



FORSCHUNGSSTELLE FÜR
ENERGIENETZE UND ENERGIESPEICHER

Power-to-Gas

Energiespeicher, Alternative zum Übertragungsnetz und Bindeglied zwischen den Energiesektoren - die eierlegende Wollmilchsau für die Energiewende?

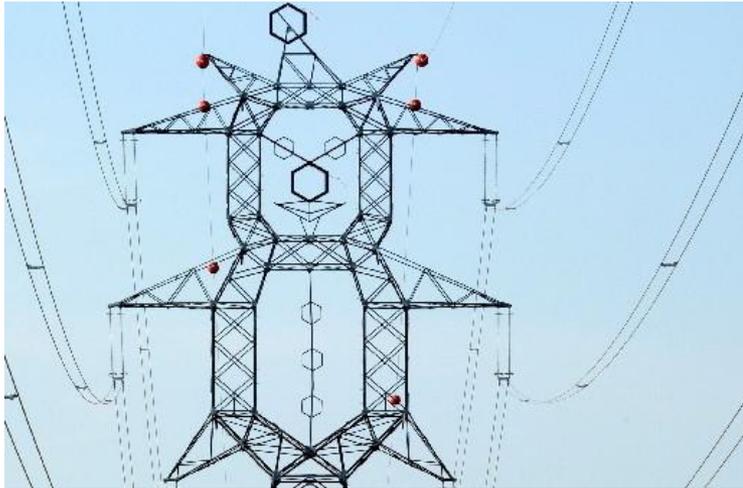
Agendafrühstück
Puchheim, 26. April 2015



Martin Thema
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)
Fakultät Elektro- und Informationstechnik
Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Regensburg

Bildquellen: Sterner/Stadler/Springer, Sustainx.com, Wikipedia.org, lwb.ch, Poppware.de, Stadtwerke-herne.de, Af.net, A-vierling.de





Herausforderungen unseres Stromsystems im Wandel
Flexibilitäts- und Speicherbedarf, Energiespeicherarten

Power-to-Gas
Konzept und Stand der Technik

Ausblick

Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner,
Prof. Dr.-Ing. Oliver Brückl

- Derzeit ca. 20 Mitarbeiter
- Lehre und Studien im Bereich der Integration erneuerbarer Energien (Energiespeicher, Power-to-Gas, Energieverteilung und Energiepolitik)

Ingenieurbüro Thema

Partnerschaftsgemeinschaft Solektrik

Beratung, Planung, Umsetzung

- Technische Betriebsführung Photovoltaik
- Energetische Sanierung
- LED-Beleuchtung

[martin.thema\(at\)solektrik.de](mailto:martin.thema(at)solektrik.de)



Energiespeicher

Nachhaltig wirtschaftende Organismen brauchen Energiespeicher



- Vorratshaltung für ‚schlechte Zeiten‘
- Anpassung an schwankendes Angebot (kurzzeitig/saisonal)



Irene beim Tanken

Welches elektrische Leistungsäquivalent liegt beim Tanken an?



Irene kontrolliert gerade einen Leistungsfluss von **16 MW**:

Energieinhalt Benzin (Heizwert): 9 kWh/l = 32 MJ/l
Durchflussmenge: 0,5 l/s



Elektrisches Äquivalent von
3 (sehr) großen Windkraftanlagen

ca. 1,5 x

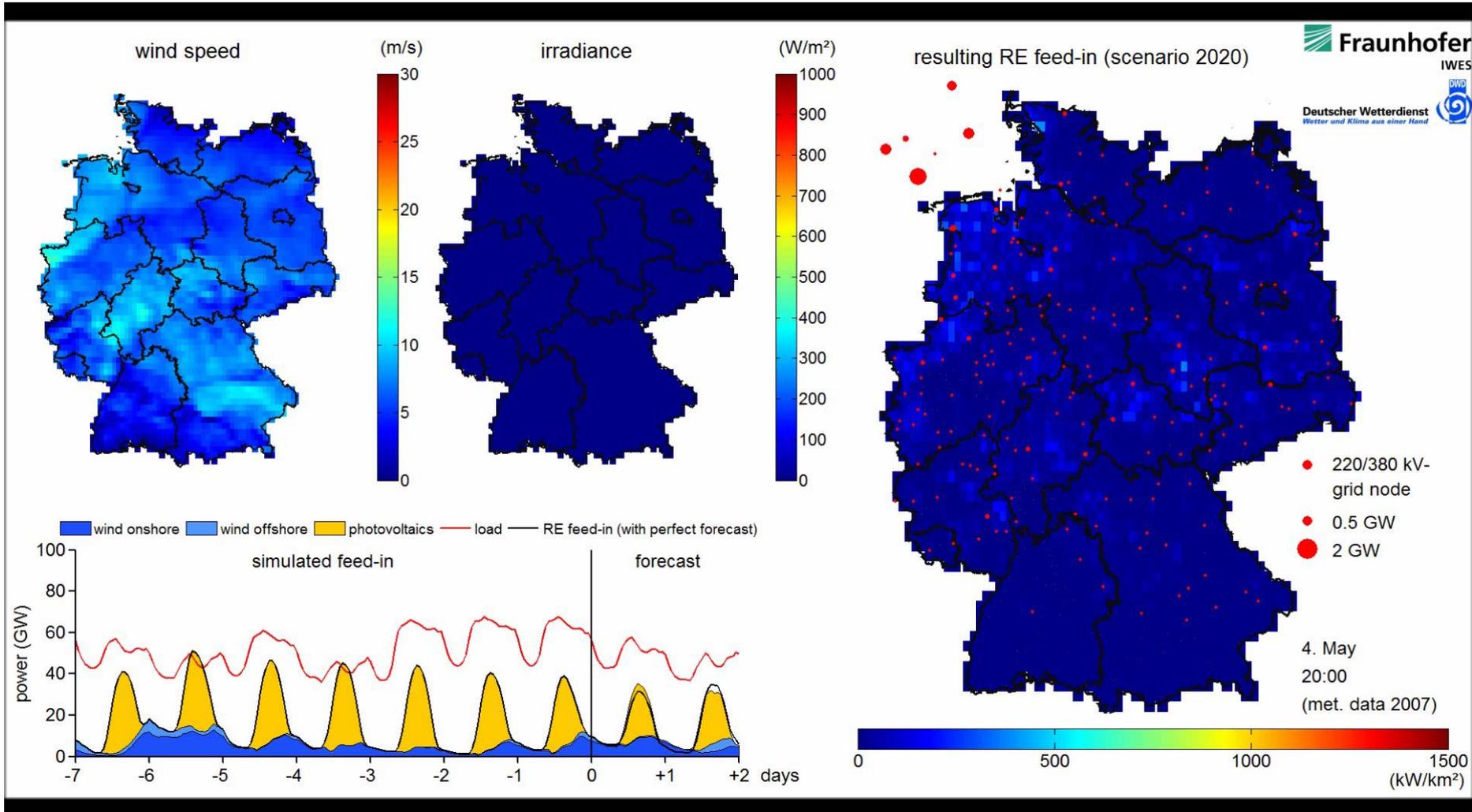


Elektrisches Äquivalent von
32.000 Haushalten (à 500 W Verbrauch)

Quelle: nach C. Hoffmann - Siemens, 2011; maps.google.de

Wind & PV als wichtigste Erzeuger

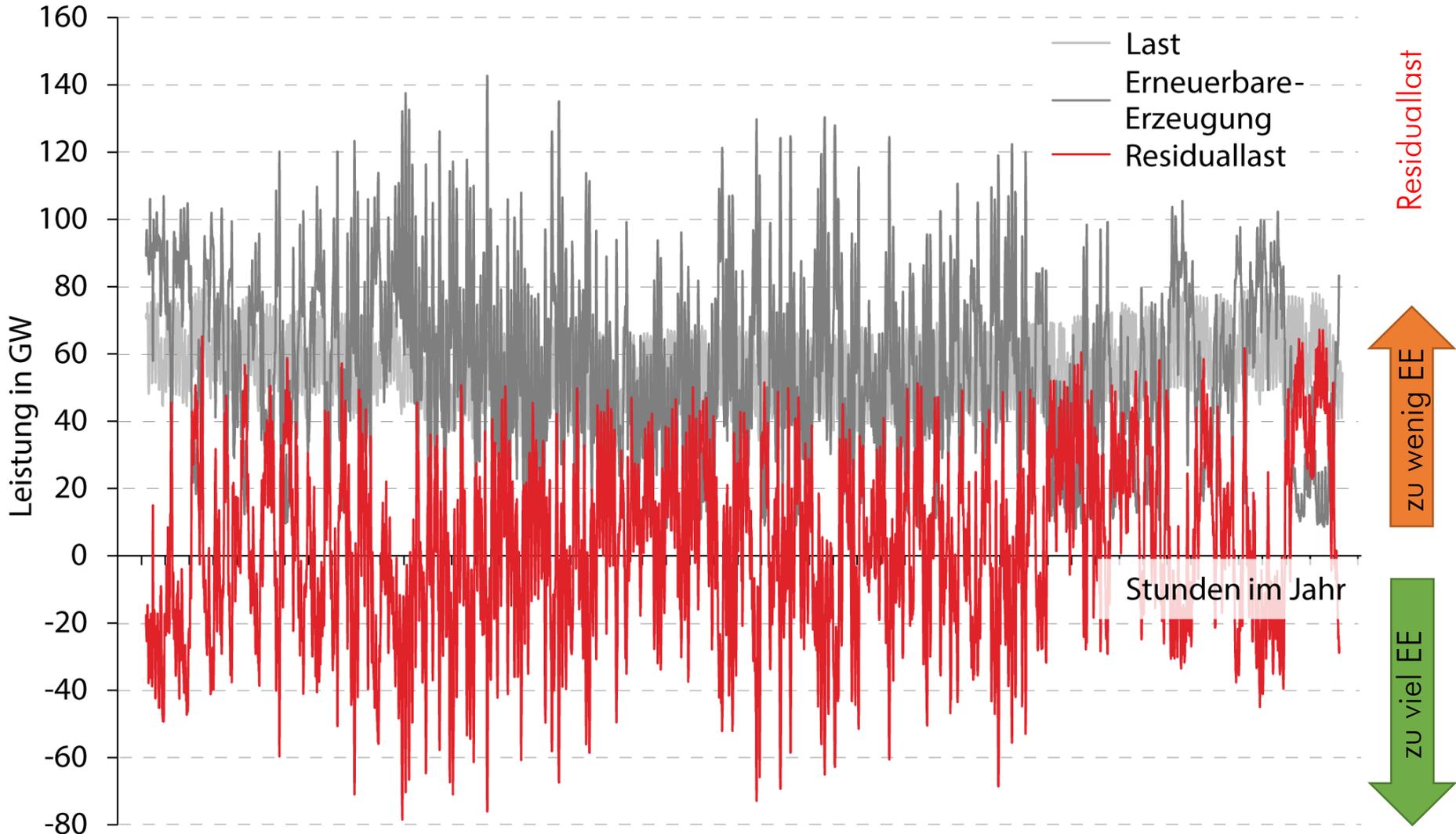
Technologie und Markt müssen danach ausgerichtet werden



Einspeisung im Mai: Nationaler Aktionsplan erneuerbare Energien: 2020 – 39% EE-Anteil

EE-Ausbau allein reicht nicht aus

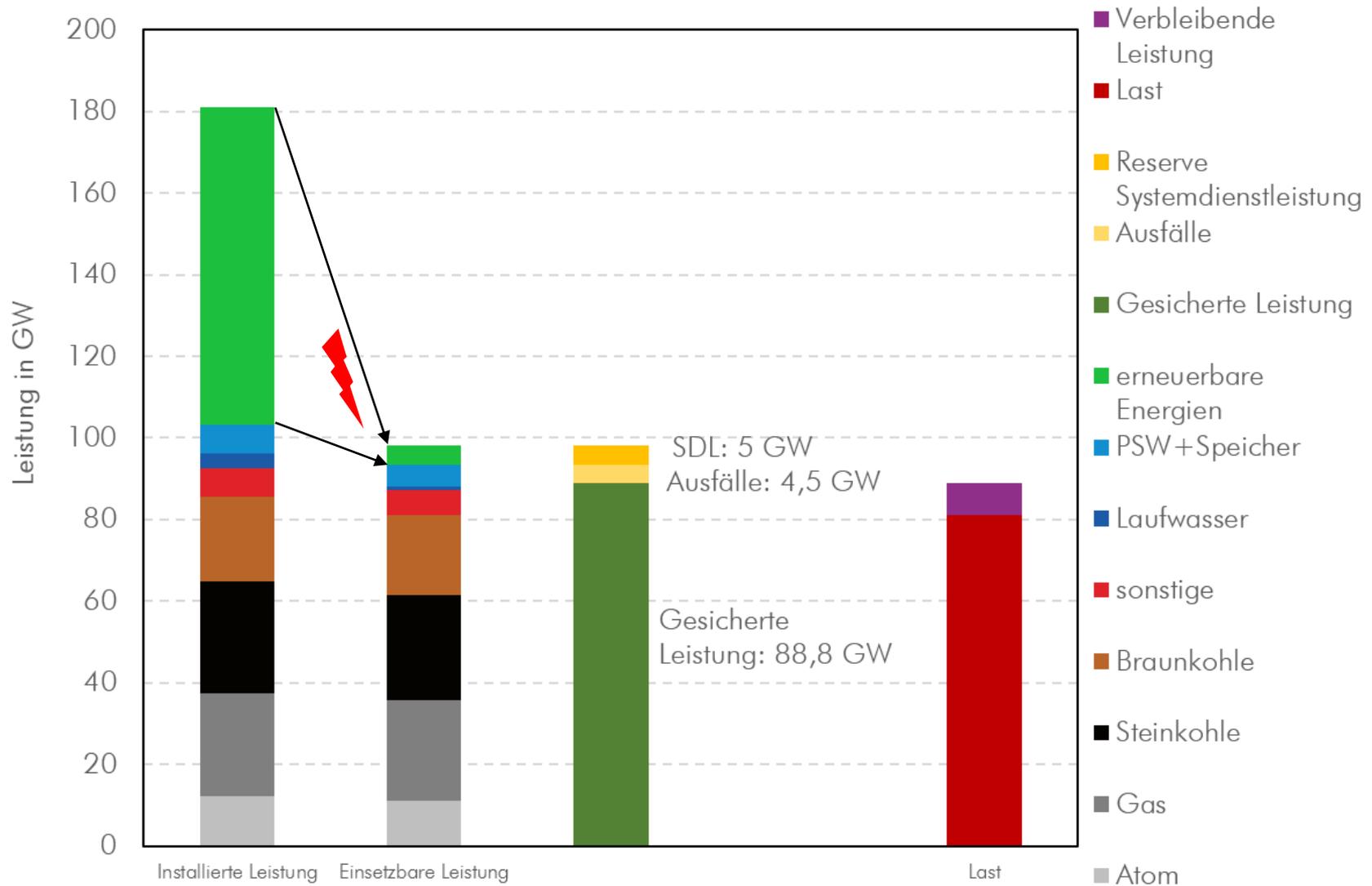
Szenario: 80 % erneuerbare Energien



Quelle: VDE ETG (2012) Energiespeicher für die Energiewende;, Energietechnische Gesellschaft im VDE. Frankfurt am Main

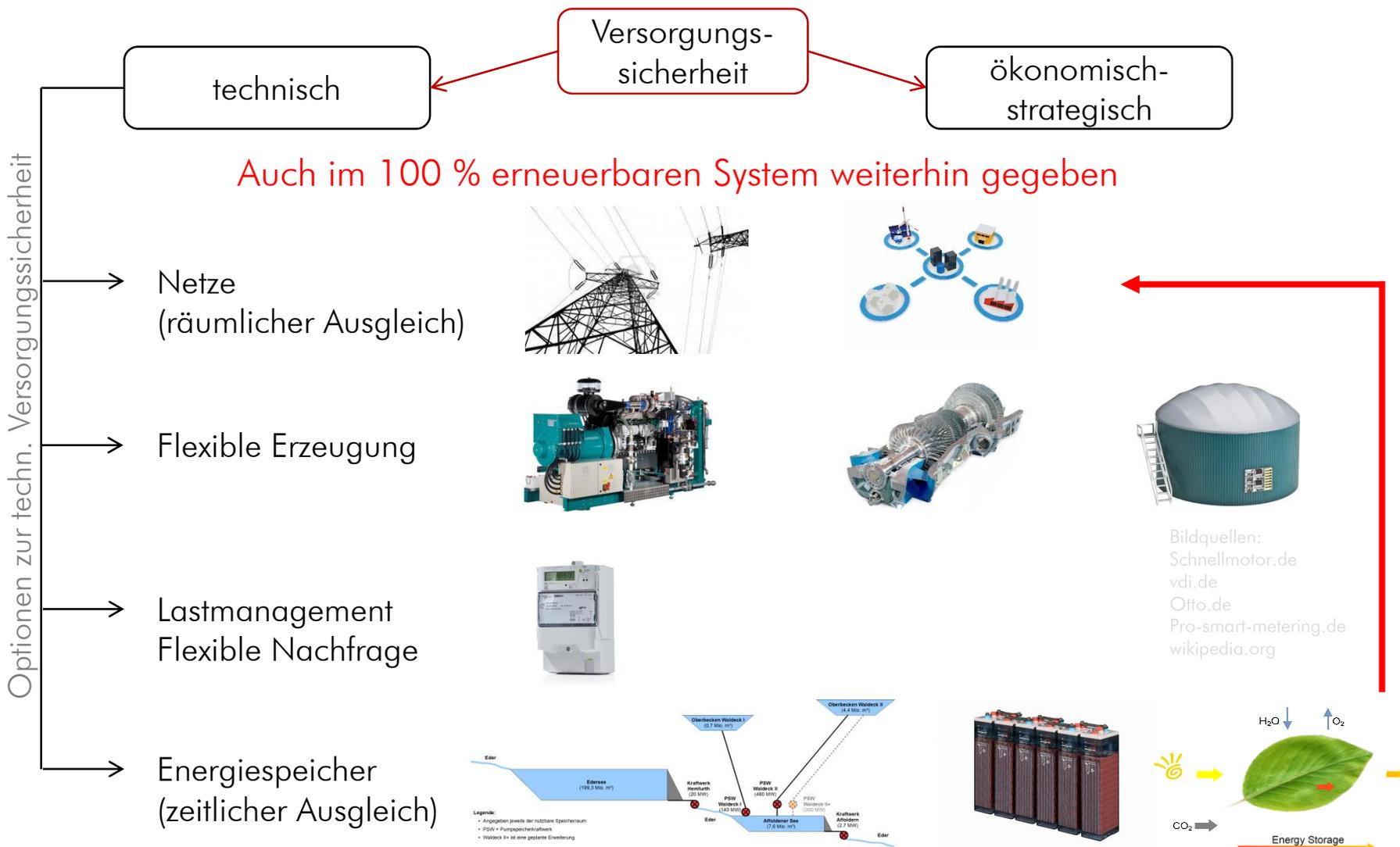
Gesicherte Leistung

≠ installierte Leistung



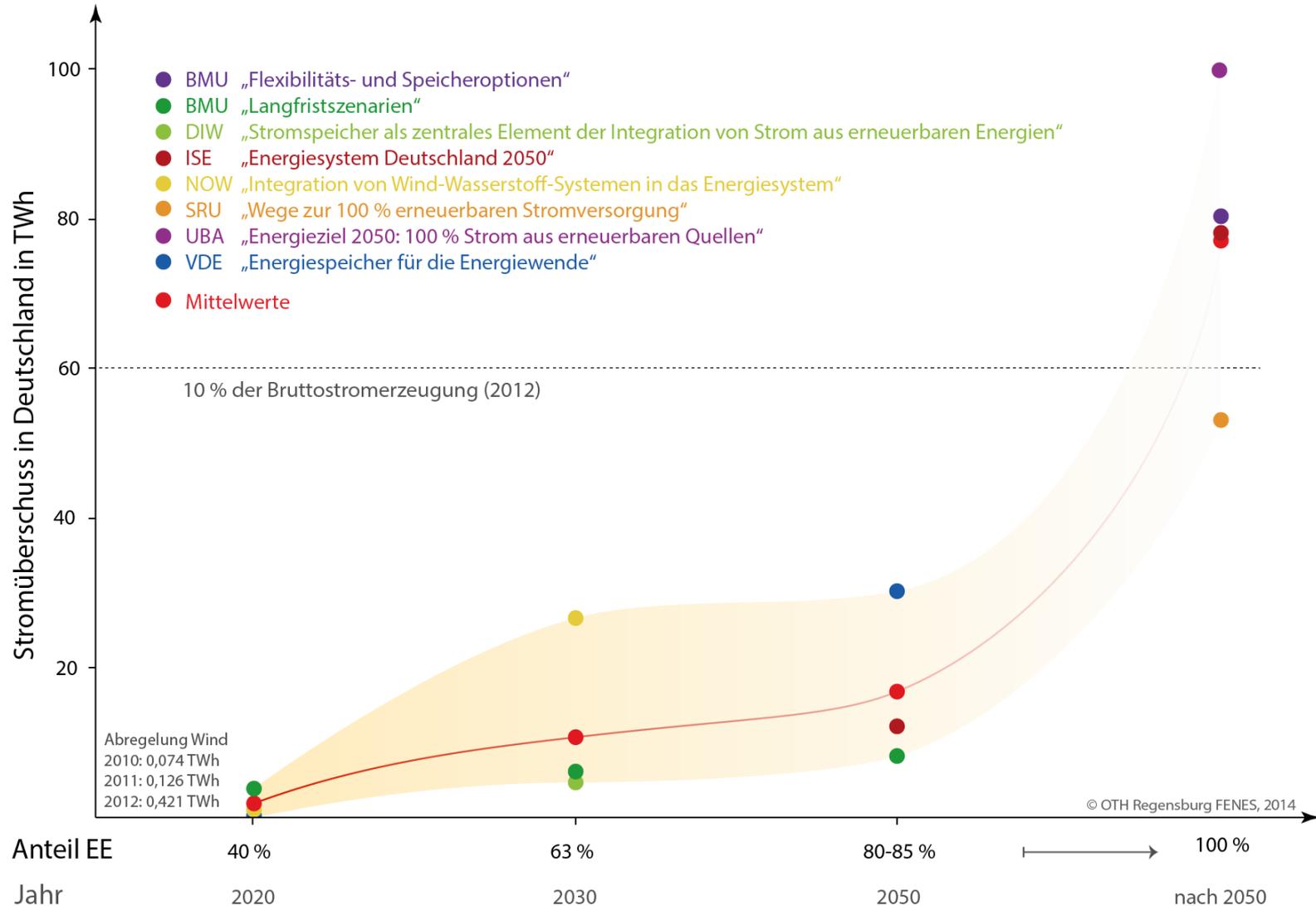
Ende des Strom-Schlaraffenlandes?

Versorgungssicherheit im sich wandelnden Energieversorgungssystemen



Stromüberschüsse in Deutschland

Speicherbedarf



Vorsicht vor Äpfeln und Birnen!

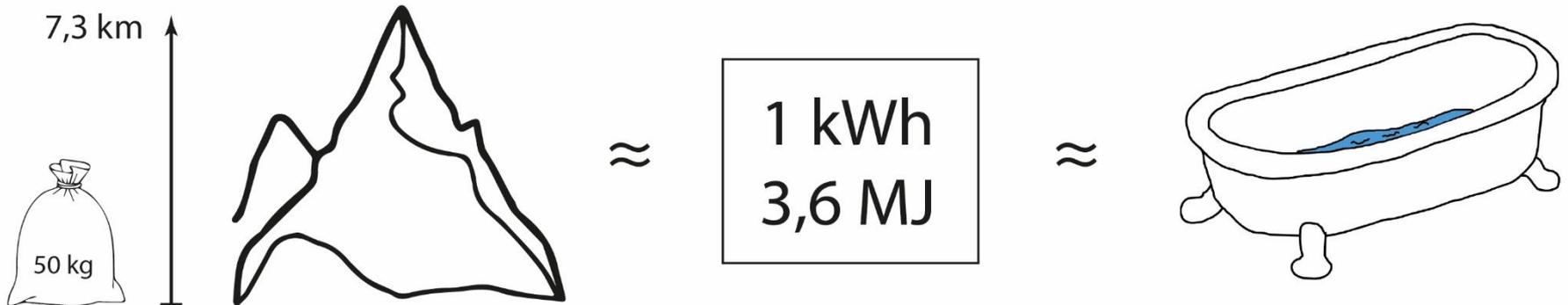
Beim Vergleich verschiedener Energiespeicher

Energie = Energie
aber

mechanische Energie \neq chem. E. \neq el. E. \neq thermische Energie



- ~ 111 ml Benzin
- ~ 100 l Erdgas (Normvolumen)
- ~ 500 g Rohbraunkohle
- ~ 100 g Steinkohle
- ~ 31 kg Blei-Säure Batterie
- ~ 6,6 kg Li-Ionen Batterie

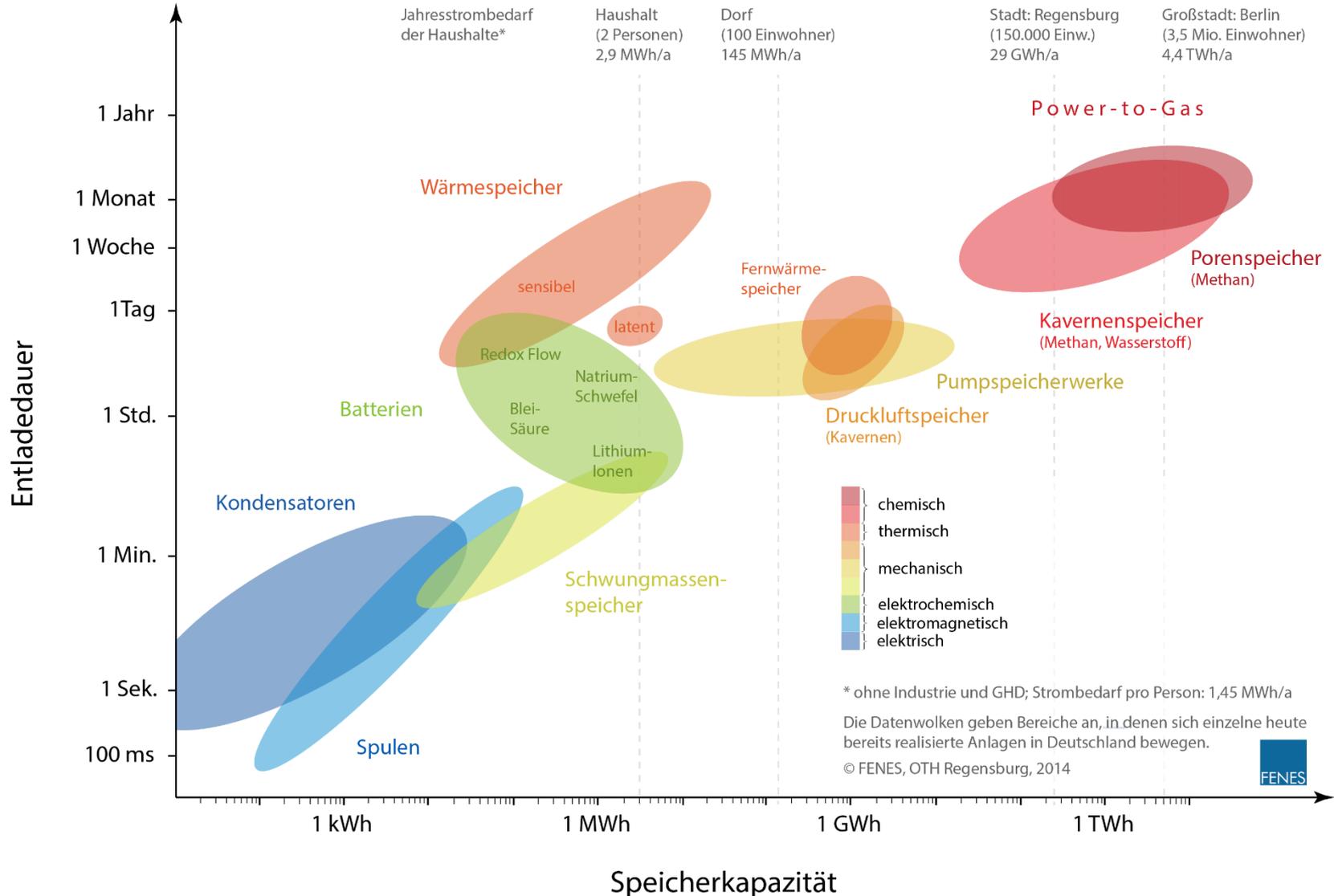


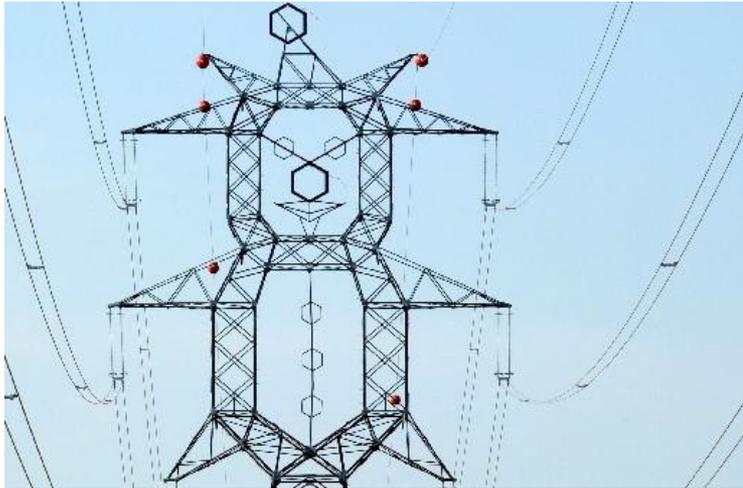
1/4 Badewanne bei 35 °C

Bildquellen: pixabay.de, putzlowitsch.de

Vergleich Energiespeicher

Einordnung in die Speicherlandschaft





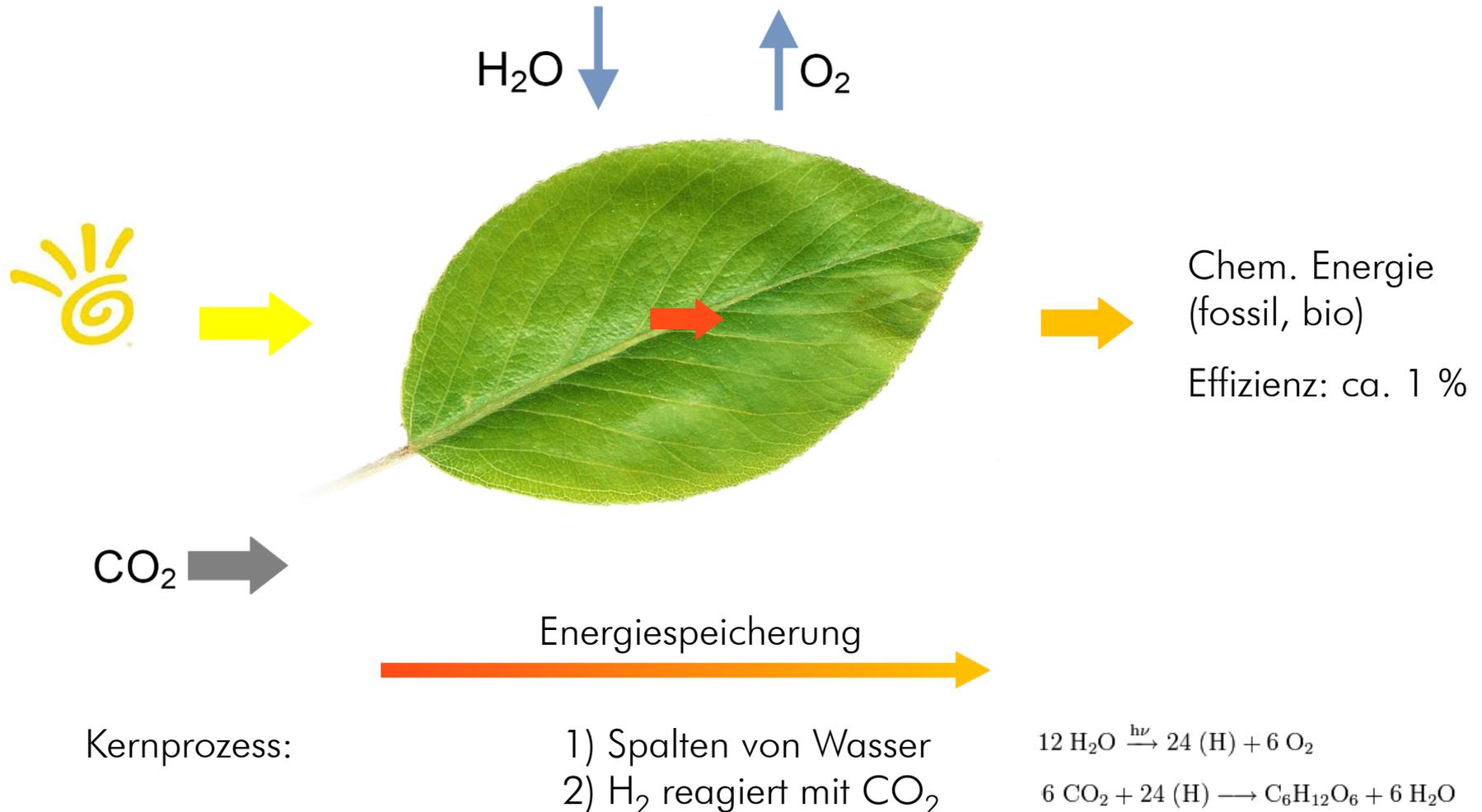
Herausforderungen unseres Stromsystems im Wandel
Flexibilitäts- und Speicherbedarf, Energiespeicherarten

Power-to-Gas
Konzept und Stand der Technik

Ausblick

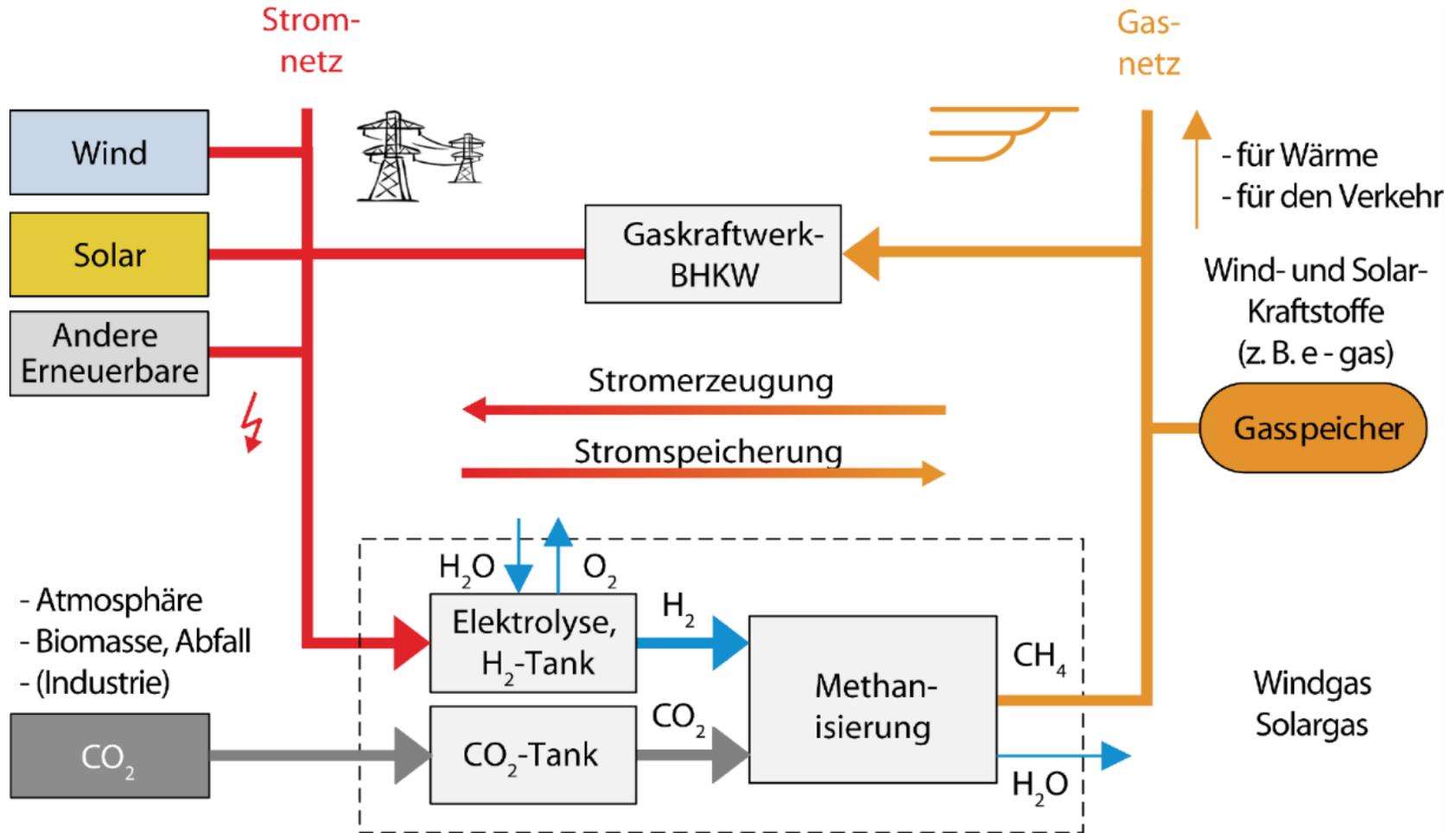
Das Power-to-Gas-Konzept

Analogie zum natürlichen Kohlenstoffkreislauf



Das Power-to-Gas-Konzept

In Analogie zum natürlichen Kohlenstoffkreislauf



Windgas-Anlage

Wirkungsgrade

Wasserstoff-Pfad:

33-84 %

Methan-Pfad:

30-79 %

Das Power-to-Gas:

Vorhandene Technik

Einspeichern

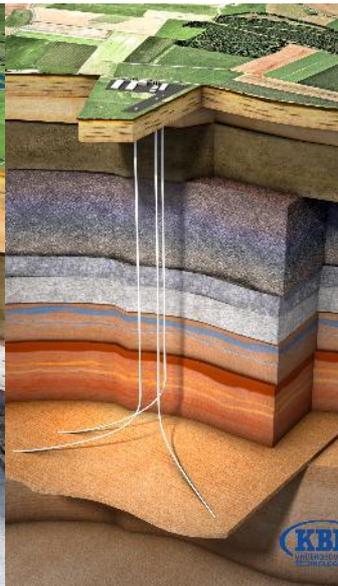
- Alkalische Elektrolyse (AEL)
- Membran-Elektrolyse (PEMEL)
- Hochtemperatur-Elektrolyse (HTES)
- Methanisierung (chem./biolog.)

Speichern

- Gasnetz
- Ehem. Gas-/Öl-Lagerstätten (Poren- und Kavernenspeicher)
- Oberirdische Gasspeicher

Ausspeichern

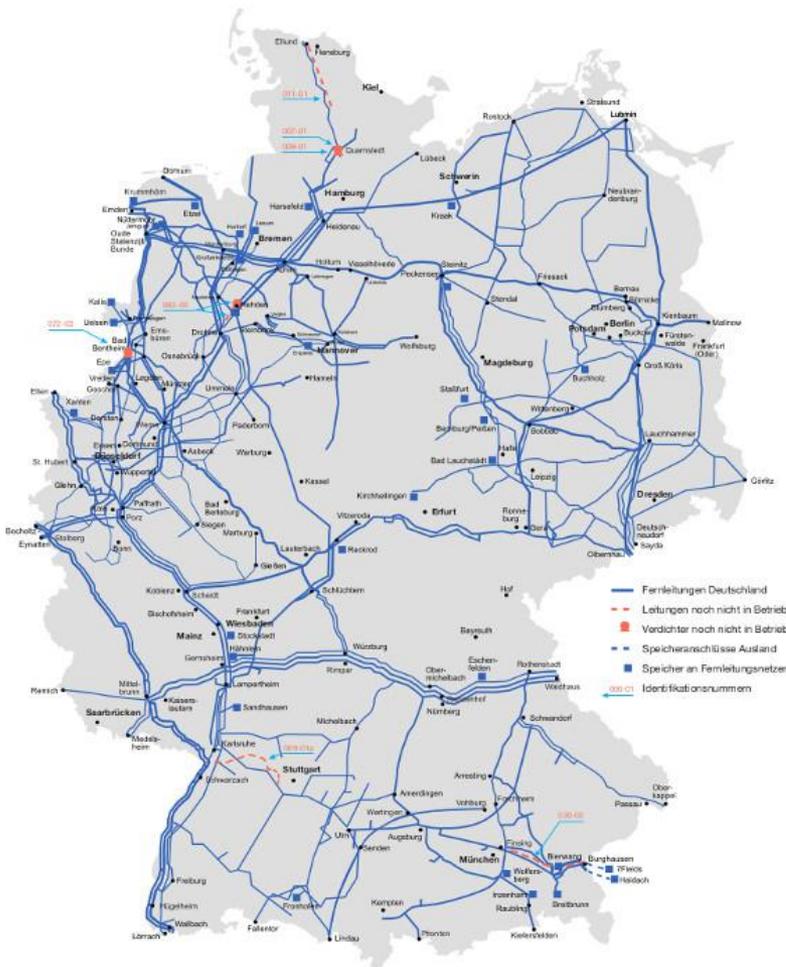
- Brennstoffzelle
- Gasturbine, GuD, BHKW
- Gasheizung, Gaswärmepumpe, Kältemaschinen
- Verbrennungsmotor (Mobilität, Luft-/Schifffahrt)
- Stoffliche Nutzung



Potentiale von Power-to-Gas

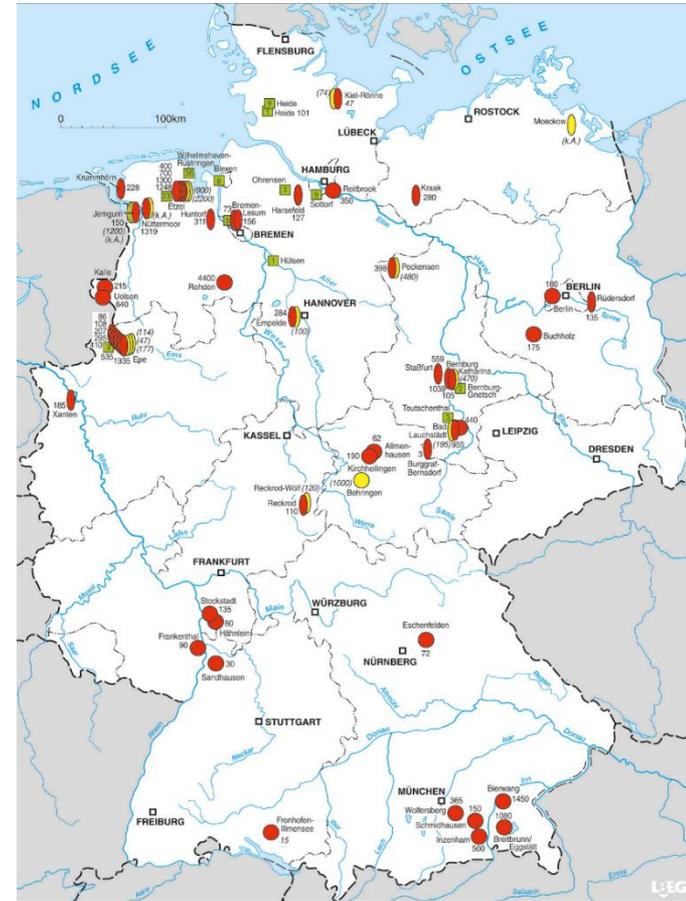
Mit ca. 230 TWh ausreichend Gasspeicherkapazität sind vorhanden

Deutsches Gas-Fernleitungsnetz



60 GW
 Gaskraftwerke:
 3 Monate
 Versorgung
 sichern
 (gesicherte
 Leistung,
 Ablösung AKW &
 Kohlekraft)

Gasspeicher in Deutschland



Porenspeicher
● in Betrieb mit max. Arbeitsgaskapazität nach Endausbau [Mio. m³(V_N)]
● in Planung oder Bau mit voraussichtlicher max. Arbeitsgaskapazität [Mio. m³(V_N)]

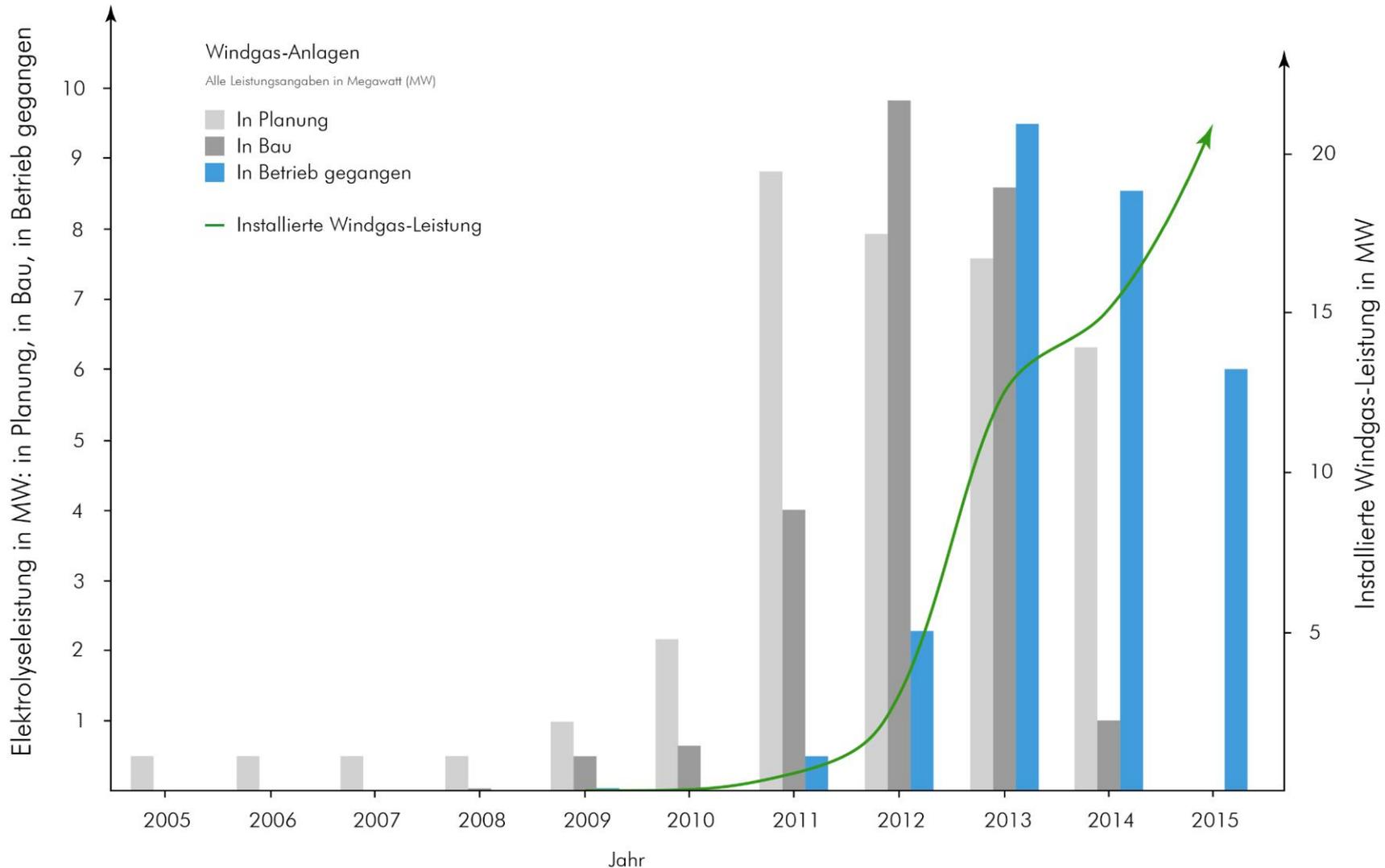
Kavernenspeicher
● in Betrieb
● in Planung oder Bau

Kavernenspeicher
 Anzahl der Einzelspeicher

Quelle: Fernleitungsnetzbetreiber

Potentiale von Power-to-Gas

PtG von der Idee zur Umsetzung: Projekte, Akteure, Entwicklung



Power-to-Gas

Archaea-Bakterien oder Sabatier-Prozess



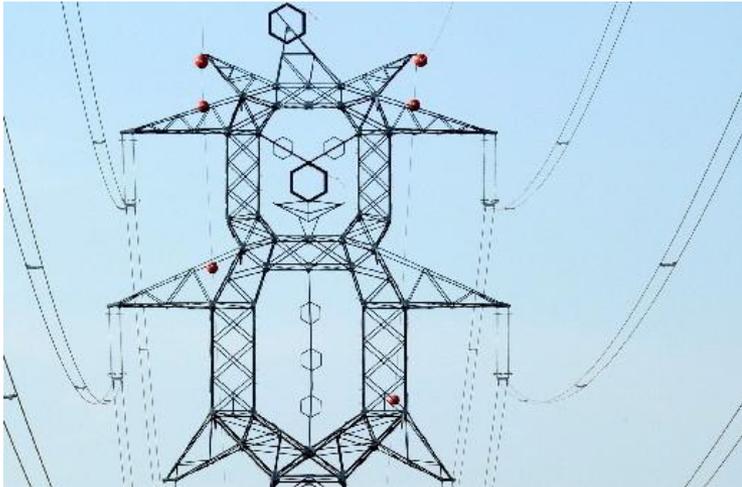
MicrobEnergy, Schwandorf (275 kW)



Audi E-Gas, Werlte (6 MW)



ZAE, Stuttgart (400 kW)



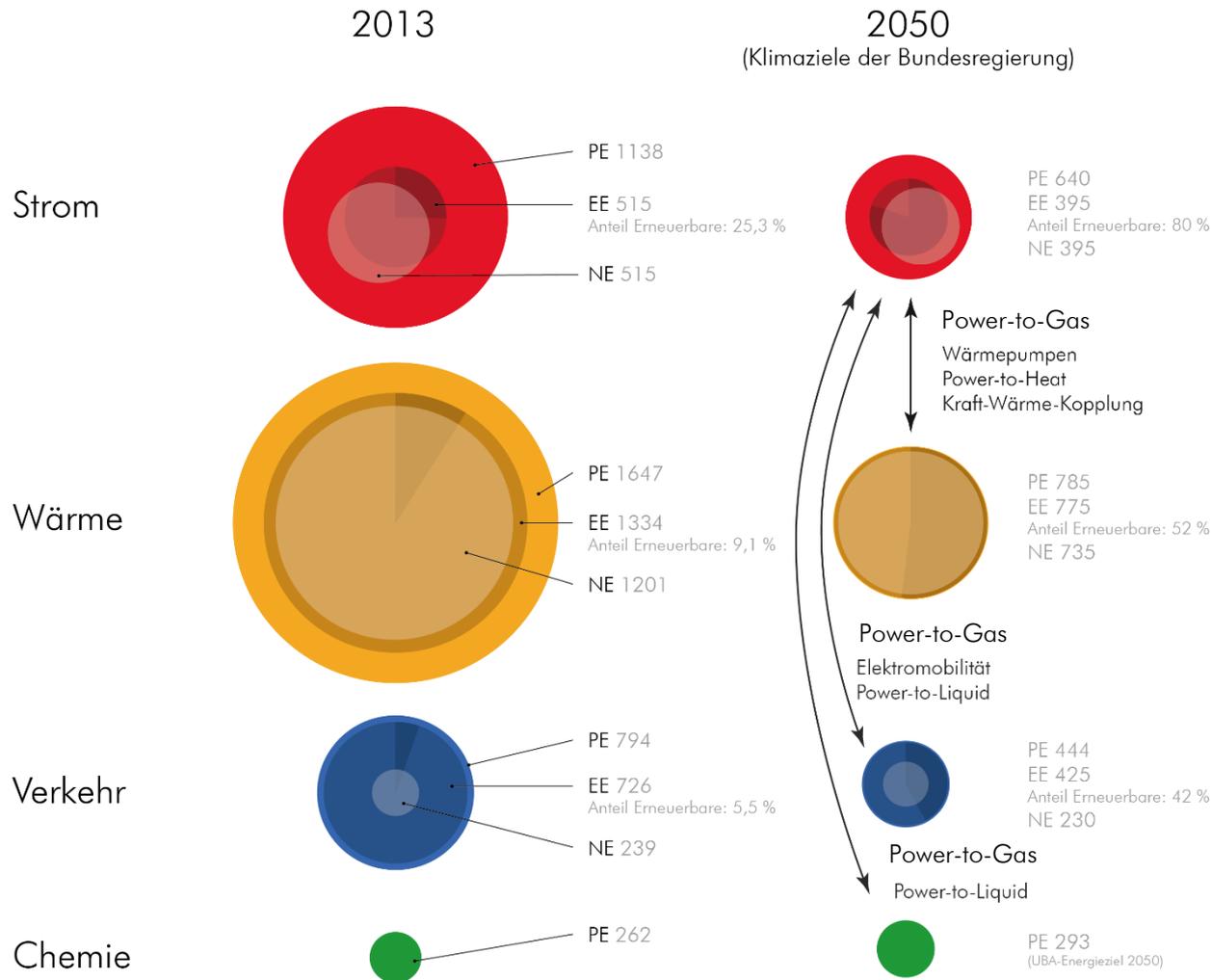
Herausforderungen unseres Stromsystems im Wandel
Flexibilitäts- und Speicherbedarf, Energiespeicherarten

Power-to-Gas
Konzept und Stand der Technik

Ausblick

Power-to-Gas als verbindendes Element

Kopplung der Energiesektoren Strom, Wärme und Mobilität



Die Kreisflächen verhalten sich proportional zur Energiemenge
 PE: Primärenergie in TWh nach Wirkungsgradmethode mit Wind, Solar und Wasserkraft = 100 %, aber verzerrter prozentualer Darstellung
 EE: Endenergie in TWh, welche die exergetische Wertigkeit der unterschiedlichen Energieformen (Strom, Brennstoff, Kraftstoff) nicht unterscheidet
 NE: Nutzenergie in TWh als Zielenergie zur Erfüllung der Energiediensleistung Strom, Wärme und Fortbewegung (mechanische Energie)
 Darstellung auf Basis der BMWi-Energiedaten (2014), Statista (2015), Energieeinsparverordnung (EnEV 2014), UBA-Energieziel 2050 (2014)
 © FENES, OTH Regensburg, 2015

Fazit: Speicherproblem gelöst?

Power-to-Gas – Technologie-Reifegrad

Technologie-Reifegrad Windgas (Technology Readiness Level TRL)

Systemtest
Inbetriebnahme, Betrieb

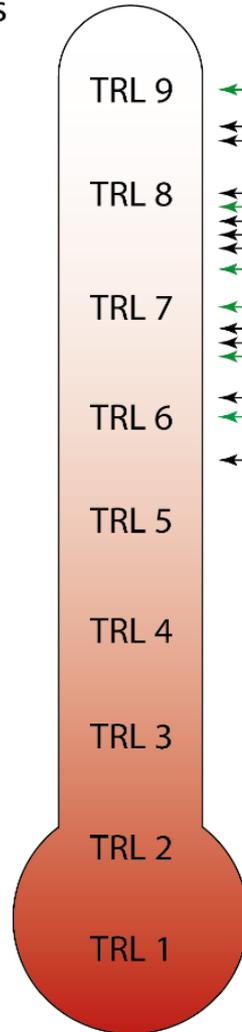
Systementwicklung

Demonstration

Technologieentwicklung

Machbarkeitsstudien

Grundlagenforschung



Blei-Säure-Batterien
Erdöl
Bioethanol
Biodiesel

Alkalische Elektrolyse
Kraft-Wärme-Koppelung
Gasturbinenkraftwerk, GuD
Pumpspeicherwerke
Sensible Wärmespeicher

a | Nickel-Batterien

b | Schwungmassenspeicher

c | Flüssiggas/Autogas/LPG

d | Brennstoffzellen

e | Lithium-Batterien

f | Natrium-Batterien
Power-to-Heat

g | Lastmanagement als Energiespeicher

h | **Methanisierung (chemisch)**
Latentwärmespeicher

i | Kondensatoren
Membran-Elektrolyse

j | Thermochemische Speicher

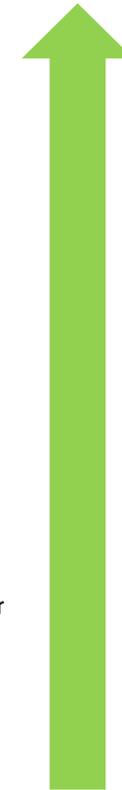
k | Druckluftspeicher

l | **Methanisierung (biologisch)**

m | Redox-Flow-Batterien

n | **Dampfelektrolyse**

Spulen



Technik vorhanden.
Und jetzt?

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

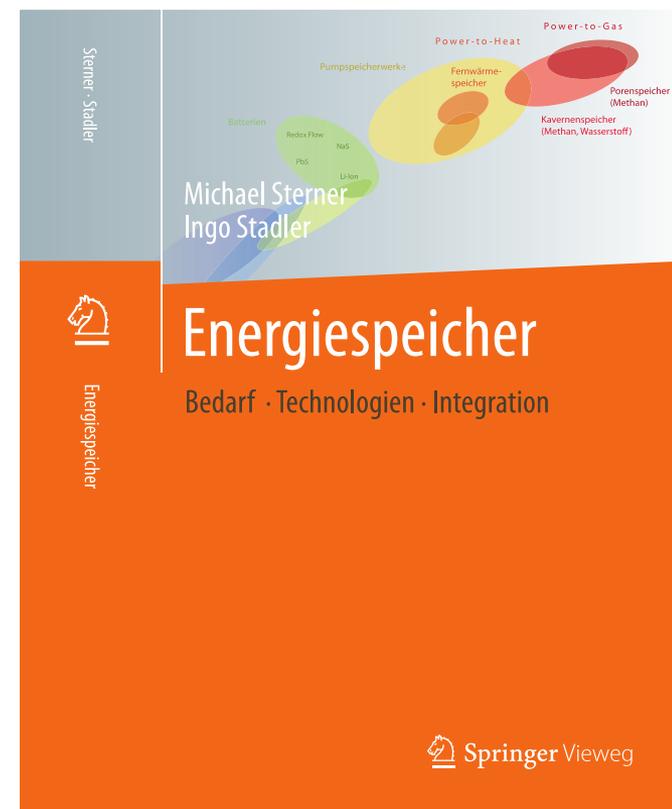
Kontakt:

Martin Thema M.Sc. B.Eng.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)

OTH Regensburg
Fakultät Elektro- und Informationstechnik
Postfach 12 03 27
Raum S-107
93053 Regensburg

Mobil: +49 (0) 163 73 43 692
Telefon: +49 (0) 941 943-9200
[martin.thema\(at\)oth-regensburg.de](mailto:martin.thema(at)oth-regensburg.de)
[martin.thema\(at\)solelektrik.de](mailto:martin.thema(at)solelektrik.de)



750 S. ISBN: 978-3-642-37379-4

Was kann Power-to-Gas?

Und was kann es nicht?



Kann

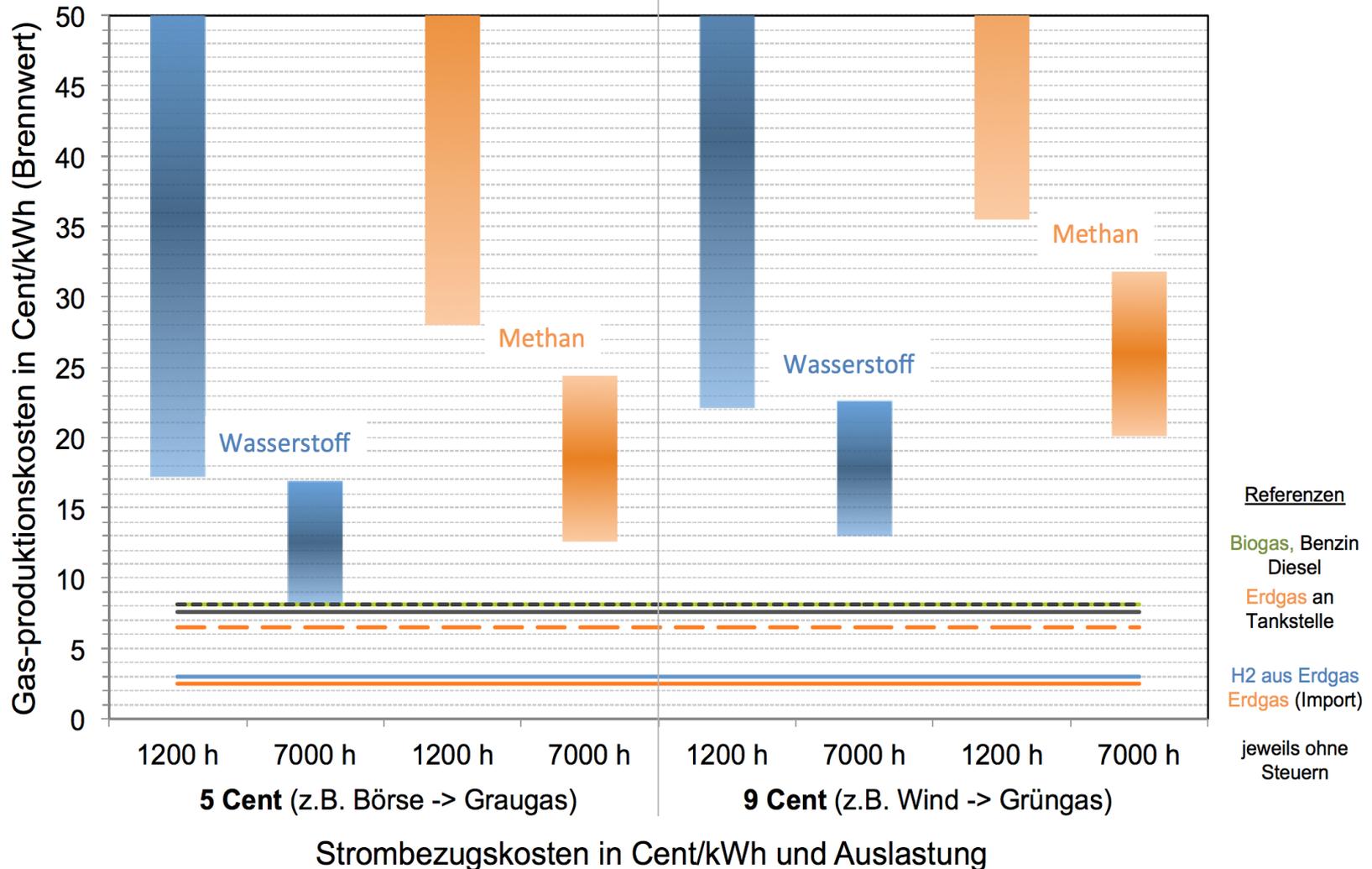
- Strom mit geringen Speicherverlusten für lange Zeit speichern,
- Vorhandene (fossile Erdgas-) Infrastruktur langfristig nutzbar machen,
- Schwankungen im Stromnetz dämpfen,
- In Zukunft das Stromsystem kostengünstig halten und
- Versorgungssicherheit gewährleisten

Kann nicht

- Effizienzmaßnahmen, Konventionellen Netzausbau und alternative Speicheroptionen ersetzen
- Alleinseligmachende Alternative zum konventionellen Netzausbau sein,
- Schon heute wirtschaftlich betrieben werden.

Power-to-Gas

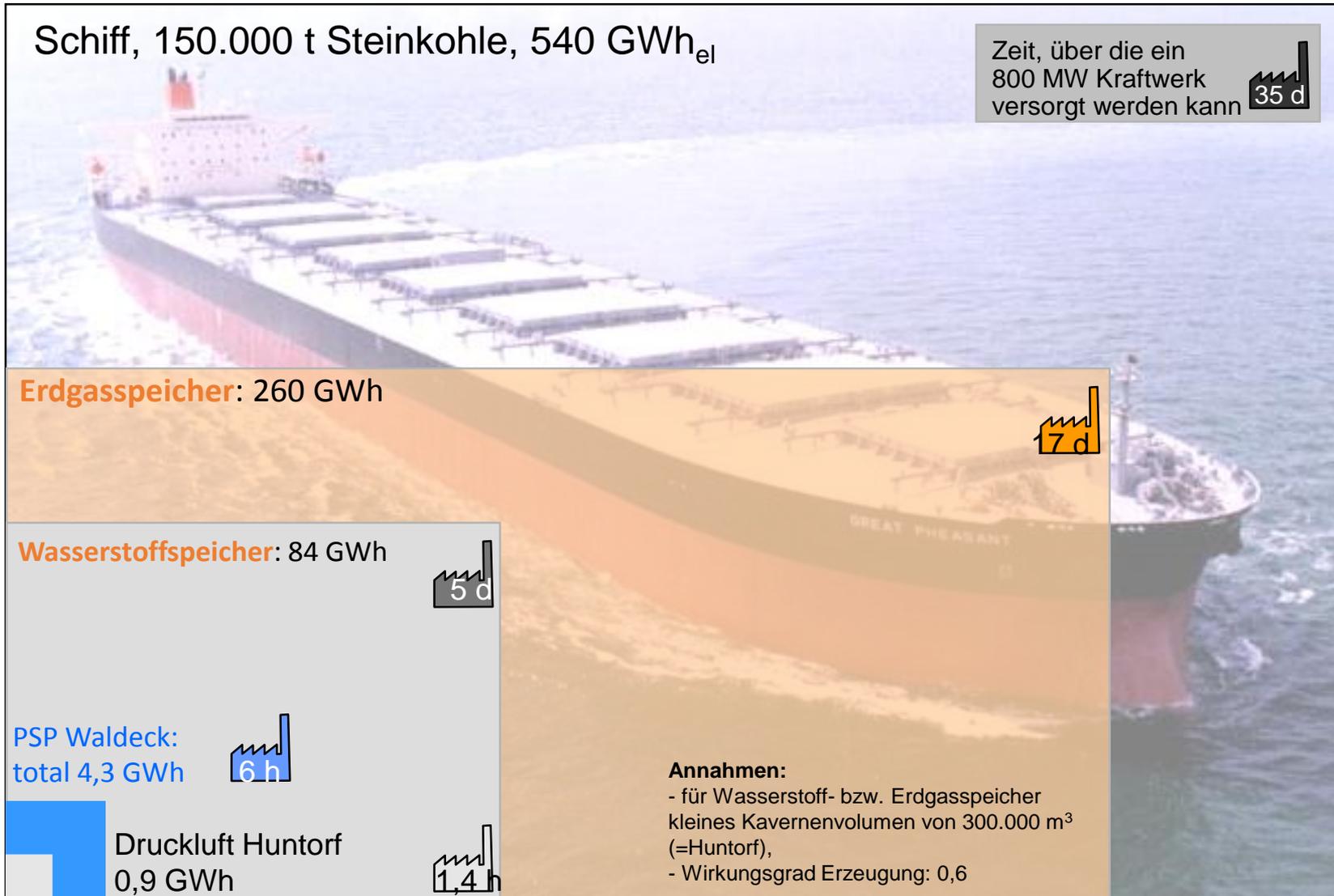
Gestehungskosten für Gas aus erneuerbaren Energien (EE-Gas)
 Ergebnisse DVGW Projekt: Energiespeicherkonzepte



Quelle: Köppel, DVGW 2012

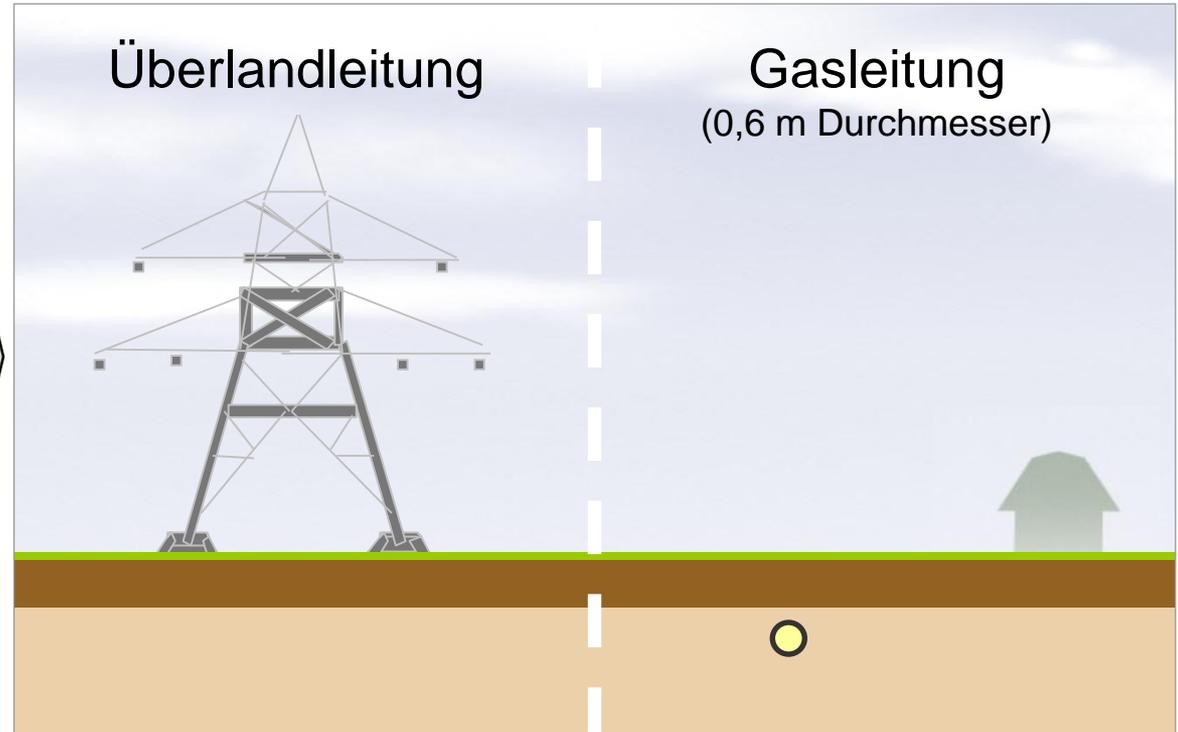
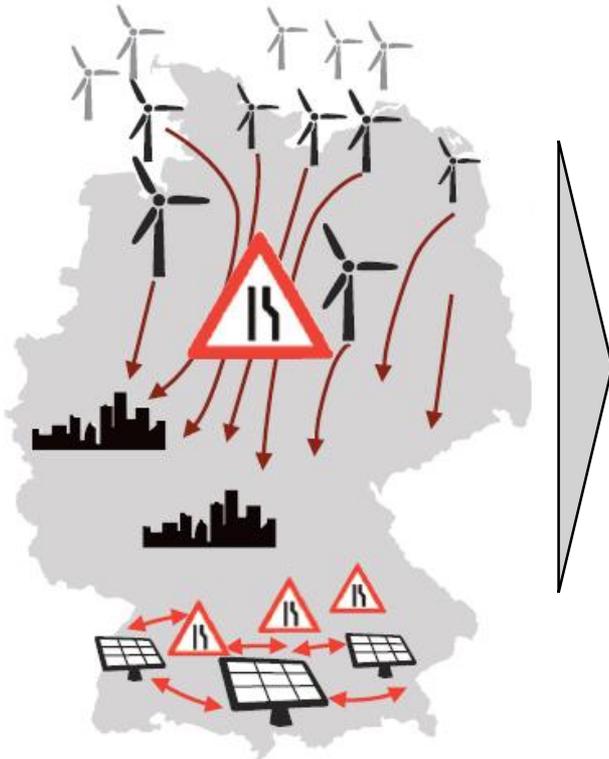
Energieinhalt im Vergleich

Kohle vs. Gas vs. PSW vs. Druckluft



Gastransport vs. Stromtransport

Transportleistung von 1 GW im Vergleich



1 GW = Großkraftwerk oder
200 große Windkraftanlagen oder
200 000 Photovoltaik-Aufdachanlagen

Quelle: DUH, 2011 - E-ON Ruhrgas angepasst, 2012

Gastransport vs. Stromtransport

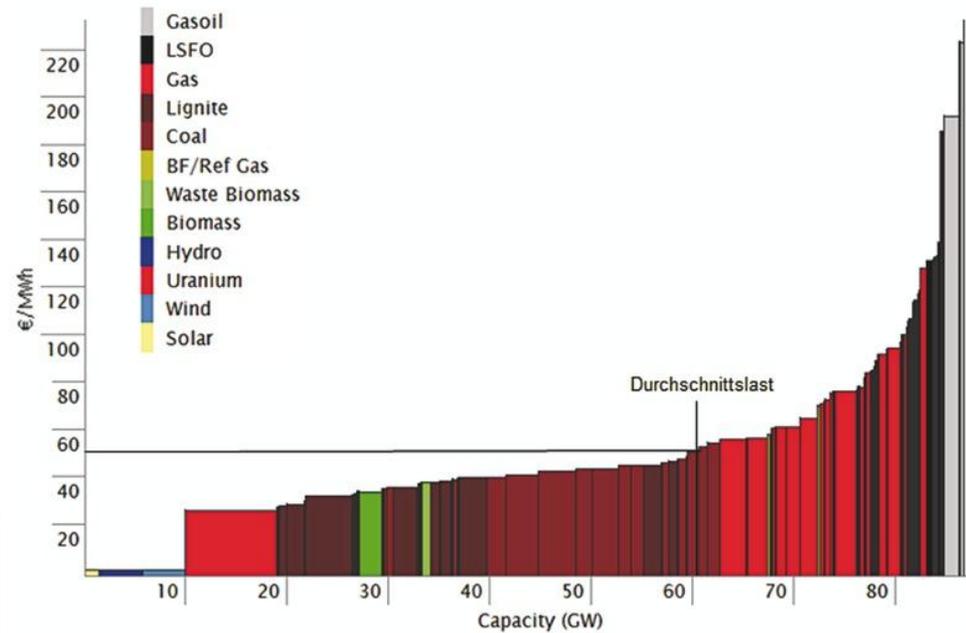
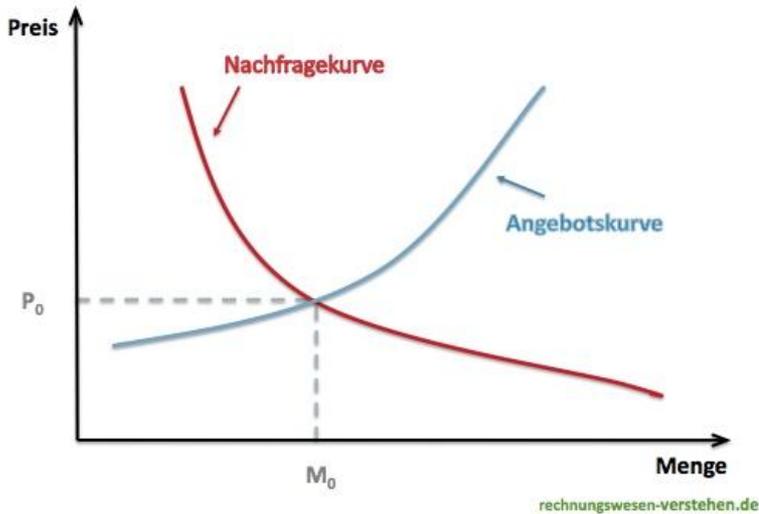
Pipeline nach Belgien und Großbritannien



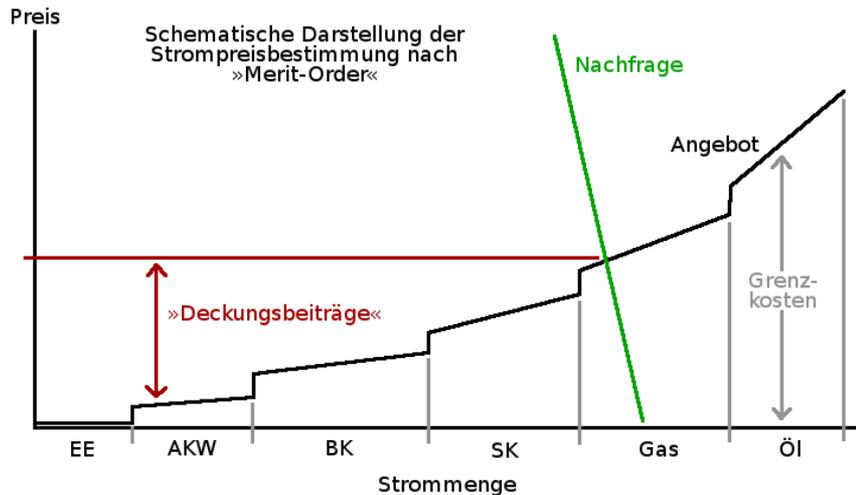
Quelle: Bauer, Wingas Transport 2011

Erneuerbare drängen auf den Markt

Merit-Order der Kraftwerkseinsatzplanung



Lastfaktoren: Wind: 15 %, Solar: 5 %



Es gibt 1000 gute Gründe für die Energiewende

Lassen Sie sich nicht verunsichern

- Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist

- ökologisch / klimatechnisch notwendig
- technisch möglich
- ökonomisch vorteilhaft auf lange Sicht und kostet uns jährlich ca. 10 Mrd. EUR über 15 Jahre (ca. 5% mehr als sonst)
- Chancen: 100 000e von Arbeitsplätzen und Erhalt der natürlichen Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen



- Herausforderungen

- Umbau der Energieversorgungsstrukturen (v.a. Investitionen)
- Technologie- und Wissenstransfer
- "Transformation" des Bewusstseins (Menschen mitnehmen über Beteiligung und gesellschaftlichen Konsens)



- Entscheidend

- politischer Wille und Akzeptanz + Beteiligung der Bürger