

Die Rolle von Wasserstoff

in einem regenerativen Energiesystem

Christian Bach

Abteilungsleiter Fahrzeugantriebssysteme

Was kommt auf unser Energiesystem zu?

Energiestrategie & Pariser Klimaabkommen

Zeitraahmen:

- Innerhalb von ca. **20 Jahren** sollen folgende Ziele erreicht werden:

Energiestrategie:

- Ersatz von ca. **20 TWh Atomenergie** durch Einsparungen/erneuerbare Energie (von heute ca. 60 TWh)

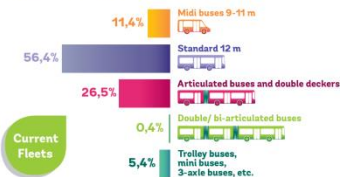
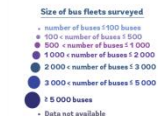
Pariser Klimaabkommen:

- Reduktion der **CO₂-Emissionen** um ca. **20 Mio t** (von heute total ca. 35 Mio t; wobei ca. 16 Mio t aus Treibstoffen)

Inhalt

- **Veränderungen kommen!**
- **Reale Verbrauchswerte und CO₂-Lebenszyklusemissionen**
- **Die «energiesystemische» Betrachtung**
- **Fazit**

Europäische Trends beobachten – die Schweiz ist zu klein!



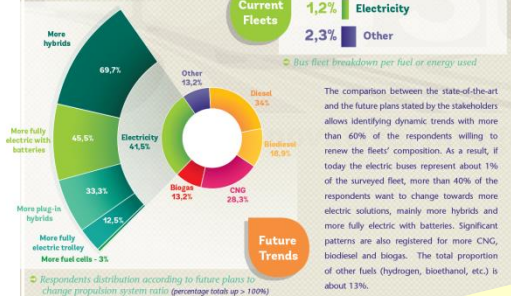
Considering a vehicle length-based classification, the resulting average fleet composition confirms that the majority of the buses operating today belongs to the standard 12 meter class. The residual fleet is mainly shared between articulated buses and double-deckers as well as midi buses. The snapshot is completed by trolley buses, mini buses (less than 9 m) and 3-axis 15 m buses.

In the future, most of the respondents (73%) intend to change the current fleet ratio in terms of the vehicle size. Among them, the majority wants to strengthen the vehicles' categories already in operation but one out of five respondents wants to include new vehicle categories, mainly articulated and midi-buses.



Andere Zusammensetzung der Busflotten

The majority of buses in operation in urban and suburban areas are diesel fuelled, followed by biodiesel, CNG (Compressed Natural Gas), electric vehicles and biogas. Other fuels (hydrogen, bioethanol, liquefied petroleum gas, etc.) represent less than 3% of the total.



Andere Antriebskonzepte

Future policies impacting

The majority of the surveyed stakeholders (70%) are working on specific strategies to increase the market share of public transport and this trend is higher in larger cities, with 80% of the urban areas with more than 2.5 million inhabitants. The bus will play a key role in such strategies; two out of three respondents declared that the bus systems are participating to a great extent in the future policies

European bus systems have improved a lot in recent years and the investigated future trends confirm a dynamic scenario for the coming years. The

Authorities and municipalities are working in favor of cleaner bus fleets and a modal shift towards more sustainable transport modes, thus contributing to raise the attractiveness of urban buses.

Contact
Michele Tozzi - 3iBS Project Manager
michele.tozzi@uitp.org

UITP
Rue Sainte-Marie 6, B-1080 Brussel
www.uitp.org

The complete results of the survey have been published in a report. Only selected data are presented in this brochure.

Follow 3IBS on  &  Visit our website www.3ibs.eu

Der Diesel-Skandal

Die gesetzliche Grundlage für die NOx-Emissionen

in Erwägung nachstehender Gründe:

- (6) Zur Verbesserung der Luftqualität und zur Einhaltung der Luftverschmutzungsgrenzwerte **ist insbesondere eine erhebliche Minderung der Stickstoffoxidemissionen bei Dieselfahrzeugen erforderlich**. Dabei ist es notwendig, in der Euro-6-Stufe ambitionierte Grenzwerte zu erreichen, ohne die Vorteile des Dieselmotors beim Kraftstoffverbrauch und bei der Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxidemission aufgeben zu müssen. Die frühzeitige Festlegung einer solchen Stufe für die Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen ermöglicht den Automobilherstellern eine langfristige, europaweite Planungssicherheit.

ABER: im technischen Teil fehl(t)en entsprechende Vorgaben!

Der Diesel-Skandal

Angepasste Abgasvorschriften seit 1. Sept. 2017



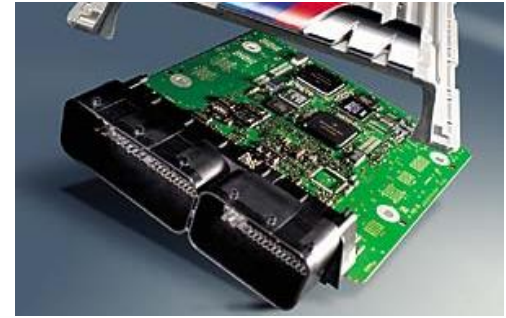
Bessere Laborprüfung

Insbesondere Berücksichtigung der tatsächlichen Fahrzeugmassen.



Strassenmessung

Reale Fahrten während mind. 1.5 Stunden.

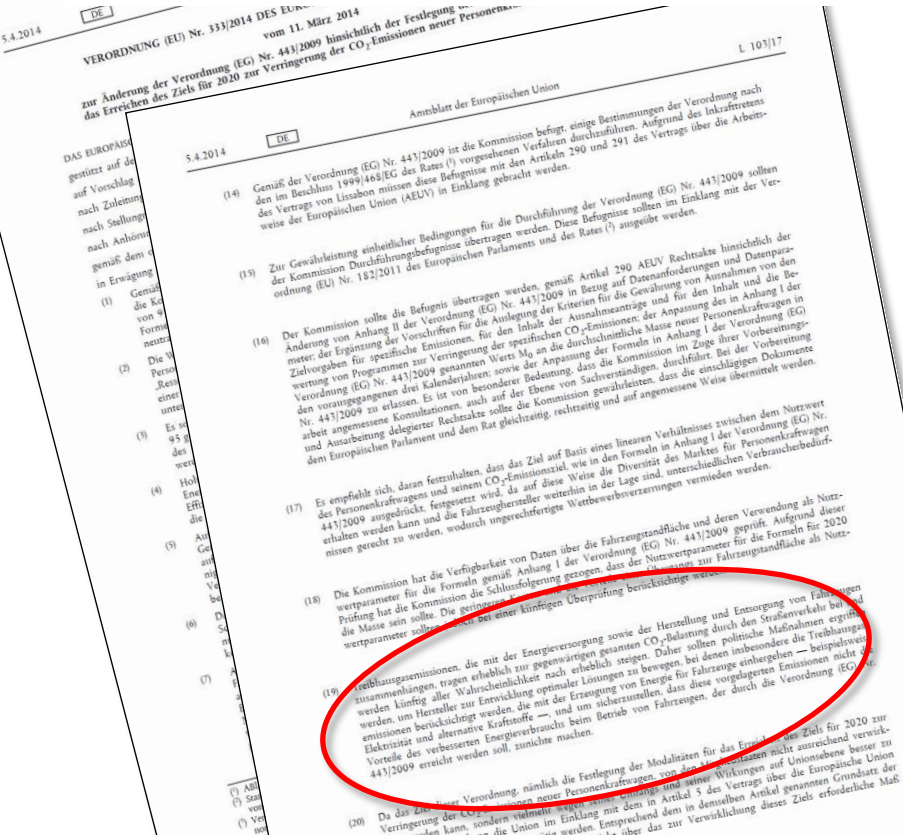


Abgasminderungsfunktionen

Offenlegung der Standardfunktionen für die Abgasminderung sowie Abweichungen davon.

Lessons learned?

Die gesetzliche Grundlage für die CO₂-Emissionen



in Erwägung nachstehender Gründe:

- (19) Treibhausgasemissionen, die der Energieversorgung sowie der Herstellung und Entsorgung von Fahrzeugen zusammenhängen (...) werden (...) erheblich steigen. Daher sollten politische Maßnahmen ergriffen werden, **um Hersteller zur Entwicklung optimaler Lösungen zu bewegen**, bei denen insbesondere die Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden, **die mit der Erzeugung von Energie für Fahrzeuge einhergehen** - beispielsweise Elektrizität und alternative Kraftstoffe -, und um sicherzustellen, dass diese vorgelagerten Emissionen nicht die Vorteile des verbesserten Energieverbrauchs beim Betrieb von Fahrzeugen, der durch die Verordnung (EG) Nr. 443/2009 erreicht werden soll, zunichte machen.

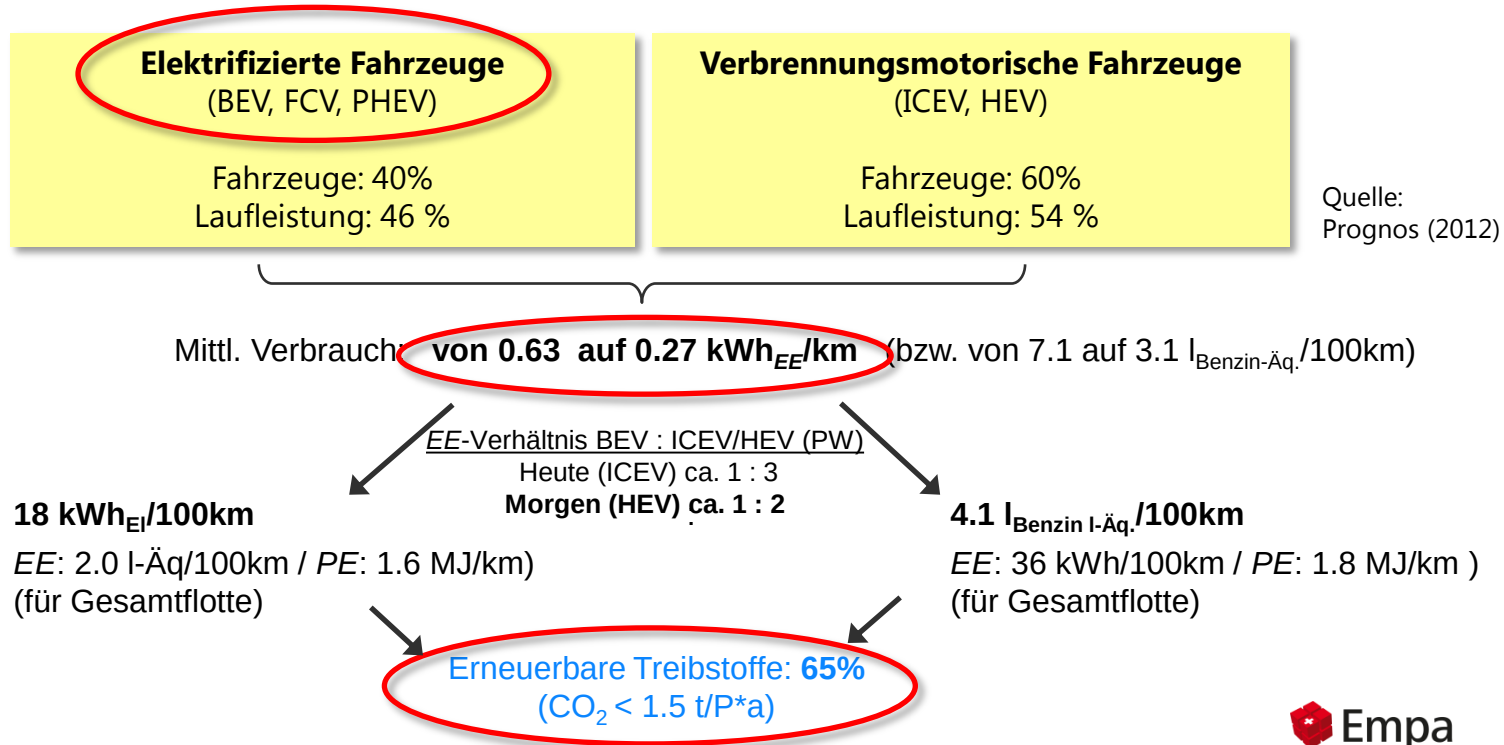
ABER: im technischen Teil fehlen entsprechende Vorgaben!

Inhalt

- Veränderungen kommen!
- **Reale Verbrauchswerte und CO₂-Lebenszyklusemissionen**
- Die «energiesystemische» Betrachtung
- Fazit

Bus-Szenario der Zukunft

Wovon sprechen wir überhaupt...?



EE = Endenergie
PE = Primärenergie

Bus-Szenario der Zukunft

Wovon sprechen wir überhaupt...?

CO₂-Minderung in der EU für 2030 und 2050

Time horizon	GHG emissions target	Reference
2030	-30% _{GHG 2005}	http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (non-ETS)
	-40 to -42% _{GHG 1990}	The Federal Government of Germany (transport only)
2050 (moderate)	-80% _{GHG 1990}	http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en
2050 (ambitious)	-95% _{GHG 1990}	The Federal Government of Germany (all sectors)

Dena/LBST: The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU (2017)

In der EU gelten **ähnliche CO₂-Minderungsziele** wie in der Schweiz, allerdings teilweise **andere Voraussetzungen** (AKW, fossile Kraftwerke, Speicherseen)

Bus-Szenario der Zukunft

Wovon sprechen wir überhaupt...?

PtL-dominiert

PtL-dom bus & train (% new reg)	Bus		
	Diesel	BEV	xEV (FCEV)
2010	99	1	0
2020	96	3	1
2030	85	5	10
2040	80	5	15
2050	75	5	20

PtG-dominiert

PtG-dom bus & train (% new reg)	Bus		
	Diesel	Methane	xEV (FCEV)
2010	99	1	0
2020	95	4	1
2030	60	30	10
2040	35	45	20
2050	15	55	30

BEV-dominiert

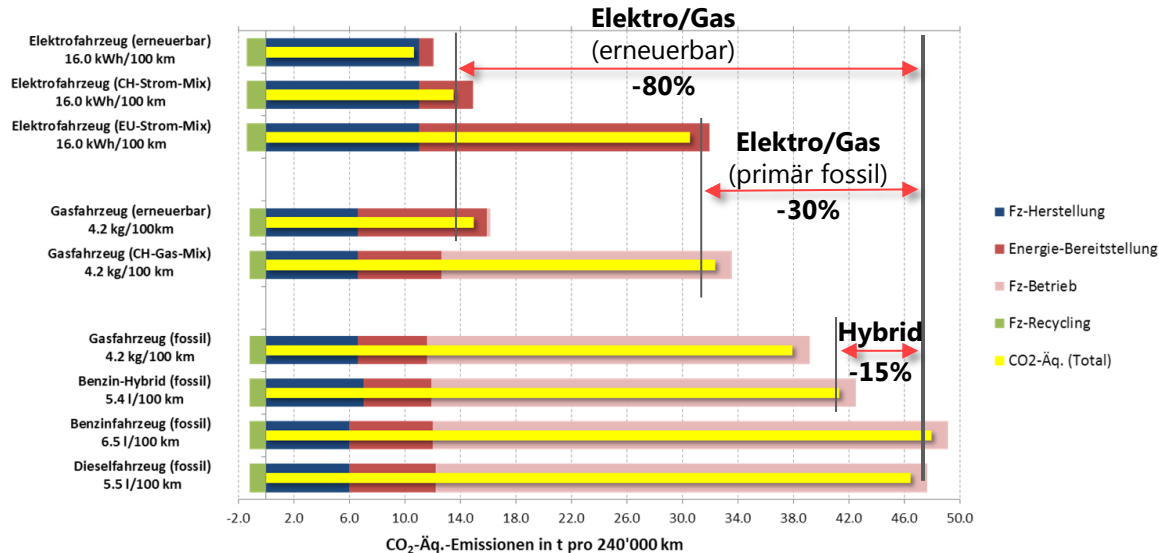
eDrive-dom bus & train (% new-reg)	Bus		
	Diesel	Methane	xEV (FCEV)
2010	99	1	0
2020	97	3	1
2030	67	8	25
2040	15	10	75
2050	0	15	85

Dena/LBST: The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU (2017)

Die Energieversorgung «entscheidet», welche Antriebskonzepte in Zukunft eingesetzt werden!
(Oftmals wird aber nur über die Antriebskonzepte debattiert..)

CO₂-Lebenszyklusemissionen

Der Treibstoff «schlägt» das Antriebskonzept



Quelle:

LCA-Vergleich verschiedener Antriebskonzepte basierend auf Bauer et al, Applied Energy (2015), Fuchs et al. ATZ (2014), Audi Präsentation (2015) und Verbrauchsdaten gemäss Spritmonitor.de für VW Golf 81-85 kW und Toyota Auris HEV (MJ 2015-2016). BCM-Biogas gemäss LCA-Studie Empa-PSI-Agroscope-Doka (2012) und Quantis (2015); EU-Strom-Mix: 547 g CO₂-eq/kWh (treeze Strommixrechner), CH-Strom-Mix: 102 g CO₂-eq/kWh, erneuerbarer Strom: 28 g CO₂-eq/kWh (BAFU 2014)

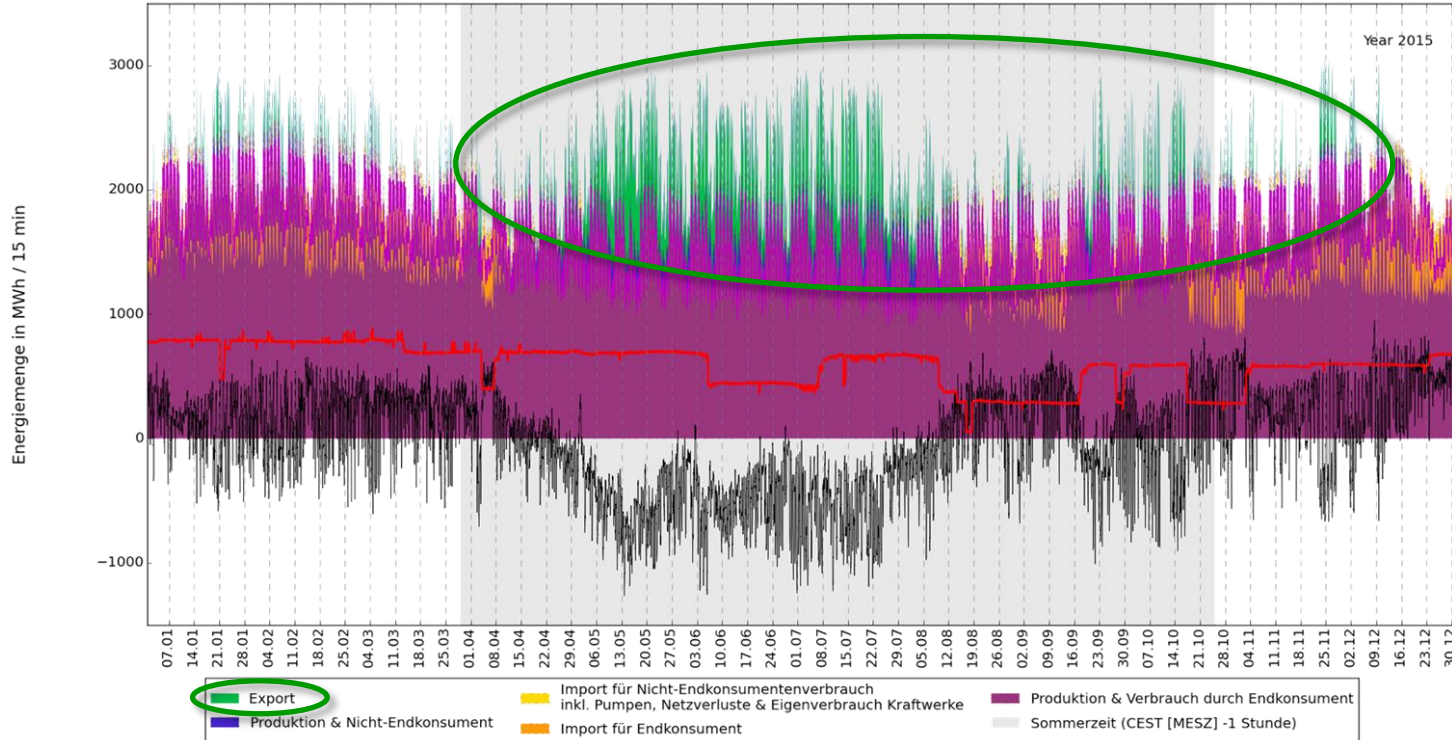
Nicht das Antriebskonzept, sondern die Herkunft der Energie für den Betrieb der Fahrzeuge ist entscheidend für die CO₂-Minderung der Mobilität.

Inhalt

- Veränderungen kommen!
- Reale Verbrauchswerte und CO₂-Lebenszyklusemissionen
- **Die «energiesystemische» Betrachtung**
- Fazit

Energiesystemische Betrachtung

Zeitliche Aspekte berücksichtigen

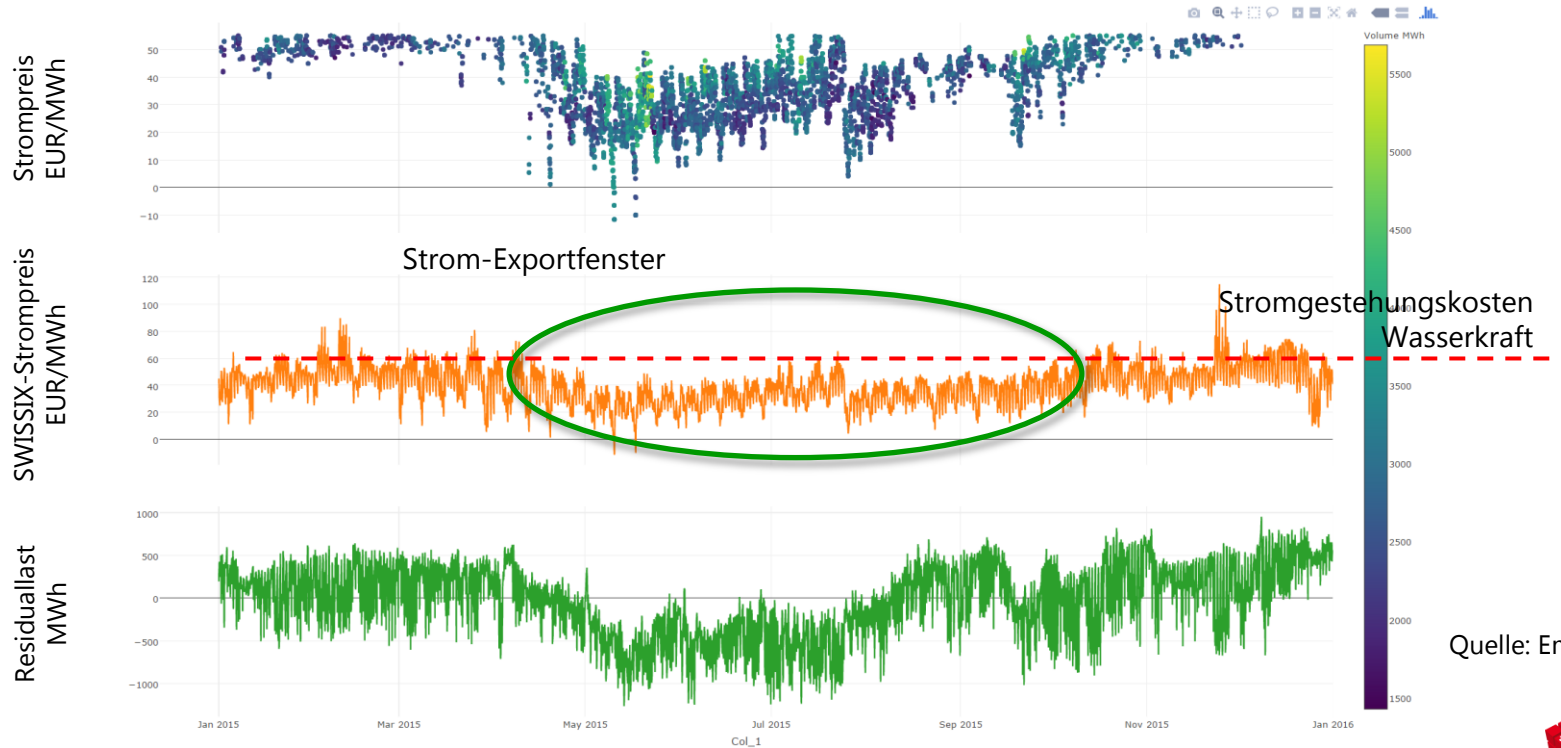


Von April –
September 2015
wurden ca. 5'000
GWh Strom
exportiert.

Quelle: Empa/PSI (2016)

Energiesystemische Betrachtung

Zeitliche Aspekte berücksichtigen



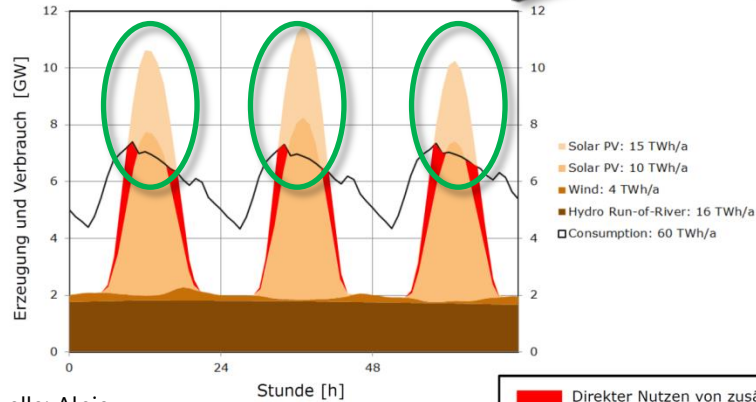
Quelle: Empa/PSI (2016)

Energiesystemische Betrachtung

Zeitliche Aspekte berücksichtigen

Photovoltaik

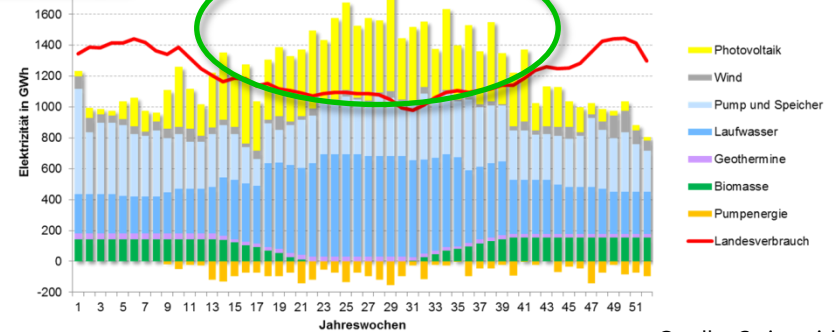
Beispiel: Schweiz, Jahr 20XX, 3 Tage im Juni



■ Direkter Nutzen von zusätzlicher Solar-PV Erzeugungskapazität

Energiesystem

Swissgrid-Szenario «Sun2035»



Im Strommarkt nicht nutzbare Elektrizität (ca. 9.5 TWh)

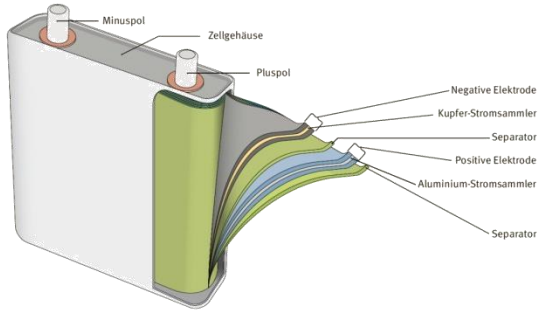
Quelle: Swissgrid

Der PV-Ausbau führt im Sommerhalbjahr zu temporären Stromüberschüssen, die im Strommarkt nicht nutzbar sind.

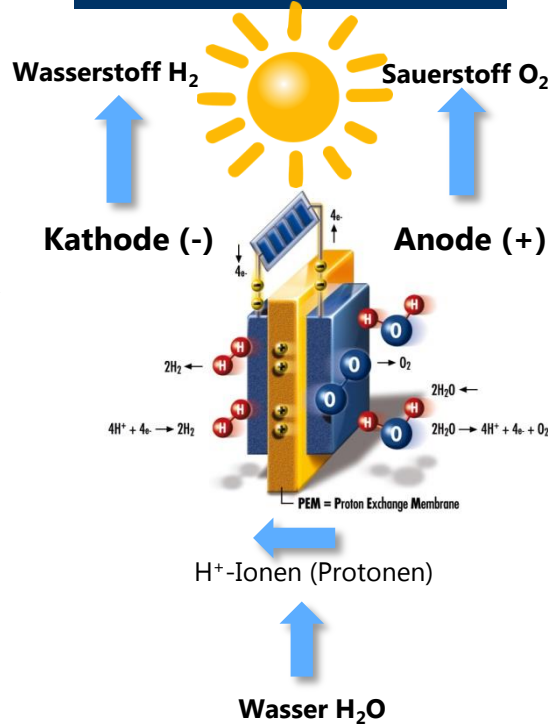
Nutzbarmachung von Überschussstrom

Batterie, Elektrolyse, Methanisierung

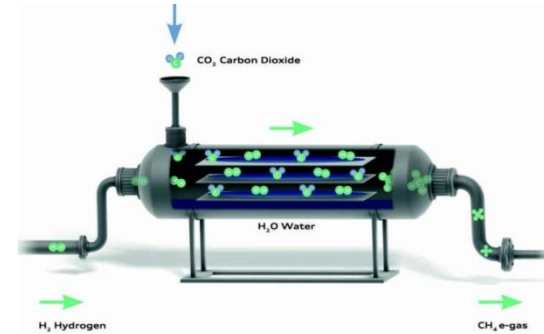
Batterie (Stromspeicher)



Elektrolyse (Wasserstofferzeugung)

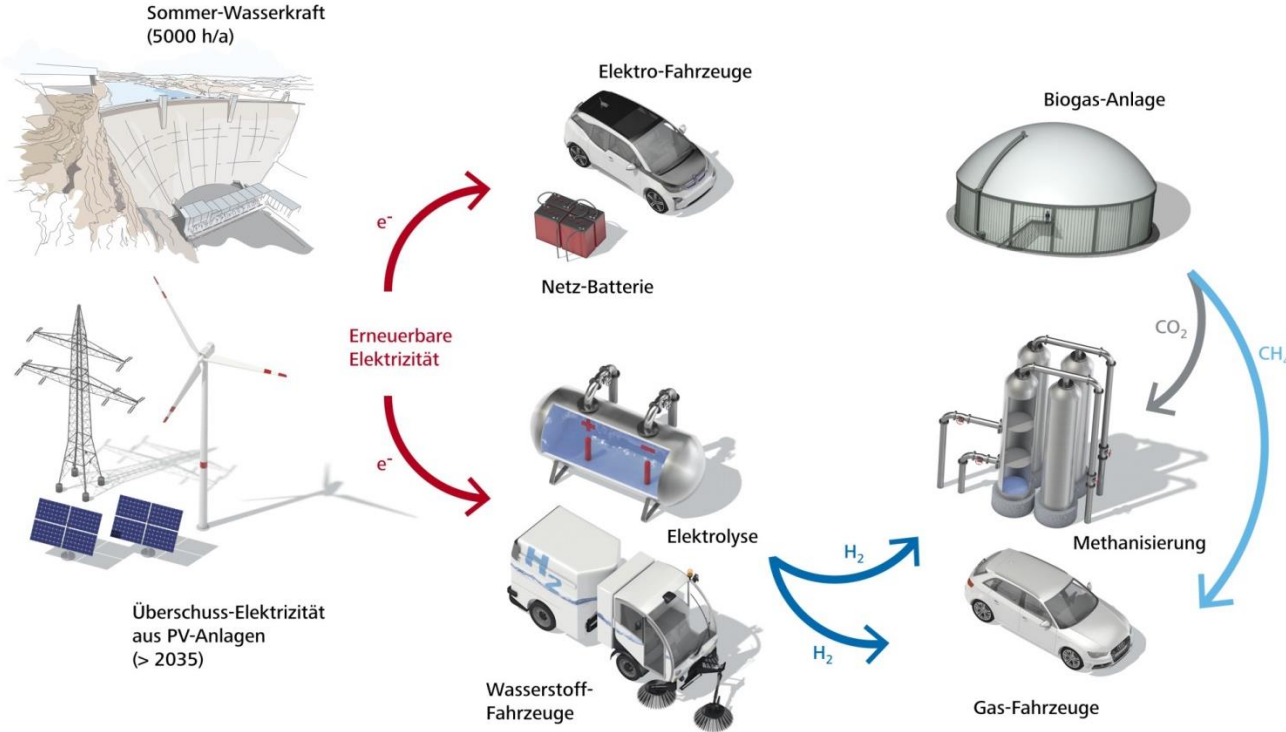


Methanisierung (synthetisches Gas)



Energiesystemische Betrachtung

Effizienz und Flexibilität



Um von fossilen Kraftwerken unabhängig zu werden, braucht es eine Effizienzsteigerung und eine zeitliche Flexibilisierung beim Strombezug.

- Elektrofahrzeuge weisen die **höchste Effizienz** aber die **geringste Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Wasserstofffahrzeuge weisen eine **mittlere Effizienz** sowie eine **mittlere Flexibilität** beim Strombezug auf.
- Gasfahrzeuge (bzw. synthetische flüssige Treibstoffe) weisen **niedrigste Effizienz**, aber **höchste Flexibilität** beim Strombezug auf (PtG-Konzept).

Energiesystemische Betrachtung

Effizienz und Flexibilität



Future Mobility Demonstrator

Die post-fossile Mobilität

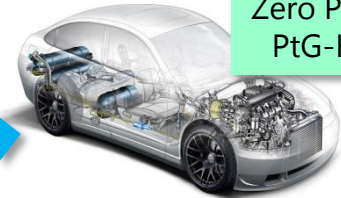
move | Empa



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Energie BFE



Zero Pollution
PtG-HEV...?



Batteriespeicher
für EVs

700 Bar H₂-
Personenwagen



350 Bar H₂-
Kehrfahrzeug



350 bar HCNG-
Praxiserprobung



PtX-Studie
Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Umwelt BAFU

Realverbrauch /
Carsharing



ETH zürich



Endress+Hauser
People for Process Automation



apex



Stadt
Dübendorf municipal

BUCHER

suva



METAS



Empa

Materials Science and Technology

Inhalt

- Veränderungen kommen!
- Reale Verbrauchswerte und CO₂-Lebenszyklusemissionen
- Die «energiesystemische» Betrachtung
- **Fazit**

Fazit

Lessons learned vom Dieselskandal: Lösungen müssen sauber sein, nicht nur sauber aussehen!

Antriebe der Zukunft:

Elektro-, Brennstoffzellen- und Hybridantriebe;
reine Verbrennungsmotoren werden voraussichtlich verschwinden.

Energie der Zukunft:

Erneuerbare biogene, elektrische und synthetische Treibstoffe
Saisonale Aspekte werden eine zunehmend wichtige Rolle spielen

CO₂-Emissionen:

Wechsel auf **lebenszyklusbasierte Bewertung** führen zu Elektroautos mit kleineren Batterien, Wasserstofffahrzeuge und Hybridfahrzeuge. Betrieben mit erneuerbarer Energie weisen diese Antriebskonzepte alle sehr niedrige Emissionen auf.

Das Europäische CO₂-Handelssystem ETS wird künftig vermutlich besser funktionieren.

Energiesystem:

Synthetische Treibstoffe mit im Strommarkt nicht nutzbarer Überschusselektrizität für den Ausbau von PV-Anlagen zentral.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dank Kollegen:

Dr. Patrik Soltic
Thomas Bütler
Urs Cabalzar
Dr. Sinan Teske

Bei Fragen:

christian.bach@empa.ch