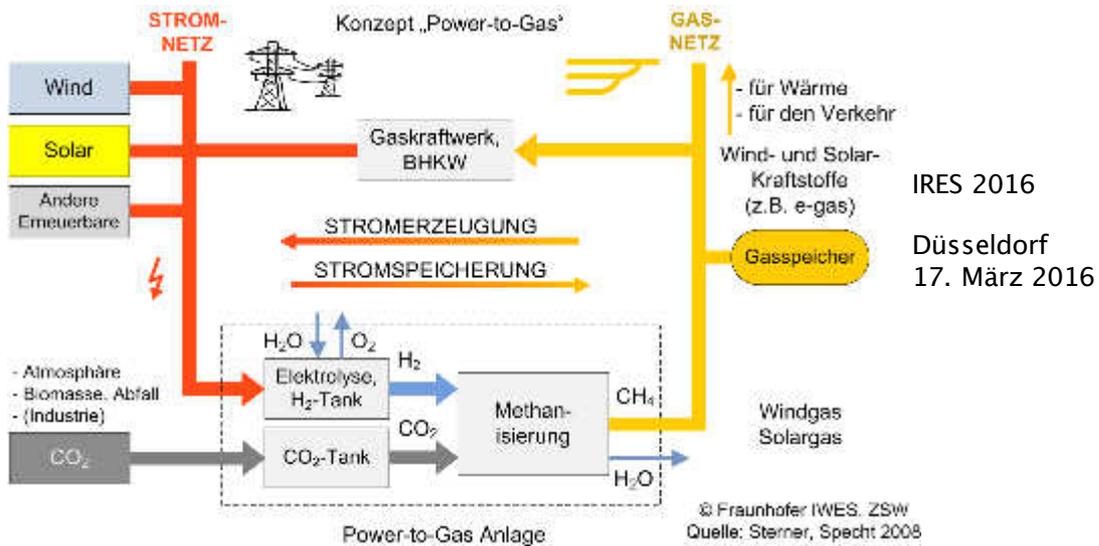


Energiespeicher – was zu tun ist

Impulsvortrag

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner et al.



OTH Regensburg – seit 170 Jahren Lehrbetrieb



Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

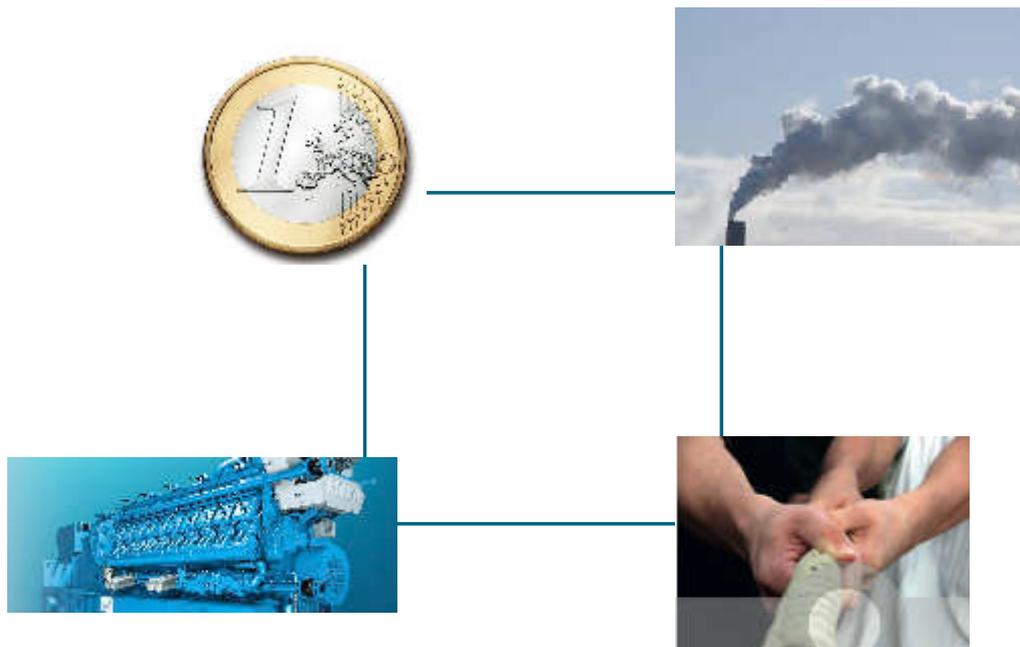


Über 11.000 Studierende

Ca. 1.000 Professoren, Mitarbeiter, Lehrbeauftragte

6 Technische Fakultäten, BWL, Sozialwesen





mehr Anreize auf regionalen Ebene, um 4. Dimension einzuschließen
(gesellschaftl. Akzeptanz)

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 3

Inhalt

- 1) **Speicherdefinition und Speicherbedarf**
- 2) Stromspeicher – Pumpspeicher und Batterien
- 3) Wärmespeicher – Power-to-Heat
- 4) Strom/Wärme/Kraftstoffspeicher und Rohstofflieferant:
Power-to-Gas / Power-to-X
- 5) Pol. Handlungsempfehlungen

Was sind Energiespeicher?

Laden → Speichern → Entladen

Pumpenspeicher

Kohlehalden

Gasspeicher

Wärmespeicher

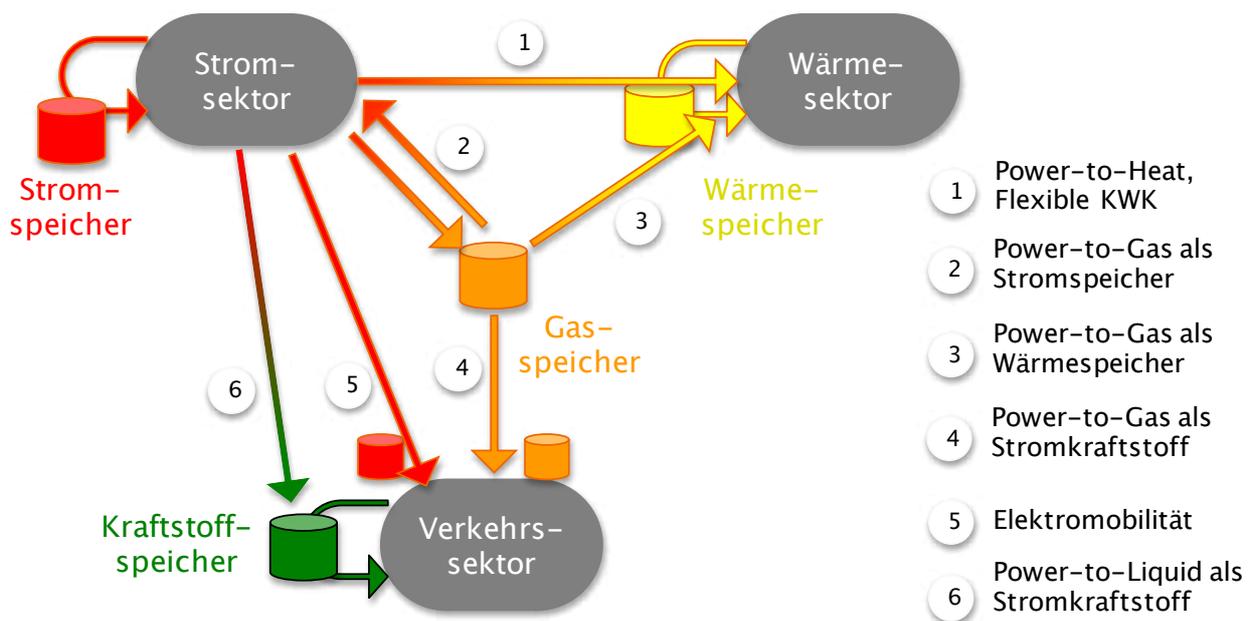
THINK OUTSIDE THE BOX

... viel mehr als Batterien!

Quelle: Sterner, Stadler, 2014, add. pictures

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 5

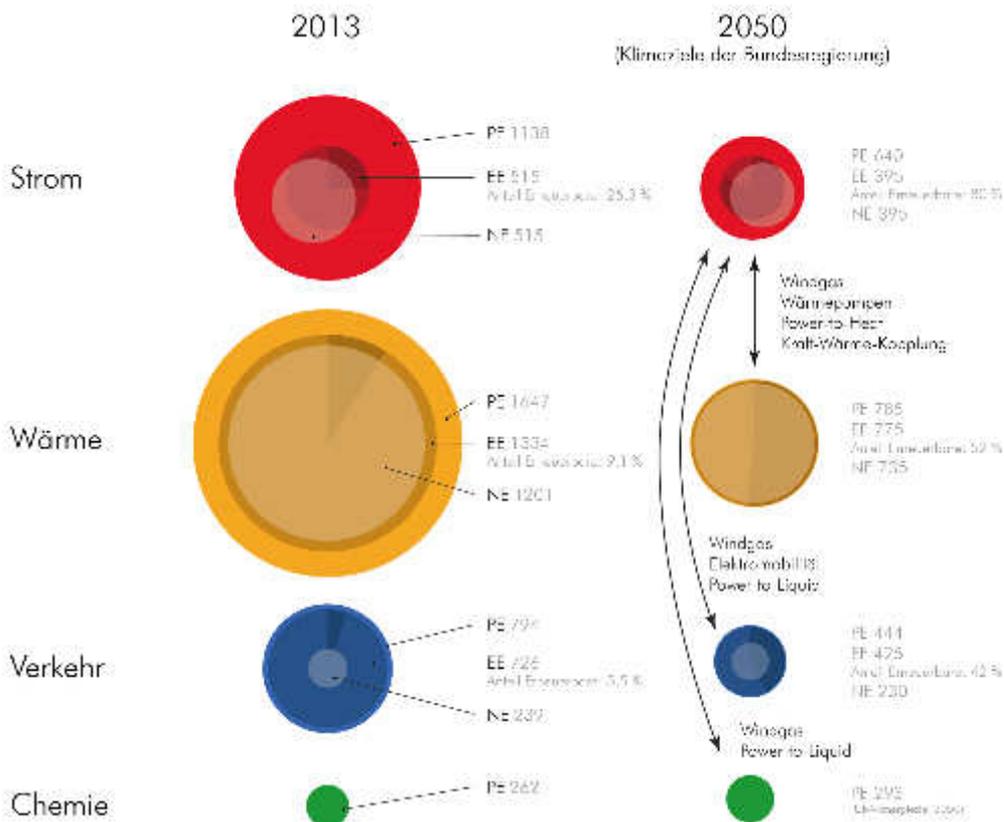
Definition: sektorale vs. sektorenkoppelnde Speicher



Quelle: Sterner, FENES, 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 6

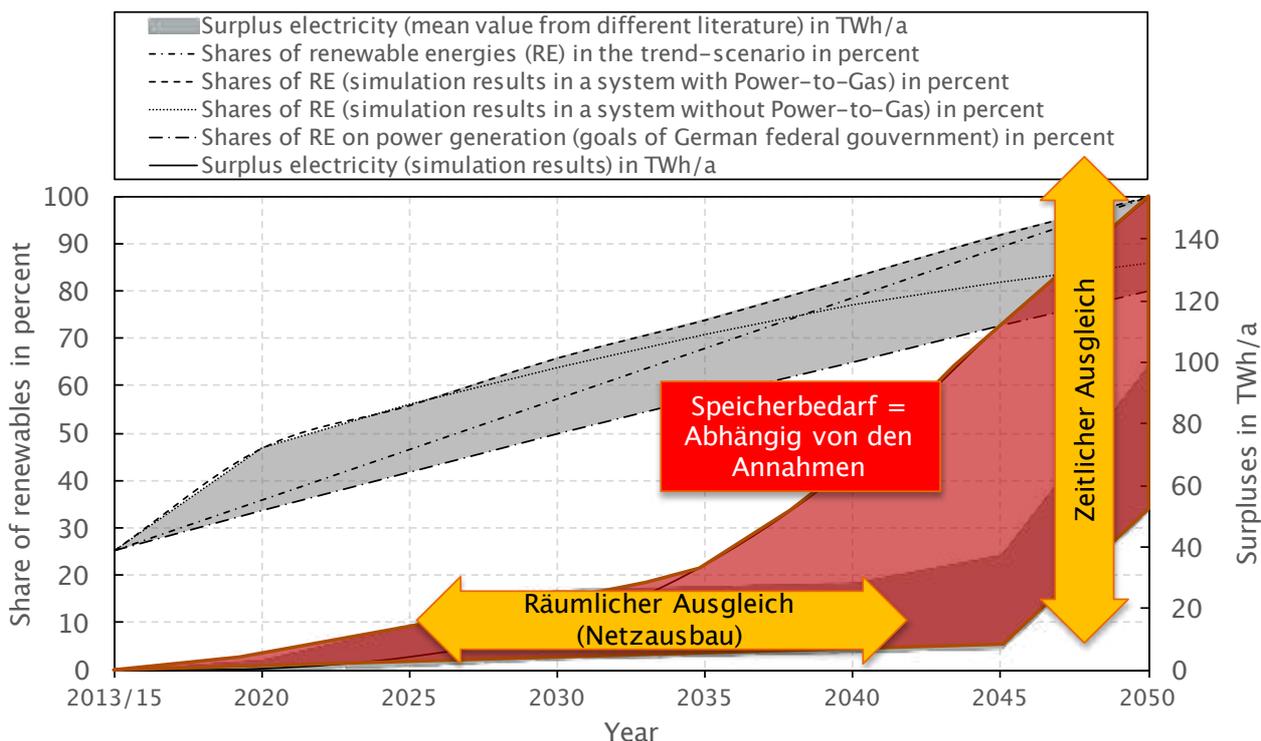
Erneuerbarer Strom wird zur Primärenergie → Sektorenkopplung



Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 7

Netze = räumlicher Ausgleich / Speicher = zeitl. Ausgleich Bandbreite Überschuss 50-150 TWh/a (10-25 % Strombedarf)



Source: Sterner, Lenk, Thema et al, 2015-16

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 8

Paradigma „Netzausbau günstigste Flex.option“ noch gültig?

Verkabelung

1. Technisch schwierig
2. Gesellsch. besser akzeptiert?
3. Mehrkosten:



+ 15 Mrd.



Weiter stockender Netzausbau:

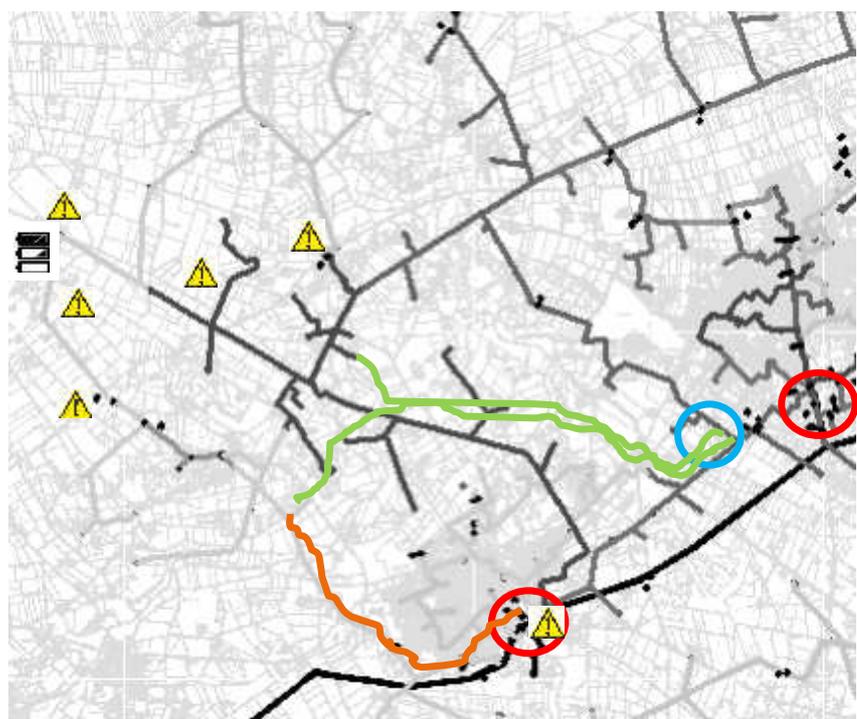
Mehrkosten Redispatch: heute ca. 500 Mio. €

- in wenigen Jahren: 1 Mrd. €?

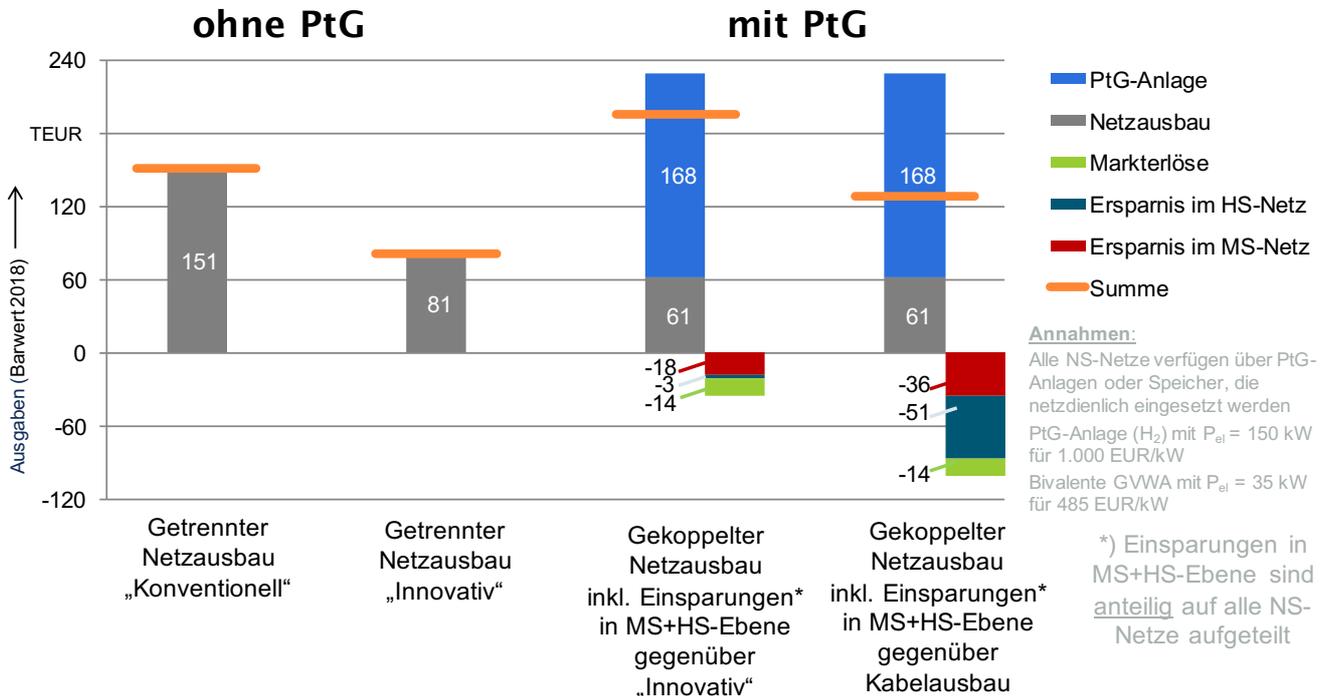
→ **Speicher** als Lösungsoption **nicht aufschieben, sondern anpacken!**

Einsatz Batterien im Verteilnetz in bestimmten Fällen kostengünstiger als konvent. Netzausbau

1. 10-kV-Netzverstärkung erforderlich für Spannungshaltung, Überlastungsprobleme (Trafo, UA) sind damit nicht behoben
 1. UA **Wettringen** und **Neuenkirchen** werden aufgelöst und UA **Maxhafen** (110-kV) neu gebaut.
 1. 10-kV-Zielnetz-kabel werden erforderlich zur Neueinbindung
- 10-kV-Netzverstärkung (1) prinzipiell dann **unnötig**; stattdessen „mobiler“ **Speicher wirtschaftlicher**.



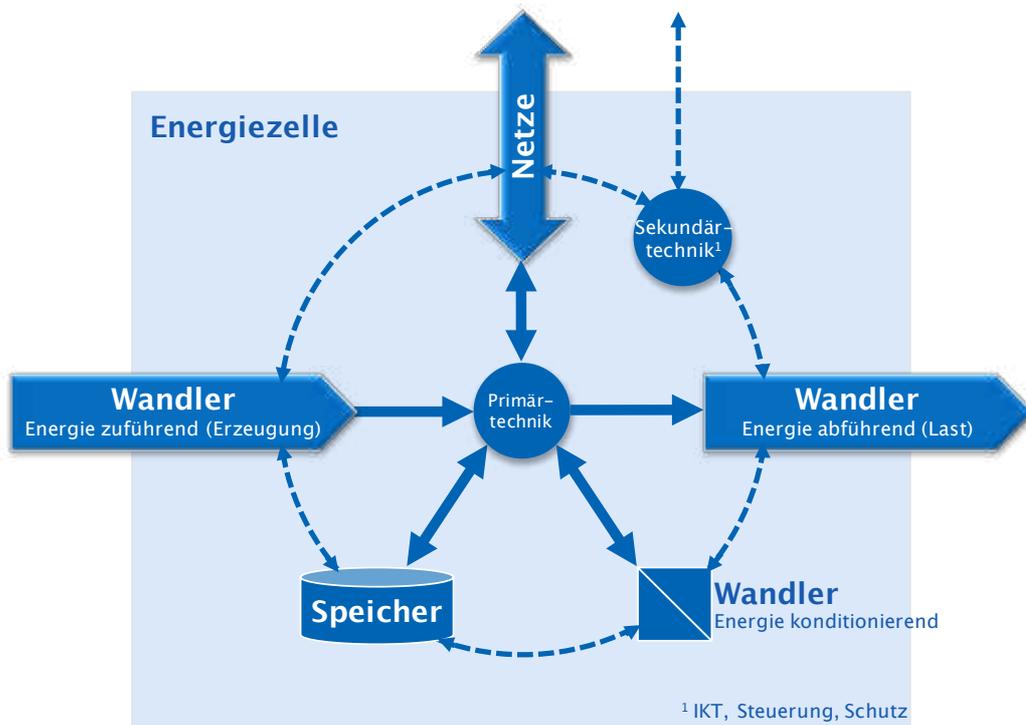
Einsatz Power-to-Gas im Verteilnetz in bestimmten Fällen kostengünstiger als konvent. Netzausbau



Quelle: DVGW Studie Nutzen PtG zur Entlastung 110 kV Stromverteilungsnetze, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 11

1 Ansatz für Netzstrukturen der Zukunft: Energiezellen



**Ziel: Ausgleich von Erzeugung und Last auf der niedrigsten möglichen Ebene
 → Problem bei der Wurzel packen → Speicher als eine Option zulassen!**

Quelle: VDE Studie Der zellulare Ansatz, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 12

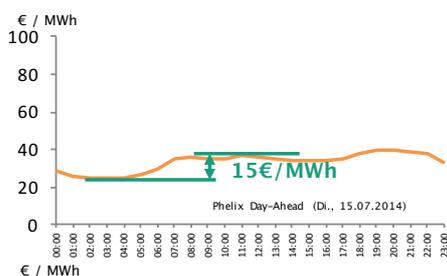
- 1) Speicherdefinition und Speicherbedarf
- 2) **Stromspeicher – Pumpspeicher und Batterien**
- 3) Wärmespeicher – Power-to-Heat
- 4) Strom/Wärme/Kraftstoffspeicher und Rohstofflieferant: Power-to-Gas / Power-to-X
- 5) Pol. Handlungsempfehlungen

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 13

Pumpspeicher: effiziente Kurzzeitspeicher für Strom

Probleme: Standorte & Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit

Börsen-Spread Sommer 2014



Strommarkt:

Geschäft Erzeugungsausgleich durch PV-Ausbau vorerst **zusammengebrochen**

Regelleistung [GW]

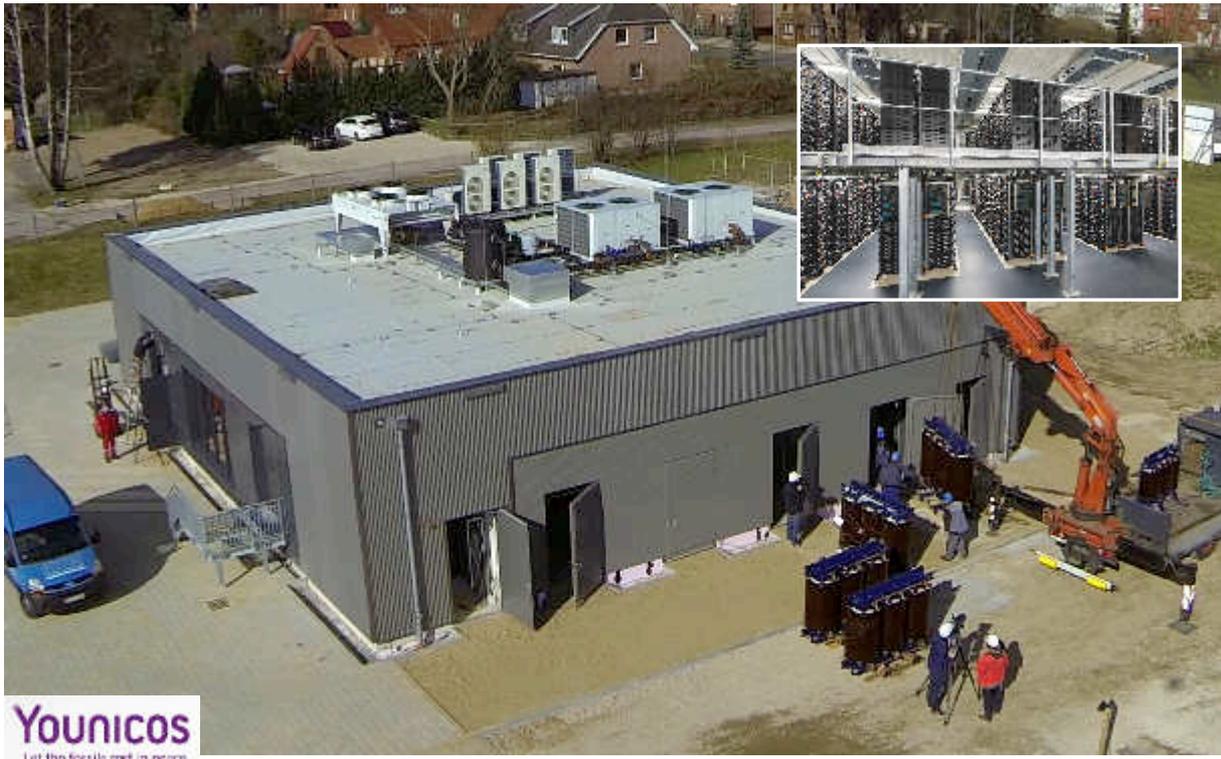


Regelleistungsmarkt:

Markt wächst mit EE-Ausbau Allerdings harte **Konkurrenz** durch Batteriekraftwerke

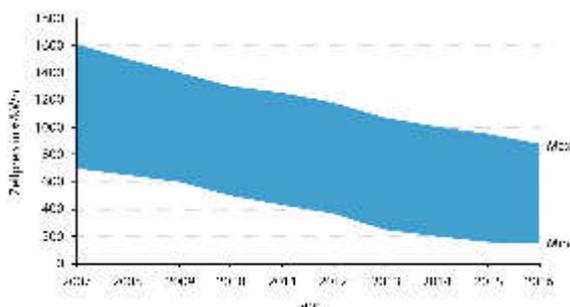
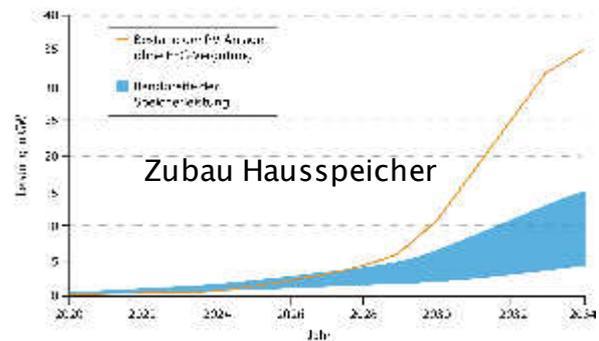
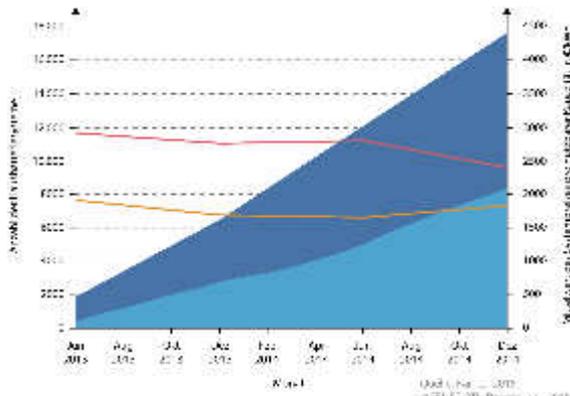
Batteriekraftwerk für Netzstabilisierung wirtschaftlich

Must-Run Kraftwerke können abgeregelt & ersetzt werden



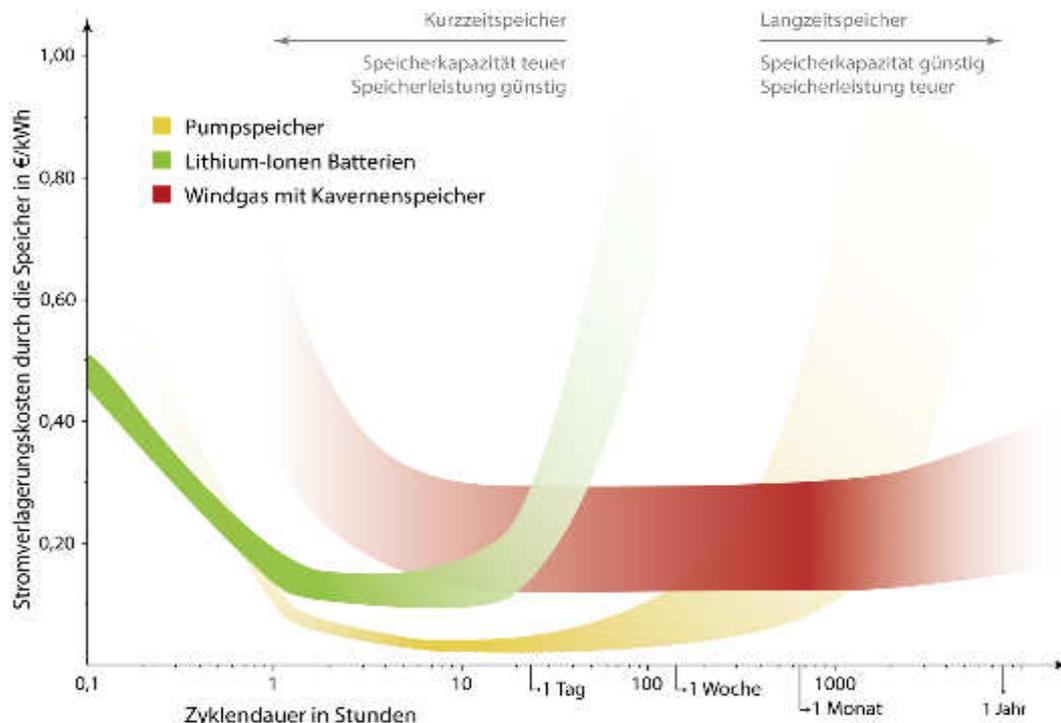
Quelle: Yunicos AG, 2014

Hausbatteriesysteme: Anzahl steigt, Preise fallen



Quelle: Sterner et al, 2015 – Batteriestudie für BEE / HMI

Vergleich der Speicherkosten (für 1 kWh nach Zyklendauer): Pumpspeicher in Konkurrenz zu Batteriespeichern Power-to-Gas günstigster Langzeitspeicher



Quelle: Thema, Sterner, Greenpeace Energy, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 18

Steckbrief Pumpspeicher + Batterien

Technologie	Ab wann nötig?	Wirtschaftlichkeit	Nötige Rahmenbedingungen
Pumpspeicher	heute (Stunden)	nötige Börsenspreizung heute nicht gegeben, Verbesserung in 5 Jahren zu erwarten	Flex. Strommarkt (EOM) ausreichend
Batterie-kraftwerke (vorwiegend Lithium)	heute (Minuten)	im Regelleistungsmarkt gegeben (ca. 600 MW PRL) als Netzelement vereinzelt günstiger als konv. Netzausbau	technologieneutraler Wettbewerb → keine nachteiligen Sonderregelungen! im Portfolio der Netzbetreiber als kostengünstige Lösungsoption zulassen
Hausbatterie-speicher (vorwiegend Lithium)	2020	durch KfW Förderung gegeben erste Marktdurchbrüche erreicht	Förderung: Chance auf Systemdienlichkeit Keine Förderung, dann keine Abgaben auf Eigenverbrauch

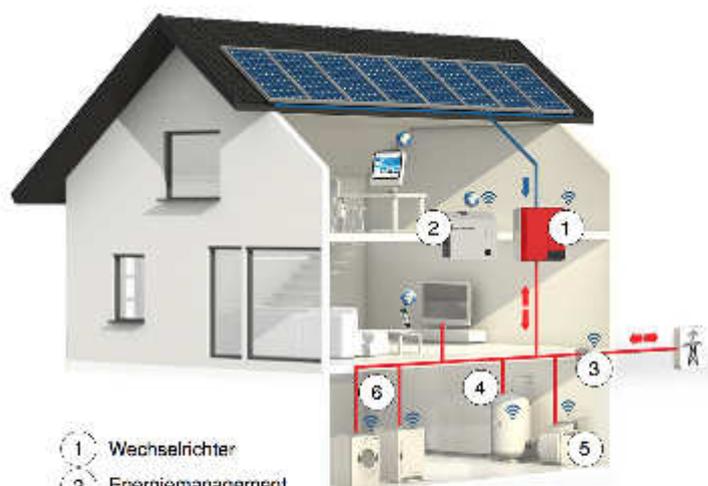
- 1) Speicherdefinition und Speicherbedarf
- 2) Stromspeicher – Pumpspeicher und Batterien
- 3) **Wärmespeicher – Power-to-Heat**
- 4) Strom/Wärme/Kraftstoffspeicher und Rohstofflieferant:
Power-to-Gas / Power-to-X
- 5) Pol. Handlungsempfehlungen

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 20

Wärmespeicher über Power-to-Heat und KWK als kostengünstige Flexibilität (Strom → Wärme)



Fern- und Nahwärme



- 1) Wechselrichter
- 2) Energiemanagement
Analyse der Eingangsgrößen und steuert den Heizbetrieb oder auch die Wärmepumpe.
- 3) Stromzähler
Ermittelt Werte für Netzbezug bzw. -einspeisung. Dies sind wichtige Eingangsgrößen für das Energiemanagement.
- 4) Warmwasserspeicher mit Heizstab
- 5) Wärmepumpe
- 6) ggf. andere steuerbare Verbraucher

Photothermie: PV + Warmwasser

Technologie	Ab wann nötig?	Wirtschaftlichkeit	Nötige Rahmenbedingungen
Power-to-Heat mit Wärmenetzen	heute	durch vermiedene Abgaben gegeben	Systemdienlichkeit sicherstellen, damit VWL sinnvoller Einsatz
mit PV / Haushalte	heute	zur Warmwasserbereitung wirtschaftlicher als Solarthermie	Keine Abgaben auf Eigenverbrauch Im EE WärmeG als erneuerbar anrechnen

Inhalt

- 1) Speicherdefinition und Speicherbedarf
- 2) Stromspeicher – Pumpspeicher und Batterien
- 3) Wärmespeicher – Power-to-Heat
- 4) **Strom/Wärme/Kraftstoffspeicher und Rohstofflieferant: Power-to-Gas / Power-to-X**
- 5) Pol. Handlungsempfehlungen

Gasspeicher sind ausreichend vorhanden

Die Infrastruktur zum Energietransport ebenfalls



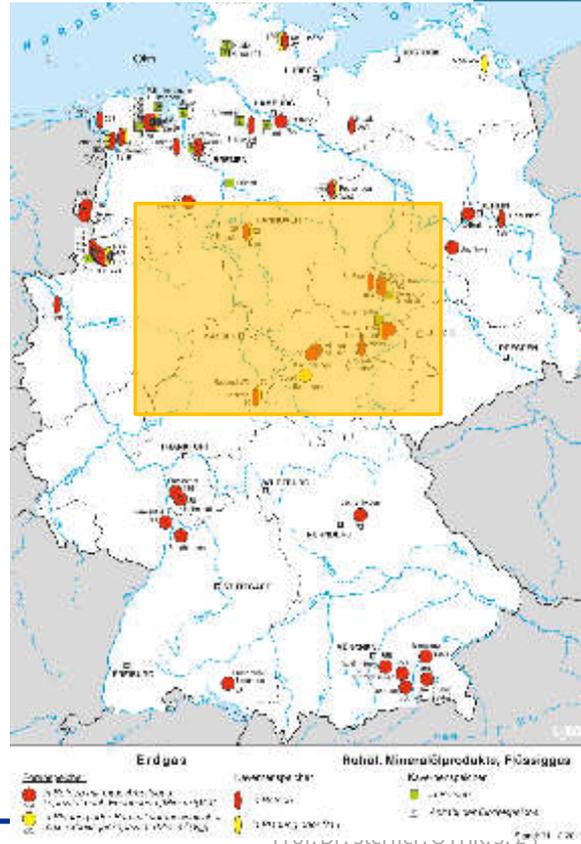
Transportkapazität:
460.000 km Gasleitungen

Speicherkapazität:
ca. 337 TWh = 337 Mrd. kWh
 = ca. **70 Mrd.** Hausbatteriespeicher (vereinfacht)
 = ca. **5000 x** alle deutschen Pumpspeicher

- Gasspeicher
- Batterien (42 Mio. Kfz (Theorie))
- Pumpspeicher

66 GW Gaskraftwerke
 → **3 Monate** Versorgung sichern

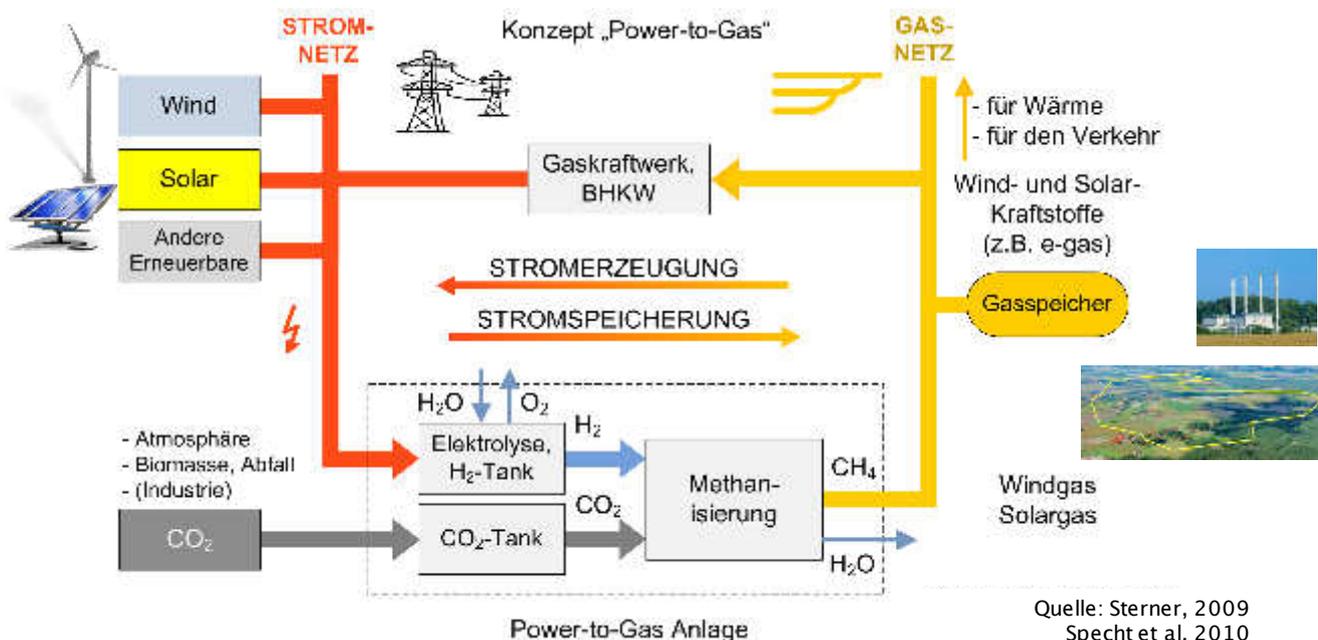
H₂: 2 % möglich, perspekt. 10 %, verbrauchsabh. begrenzt
 Methan: 100 % bereits heute unbegrenzt möglich



Quelle: FENES, Energy Brainpool, 2015

Power-to-Gas Das Original

Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz
 → Technische Nachbildung der Photosynthese

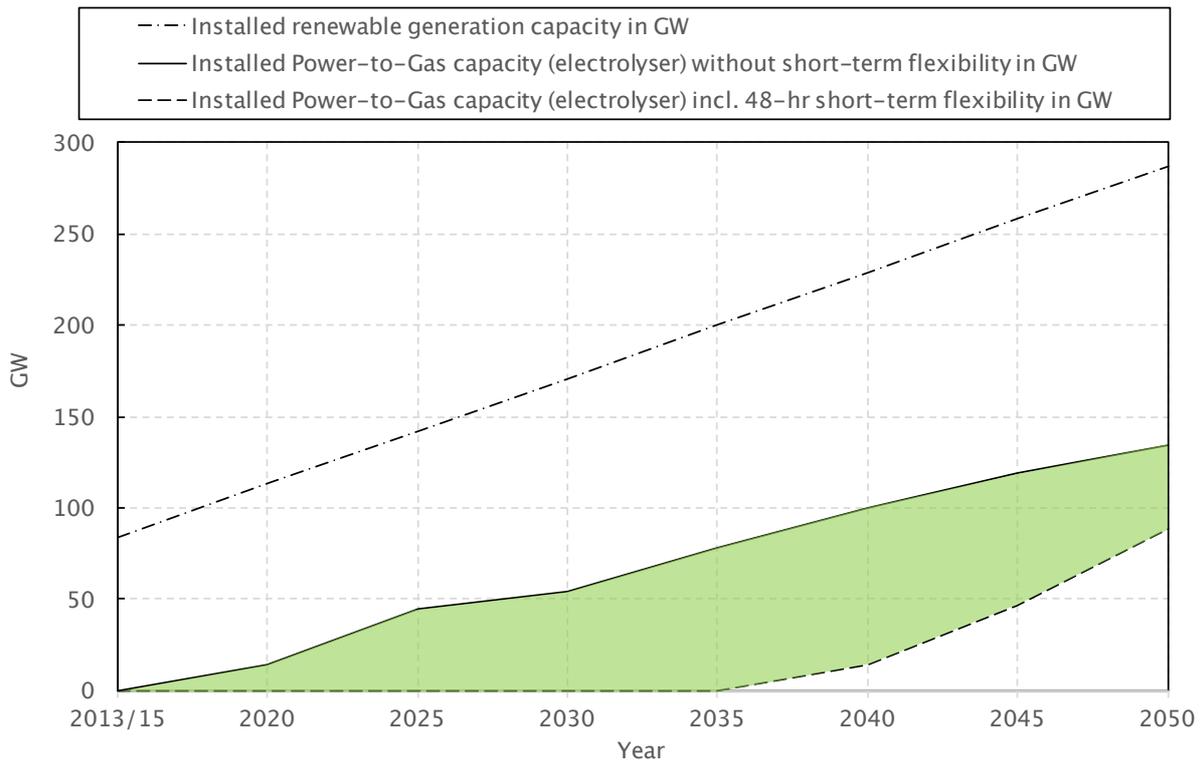


Quelle: Sterner, 2009
 Specht et al, 2010

Sterner, M. (2009): Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems. Kassel University, Dissertation.
<http://www.upress.uni-kassel.de/publi/abstract.php?978-3-89958-798-2>

Required PtG capacity: 89–134 GW until 2050

PtG installation pathway with + without short-term flexibility

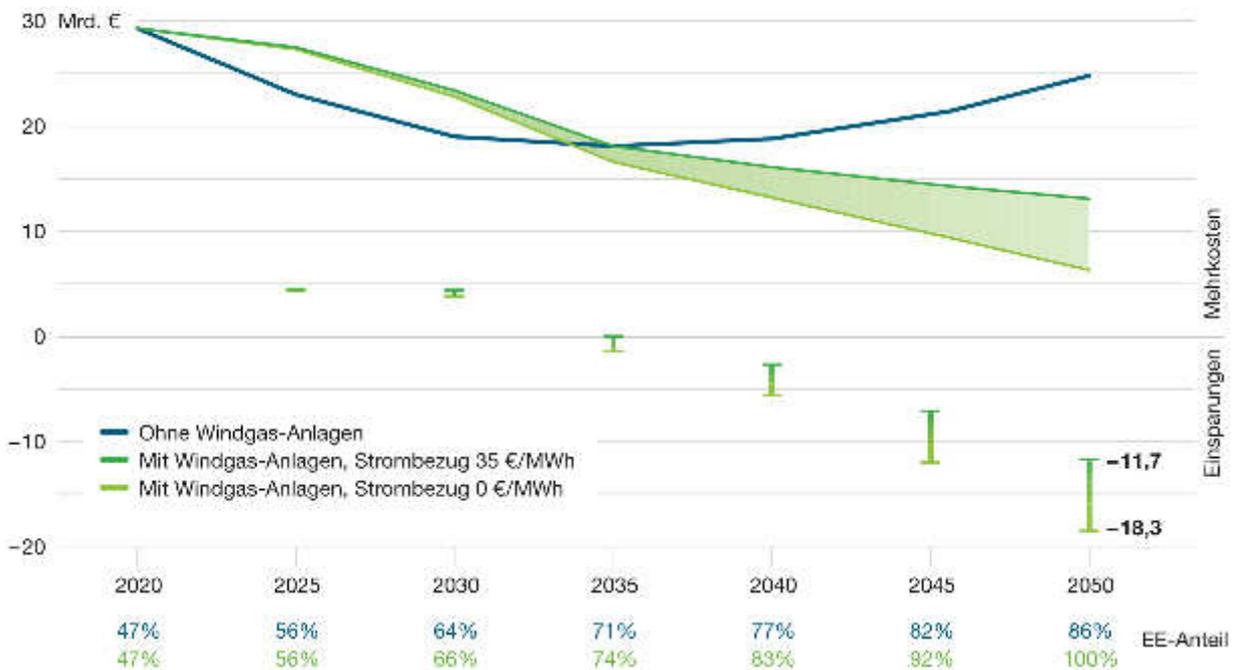


Source: Sterner, Lenk, Thema et al, 2015–16

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 27

Stromsystem mit Power-to-Gas günstiger als ohne

Erdgas vs. Windgas – Annahmen: voller Netzausbau D + EU, 100 €/t CO₂



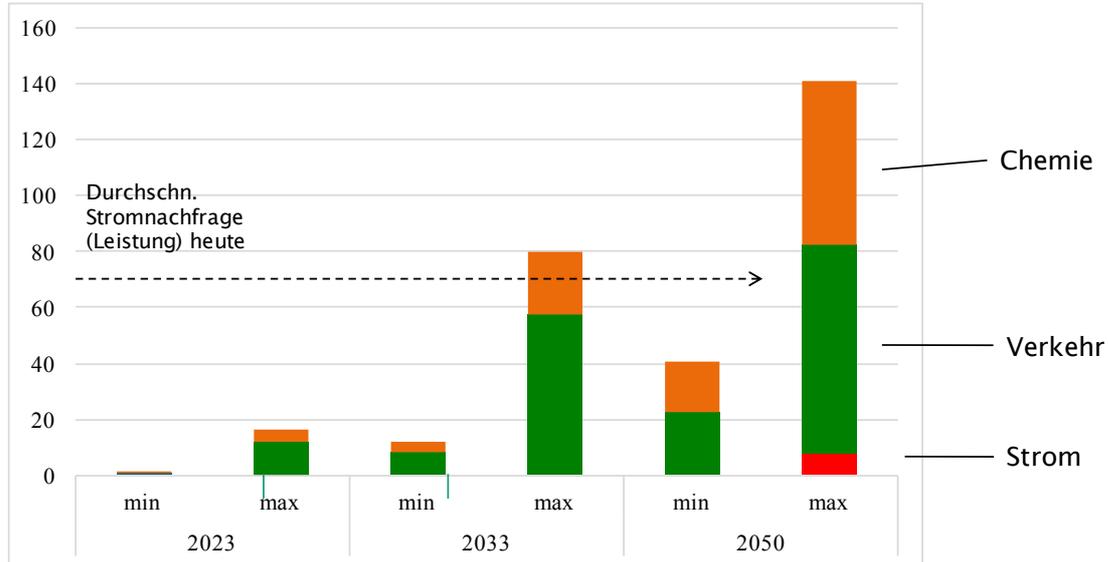
Quelle: FENES, Energy Brainpool, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 28

Dekarbonisierung von Mobilität & Chemie erfordert Power-to-X (Gas, Liquid, Heat, Chemicals)



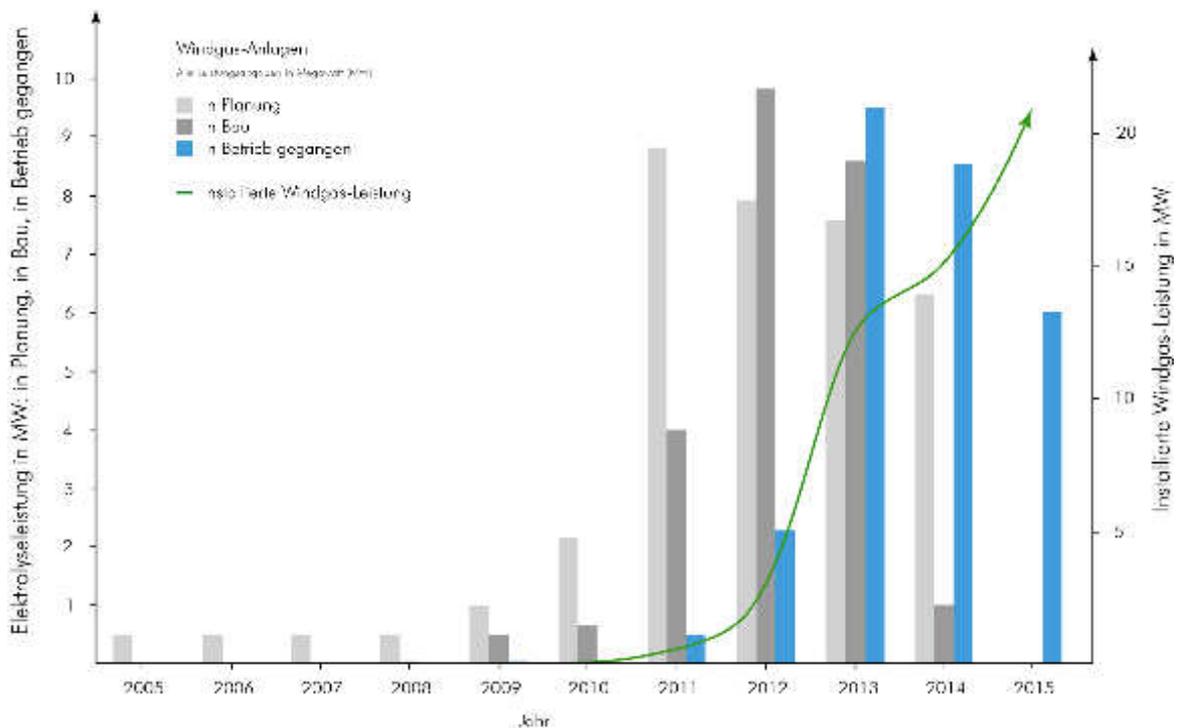
Abschätzung zukünftiger Märkte für Power-to-Gas in GW



Quelle: Sterner et al, 2014 – Agora Speicherstudie

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 29

Aktuelle Entwicklung von Power-to-Gas Anlagen VWL sinnvoll, aber EEG-Umlage "killed" BWL

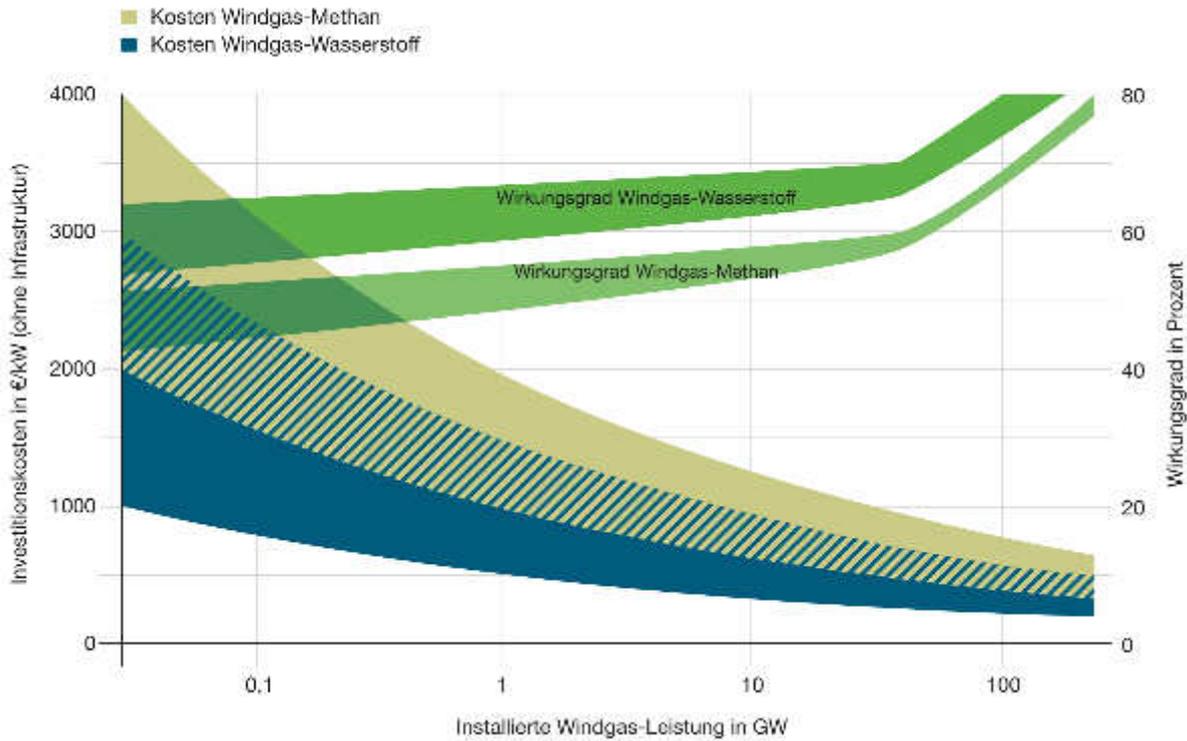


Quelle: Sterner, Thema, Greenpeace Energy Windgas 2.0 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 30

Effizienzsprünge und Kostensenkungen zu erwarten

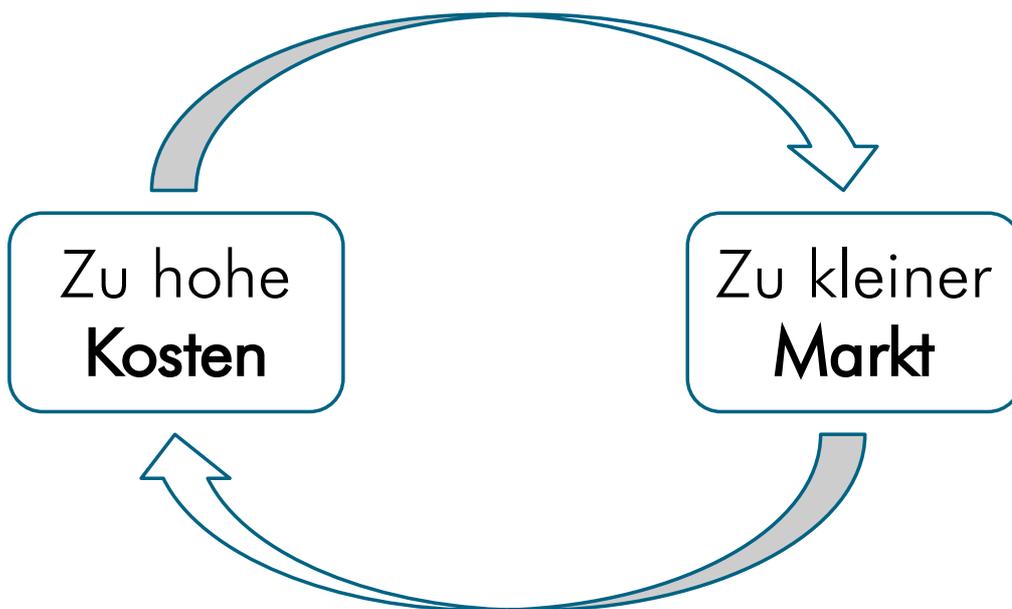
Markterweiterung und technologische Innovationen sind Treiber



Quelle: Sterner et al, 2015 – Windgas 2.0 Studie für Greenpeace Energy

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 32

Forschung alleine reicht nicht!



Abhilfe: Anschubfinanzierung durch flex. Entgelte

Art	Ab wann nötig?	Wirtschaftlichkeit	Nötige Rahmenbedingungen
Stromspeicher	2030 (Wochen, Monate)	als Langzeitspeicher in den nächsten Jahren nicht gegeben	Manufaktur in ind. Produktion überführen Netzdienlichen Einsatz anreizen
	heute für Systemstabilität / zur Vermeidung Netzausbau	Netzkopplung auf niedriger Netzebene kostensenkend (Problem an Wurzel packen, ca. 20-40 Tsd. Ortsnetze)	Abgabenlast reduzieren, dazu Netzumlagen, EEG-Umlage dynamisieren bzw. bis HGÜ gebaut sind aussetzen Kombinierte Netzplanung Strom / Gas Im StrommarktG berücksichtigen
Wärmespeicher	heute	Im Nischenmarkt gegeben (über 10.000 Windgas GPE Kunden)	Im EE WärmeG als „erneuerbar“ anerkennen gleiche Priorität wie Elektromobilität
Stromkraftstoff	Kurzstrecke Bat. Langstrecke PtG	durch vermiedene Strafzahlungen (Klimaziele) gegeben	EU: Gleichberechtigung zu Biokraftstoffen
Chem. Industrie	2040	Ersatz hochpreisiger Produkte	Jurist. Barrieren zwischen Sektoren abbauen, um Synergien zu nutzen

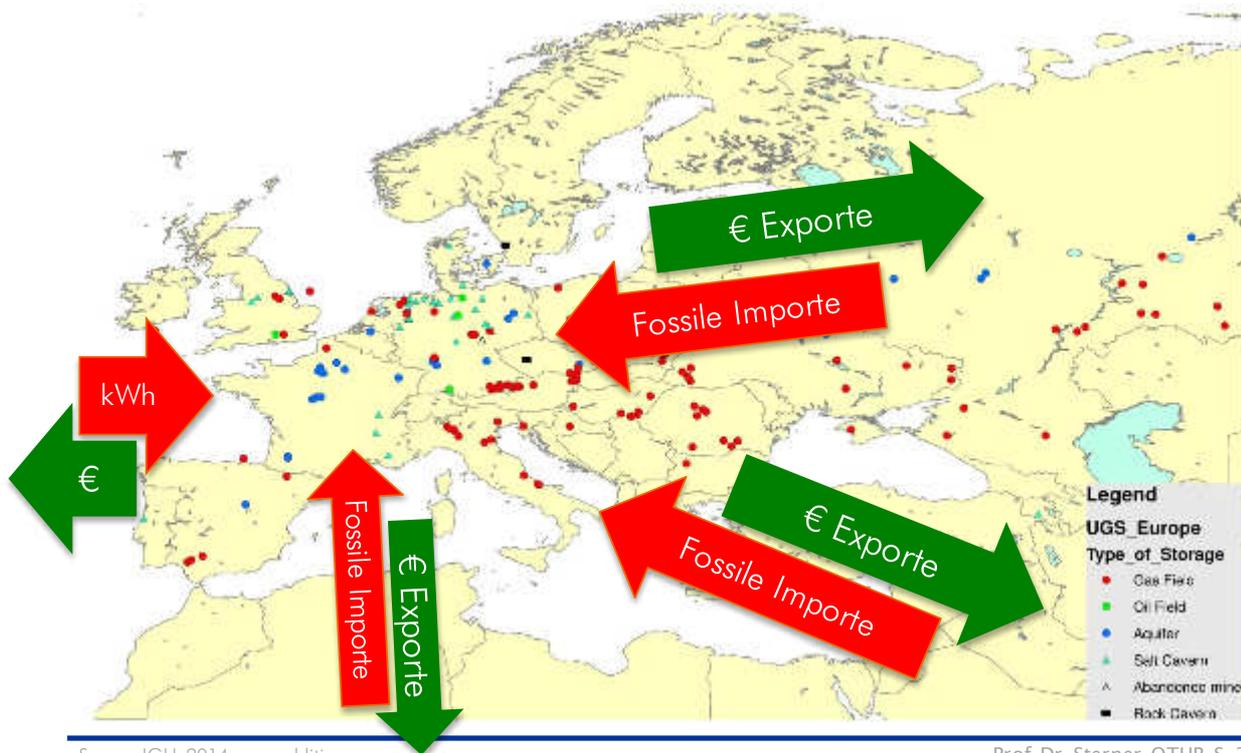
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 34

Inhalt

- 1) Speicherdefinition und Speicherbedarf
- 2) Stromspeicher – Pumpspeicher und Batterien
- 3) Wärmespeicher – Power-to-Heat
- 4) Strom/Wärme/Kraftstoffspeicher und Rohstofflieferant: Power-to-Gas / Power-to-X
- 5) **Pol. Handlungsempfehlungen**

1970er: Energiekrise → Strategische fossile Reserven
20xx: Energiewende → Strategische **erneuerbare** Reserven

Reserven = Speicher = Versorgungssicherheit



Source: IGU, 2014, own additions

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 36

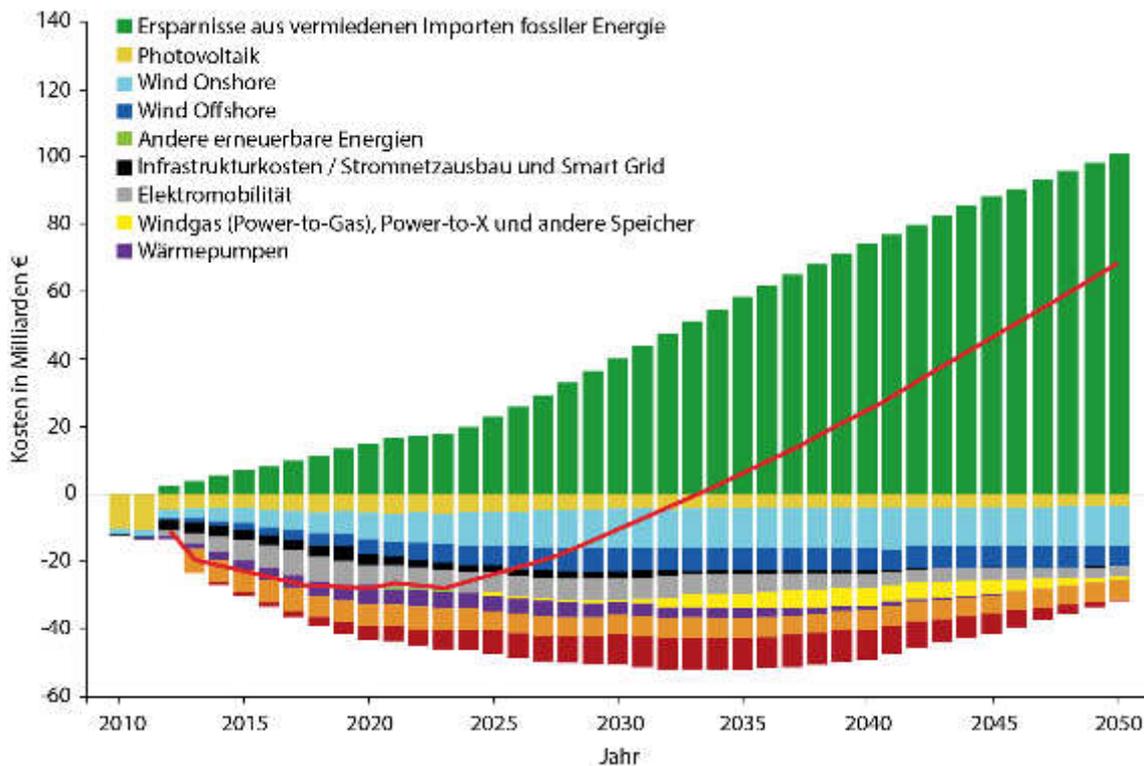
Deutschland importiert für
100 Milliarden €
Primärenergie jedes Jahr,
v. a. Kohle, Öl und Gas.

In 10 Jahren „verbrennen“ wir **1000 Mrd. €**

→ **Investition** in erneuerbare Energien &
Infrastruktur (Netze + Speicher)
ist eine **attraktive Kapitalanlage**

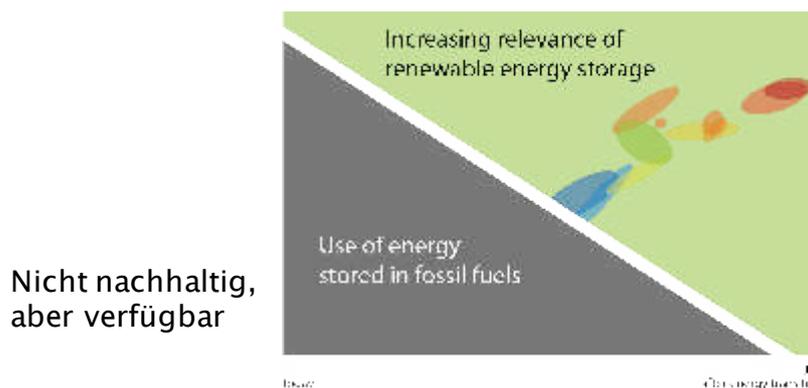
Energiewende lohnt sich – Rendite 4 – 7 % bis 2050

Kosten aller Sektoren inkl. Speicher enthalten



Quelle: Studie Geschäftsmodell Energiewende – Norman Gerhardt et al., 2013 (www.herkulesprojekt.de) Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 38

Energiewende erfordert auch Speicherwende



Notwendig für Dekarbonisierung & Versorgungssicherheit

■ Strukturen schaffen

- BundesNetzAgentur → BundesSpeicherAgentur
- Energiemärkte zusammenführen und Barrieren zwischen Sektoren abbauen

■ Politischen Rahmen setzen

- Klimapolitik: CO₂ adäquat bepreisen
- Energiepolitik: Heimische Nutzung über regionale Flex./Energiemärkte zulassen
- Industriepolitik: marktreife Technologien einführen und Wachstumsfelder sichern

Keine neue Förderung nötig

aber

1. technologieneutralen Wettbewerb sicherstellen

2. Eigenverbrauch nicht benachteiligen

3. Abgabenlast reduzieren

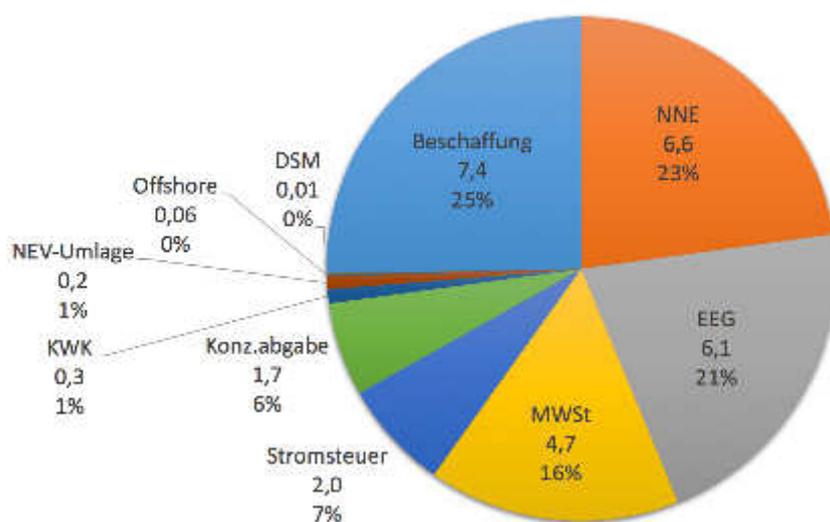
z. B. EEG-Umlage befreien, aber begrenzt:

- finanziell (z. B. x Mio. €)
- zeitlich (bis x HGÜ stehen)
- mengenmäßig (x GW)

oder wie stromint. Industrie behandeln

Strompreis Haushalt 2015

29,1 ct / kWh (Quelle: BDEW)



Befreiung EEG PtX

Heute 30 MW
 @ 4000 VLS
 = 0,12 TWh
 = 7,3 Mio. € / a
 = 0,002 ct / kWh
 (auf 400 TWh umgelegt)

1 GW
 = 4 TWh
 = 245 Mio. € / a
 = 0,06 ct / kWh

(0,2 % v. Strompreis)

Sektorenkopplung = Energiespeicher



- Zielnetzplanung für Strom-Wärme-Gas
- kostensenkende Synergien nutzen
- Ausgleich auf lokaler Ebene → Effekt auf ÜNB / VKW

→ **höhere Akzeptanz durch Einbeziehung lokaler Ebene**

- langfristig eine Gesetzgebung für Strom-Wärme-Gas

→ **Synergien wirtschaftlich nutzbar**

→ **Reduktion Must-Run Kraftwerke + KWK sinnvoll**

→ **Kohleausstieg analog Atomausstieg**

→ **Regulatorische Vorgaben für CO₂ in Strom-Wärme-Verkehr-Chemie**

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 42

Kontakt



Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

+ 49 - (0) 941 - 943 9888

michael.sterner@oth-regensburg.de

www.othr.de/michael.sterner

www.power-to-gas.de



Vielen Dank

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 44