

Herausforderung Enegiespeicher sie verändern die Energielandschaft

AEE Kongress

14. November, 2016 | Stade de Suisse BERN

Ralph Eichler, Mitglied im Verwaltungsrat der Belenos AG und
ehemaliger Präsident der ETH

Größenordnungen elektrische Leistung

Leistung: Energie pro Sekunde (was die Kraftwerke jede Sekunde liefern müssen)

Spitzenverbrauch Schweiz (Winter) 10 GW
Installierte Leistung Wasserkraft 16 GW (5 GW Pumpspeicher)

Kernkraftwerk Gösgen 1 GW
Grimsel Speicherseen 1 GW = 1000 MW

Auto tanken (35 Liter pro Minute) 17 MW = 17'000 kW

Solarkonstante pro m² 1 kW
PV Spitzenleistung pro m² 0.2 kW



Grössenordnungen elektrische Energie

25% des totalen Verbrauchs im Jahr 2015 ist elektrische Energie

Energie: Leistung mal Zeit (was man bezahlt).

Jahresverbrauch Schweiz 2015*	63 TWh	
Produktion Wasserkraft*	36 TWh (Sommer 21 TWh, Winter 15 TWh)	
Verbrauch Speicherpumpen*	2.3 TWh	
Summe aller Verluste*	4.3 TWh	
Energieinhalt aller Speicherseen*	8.8 TWh (0.2 TWh von Pumpspeichern)	
Grand Dixence in einem Jahr	2 TWh (Sommer 0.5 TWh, Winter 1.5 TWh)	
KKW Gösgen in einem Jahr	8 TWh	= 8'000'000'000 kWh
Photovoltaik pro Jahr und m ² im Mittelland		200 kWh
50 Liter Benzin (Reichweite VW Golf 800 km)		450 kWh
Konventionelle Auto Starter-Batterie		1 kWh
TESLA-Batterie und geplant Belenos		100 kWh

*Quelle BFE 2016

Ersatz eines Kernkraftwerkes von 1 GW Leistung

Jahresenergie:

8000 GWh = 8 TWh von Kernkraftwerk Gösgen:

Ersatz durch PV mit Jahresproduktion Schweiz von 200 kW/m² braucht

40 Millionen m² → installiere 5'500 m² (1/2 Fussballfeld)
jeden Tag während 20 Jahren

Leistung:

1 GW von Kernkraftwerk Gösgen

Ersatz durch PV mit Spitzenleistung von 200 W/m² und 40 Millionen m² ergibt

8 GW_p von PV

Fazit: es gibt Zeiten im Sommer, wo es 8 Mal zu viel Leistung gibt, die niemand abnehmen kann und in der Nacht fehlen 1 GW Leistung.

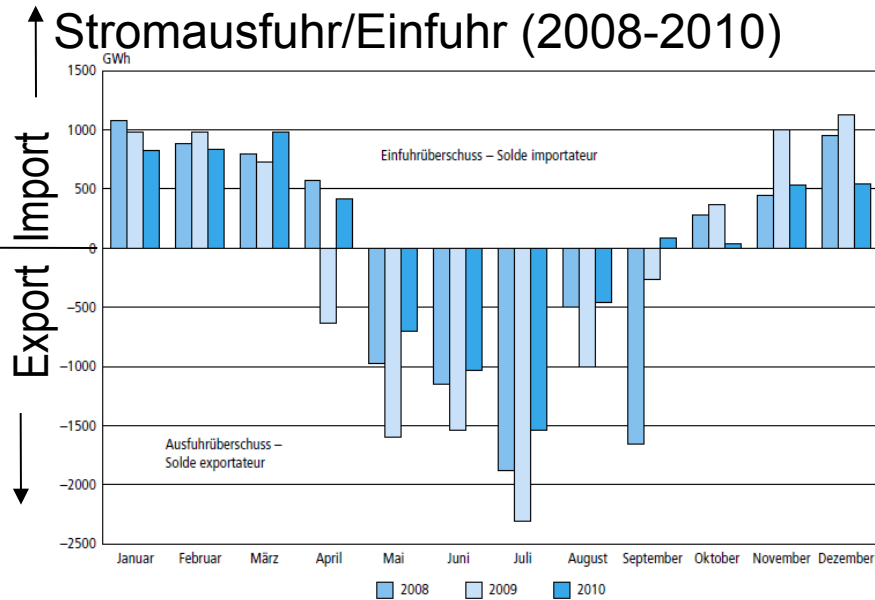
→ **Speicher für Abnahme von Spitzenleistung sind gefragt**

Parlament 2016: aus neuen erneuerbaren Quellen

11.4 TWh bis 2035

22.8 TWh bis 2050

Saisonale Schwankung von Angebot und Nachfrage



Heute

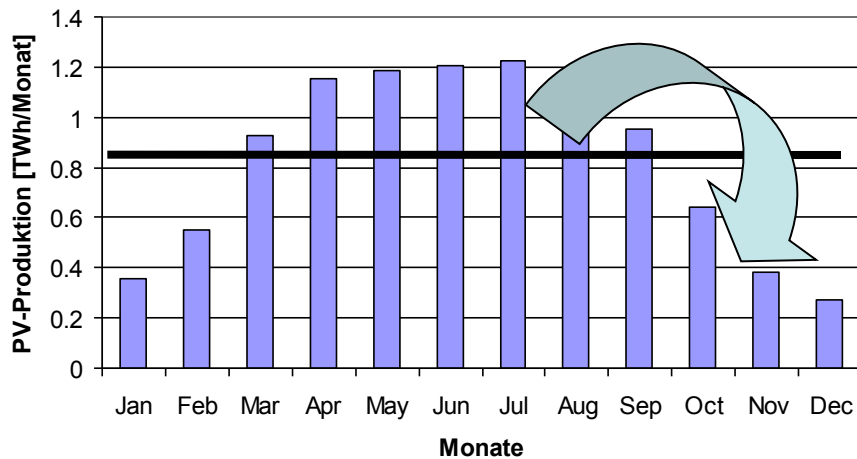
Winter Importsaldo 2-5 TWh

Sommer Überschuss

2015 Netto Exportüberschuss 1 TWh

2011 Netto Importüberschuss 2.5 TWh

Simulation: PV-Jahres-Produktion (10 TWh)



Zukunft

PV-Produktion verstärkt den Bedarf nach saisonal und Spitzen-Speicherung



PV: Sommer zu Winter
bei 10 TWh: + 1.8 TWh

Netzstabilität und Speicherzeiten

Minuten: rotierende Massen in Wasserkraft und KKW geben Trägheit

→ für PV braucht es Batterien
oder Brennstoffzellen



Stunden: Batterien



Containermodule

Energiespeicher 600 kWh

Leistungsabgabe 900 kW max.

Ladeleistung 300 kW (kurzzeitig 700 kW)

Container 41.8 m³, 14.0 t

Energiedichte

14.4 Wh/Liter,

Wirkungsgrad (90% Lade-+ Entlade)

Quelle Saft

Saisonale Speicher (Winter - Sommer)

Speicherseen

$\eta \approx 75\text{-}80\%$ (Pumpspeicher)

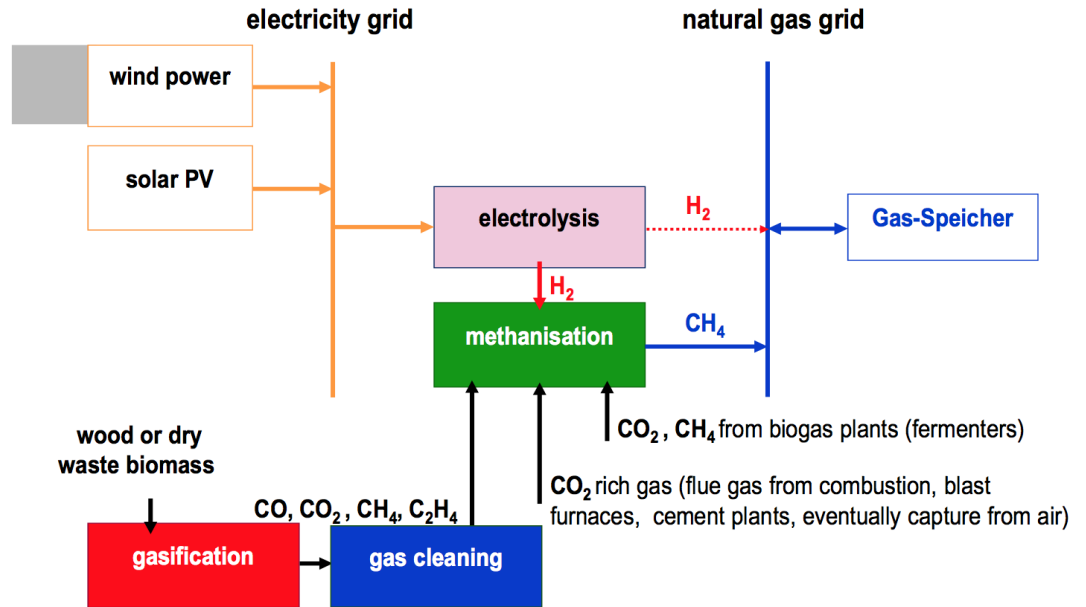


Synthetisierung von Methan/Erdgas

$\eta \approx 30\text{-}40\%$ (Strom \rightarrow CH_4 \rightarrow Strom)



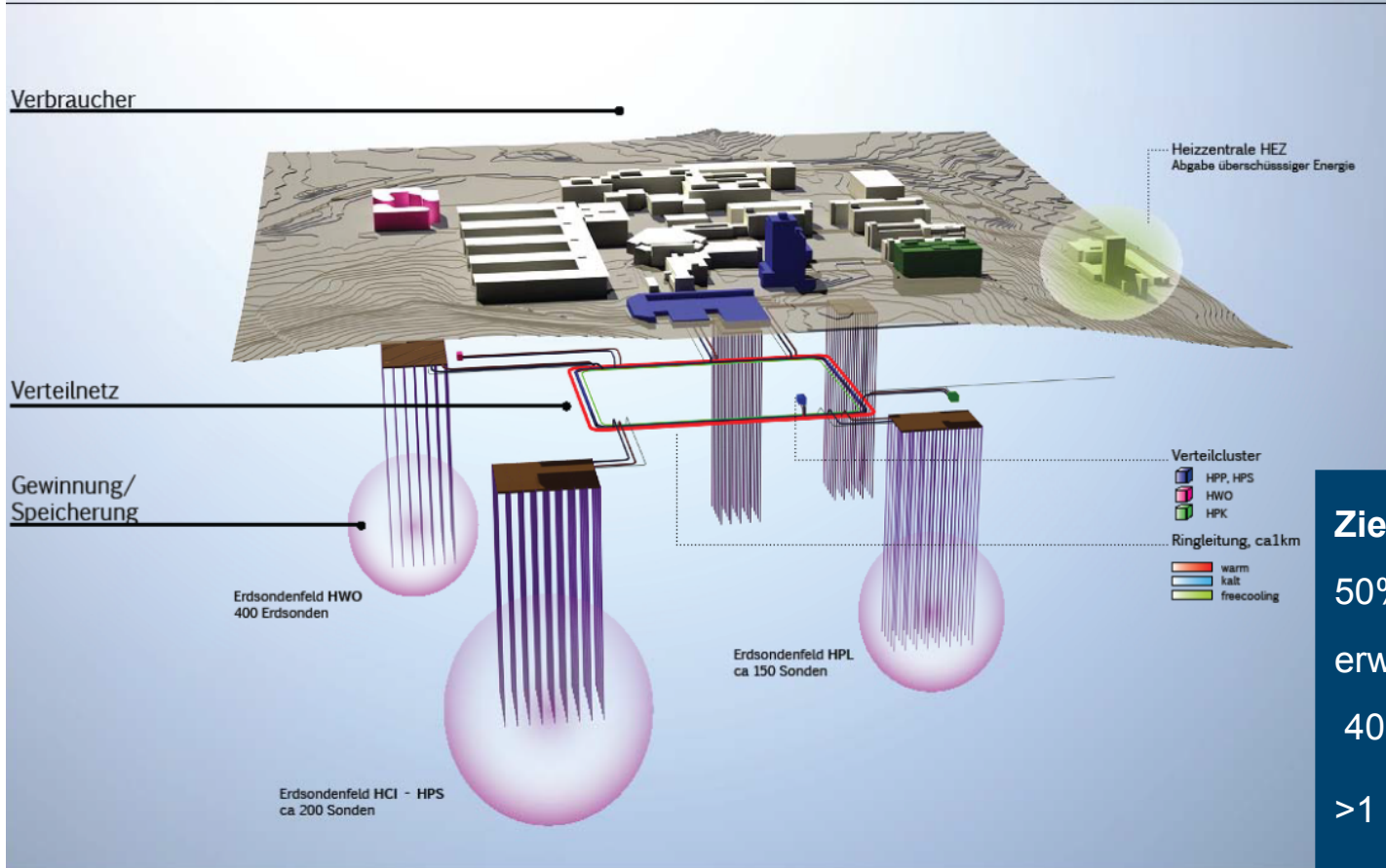
Power-to-Gas: Methanisation as the Key for Linking Electricity Grid with Natural Gas Grid



beides bei heutigen Strompreisen ca. zwei Mal zu teuer.

Dynamischer Erdspeicher in ETH Hönggerberg im 2014: 27 GWh Wärme, 16 GWh Kälte, 53 GWh Elektrizität

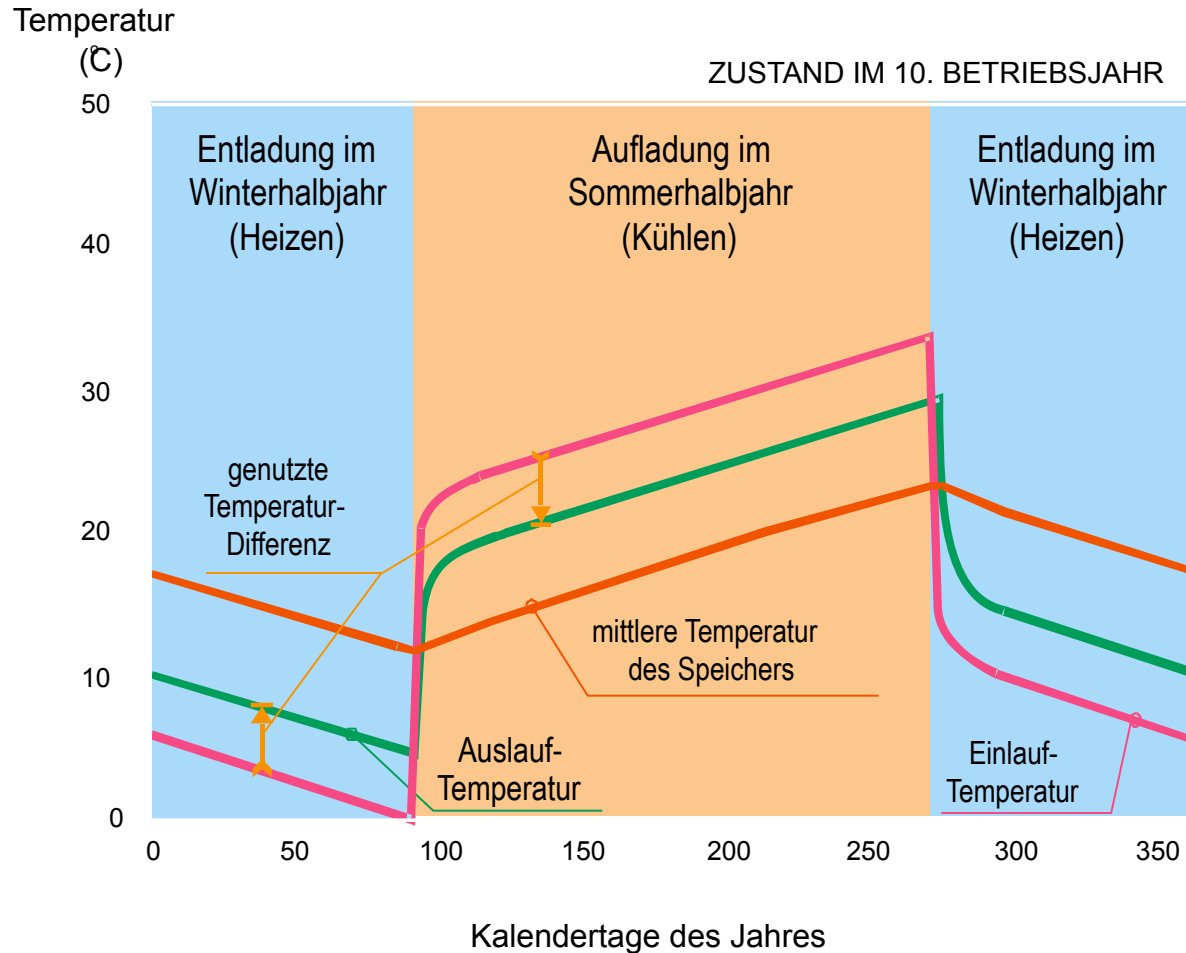
Erdsondensystem
in Science City



Ziel:
 50% CO₂ Reduktion bis 2025
 erwartete Einsparung:
 4000 t CO₂/Jahr,
 >1 MCHF/Jahr
 Amortisation 15-20 Jahre

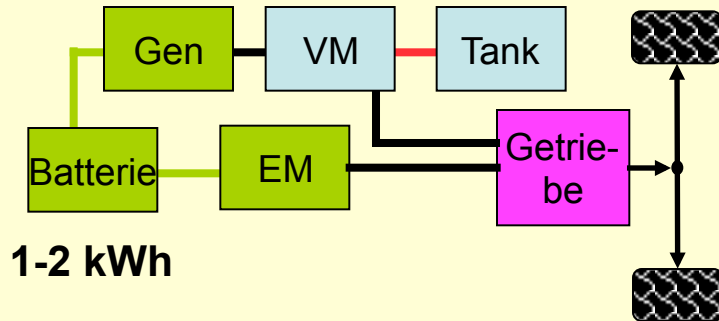
Funktion dynamisches Erdspeichersystem

- Temperaturen im Erdspeichersystem

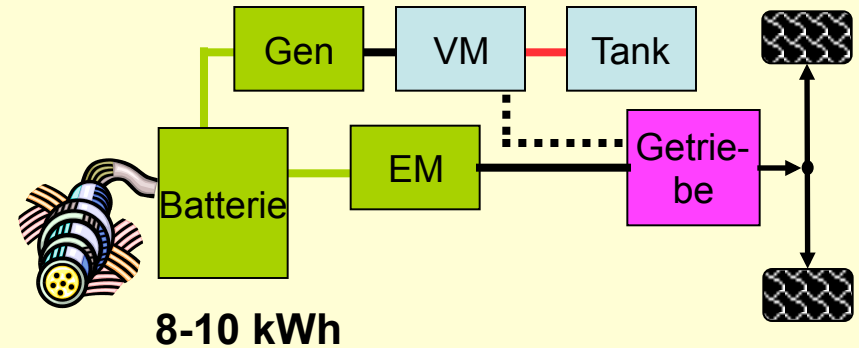


Batterien in Fahrzeugantriebskonzepten

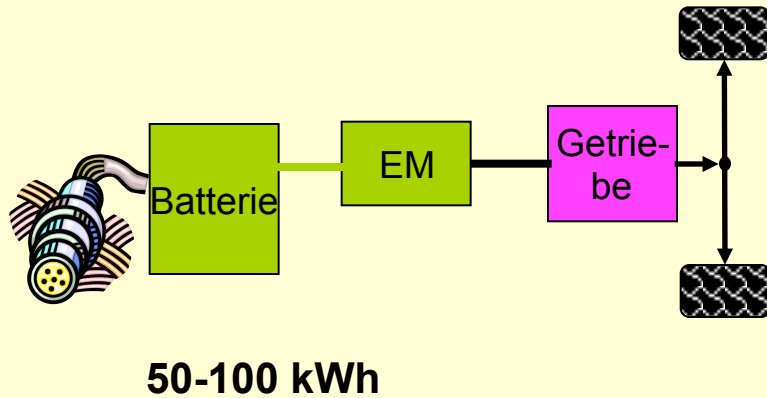
Verbrennungsmotor Hybrid



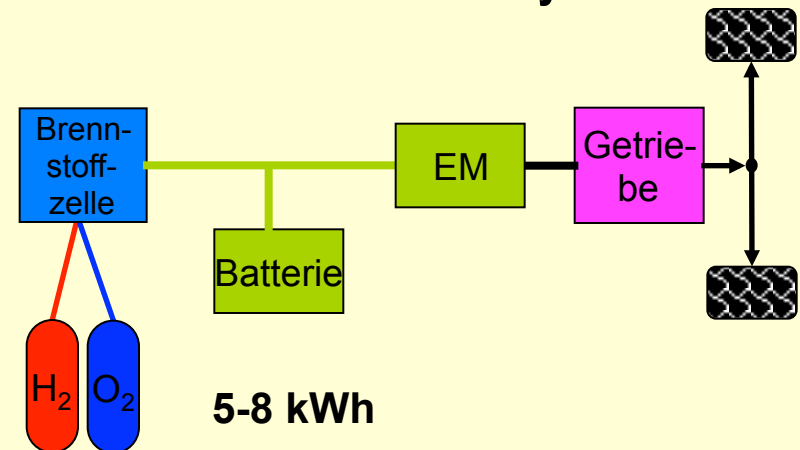
Verbrennungsmotor Plug-in Hybrid



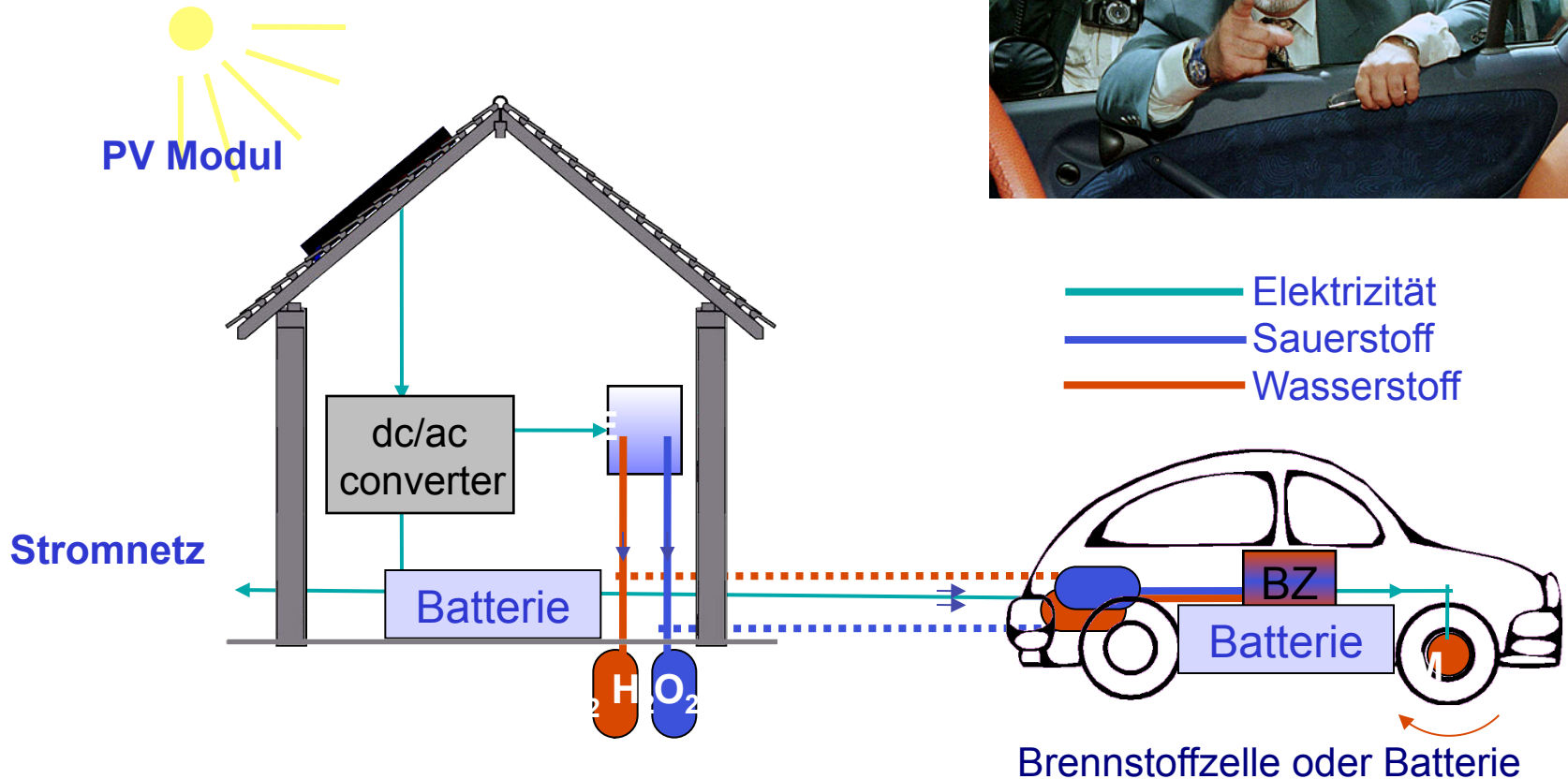
Batterie-elektrisch



Brennstoffzellen Hybrid



Vision von N.G. Hayek im Jahr 2008



Wasserstoff Produktion oder
Speicherung in Batterie

e-Mobilität in China

China: (NZZ 29.8.2016)

- Qualitätsrichtlinien, z.B. Energiedichte, Anzahl Lade-Entladezyklen, Recycling System
- In 2015: 331'000 e-Autos, Hybride, Brennstoffzellen Fahrzeuge, dabei erfüllen 80% der heutigen e-Fahrzeuge die Qualitätsanforderungen noch nicht
- Bis 2020: 1 Millionen e-Fahrzeuge
- Bis 2025: 3 Millionen e-Fahrzeuge
- saubere Luft in den Städten, dezentrale Kohle- und Kernkraftwerke

Belenos hat unter anderem eine Partnerschaft mit dem Autohersteller Geely mit dem gemeinsamen Ziel, die Belenos-Batterie in China zu zertifizieren

e-Mobilität: Beispiel TESLA

Batteriekapazität	75 – 100 kWh je nach Typ, 8 Jahre Garantie
Reichweite	300 – 500 km je nach Heizung/Kühlung/Gewicht/Berge
Ladezeit	30 Minuten auf 80% → geplant 5 – 10 Minuten
Lade-Leistung	160 kW für Aufladung auf 80 kWh in 30 Minuten

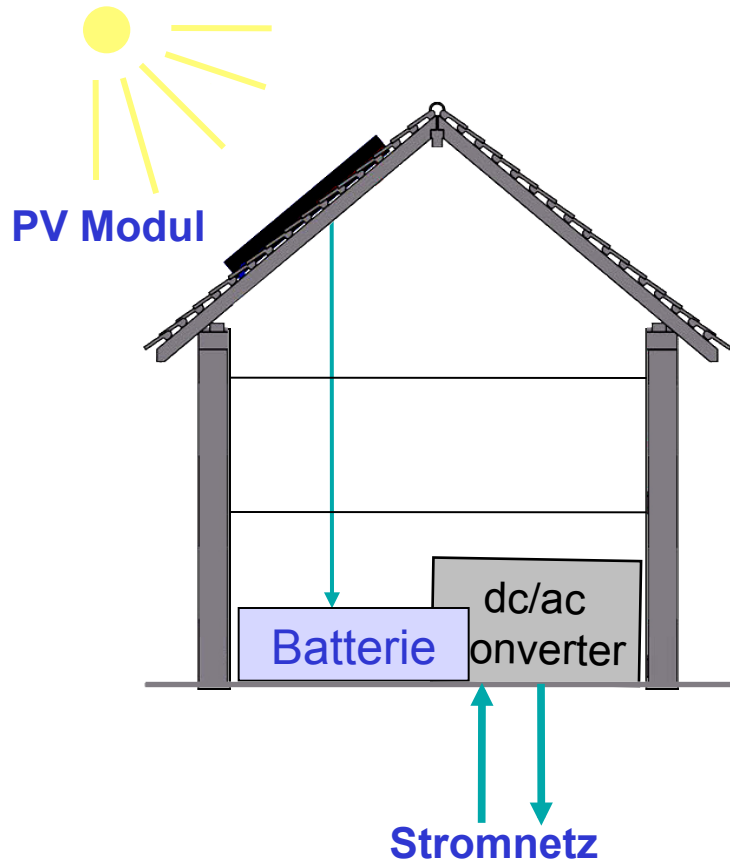


10 kW für Aufladung über Nacht (8 Stunden)
800 kW für Aufladung auf 80 kWh in 6 Minuten

70 W Erwärmung Cu-Kabel 5 cm Durchmesser, 2 m lang
bei 800 kW = $400 \text{ V} * 2000 \text{ A}$:

Quelle: en.wikipedia.org/wiki/Tesla-Model-S#Battery

Hausbatterien



typisch pro Tag ein 90% - 20% - 90% Ladezyklus
sollte ~20 Jahre Leistung zu 80 % behalten
d.h. ca. 7000 Lade-Entladezyklen

Gewicht spielt keine Rolle

Leistung 2-5 kW, Speicherkapazität 5 -10 kWh *)

z.B. Tesla powerwall, 6000 CHF für 14 kWh
www.tesla.com/de_CH/powerwall

ca. 35 % reduzierte Netznutzung (SATW Studie)

Netz aber wichtig für Spitzenbedarf!

→ neue Kostenstruktur nötig (Anschlussleistung?)

*) Aber: grössere Kapazität und Leistung nötig für Entlastung des lokalen Netzes
und abendliche Aufladung der e-Autos


Ausblick Batterie-Kenngrößen

Panasonic heute 243 Wh/kg für Einzelzelle

TESLA heute 140 Wh/kg für ganze Batterie (Sicherheit, Kühlung, Elektronik)

LG Chem heute 130 €/kWh für Einzelzelle, 260 €/kWh ganze Batterie

Ziele von Belenos

- 400 Wh/kg für Einzelzelle
 - Produktion des Rohmaterials in der Schweiz
 - Batterieproduktion für Europa in der Schweiz
 - Batterieproduktion für Asien z.B. in China
 - Vorteile: kleine Brandgefahr, schnelle Ladung, rezyklierbares Material, kein Cobalt/ Nickel/ Blei
- 
- 2018, 2019, 2020

Es geht um Kosten, Lebensdauer, Brandgefahr, Gewicht, Entsorgung/rezyklieren

Zum Nachdenken

- Rentabilität von Wasserkraft:
 - PV und Wasserkraft haben beide Spitze im Sommer
- e-Mobilität erhöht Stromkonsum
 - lokales Stromnetz zeitweise überlastet → MW-Batteriespeicher
- Ersatz von KKW durch PV und Wind erhöht Bedarf an saisonaler Speicherung
 - Batterien sind keine Lösung → Import im Winter? Power-to-Gas? Kosten?
- Umbau der Energieinfrastruktur braucht Zeit
 - ohne Masterplan genügen 35 Jahre nicht

Potenzialbegriffe (S. Hirschberg 2008)

- **Theoretisches Potenzial:** das gesamte physikalische Angebot eines erneuerbaren Energieträgers im betrachteten Untersuchungsgebiet.
- **Technisches Potenzial:** beschreibt den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist.
- **Ökologisches Potenzial:** keine irreversible Beeinträchtigung des Lebensraumes.
- **Wirtschaftliches Potenzial:** die Gesamtkosten liegen (mittelfristig) in der Bandbreite konkurrierender Systeme. Systemzusammenhänge zwischen Energienutzung, Arbeitsplätzen, Kaufkraft/Wohlstand beachten. → oder wollen wir eine subventionierte Energiewirtschaft wie die Landwirtschaft?
- **Optimistisch-realistisches Potenzial:** geschätzte realisierbare Potenziale.

ralph.eichler@ethz.ch

Danke!

