

Jörg Buddenberg

WIND ENERGY: BACKBONE OF CLIMATE PROTECTION STRATEGIES

ERNEUERBARE ENERGIE

ERDWÄRME BIOENERGIE WASSERKRAFT WINDENERGIE SOLARENERGIE



Energieträgeroutput Erzeugungsanlagen

Wärme > 100°
(Strom)

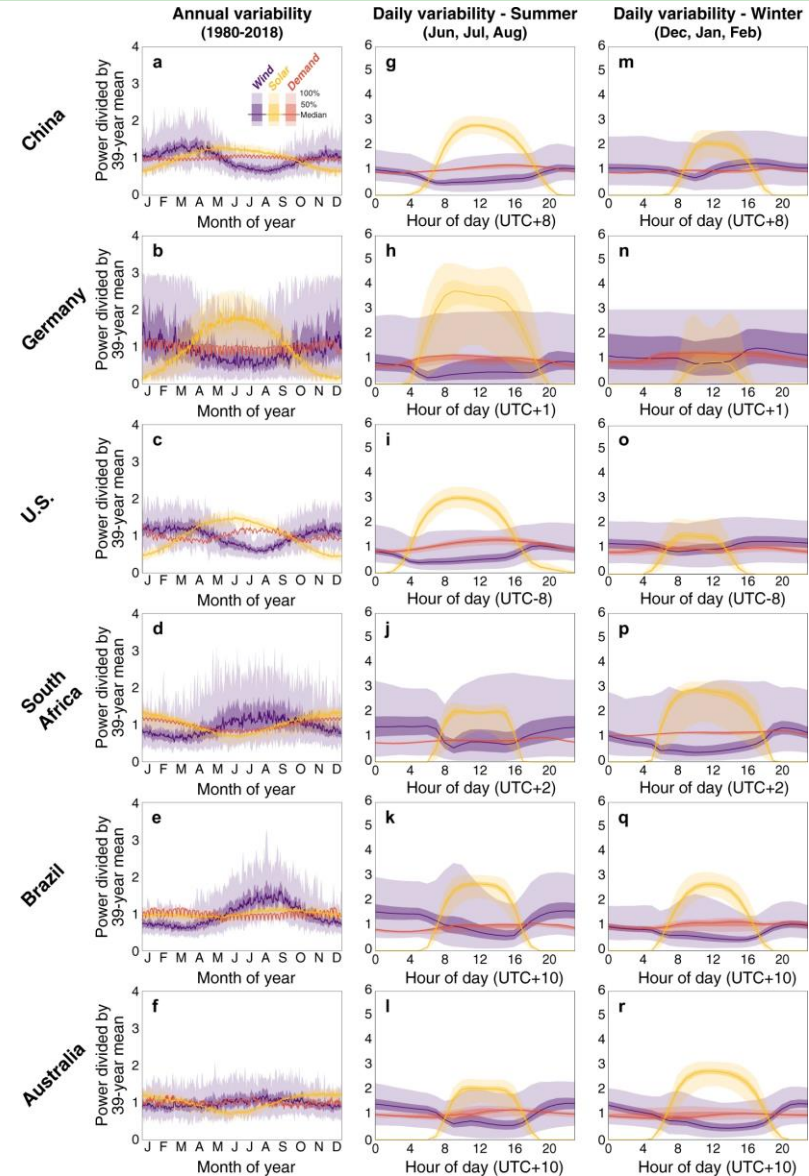
B-Gas, Öl,
Treibstoff
Wärme > 100°
(Strom)

Strom

Strom

PV:
Strom
CSP:
Wärme > 100 C°
Solarthermie:
Wärme < 100 C°

>> C.1 Sector Electricity – Integration and role in an energy system

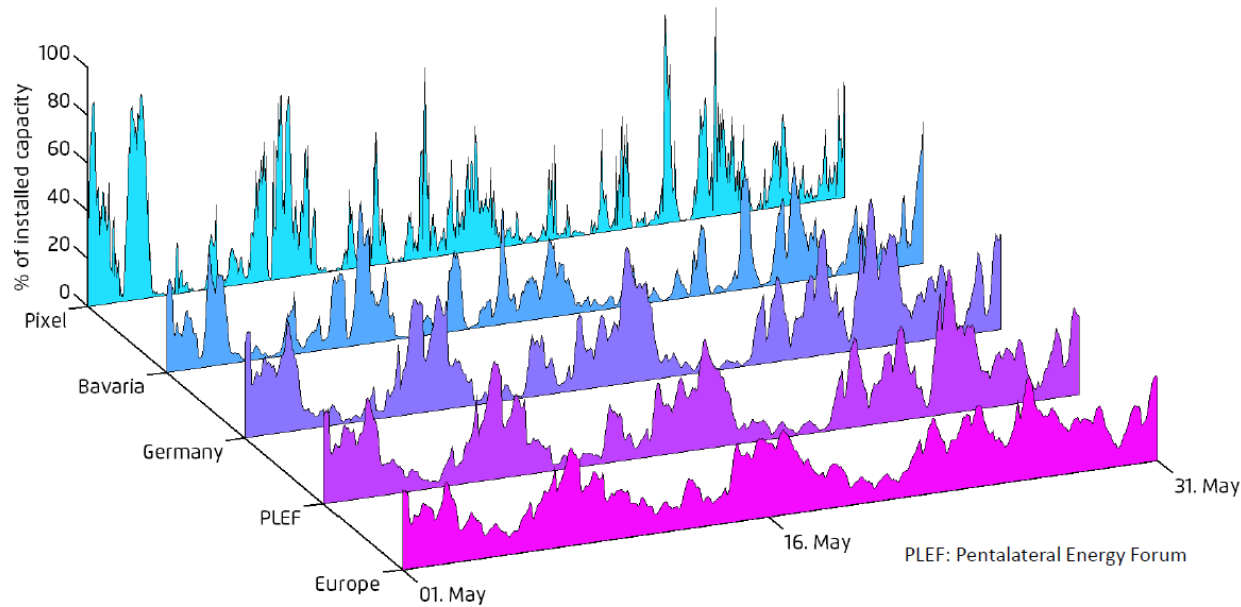


<https://www.nature.com/articles/s41467-021-26355-z/figures/1>
 From: [Geophysical constraints on the reliability of solar and wind power worldwide](#)

>> C.1 Sector Electricity – influence of production structure

Glättung von Windschwankungen in Europa

Feed-in of wind power in 2030



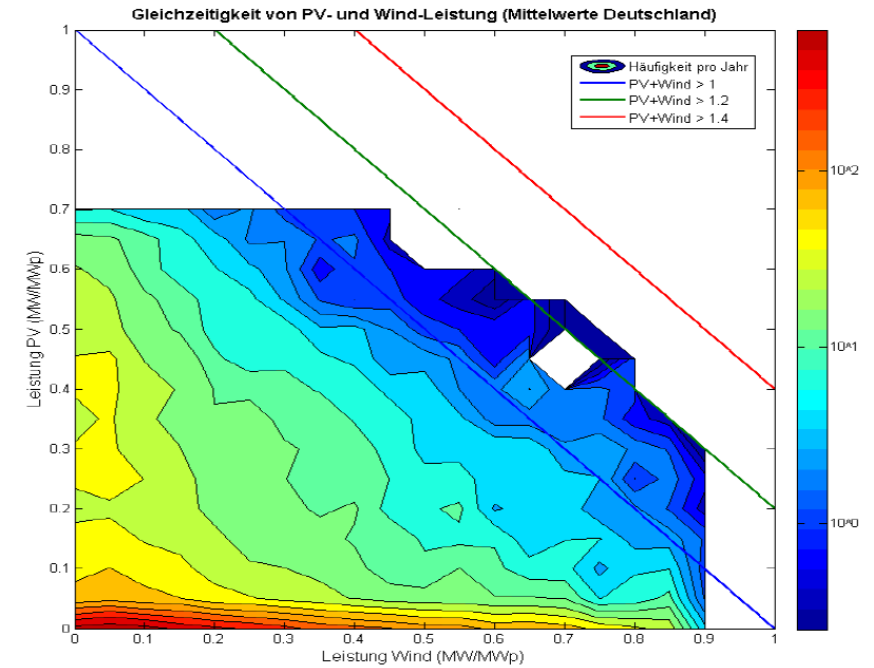
Großräumiger Ausgleich reduziert Flexibilitäts- und Speicherbedarf

© Fraunhofer IWES



Gleichzeitigkeit von Wind- und Solarenergie

Max. Gleichzeitigkeits-Faktor = 1.2



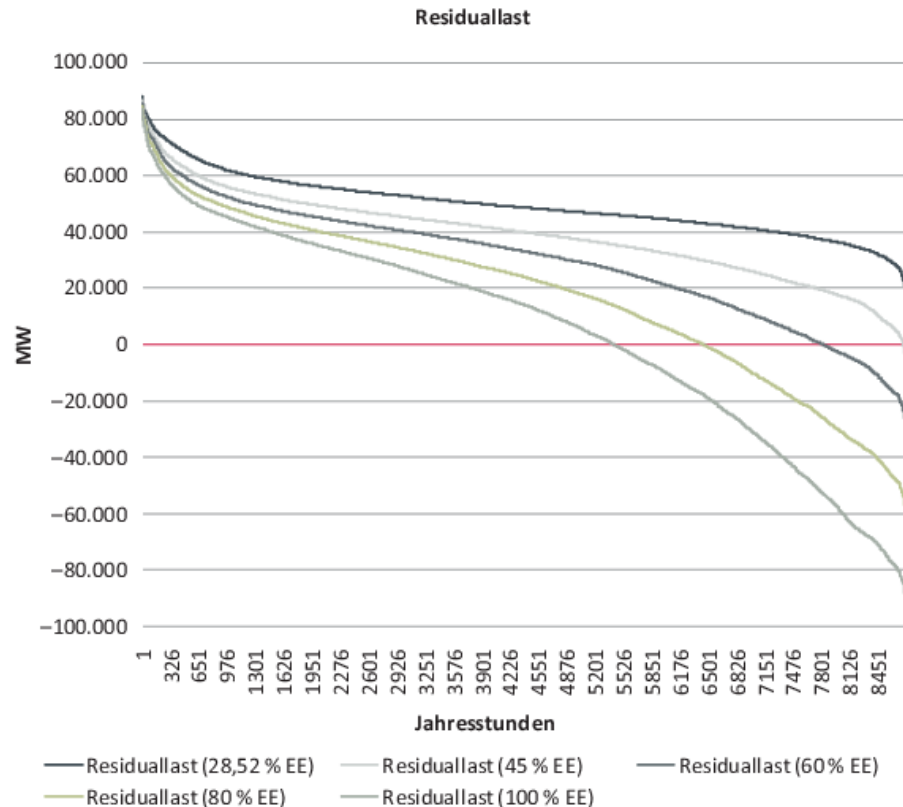
Wetterbedingter Ausgleich von Wind- und Sonnenenergie

© Fraunhofer IWES



https://windenergetage.de/2017/wp-content/uploads/sites/2/2018/01/26WT0811_F23_1400_IWES_Rohrig.pdf

>> C.1 Sector Electricity – development of residual load



- The change of the residual load with increasing fluctuating feed-in can be illustrated using the ordered annual load duration curve
- From a certain degree of renewable production, there is an increasing excess production of renewable energies (in the graphic on the right from approx. 45%)
- With a constant load, the positive residual load remains unchanged (*ceteris paribus* consideration)
- The duration lines depend on the structure of the fluctuating renewable feed-in (wind and/or solar)

Quelle: Martin Zapf, Stromspeicher und Power-to-Gas im deutschen Energiesystem
Rahmenbedingungen, Bedarf und Einsatzmöglichkeiten

>> C.1 Sector Electricity – Integration and role in an energy system

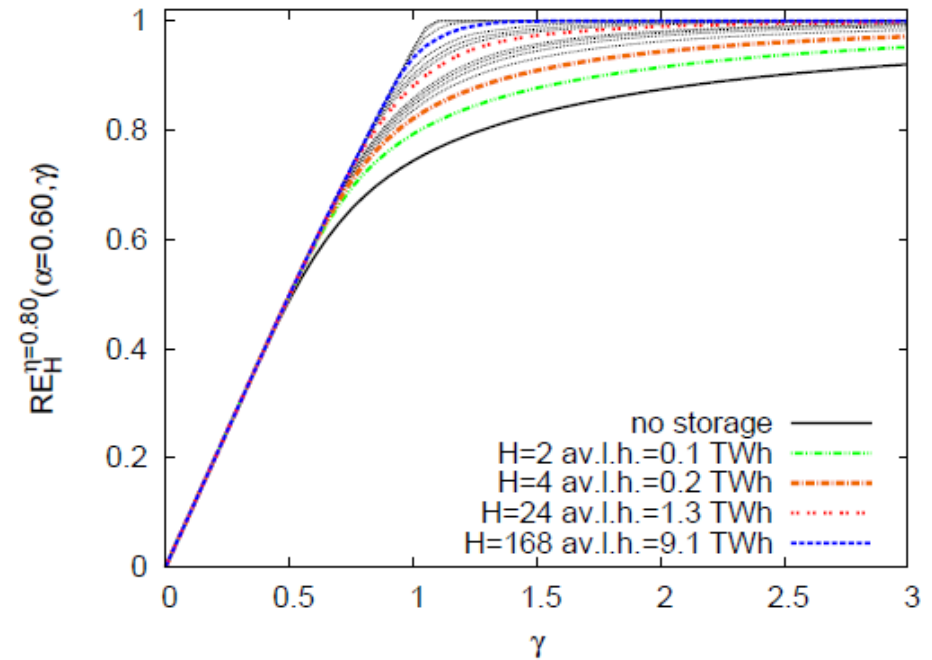
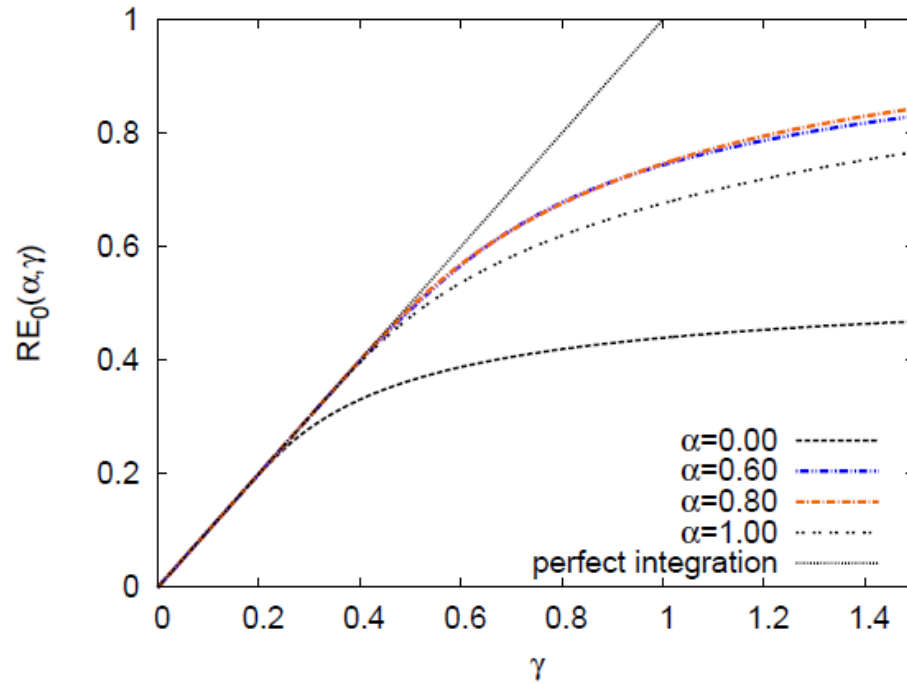


Figure 1: Renewable integration function $RE_0(\alpha, \gamma)$ for the case without any storage and selected wind shares α

Figure 2: Renewable integration function $RE_H^{\eta=0.80}(\alpha = 0.60, \gamma)$ for different storage sizes H^{\max} and storage round-trip efficiency $\eta = 0.8$. Dashed lines represent additional intermediate storage sizes (cf. sec. 3.1)

Quelle: Integration of Renewable Energy Sources in Future Power Systems: The Role of Storage, Stefan Weitemeyer, David Kleinhans, Thomas Vogt, Carsten Agert

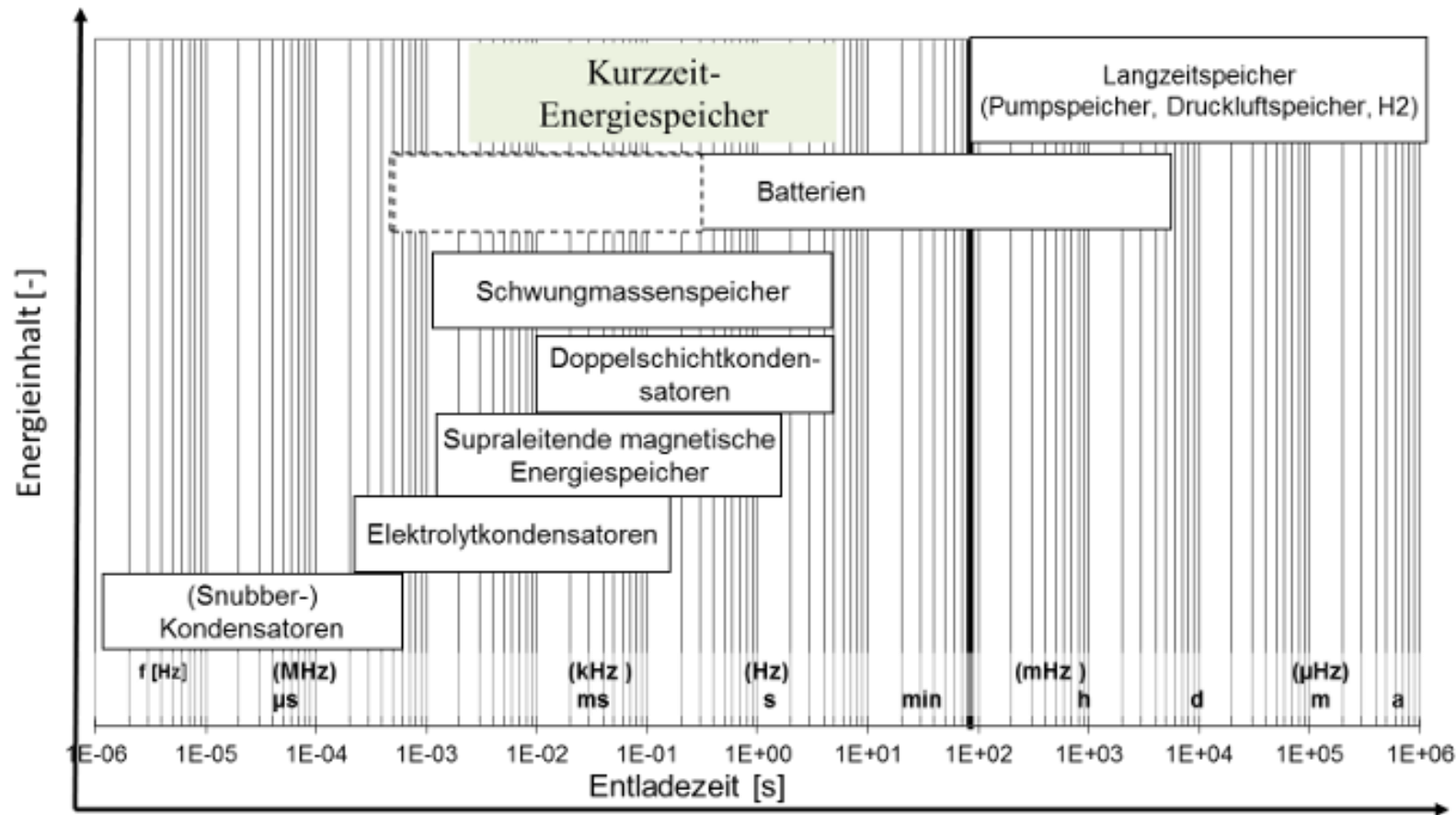
- Stromverbrauch Deutschland ca. 600 TWh/a
- Kapazität Speicher in Deutschland: Pumpspeicher rd. 38 GWh (1), Druckluft 0,6 GWh (1), Großbattarien 0,4 GWh (1), Heimspeicher 2,3 GWh (285.000 Heimspeicher Ende 2020) (2), Gesamt rd. 0,041 TWh

Quelle:

(1) Wissenschaftlicher Dienst des Bundestages, Entwicklung der Stromspeicherkapazitäten in Deutschland von 2010 bis 2016, Deutscher Bundestag, WD 8 - 3000 - 083/16

(2) <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/wachsender-markt-fuer-energiespeicher/>

>> C.1 Sector Electricity – options of energiestorage



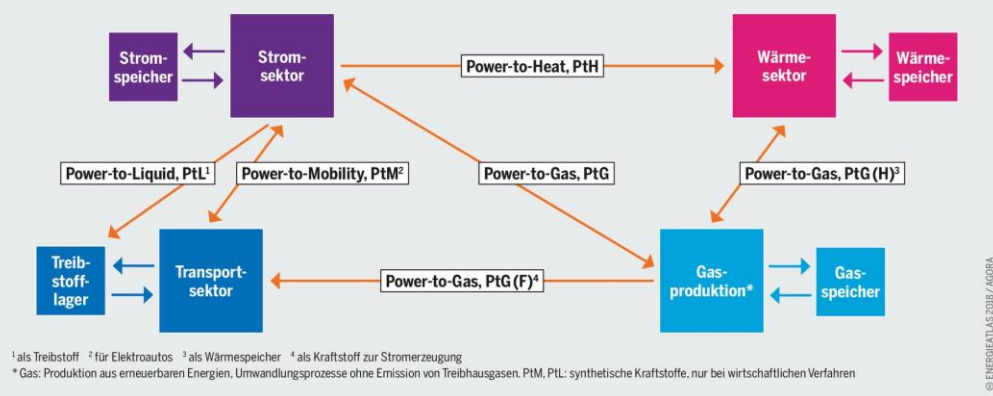
- Pumpspeicher und Druckluftspeicher haben eine sehr begrenzt Speicherkapazität und sind als Saisonale Speicher ungeeignet:
 - Speicherung für wenige Tage
 - begrenzte Ausbaumöglichkeiten
- H₂ kann direkt via Elektrolyse erzeugt und dann direkt in Reinform verwendet oder aber weiter umgewandelt werden (power to gas/power to fuel)
 - Wirkungsgradverluste bei Rückverstromung müssen berücksichtigt werden
 - Umwandlung H₂ in CH₄ durch Methanisierung (Sabatier-Prozess, $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)

<https://www.iee.tu-clausthal.de/arbeitsgruppen/elektrische-energiespeichersysteme/>

>> C.1 Sector Electricity – Concept of sector coupling

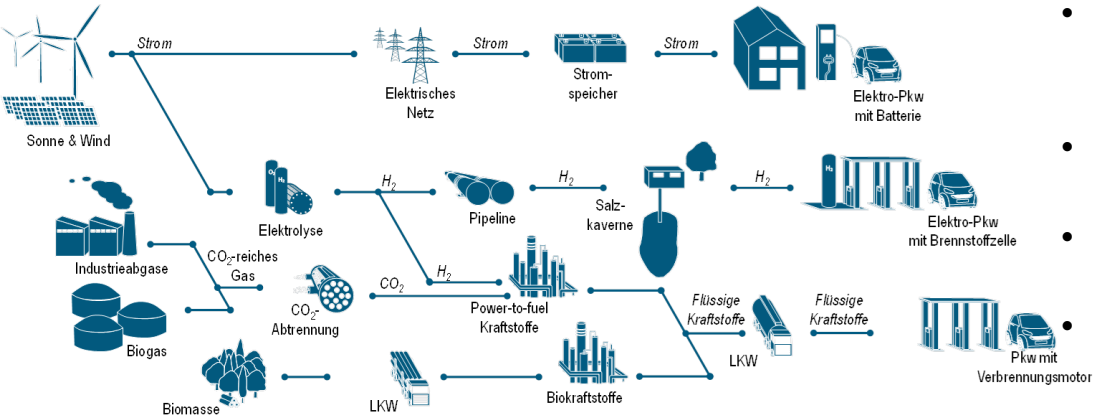
UMWANDLUNGSTECHNIKEN – WELCHE WAS ERLEDIGEN SOLL

Schema der gekoppelten Sektoren und der sie verbindenden, von der Elektrifizierung ausgehenden „Power-to-X“-Technologien



¹ als Treibstoff ² für Elektroautos ³ als Wärmespeicher ⁴ als Kraftstoff zur Stromerzeugung
 * Gas: Produktion aus erneuerbaren Energien, Umwandlungsprozesse ohne Emission von Treibhausgasen. PtM, PtL: synthetische Kraftstoffe, nur bei wirtschaftlichen Verfahren

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sektorenkopplung>



https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/Research/Mobility/_node.html

Coupling of sectors:

- Electricity
- Mobility
- Heating
- Industrial processes

Different technological paths possible:

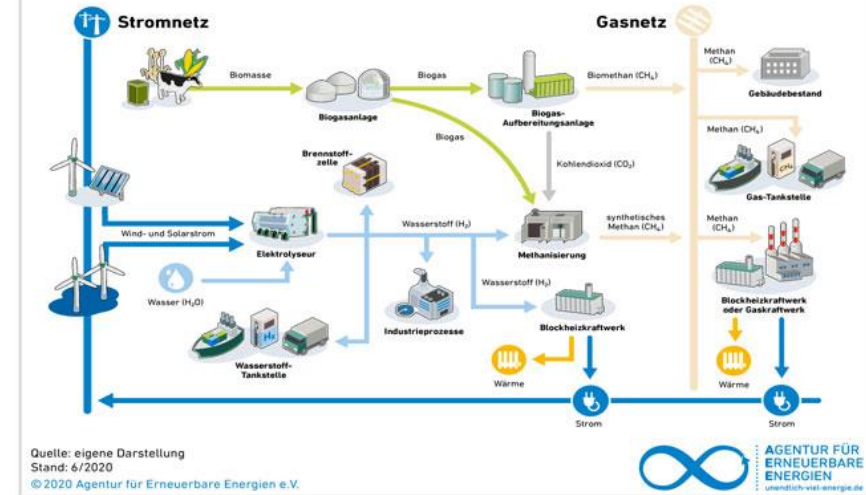
- Power to X technologies
- Integration of biogas
- Direct use of hydrogen
- Methanol as feedstock

Different concepts:

- alternative production of fuels to minimize new infrastructure e.g. power to X
- new pathways with new infrastructure e.g. E-mobility
- Substitution of fuels with other feedstocks e.g. CH₄/H₂
- other processes e.g. direct reduced iron

Nutzungsoptionen von Erneuerbaren Gasen

In einem immer stärker durch Wind- und Solarstrom geprägten Energiesystem gewinnt die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff und Methan an Bedeutung.



<https://www.windkraft-journal.de/wp-content/uploads/2020/06/sectorkopplung.jpg>



<https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2021/05/Meldung/news2.html>

Thank you

Contact Jörg Buddenberg

+49 162 138 4455

joerg.buddenberg@ewe.de

joerg.buddenberg@googlemail.com