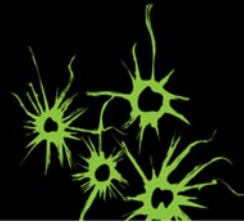
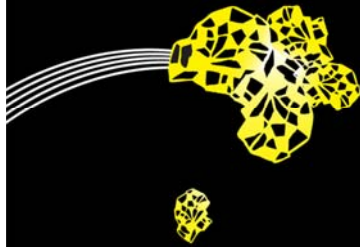


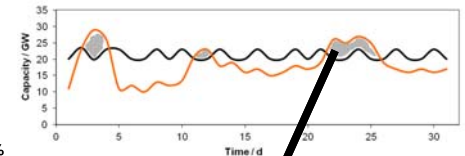
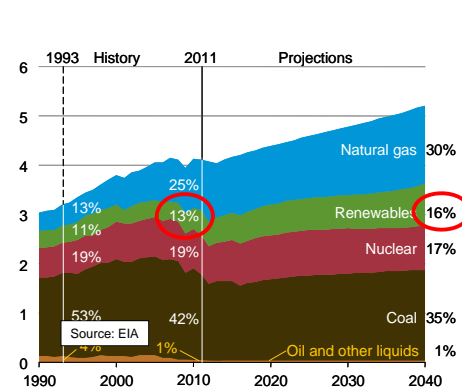
Power-to-Gas: Storing surplus electrical energy.
A design study.

by O.S. Buchholz, A.G.J. van der Ham, R. Veneman,
D.W.F. Brillman, S.R.A. Kersten

GHGT-12, Austin (TX), 10/08/14



OBJECTIVES



**SURPLUS
ELECTRICAL ENERGY**

INTRODUCTION

DEFINITION

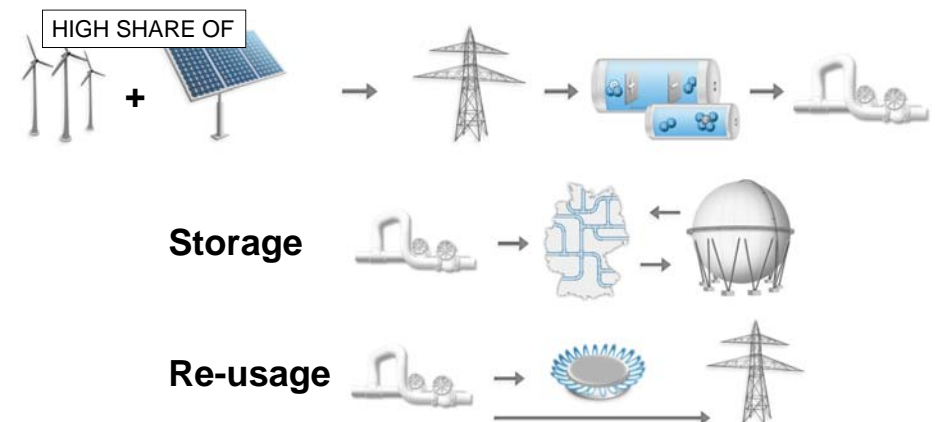
Power-to-Gas (from German)

"The term Power-to-Gas represents a concept where **surplus power** is used to produce hydrogen (H_2) and if **necessary** in a second step, by using carbon dioxide (CO_2) to convert to **synthetic methane** [or synthetic natural gas = SNG]. The storage for this and to a certain volume fraction of H_2 could be done by feed-in to the existing **natural gas infrastructure** [..]"

Source: Federal Network Agency, see <http://www.bundesnetzagentur.de>

INTRODUCTION

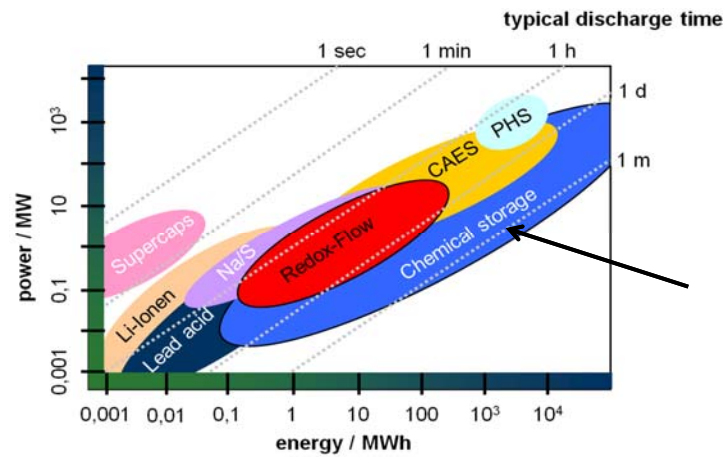
PTG PROCESS



Source:
<http://www.powertogas.info>

INTRODUCTION

SNG AS A CHEMICAL STORAGE



INTRODUCTION

SNG AS A CHEMICAL ENERGY STORAGE

- CO₂ hydrogenation to CH₄: Sabatier reaction (1902)
$$CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O ; \Delta H_R^0 = -165 \text{ kJ / mol}$$
- High energy density and storage capacities
 - 14 kWh/kg_{CH4}
 - Storage capacity (Germany, 2008): 217 TWh (23 % SNG/a)
- High R&D interest in SNG

INTRODUCTION

CONTENTS

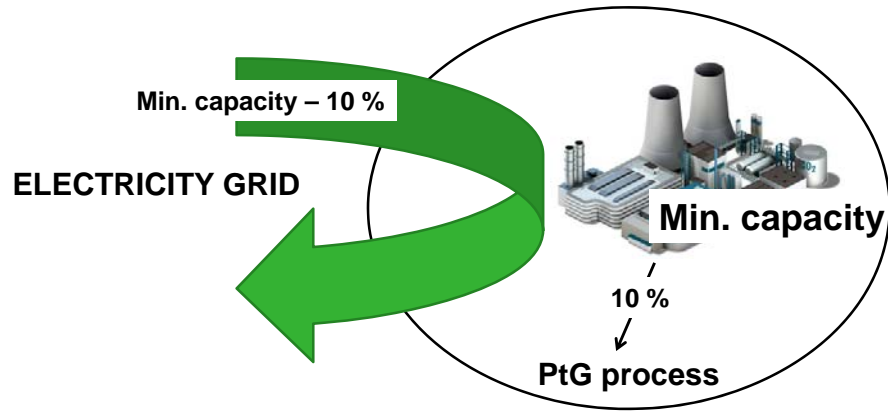
- **Conceptual design** of the Power-to-Gas process
- Process **integration** into a Coal fired power plant (CFP)
- **Techno-economical** analysis

INTRODUCTION

PROCESS BOUNDARIES

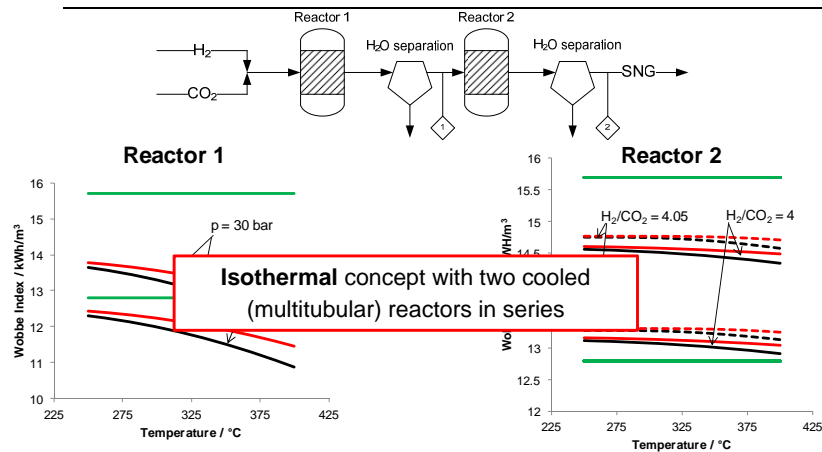
- **Combination** of a **PtG** process with a Coal Fired Power Plant (CFP) **1/10 CFP block capacity** (80 MW_{el}) is led to the PtG process
→ Reduction of the minimum operational capacity and peak load-shaving
- Educts (H₂ and CO₂) are supplied on-site through **water electrolysis** and **CO₂ capture** from CFP flue gas
- Synthesis of synthetic natural gas (SNG), **gas quality H** (according to ISO standards), deliverable @ **60 bar** to natural gas grid
- PtG integrated with CFP

INTRODUCTION
WHY PTG AND CFP?



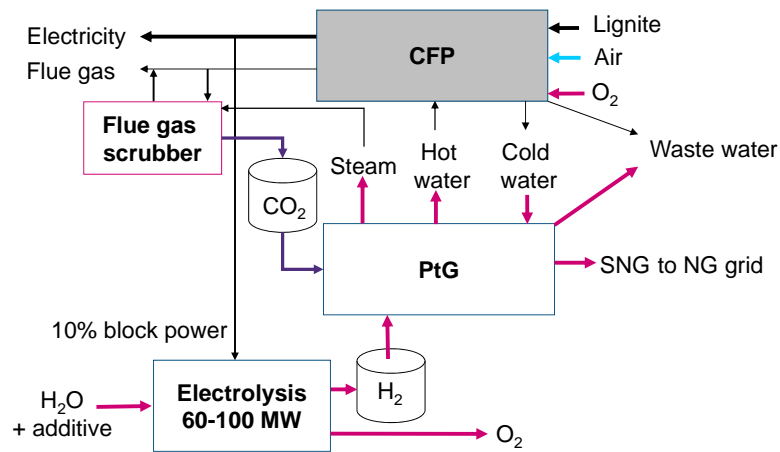
Conceptual design

CONCEPTUAL DESIGN
RESULTS



Power-to-Gas process
Process integration to a CFP

POWER-TO-GAS PROCESS AND PROCESS INTEGRATION TO A CFP OVERVIEW



Economical analysis

ECONOMICAL ANALYSIS RESULTS

- Complete economical analysis: **Factor method** and data from **literature**
- CAPEX: **M\$ 126 // 3500 \$/kW_{th,SNG}**
 → Alkaline electrolysis **highest asset (~80 %)**
- OPEX: **M\$ 31-33 per year**
- Assumption: **O&M costs of CFP rise by 50%** due to peak-load shaving
- Different scenarios assumed (800 h and 1200 h operation)
- Viability depending on different aspects:
 - CAPEX** (especially electrolysis)
 - Number of **operational hours**
 - Remuneration** for peak-load shaving:
 → **Reduction** of maintenance costs

ECONOMICAL ANALYSIS RESULTS

- PtG process is not economically viable in itself
- PtG process can compete economically if there is a remuneration for peak load shaving avoidance

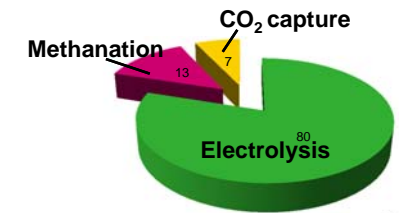
50% O&M (CFP)
45 k\$/h

	Case I: Without C _{RED}		Case II: With C _{RED}	
	Scenario A (800 h/a)	Scenario B (1200 h/a)	Scenario A (800 h/a)	Scenario B (1200 h/a)
CAPEX [M\$]	126	126	126	126
C _{RED} [M\$/a]	-	-	35.0	54.0
OPEX [M\$/a]	30.8	32.5	30.8	32.5
Profit/Saving [M\$/a]	-29.75	-30.95	6.25	23.1
ROI [%] (after tax)	-	-	3.0	11.0
PBP [a]	-	-	7.6	4.7
Cost price SNG (\$/kg)	15	10		

Wrap up & Conclusions

WRAP UP & CONCLUSIONS

- **Technical concept possible!**
 - PtG ↔ CFP: Small process enhancements, **little** influence
- **Techno-economical** analysis
 - Process efficiency: 53.5%
 - CAPEX: M\$ 126
 - SNG cost price: 20-100 x natural gas market price
 - Viability: **Remuneration for flexibility of the CFP needed**



WRAP UP & CONCLUSIONS

- With **decreasing alkaline electrolysis** costs in future PtG is a potential energy storage concept
- With **increasing renewable energy share** PtG is a potential solution to increase high capacity operational hours of conventional power plants
- With this PtG could play a **key role** for the usage of CO₂ from conventional resources

GAS UIT ELEKTRICITEIT

Een appartementencomplex aan de Besseplaat in Rozenburg krijgt sinds het begin van deze maand gas geproduceerd uit stroom. Netbeheerder Stedin test hiermee de zogeheten power to gas-omzetting in de praktijk.

‘We voeren het gas toe bij de centrale verwarmingsketel van het appartementencomplex’, zegt projectleider ir. Albert van der Molen van Stedin. De hoeveelheid, niet meer dan 2000 m³ in een jaar, bepaalt niet de meerwaarde van de proef, maar het doorlopen van de hele omzettingroute. Een elektrolyseer-machine zet stroom om in waterstof en vervolgens maakt een door DNV GL (voorheen KEMA) ontwikkeld procedé daar methaan van. Het gas wordt daarna op de kwaliteit van het Nederlandse gasnet gebracht door stikstof en geurstof toe te voegen. ‘We willen zo goed mogelijk aansluiten bij de bestaande energie-infrastructuur.’

Power to gas-route is een manier voor het nuttig aanwenden van de door zonnepanelen of windturbines te veel geproduceerde elektriciteit. In deze eerste fase is het energetisch rendement nog ondergeschikt. ‘Het grootste verlies, 50 %, zit in de oude elektrolyser uit een eerder project. Met de omzetting naar aardgas gaat hooguit 10 % verloren.’ Voor het weer terugwinnen van elektriciteit uit het gas is bewust niet gekozen. ‘Gas in een cv-ketel levert het beste energierendement.’

Tijdens de vijf jaar durende proef wil Stedin nagaan of de installatie op zo'n kleine schaal goed werkt, hoe stabiel de kwaliteit van het gas is, en mogelijk ook alternatieven voor waterstof-productie toepassen. ‘Ik denk onder meer aan omzetting met plasma.’

Ook wil Stedin nagaan hoe snel de installatie kan op- en af-schakelen. ‘Hij is gekoppeld aan zonnepanelen en we gaan hem virtueel koppelen aan een windpark. Dan kunnen we in de praktijk ervaren hoe effectief onze power to gas-installatie de productiepieken, waar via het elektriciteitsnet geen vraag naar is, kan omzetten.’

De installatie is ondergebracht in twee containers op het sport-park tegenover het appartementencomplex. Het CO₂ voor de

omzetting naar methaan komt nu nog uit een gasfles. ‘Wels-waar loopt er een grote CO₂-leiding door dit gebied vol met chemische bedrijvigheid, maar we wilden de proef niet node-loos compliceren. Het is de bedoeling dat in een tweede fase het CO₂ wordt teruggewonnen uit de rookgassen van de cv-ketel. Koolstofdioxide wordt dan een intern gas dat gaat circuleren.’

Power-to-Gas Rozenburg is een gezamenlijk initiatief van Stedin, DNV GL, de gemeente Rotterdam, het ministerie van Economische Zaken en Ressort Wonen, de eigenaar van de appartementen.(F8)

GIESEN



Struikelblokken bij de ontwikkeling van de hotelrobot