



# Analyse des Betriebsverhaltens einer Power-to-Gas Anlage mit modularer Hochdruck-PEM-Elektrolyse

DI Markus SARTORY, DI M. JUSTL, Dr. A. TRATTNER, Assoc.Prof. Dr. M. KLELL

Graz, 16. Februar 2018



© Colorpix.be

## Erstes österreichisches Forschungszentrum für Wasserstoff mit Prüfständen und Betankungsanlage seit 2005

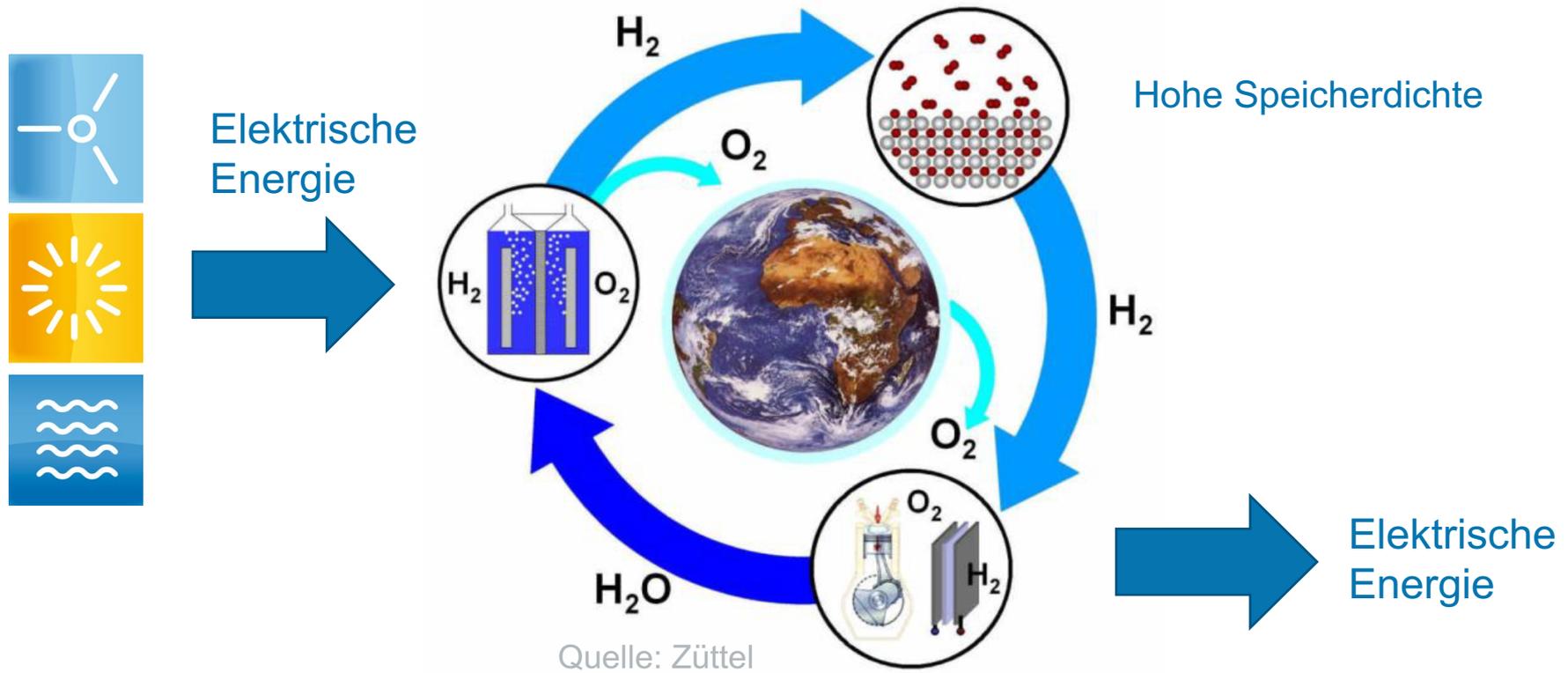


Mehr als 13 Jahre Erfahrung im Bereich Produktion, Speicherung  
und Anwendung von Wasserstoff



## Wasserstoff - nachhaltiger CO<sub>2</sub>-freier und schadstofffreier Energiekreislauf

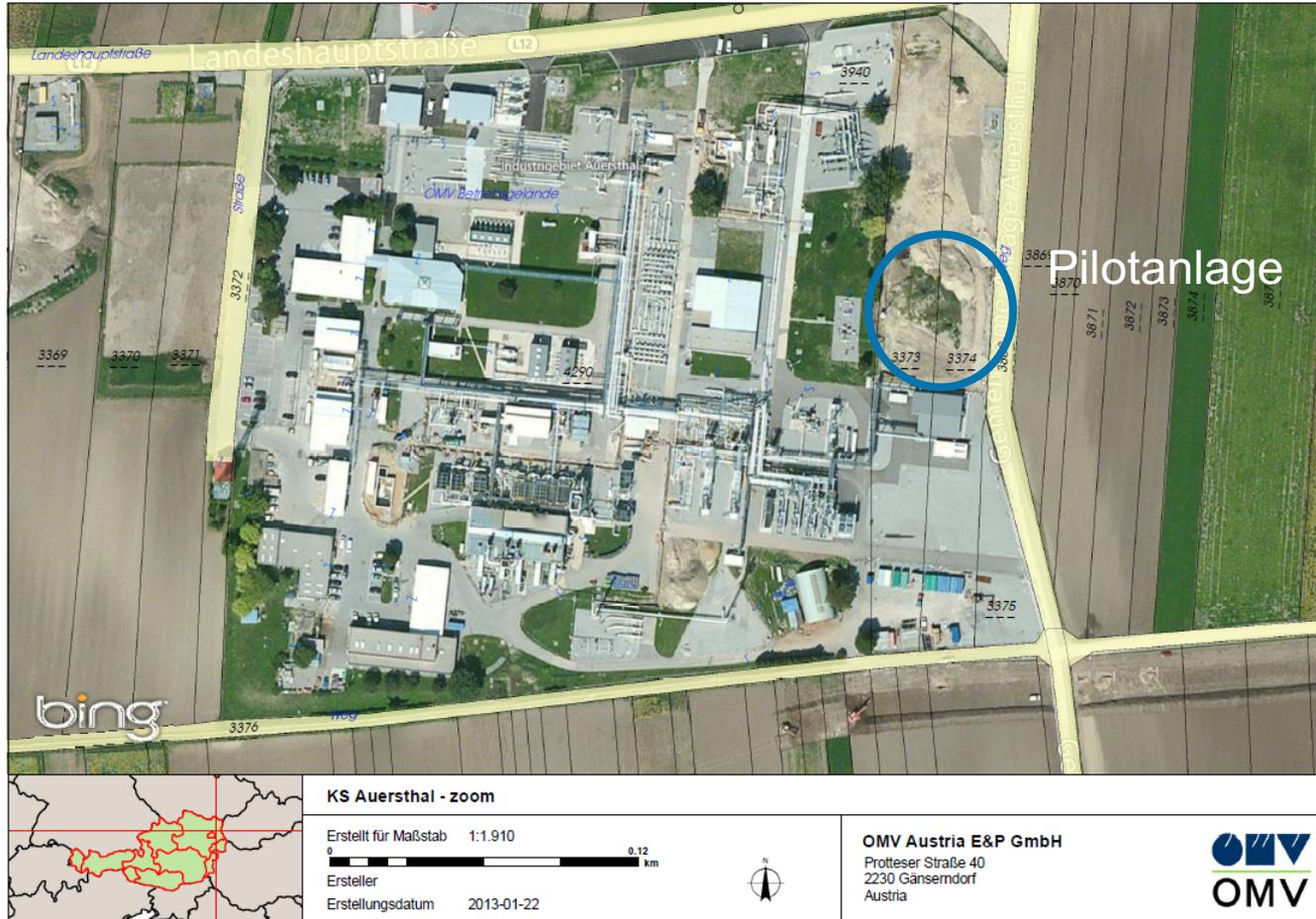
### Energiekreislauf mit Wasserstoff



## Umwandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff zur Speicherung und zum Transport im Erdgasnetz

- Neuentwicklung eines PEM-Hochdruck-Elektrolyseurs
- Bau einer 100-kW-Pilotanlage
- Operative Erfahrung einer Power-to-Gas-Anlage mit realen Lastfällen erneuerbarer Energie und die Einspeisung von H<sub>2</sub> in das Erdgasnetz
- Nachhaltige Erzeugung von Wasserstoff für H<sub>2</sub>-Mobilität





Quelle: OMV

## Kompressor-Station Auersthal:

- Ausreichend Platz
- Externer Zugang
- Gesamte Infrastruktur
- Einspeisung in Erdgas-Hochdruckleitung

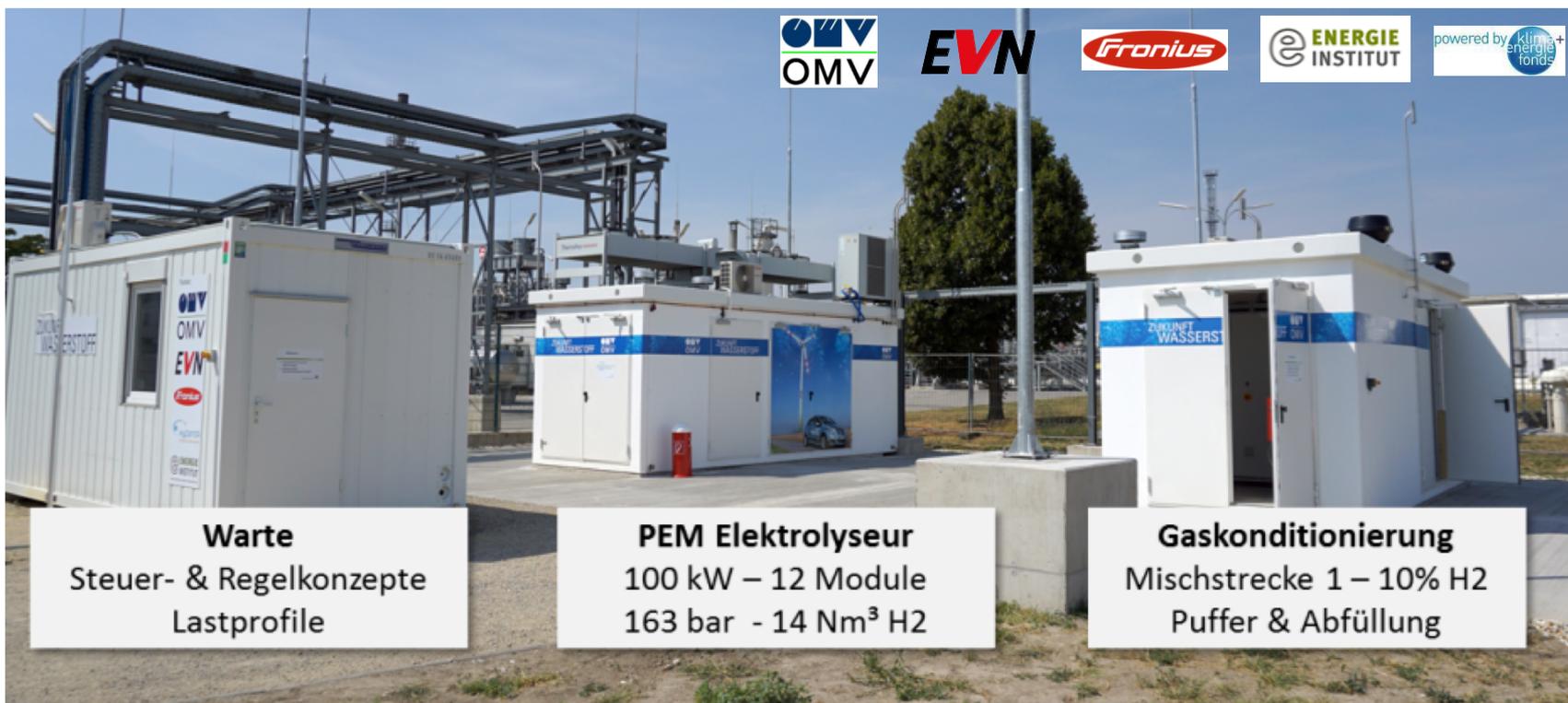


# Planung, Genehmigung, Aufbau

- Genehmigung für Errichtung und Betrieb: März 2015
- Inbetriebnahme: Juni 2015
- Offizielle Eröffnung durch Minister Stöger: August 2015
- Start Versuchsbetrieb: Herbst 2015



Temperaturbereich	-20 bis +40 °C	Taupunkt H <sub>2</sub>	-50 bis -70 °C
Elektrischer Anschluss	150 kW (250 kW)	Lastbereich	3 bis 100 %
Maximale H <sub>2</sub> -Produktionsrate	14,4 Nm <sup>3</sup> /h	Einspeisedruck für Erdgasnetz	bis 80 bar
Wasserstoffdruck	163 bar	Mischungsverhältnis (H <sub>2</sub> /NG)	bis zu 100 vol% H <sub>2</sub>
Reinheit von H <sub>2</sub>	99,999 %		



**Warte**  
Steuer- & Regelkonzepte  
Lastprofile

**PEM Elektrolyseur**  
100 kW – 12 Module  
163 bar - 14 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>

**Gaskonditionierung**  
Mischstrecke 1 – 10% H<sub>2</sub>  
Puffer & Abfüllung

## Elektrolysecontainer:

Rückkühler

Kaltwassersatz

Sauerstoff-  
ausbläser

Wasserstoff-  
ausbläser



## Elektrolysecontainer:

Feintrocknung

Druckaufnehmer

Durchflussmesser

Taupunktsensor



Elektrolysemodule

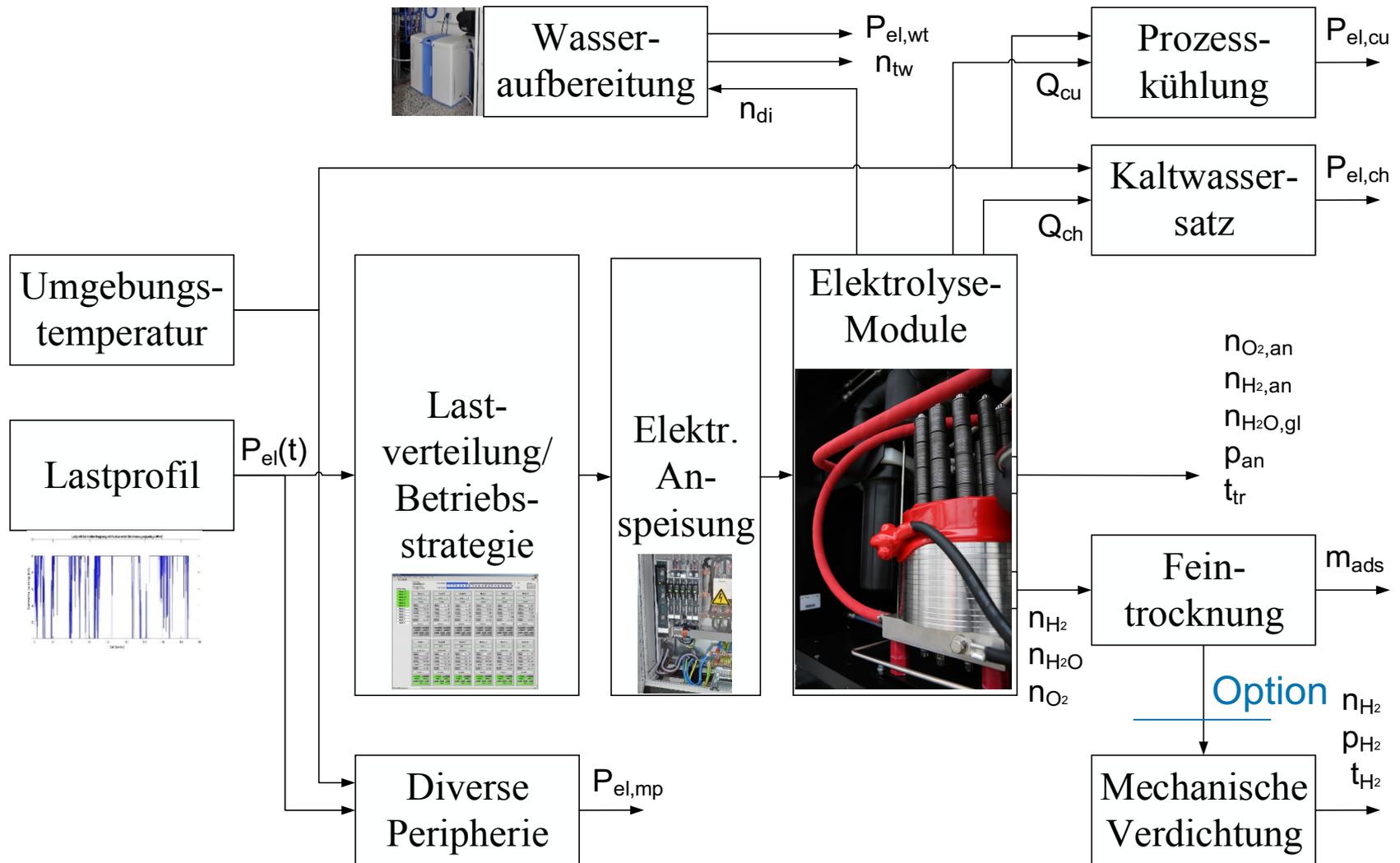
Kondensatableiter

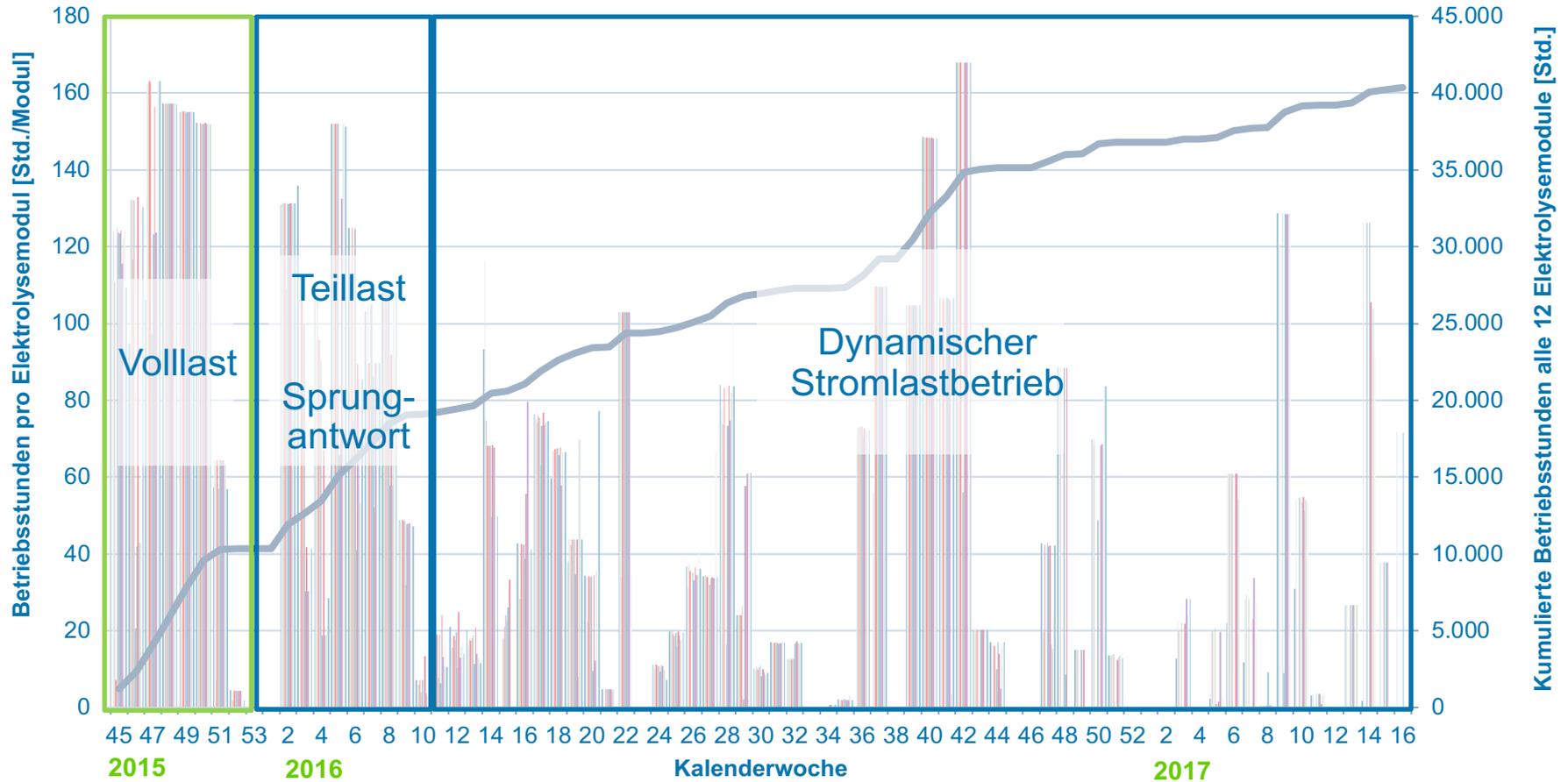


Netzteile Ely

Wasseraufbereitung

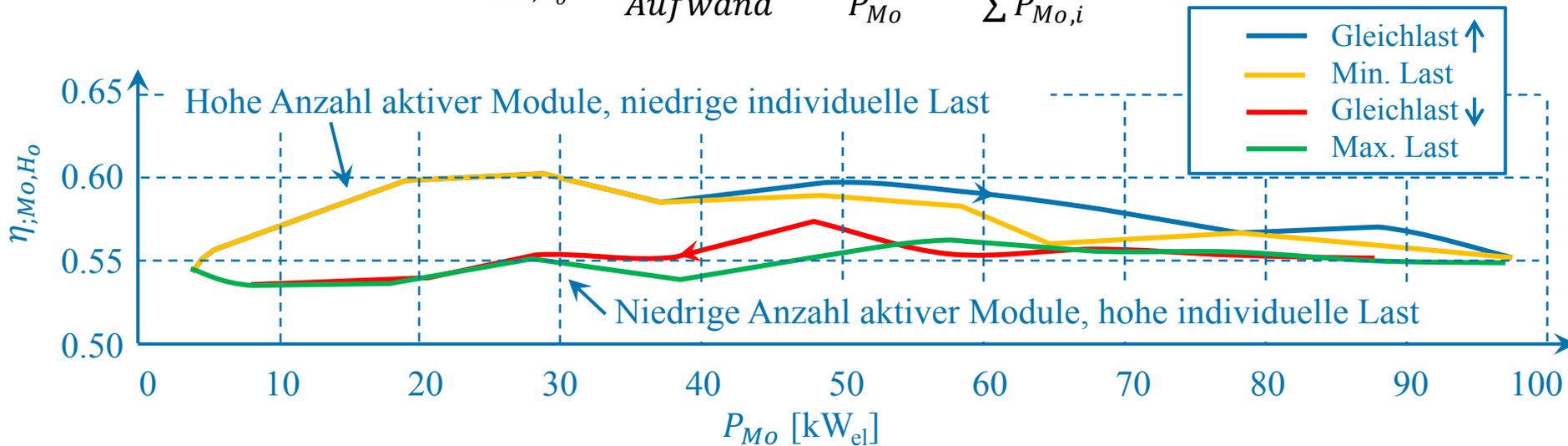


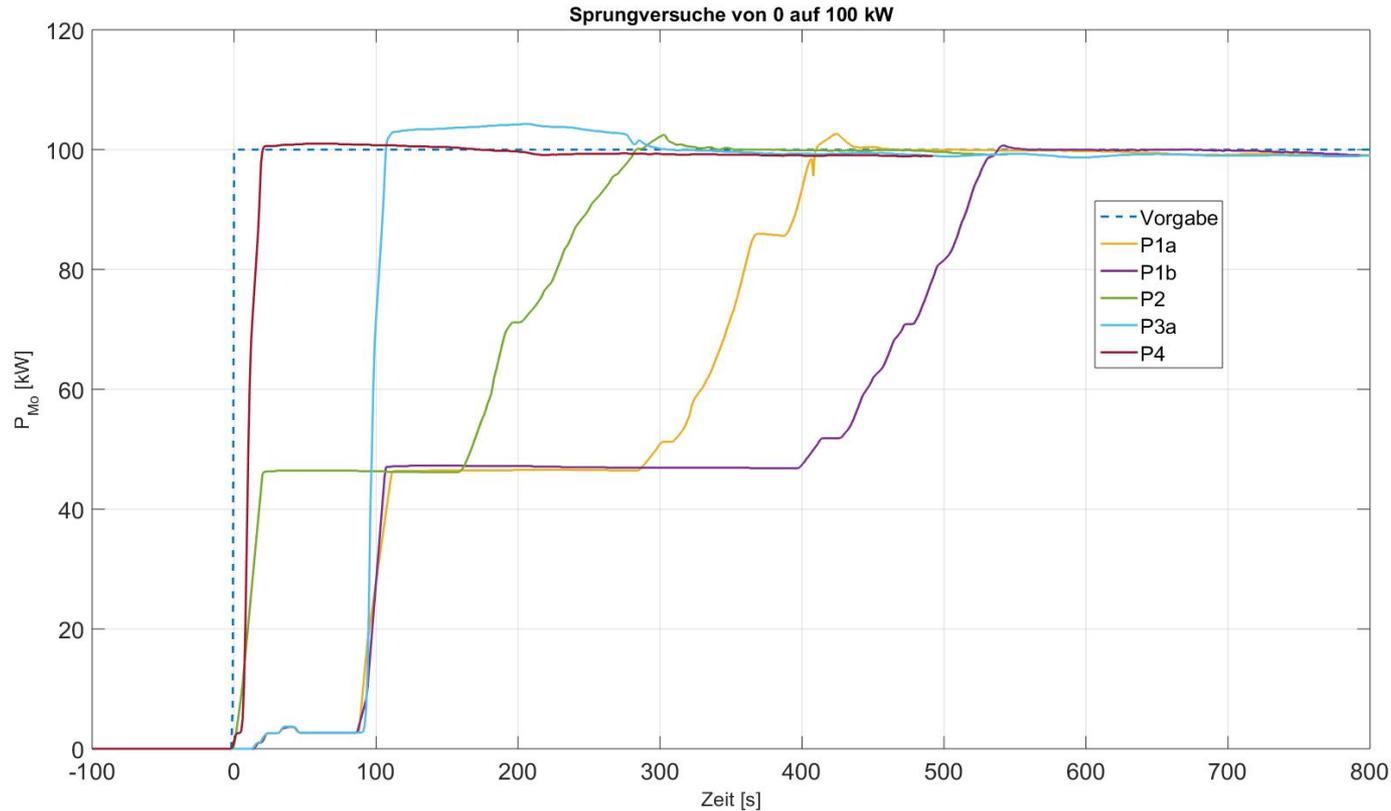




- Modulare Bauweise: Erweiterung möglicher Lastbereich 3 % bis 100 %
  - 1-Stack HD-Ely: Lastbereich 40 % bis 100 %
- Maximaler Wirkungsgrad: 60,3 % bei 30 kW
- Wirkungsgrad bei Volllast: 55 %
- Wirkungsgradunterschiede: bis zu 12 % im Teillastbereich

$$\eta_{M_o, H_o} := \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{m}_{H_2} H_o}{P_{M_o}} = \frac{\dot{m}_{H_2} H_o}{\sum P_{M_o, i}}$$

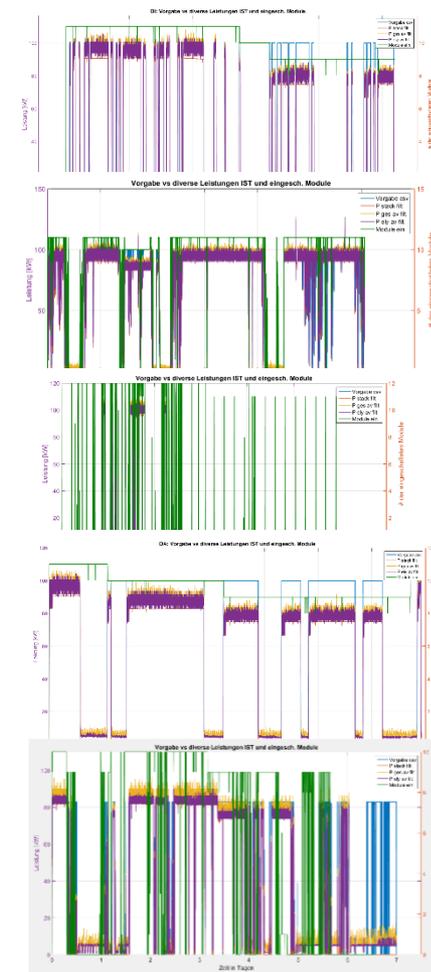


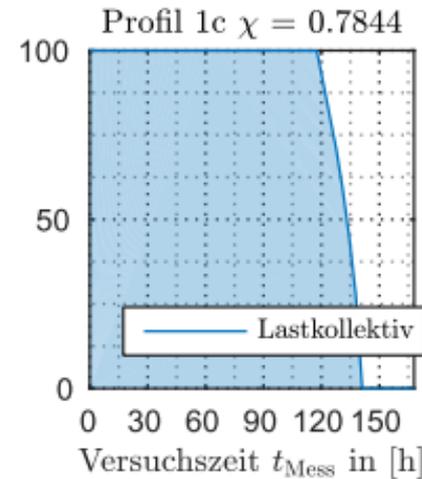
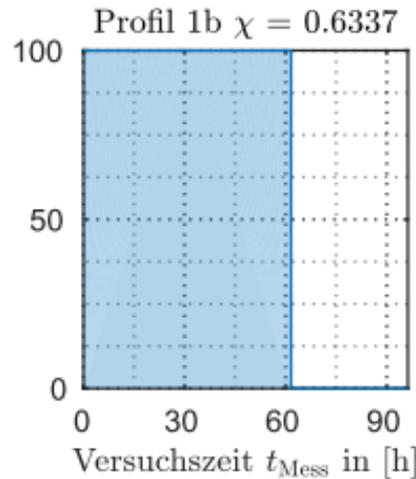
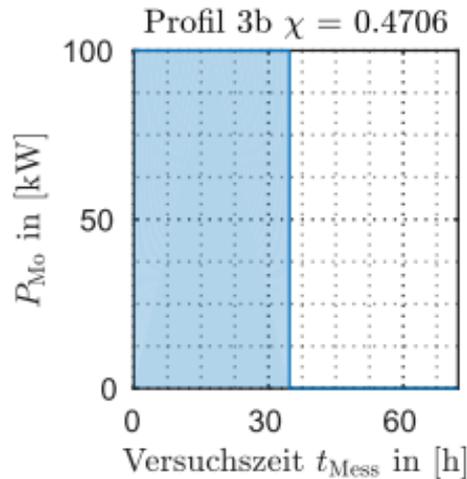


	Betriebsmodus	Kalt-/Warmstart	$T_{Stack,Start}$ in [°C]	$T_{90}$ [s]	Ausregelzeit $t_s$ in [s]
<b>P1b</b>	AUS	Kaltstart	10,6	517	528
<b>P1a</b>	AUS	Kaltstart	20	397	409
<b>P3a</b>	AUS	Warmstart	24,3	105	259
<b>P2</b>	STANDBY	Kaltstart	18	250	374
<b>P4</b>	STANDBY	Warmstart	33,1	18	19

# Ergebnisse reale Lastprofile

Beschreibung	Lastbereich
<b>Vollastbetrieb:</b> („grüner“ Strom über Zertifikate)	100 %
<b>Betrieb bei Vollast; nur bei niedrigen Strompreisen</b>	0 %/100 %
<b>Direkte Kopplung mit erneuerbarer Stromerzeugungsanlage</b>	0 bis 100 %
<b>Kombination des Betriebs in Teillastpunkt mit Nutzung von Überschüssen:</b> bei vorhandenen Stromüberschüssen wird Elektrolyse bis hin zu maximaler Last betrieben.	x % bis 100 %
<b>Direkte Nutzung von Stromüberschüssen</b>	0 bis 100 %
<b>Primärregelenergie:</b> Elektrolyseur wird in Teillastpunkt betrieben; bei Abruf von Primärregelenergie wird die Leistung erhöht bzw. verringert.	$x \pm y$ %
<b>Negative Sekundärregelenergie:</b> Elektrolyseur wird nur bei Abruf von Sekundärregelenergie betrieben	0 bis 100 %
<b>Positive Sekundärregelenergie:</b> Elektrolyseur wird bei Vollast betrieben und bei Abruf von positiver Sekundärregelenergie wird die Leistung verringert	100 bis 0 %
<b>Negative und positive Sekundärregelenergie:</b> Elektrolyseur wird in Teillastpunkt betrieben; bei Abruf von negativer bzw. positiver Sekundärregelenergie wird die Leistung erhöht bzw. verringert.	x % bis 0 % bzw. 100 %

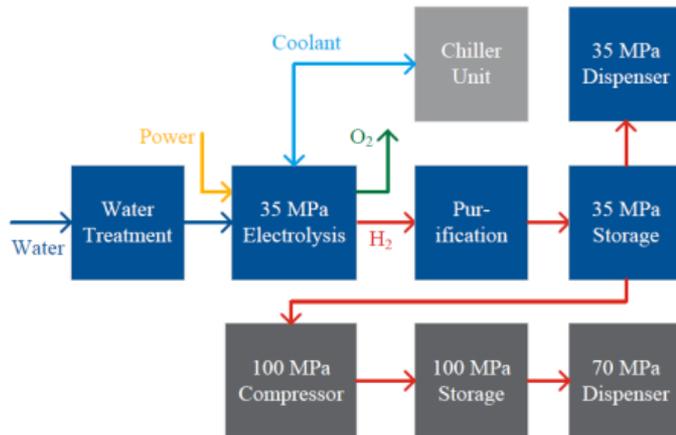




	3b (Nutzung von Überschüssen)	1b (1/0-Betrieb preisgeführt)	1c (Windprofil)
	Messung		
$\chi$ [-]	0,6337	0,4706	0,7844
$t_{\text{Betrieb}}$ [h]	34,02	60,98	140
$n_{\text{start}}$ [-]	113	349	787
$W_{\text{Ges}}$ [kWh]	5 266	3 243	11 670
$m_{\text{H}_2}$ [kg]	66,53	37,35	150,8
$\eta_{\text{Ges}}$ [%]	49,58	45,21	50,74
	Simulation		
$W_{\text{Ges}}$ [kWh]	5 262	3 245	12 170
$m_{\text{H}_2}$ [kg]	69,6	40,37	157,5
$\eta_{\text{Ges}}$ [%]	51,92	48,82	50,82

## WIVA Green Mobility - Projekt FCH REFuel 2015 – 2018

- Experimentelle Entwicklung einer **modularen low-cost H<sub>2</sub> Tankstelle mit Elektrolyse für 350 bar und 700 bar**
- **Umsetzung von zwei 350 bar Tankstellen in Österreich und einem 700 bar Erweiterungsmodul**



- (1) Elektrolysecontainer mit Elektrolysemodulen
- (2) Speichermodul
- (3) Dispensermodul

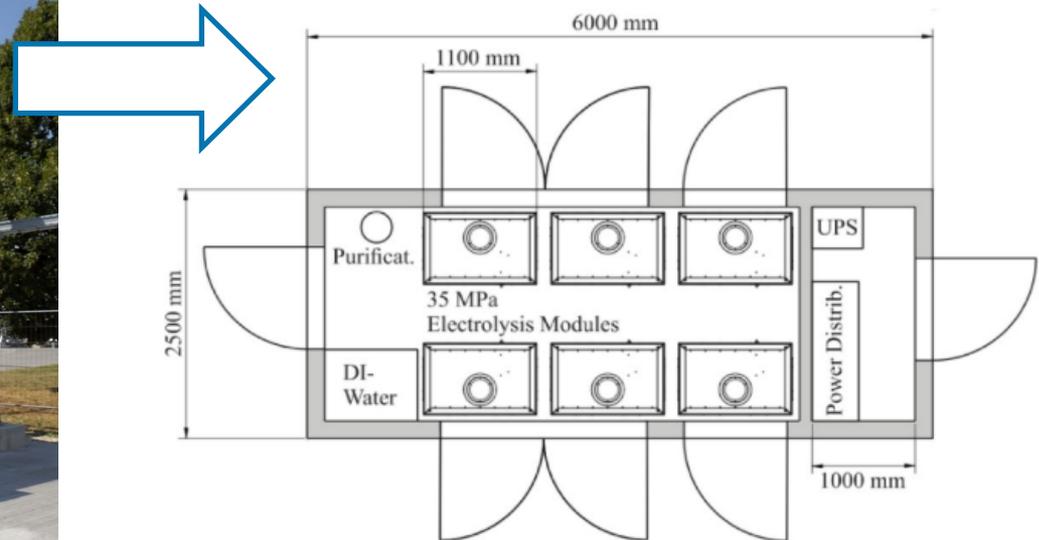
## Konzepte basierend auf 350 bar Elektrolysemodul

- Anwendungen von Heimbetankungsanlagen bis hin zu Power-to-Gas
- Leistungsbereich: **1,5 - 4,5 kg/Tag (16 kW) bis 108 kg/Tag (450 kW)**

30 kg/Tag, 100 kW, 163 bar



Bis zu 108 kg/Tag, 450 kW, 350 bar



**Siehe:** Sartory et al.: Modular Concept of a Cost-Effective and Efficient On-Site Hydrogen Production Solution. In: WCX™ 17: SAE World Congress Experience, APR. 04, 2017





**Kontakt:**

HyCentA Research GmbH

Markus Sartory, DI  
+43 316 873 9507  
sartory@hycenta.at

Inffeldgasse 15  
A-8010 Graz



MOTIVATION   STANDORT   PROJEKTE ▾   WASSERSTOFF   ORGANISATION ▾   DE ▾



Wasserstoff –  
das Zauberwort für Energiespeicher



**Vision**

Das HyCentA (Hydrogen Center Austria) fördert die Nutzung der von Wasserstoff als regenerativem Energieträger. Mit einem Wasserstoffprüfzentrum und der ersten österreichischen Wasserstoffabgabestelle fungiert das HyCentA als Kristallisationspunkt und Informationsplattform für wasserstoffbezogene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.