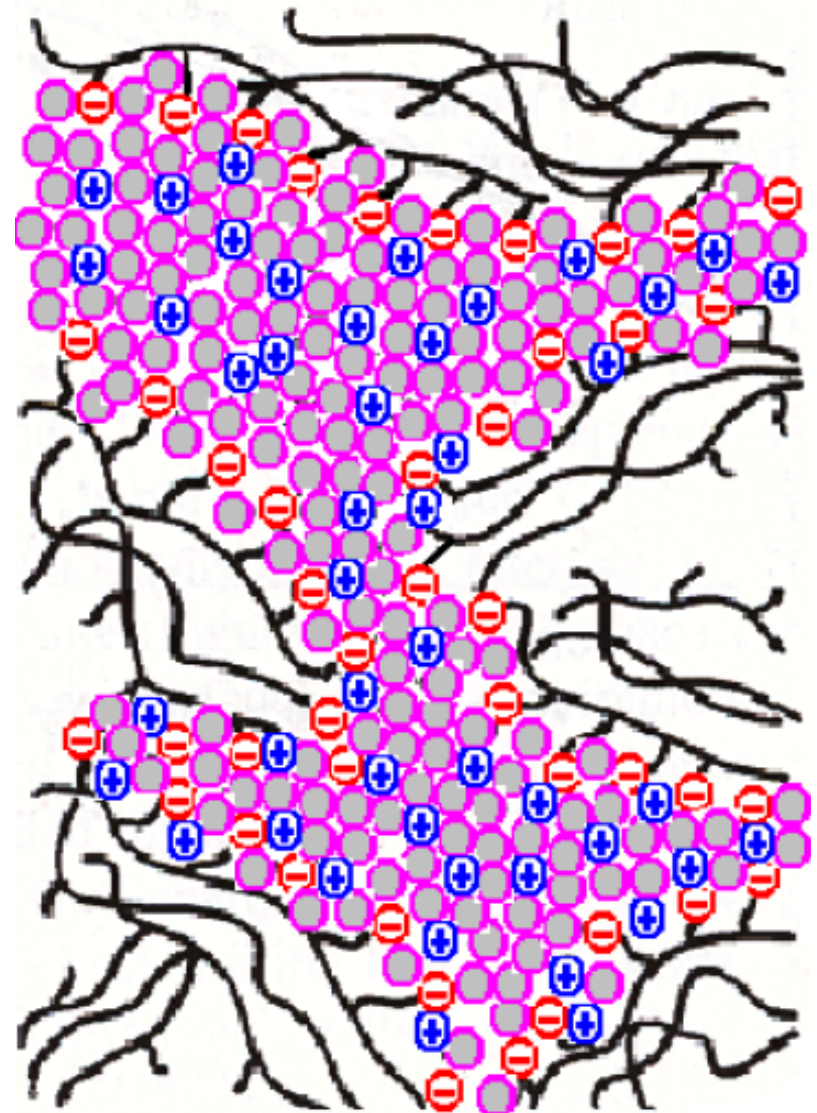
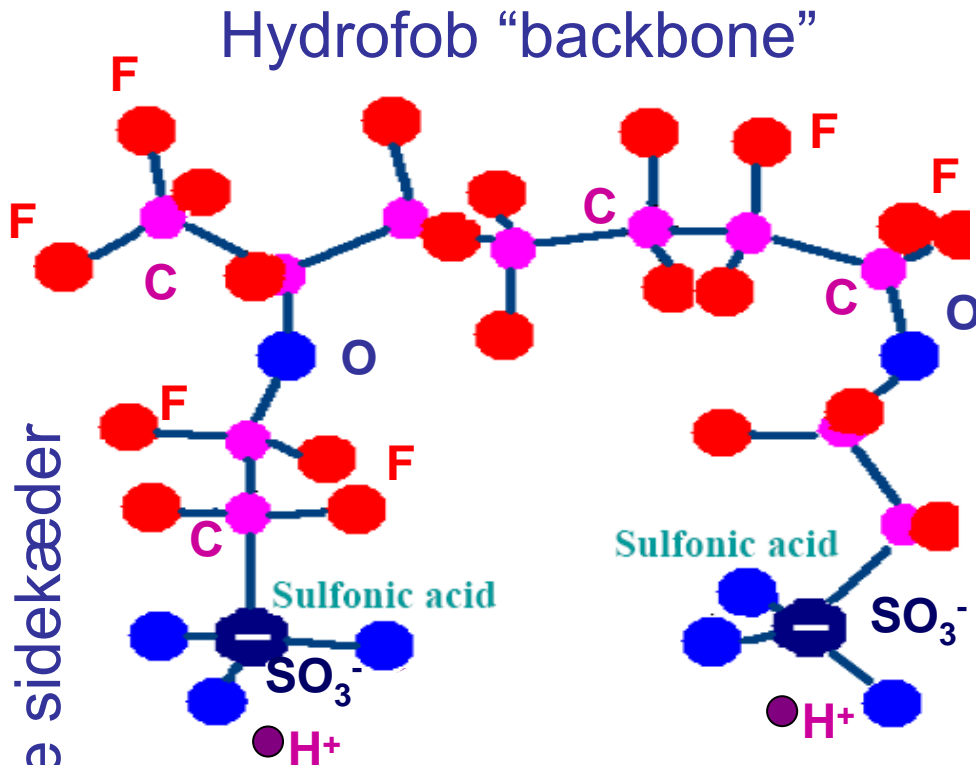
Lav temperatur – netop fordelene ved PEMFC

- Mange materialer tilgængelige
- Begrænset degradering (?)
- Let og hurtig opstart
- Begrænset varmetab ved ”mikro-celler”

Fordele ved øget temperatur

- Bedre kinetik (billigere katalysator?)
- Øget CO tolerance
- Ingen befugtning – ingen flydende vand
- Øget kvalitet af spildvarme (damp, fjernvarme)
- Effektiv køling (større temperaturforskelle)

Protonledning i polymerer



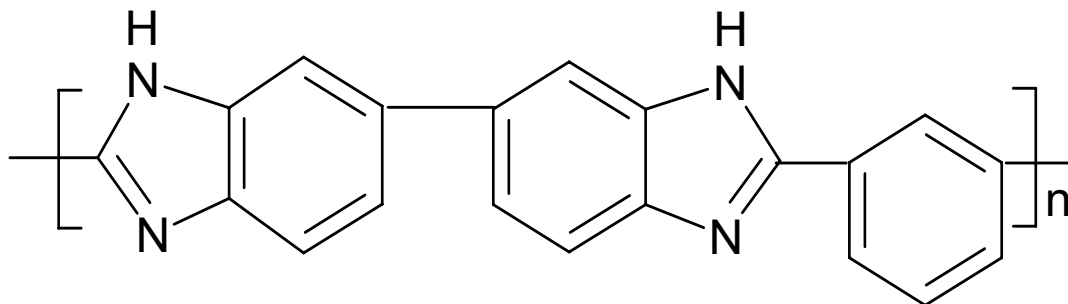
Perfluorosulfonsyre, PFSA

PBI-membran som elektrolyt

Polybenzimidazol



Prof. Robert F. Savinell



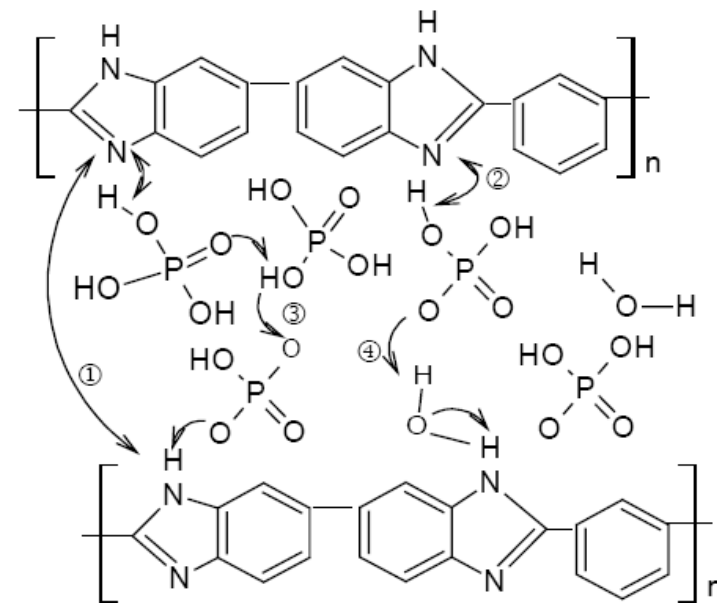
Poly (2,2'-*m*-(phenylen)-5,5'-bibenzimidazol)

Velkendt temperaturstabil polymer

$$T_g = \sim 430^\circ\text{C}$$

Dopet med phosphorsyre:

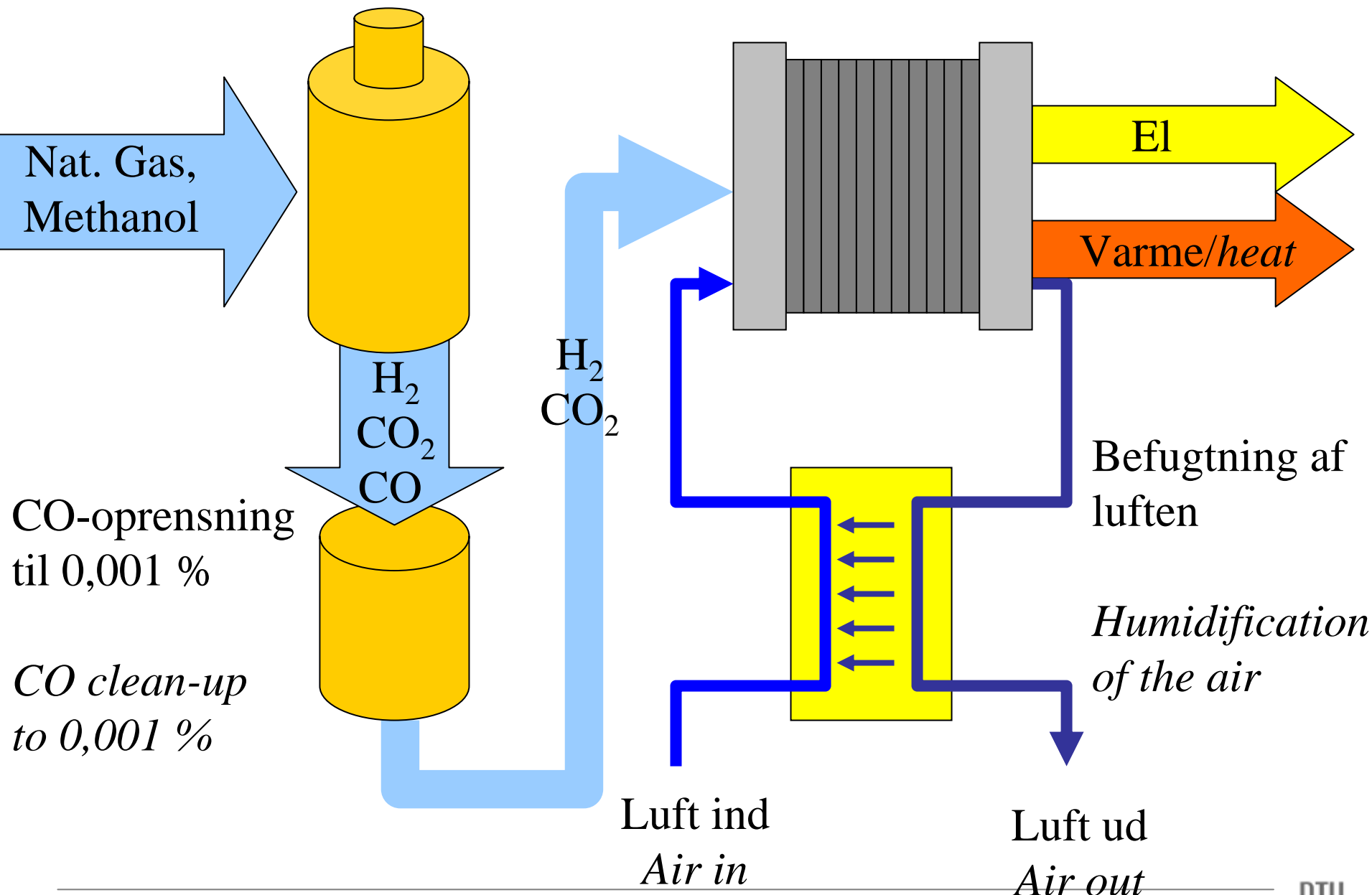
Protonleder



Wainright et al. J. Electrochem. Soc. 142 (1995) L121

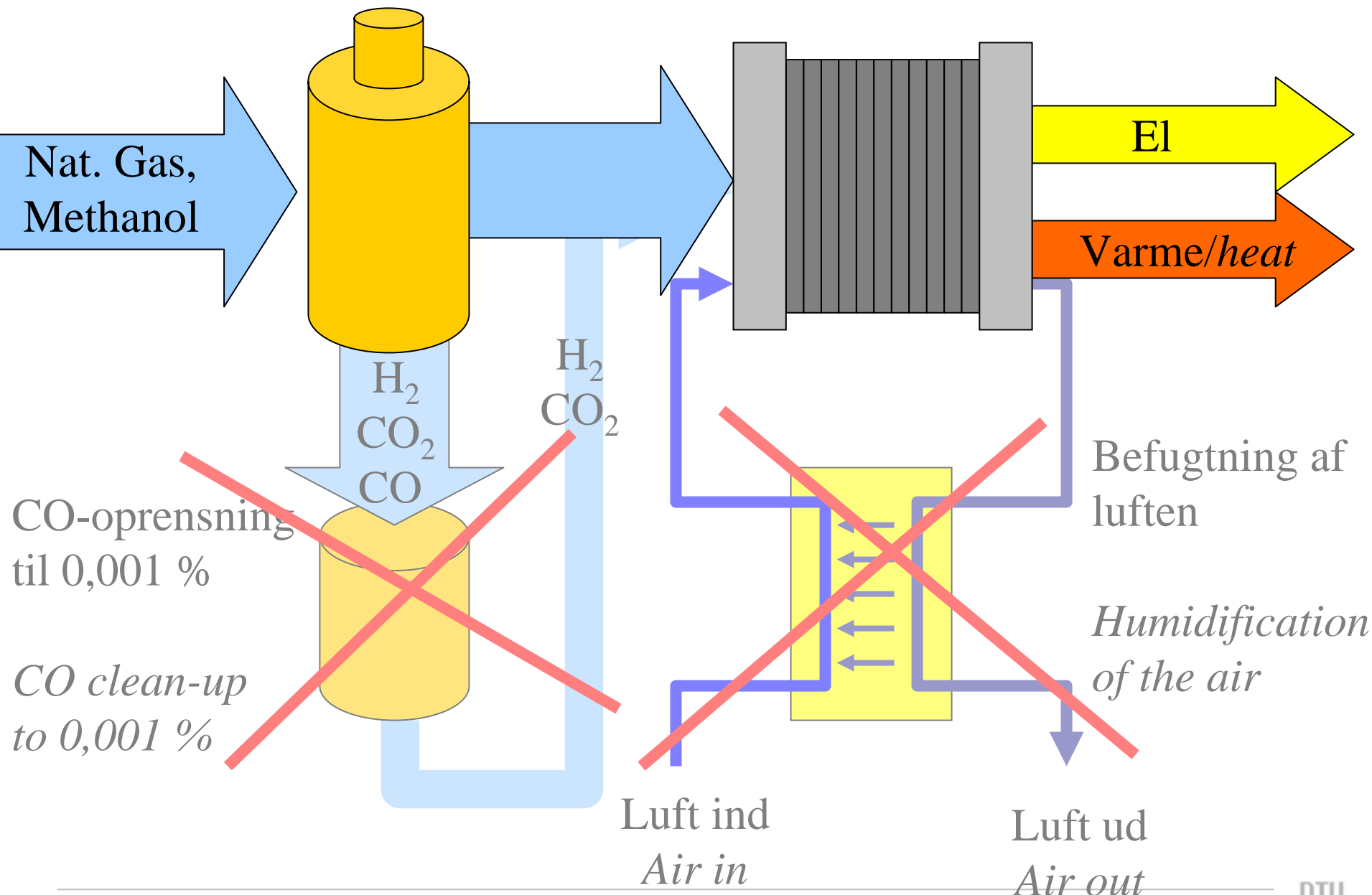
Reformer / Reformer

Brændselscelle / Fuel cell

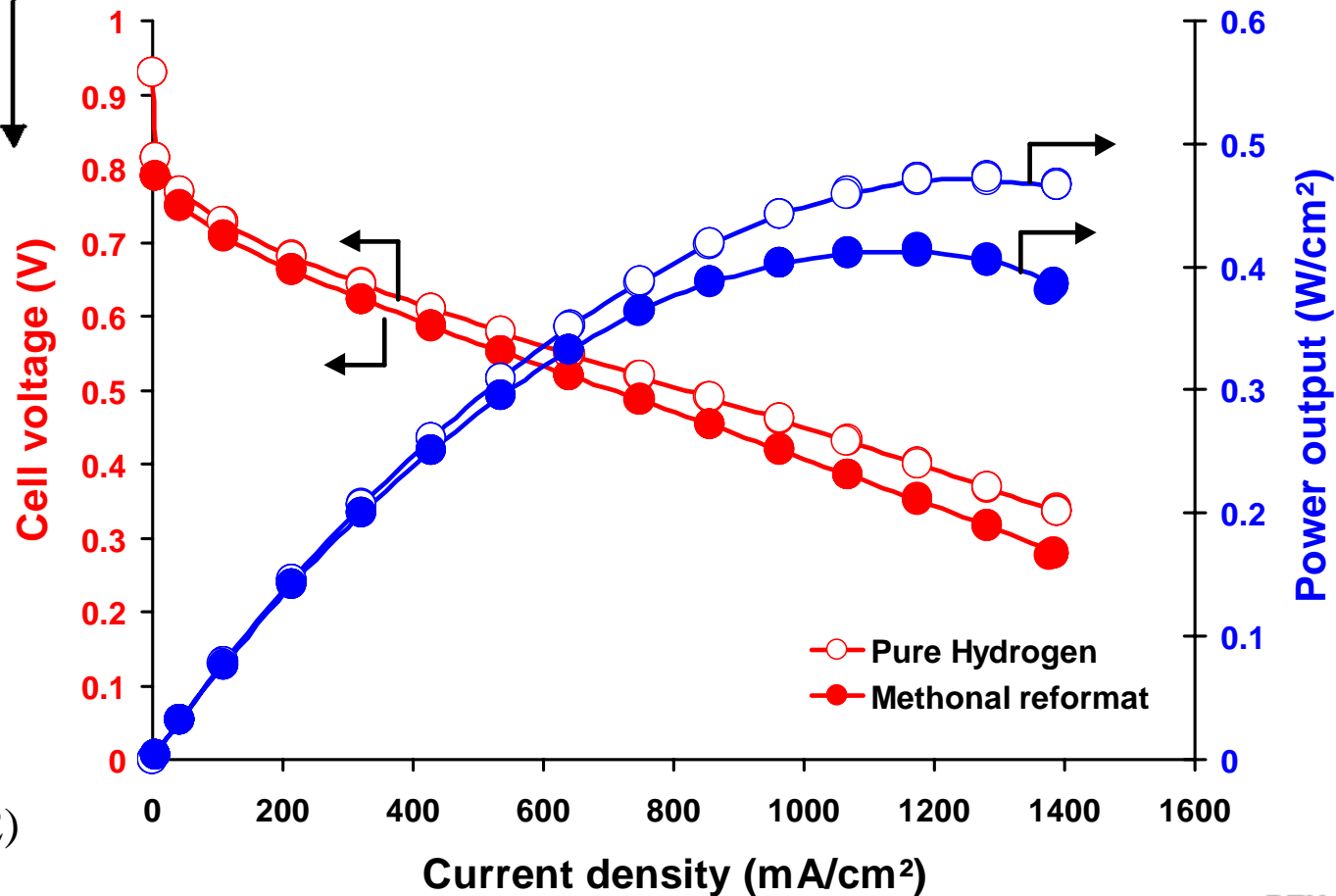
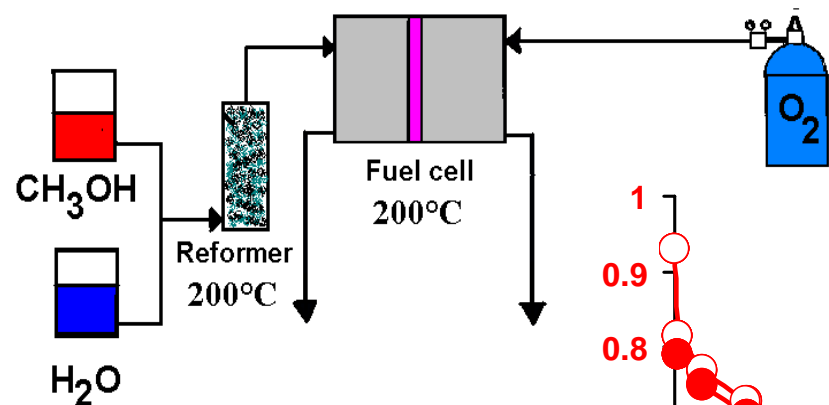


Reformer / Reformer

Brændselscelle / Fuel cell



Integration med methanolreformer



Li Qingfeng et al.
Electrochemical and Solid-State Letters,
5 (6) A125-A128 (2002)

Hvordan det hele startede

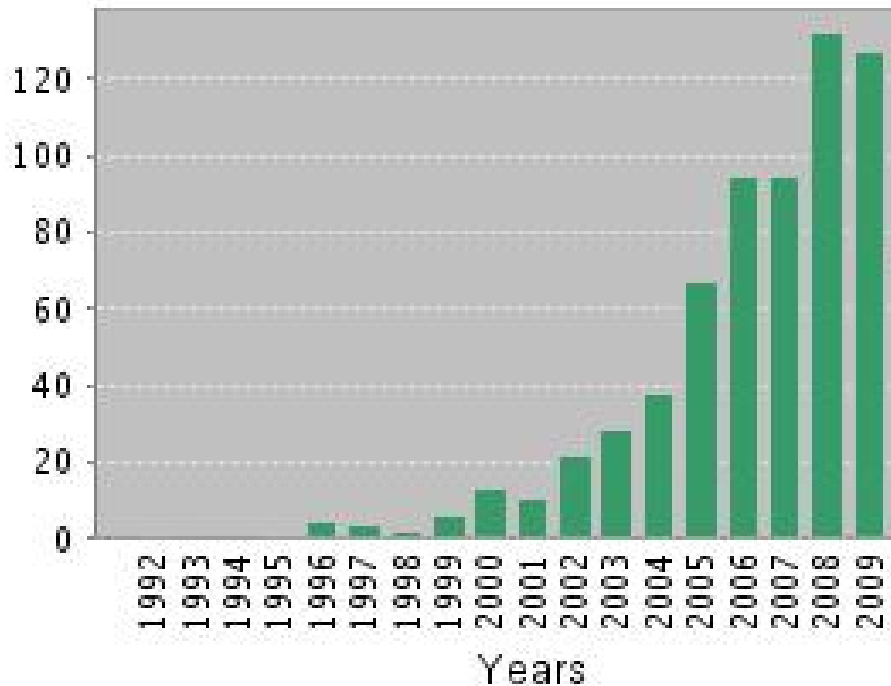
- 1988-94 DTU-projekter med bl.a. phosphorsyre-brændselsceller.
- 1992-94 Øget oxygenopløselighed med fluorinerede additiver i phosphorsyre.
- 1995 Syre-dopet PBI til brændselsceller publiceret af Case Western Reserve University, Ohio, CL, USA.
- 1996 Første patent på området.
DTU begynder forskning i PBI-baserede celler. Ph.d.-projekt 1996-1999.
- 1998 DTU starter første EU-projekt med PBI-celler (ASPEC 1998-2000). Græske Advent udløber.
DPS begynder at arbejde med PBI.

Hvordan det hele startede

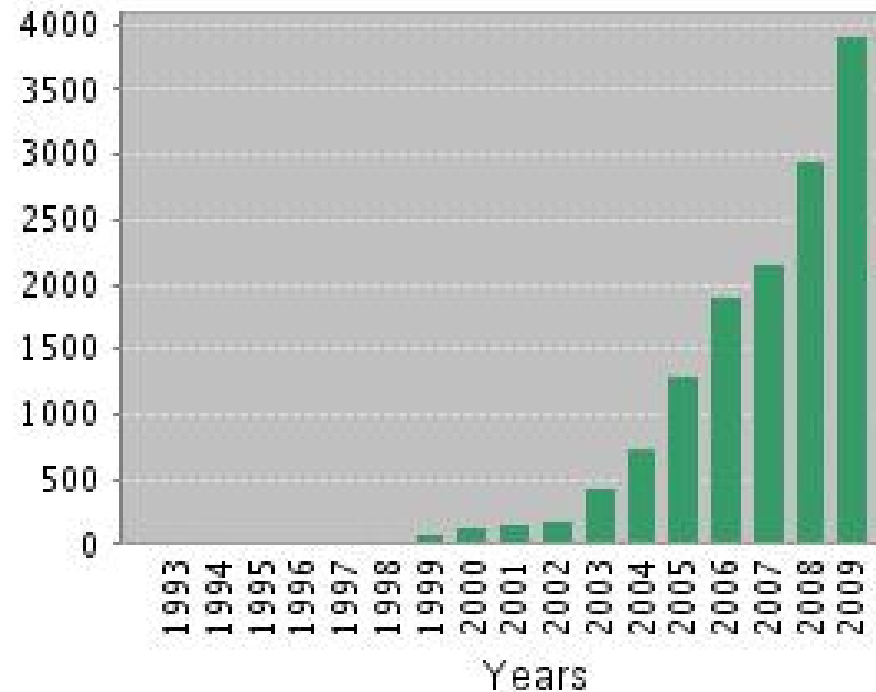
- 2001 DTU EU-projekt med Volvo (AMFC 2001-2004)
- 2002 Celanese stopper salg af PBI til brændselsceller.
DTU og DPS starter fremstilling af egen PBI.
- 2004 IRD Fuel cells går med DTU i EU-projektet FURIM og nationalt projekt (Eltra, senere energinet.dk).
Hoechst Celanese danner PEMEAS.
Søren K. Kærs gruppe på Aalborg Universitet starter samarbejde om HT-PEMFC med PEMEAS.
- 2006 Mads Bang and Anders Korsgaard starter Serenergy.
- 2007 BASF Køber PEMEAS
- 2009 HotMEA-konsortiet starter
BASF Fuel Cell forlader Europa og samles i USA
DPS og Serenergy indleder samarbejde

Litteratur om HT-PEM

Published Items in Each Year

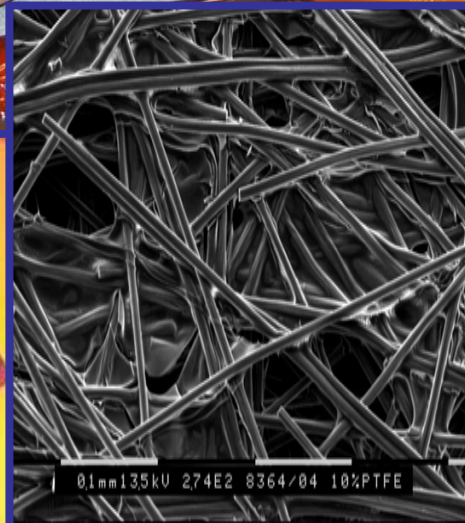
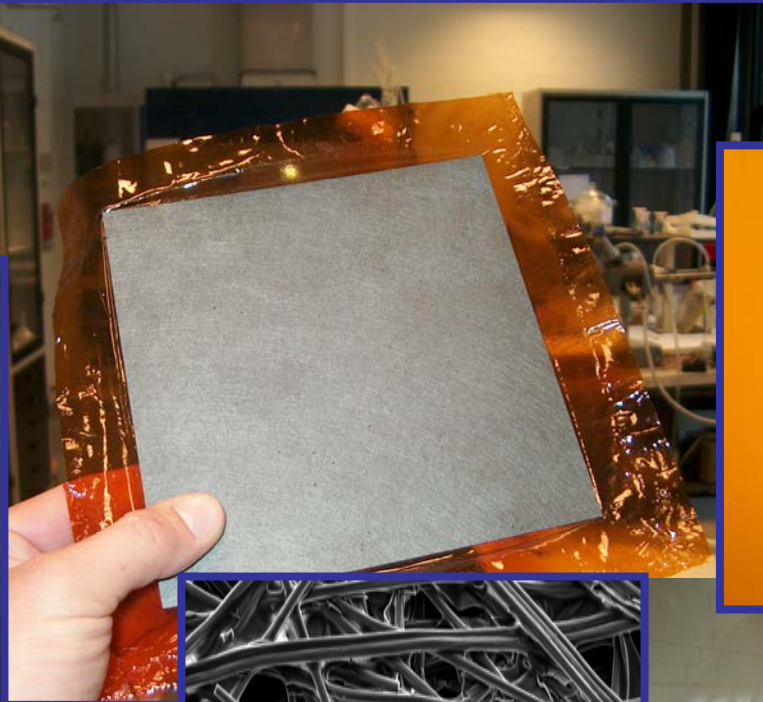
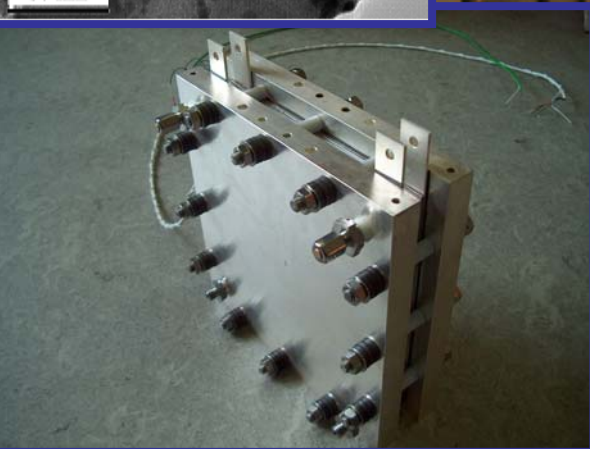
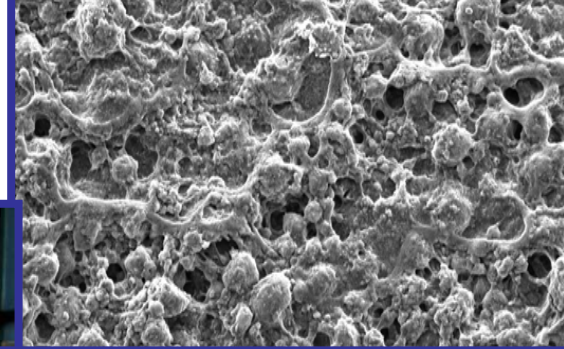
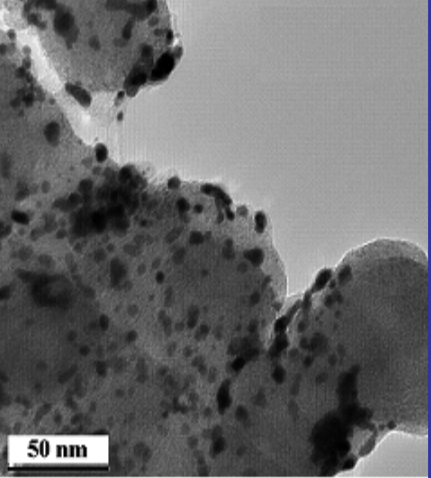


Citations in Each Year



Web of Science, ultimo 2009

Aktiviteter på DTU



DTU's aktiviteter

- Polymerudvikling
 - Krydsbinding, blends
- Katalysatorfremstilling
- Levetid og degradering
 - Polymeren, katalysatoren, support
- Elektrodeoptimering
- Alternative brændsler
- Elektrolyse
- Elektrokemisk promovering
- Uddannelse

Fremadrettet:

- Øget temperatur 200-400°C
- Uorganiske protonledere
- Nye katalysatorer
- Syntetiske brændsler



Værdikæden i Danmark



Kemi



Materialeudvikling, celler



Danish Power Systems



MEA-udvikling og -produktion



LT-PEMFC på alle niveauer
HT-PEM stakke



AALBORG UNIVERSITET



Stakke, systemer, modellering



HT-PEM stakke



Systemer, UPS, APU, μ -CHP
LT/HT-PEM/SOFC

HotMEA-konsortiet



Støttet af: Energinet.dk under ForskEL-programmet (PSO)

Primært mål: at videreudvikle MEA'er (celler)
Lede til dansk produktion og styrkelse af værdikæden

Partnere:

DTU: koordinering, materialeudvikling, test, optimering

DPS: Produktionsteknologi, optimering

IRD: Stakning, væskekøling

Dantherm Power: Systemintegration

Sereenergy: sub-kontrakt, luftkølet stak

Lidt om levetider

Temp.	Levetid	MEA
80°C	1,000-1,500 t	Benicewich, modificeret PBI
120°C	3,500-13,000 t	DTU, BASF
150°C	5,000-10,000 t	Fumatech, ABPBI
160°C	5-18,000 t	Jülich og BASF
180°C	2,000 t	BASF og DTU
200°C	1,000 t	DTU

Mål:

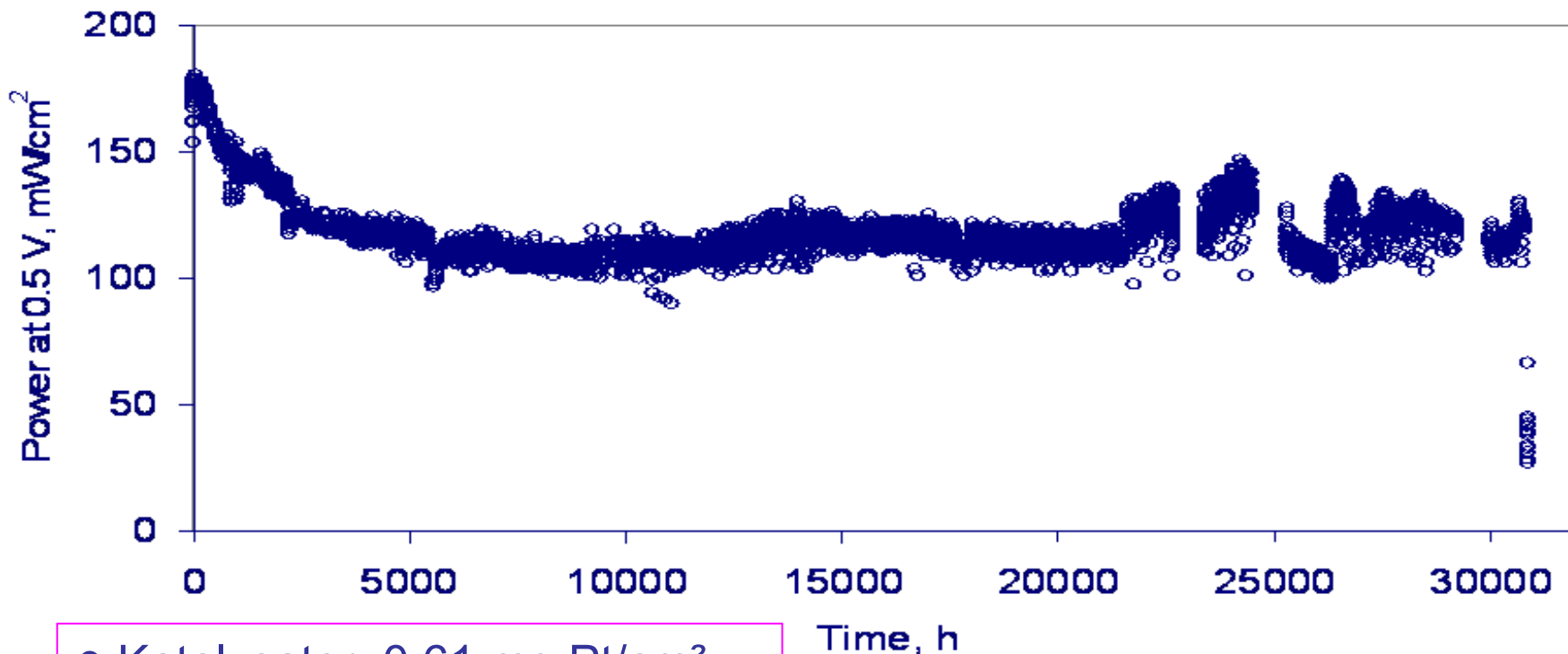
Stationær: ~40,000 t kontinuerligt

Transport: ~5,000 t variabel belastning, start-stop.

UPS, APU: Forskellig brug, forskellige mål.

Alle mål er for stak og system

Start/stop cykling



- Katalysator: 0.61 mg Pt/cm²
- PBI: doping level 5.6
- **Temperatur: 150°C/RT**
- H₂/luft 1/1 bar abs.
- On/Off = 7/17 timer daglig

- over 3.5 år, 860 cykler
- total aktiv tid > 6,000 h

Tak til

ForskEL-programmet (PSO)

EU's rammeprogrammer

Forskningsrådene

Danish Power Systems

IRD Fuel Cells

Energikrisen

