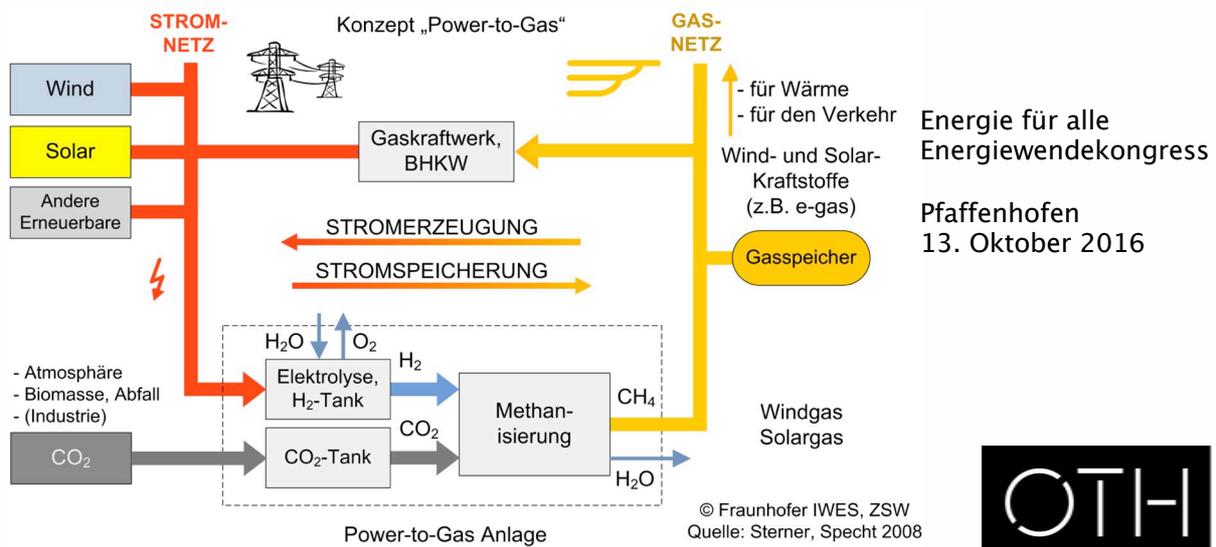


Die Speicher für die Energiewende sind da Chancen und Nutzen im kommunalen Umfeld

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

Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher FENES, OTH Regensburg



Inhalt



- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Stromtrassen
- 4) Speicher für Versorgungssicherheit
- 5) Kosten der Energiewende
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar

Zeit zu handeln...



Quelle: Mester, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 3

„Die Wirtschaft ist & bleibt eine 100% Tochterfirma der Umwelt“



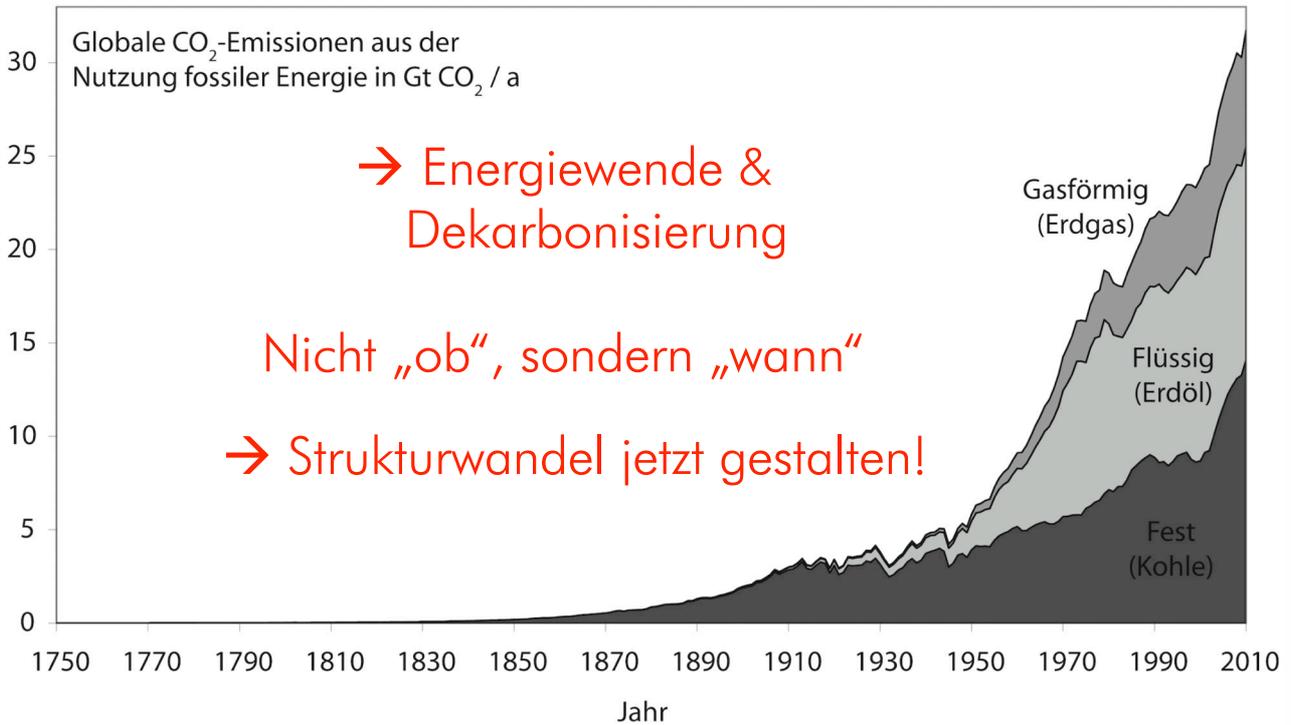
G-7: Dekarbonisierung der größten Industrienationen bis 2050
Pariser Klimaabkommen: globale Dekarbonisierung bis 2100

Quelle: Getty Images, Autobahnkreuz Deggendorf 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 4

Dekarbonisierung = Ausstieg aus Kohle, Öl und Gas

Energiebedingte Emissionen zw. 1750 und 2010

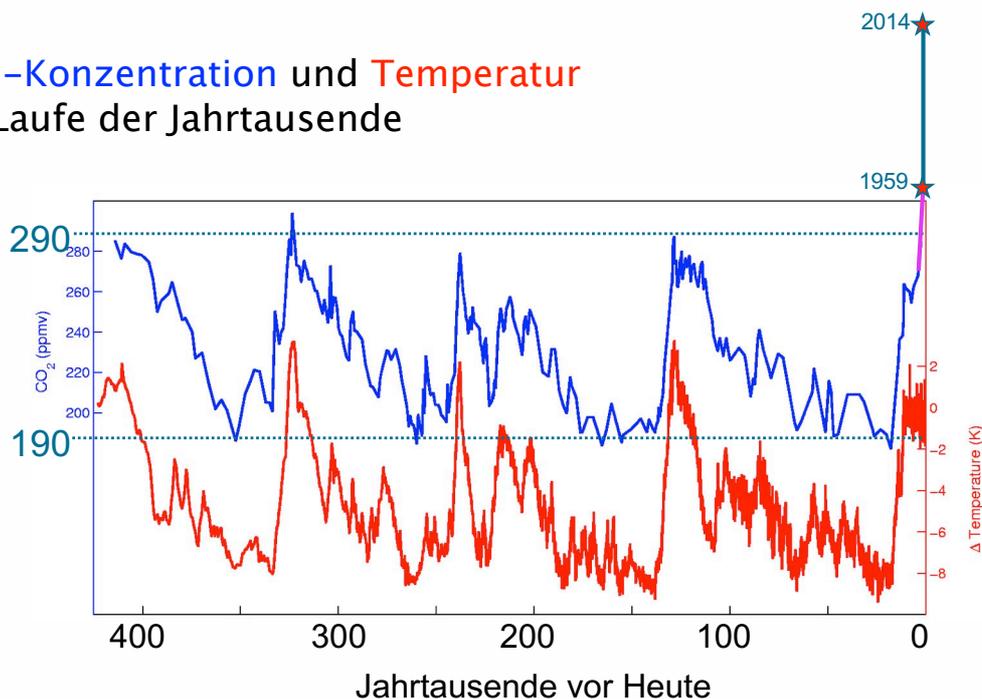


Quelle: National Oceanic and Atmospheric Administration Washington D. C., 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 5

Natürlicher vs. menschengemachter Klimawandel

CO₂-Konzentration und Temperatur im Laufe der Jahrtausende

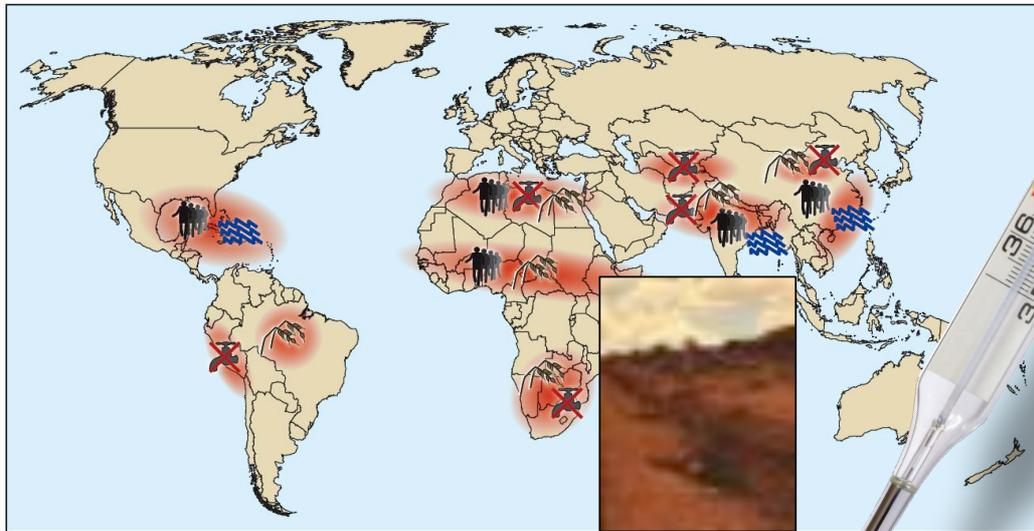


Quelle: nach Petit et al. 1999

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 6

Flüchtlingskrise hat ihre Wurzeln auch in der Energieversorgung

US Irak-Kriege um Öl, Katar Gas + Öl Geld für IS-Waffen → Destabilisierung
Klimawandel → schwindender Lebensraum → neue Völkerwanderungen
Verhindern: **CO₂-Emissionen drastisch senken + heimischer Ressourcen nutzen**



Konfliktkonstellationen in ausgewählten Brennpunkten



Klimabedingte Degradation von Süßwasserressourcen



Klimabedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion



Brennpunkt



Klimabedingte Zunahme von Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte Migration

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Quelle: Klimawandel und Sicherheit – Hauptgutachten - WBGU, 2007

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 7

Gesellschaftliche Strömungen



Grundgesetz - Artikel 20a

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen.“

Papst Franziskus - Enzyklika „Lauda tu si“

„ein Verbrechen gegen die Natur zu begehen (Klimawandel), ist eine Sünde gegen uns selbst und gegen Gott“



Dalai Lama – Ethik ist wichtiger als Religion

„Klimawandel ist nur global zu lösen. Egoismus, Nationalismus und Gewalt sind der falsche Weg. Wichtigste Frage: wie können wir einander dienen?“



The Guardian – Divestment-Bewegung

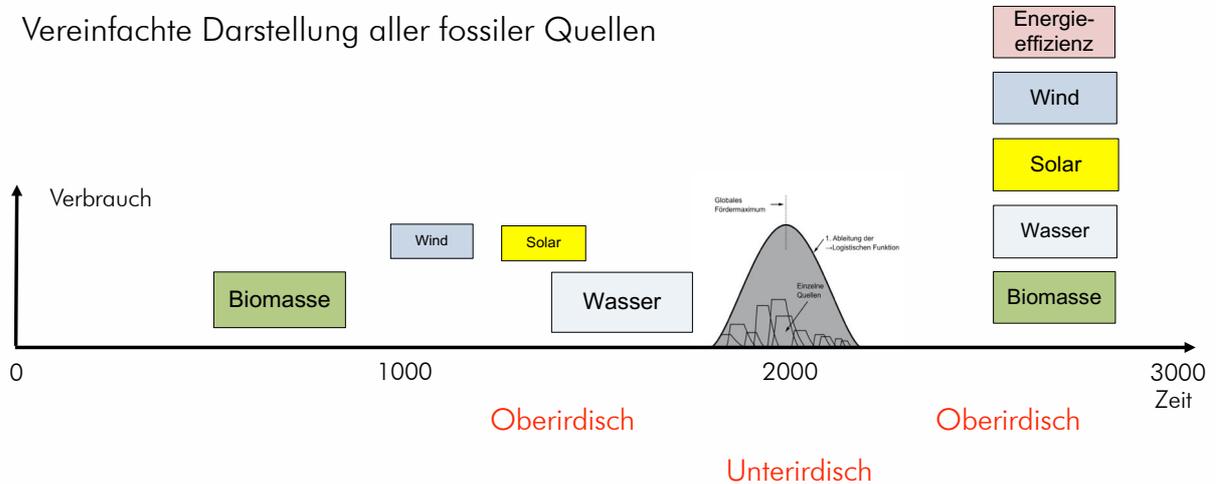
„Fossile Energie De-investieren“

Quelle: Grundgesetz für die BRD vom 23. Mai 1949, zuletzt geändert 11.07.12

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 8

Das Ende des fossilen Zeitalters bringt die Energieversorgung wieder an die Oberfläche

Vereinfachte Darstellung aller fossiler Quellen



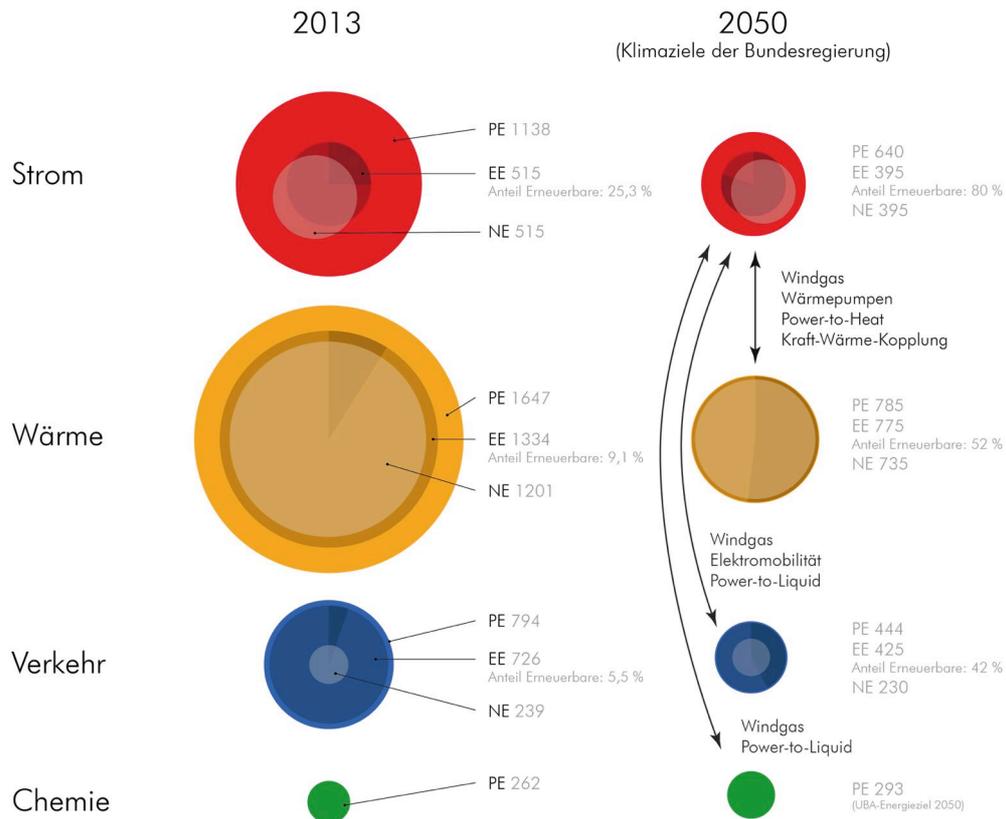
→ Energiewende = Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 9

Energiewende =
Stromwende
+ Wärmewende
+ Mobilitätswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 10

Sektorkopplung → Erneuerbarer Strom wird zur Primärenergie

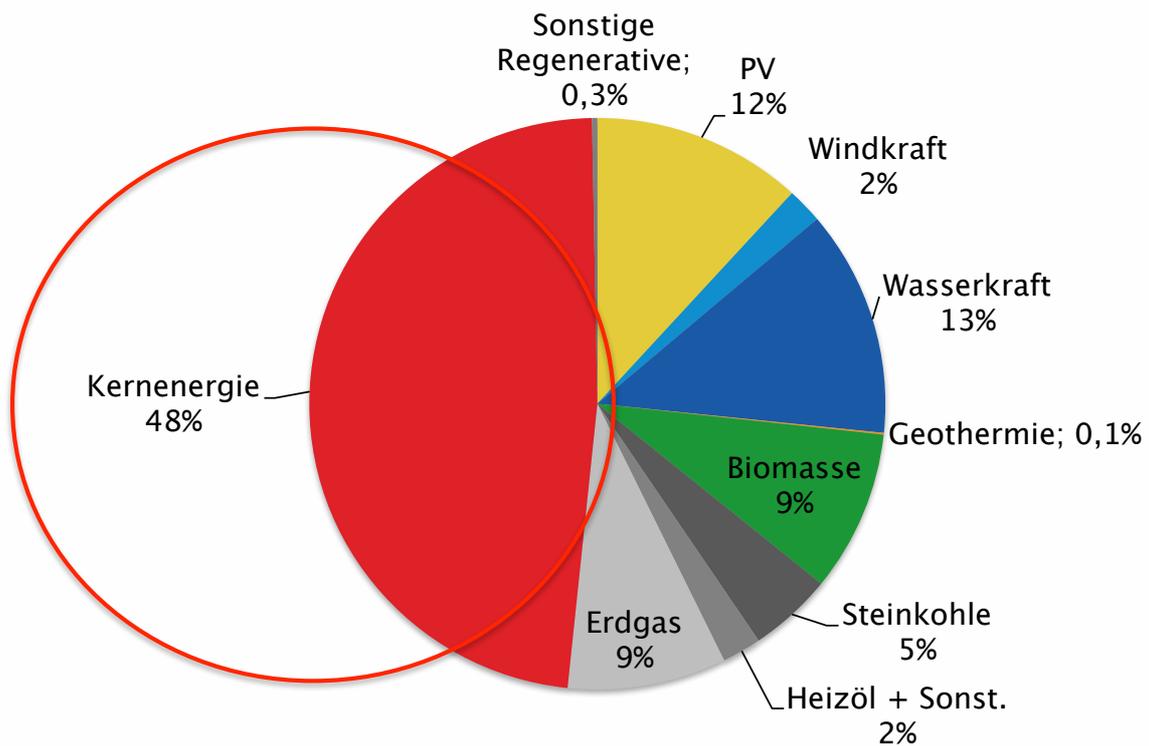


Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 11

Inhalt

- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) **Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern**
- 3) Stromtrassen
- 4) Speicher für Versorgungssicherheit
- 5) Kosten der Energiewende
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar



Bruttostromerzeugung 2014, Quelle: <https://www.stmwi.bayern.de/energie-rohstoffe/daten-fakten/>, 2016 Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 13

3 Optionen zum Füllen der Lücke

1. Strom aus **heimischen Quellen** selbst erzeugen (+ speichern)



2. Strom über **Stromtrassen** importieren



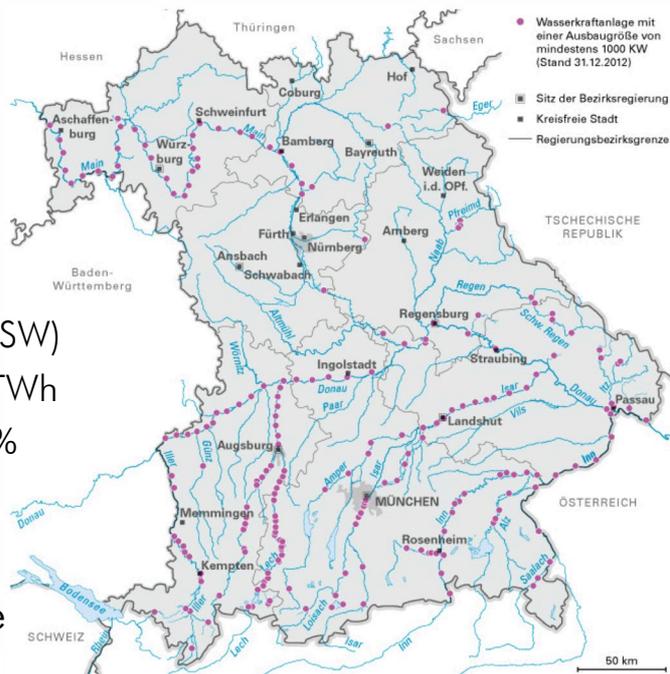
3. **Gespeicherte Energie** importieren und verstromen



Bewertung: technisch, wirtschaftlich, ökologisch, gesellschaftlich

Technisches Potential Wasserkraft

- Geologisch gute Verhältnisse
- Ausreichend Wasserführung
- Stand 1926: 11.900 Anlagen
- Stand 2016: 4.200 Anlagen
 - 2,94 GW, 12,5 TWh (inkl. PSW)
 - Potential für 3,2 GW, 14,6 TWh
 - heute ausgeschöpft: ca. 92 %

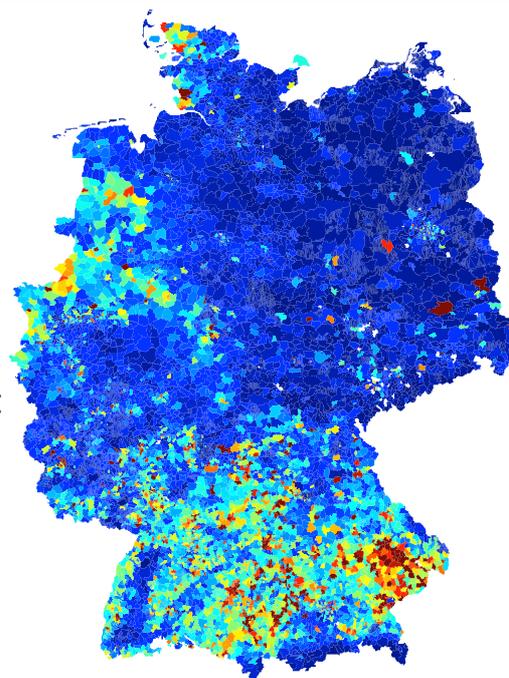
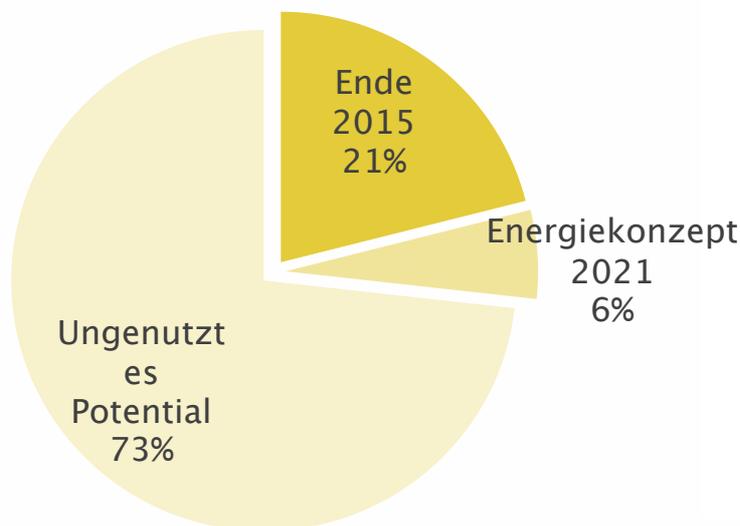


→ Kleinwasserkraft Potenziale auch regional erschließen!

Quelle: [https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wasser/daten.html?print\[2\]=print](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wasser/daten.html?print[2]=print), 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 15

Technisches Potenzial Photovoltaik



Verteilung der installierten Photovoltaik Leistung in Deutschland (2010)

Quelle: Fraunhofer IWES für BSW, 2011; Bundesnetzagentur, https://www.energieatlas.bayern.de/thema_sonne/photovoltaik/daten.html

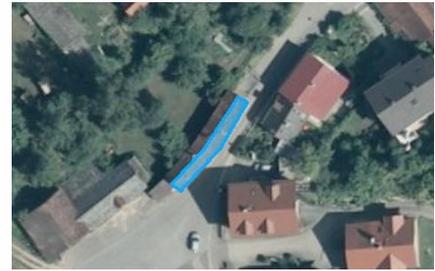
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 16

Solarpotenziale auf öffentlichen Liegenschaften

Einfache Integration in das Stromsystem in Kommunen



Grund – & Mittelschule



Archiv



Bauhof & Feuerwehrhaus



Download: https://www.hs-regensburg.de/fileadmin/media/professoren/ei/sterner/pdf/Energienutzungsplan_Laaber_OTH_Regensburg_2013_Bericht.pdf

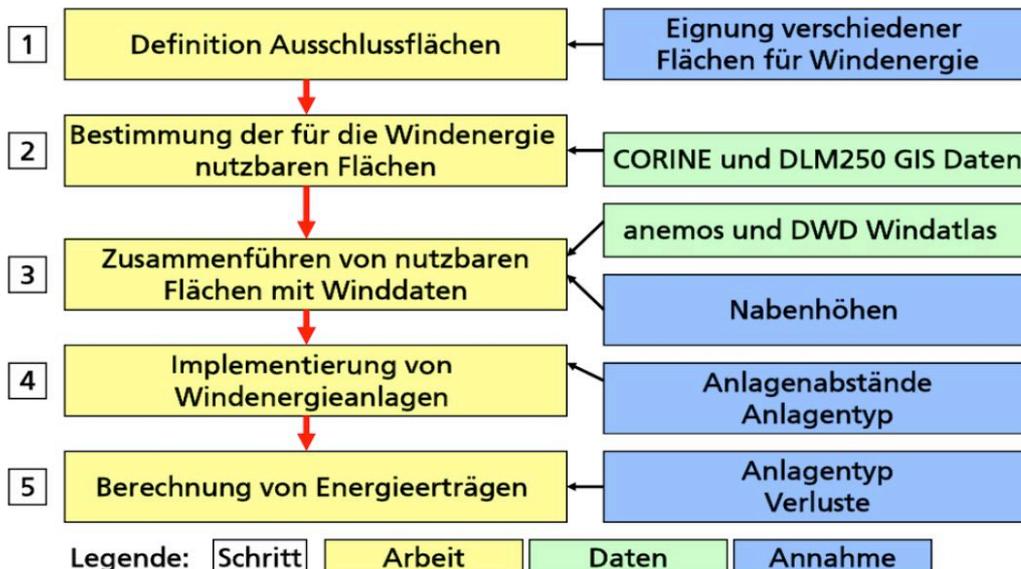
Quelle: Energienutzungsplan Laaber, OTH Regensburg 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 17

Technisches Potential von Wind an Land in Deutschland

- Ausgangspunkt: bisherige Analysen basieren auf (pol. bedingten) heute existierenden „Vorrangflächen“
- Methodik

(GIS = Geographische Informationssysteme)
(DWD = Dt. Wetterdienst)



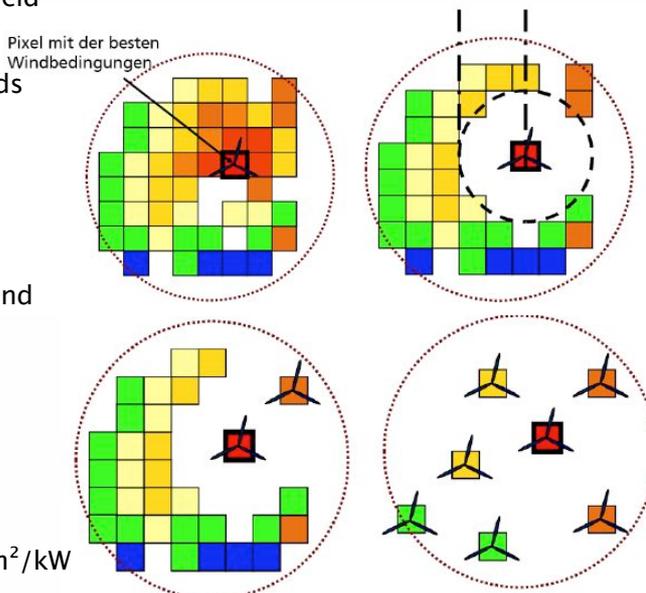
Quelle: IWES, 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 18

Technisches Potential von Wind an Land in Dtl. Methodik – Anlagenplatzierung und Flächenauswahl

■ Platzierung der Windenergieanlagen (WEA):

1. Platzierung der WEA auf dem Rasterfeld mit besten Windbedingungen
2. Löschung aller Freiflächen innerhalb des vorgegebenen Abstands (4 x Rotordurchmesser)
3. Platzierung der nächsten WEA am Standort mit den besten Windbedingungen
4. Platzierung der WEA endet, wenn verfügbaren Flächen besetzt sind



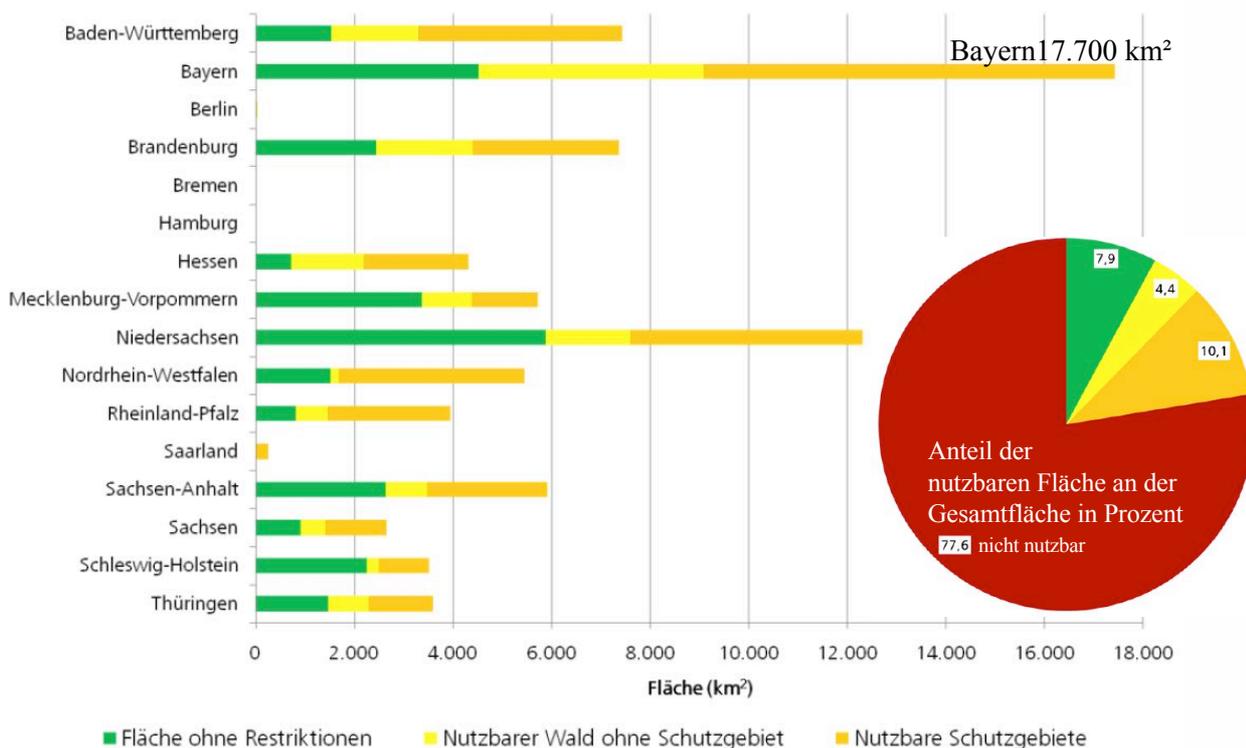
■ Ertragsrechnung

1. Standard WEA mit 3 MW
2. Nabenhöhe standortabh. 100–150m
3. Rotor/Generatorverhältnis 2,6–3,5 m²/kW
4. Mindest-Volllaststunden: 1600 h
5. Verlustabzug: Aerodyn. Verluste –10%; Nichtverfügbarkeit –3%;

Quelle: IWES, 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 19

Technisches Potential von Wind an Land in Dtl. Nutzbare Fläche in km² je Bundesland



Quelle: IWES, 2011

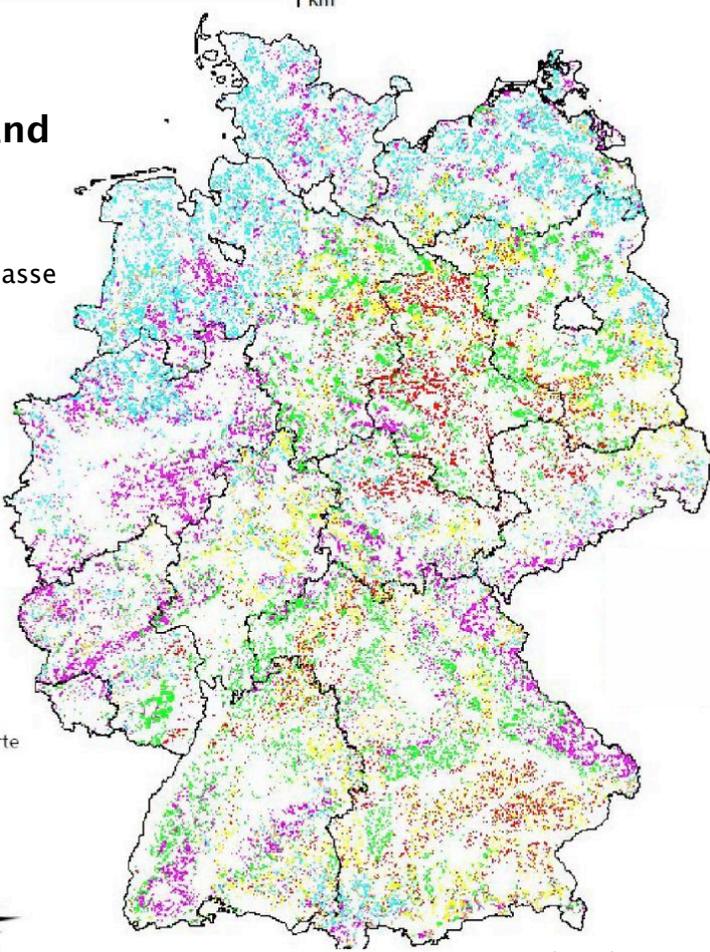
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 20

Technisches Potential von Wind an Land in Deutschland



- Auf 8% der Fläche ohne Restriktionen (ohne Wald und Schutzgebiete)
 - ca. 240 000 Anlagen der 3 MW-Klasse
 - Potential für 722 GW
- Auf 22% der Fläche (plus Wald und Schutzgebiete)
 - Potential für ca. 1500 GW
- Auf 2% der Fläche (Vorgabe BWE)
 - Potential für 189 GW
 - Ertrag ca. 390 TWh_{el} (= 65% des heutigen Bruttostromverbrauchs von 603 TWh_{el})

- Ohne Restriktion Anlagen für gute Standorte
- Wald ohne Schutzgebiete Anlagen für gute Standorte
- Schutzgebiete Anlagen für gute Standorte
- Ohne Restriktion Schwachwindanlage
- Wald ohne Schutzgebiete Schwachwindanlage
- Schutzgebiete Schwachwindanlage



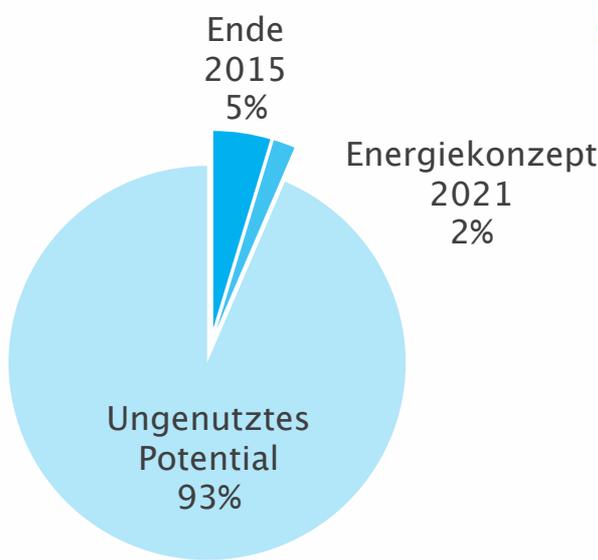
Quelle: IWES, 2011

Technisches Potential in Bayern Windkraft

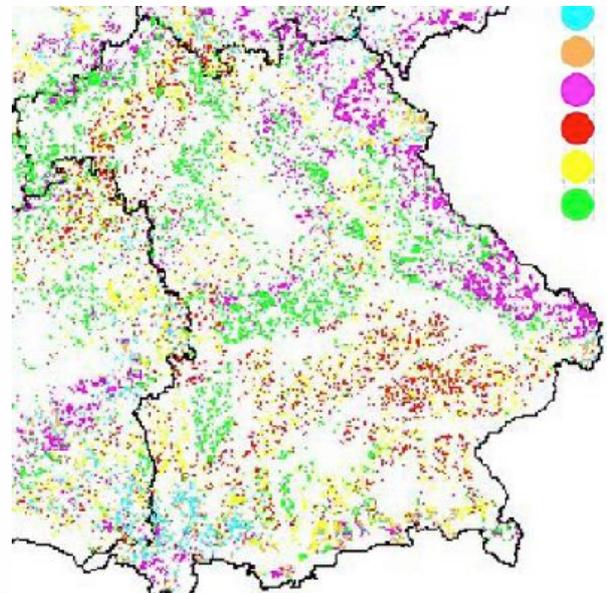
Pfaffenhofen ist Bayerns Musterschüler



■ Potential: 41 GW, 80 TWh bei 1000 m Abstand (ca. 5 H)



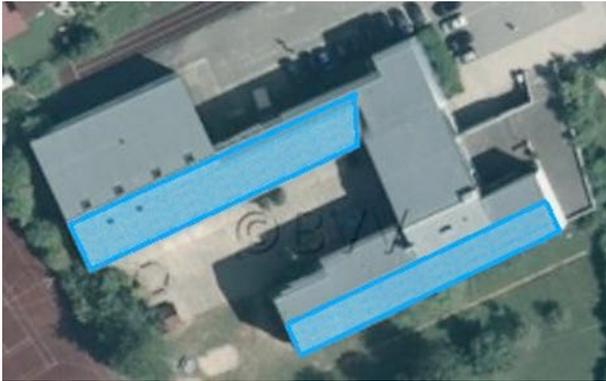
- Ohne Restriktion Anlagen für gute Standorte
- Wald ohne Schutzgebiete Anlagen für gute Standorte
- Schutzgebiete Anlagen für gute Standorte
- Ohne Restriktion Schwachwindanlage
- Wald ohne Schutzgebiete Schwachwindanlage
- Schutzgebiete Schwachwindanlage



Mythen und Fakten

Photovoltaik

- Ausgereifte Technologie, Module keine el.-magn. Strahlung, energet. Amortisation < 2-3 Jahre
- Einfache Integration
- Mythen: Energie kommt nicht zurück, PV strahlt und brennt
Ertrag Ghana:
20 % mehr als in Bayern



Windenergie

- Ausgereifte Technologie, geringe Lärmemissionen energetische Amortisation < 1 Jahr
- Auf 150-200 m Höhe gute Erträge
- Mythen: Landschaftsverchandelung, Bienen, Stromversickerung, Wald, Investitionsruinen



Quelle: Fraunhofer IWES für BSW, 2011 / Sterner, Stadler, 2014 / BVV

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 23

Mythos Landschaftsverchandelung

Einfluss Kohle, Öl, Gas, Atom auf Landschaftsbild & Umwelt



Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 24

Flächenverbrauch für den Ersatz aller 4 bay. AKW

42,9 TWh (2013)

■ Fläche Bayern: 7,1 Mio. ha: Betrachtet werden drei und/oder Optionen:

■ **Biogas: ca. 30 % der Landesfläche**

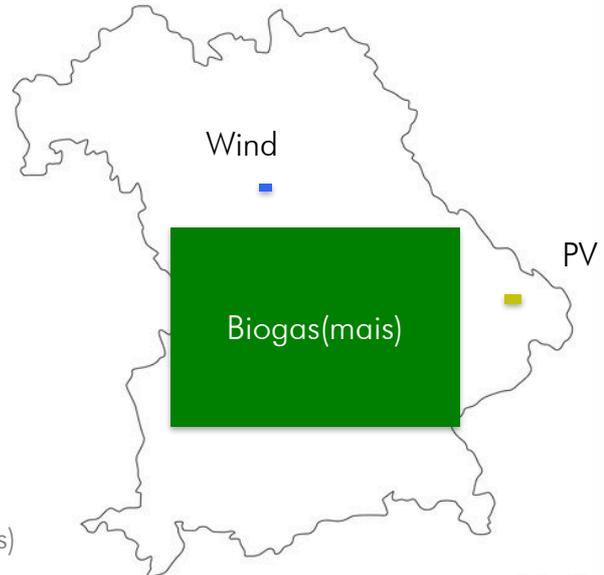
- Ertrag: 20 MWh / ha (Biomethan-Mais)
- Bedarf: 2,15 Mio. ha

■ **Photovoltaik: ca. 1,8 % der Landesfläche**

- Ertrag: 3 ha / MW
1000 VLS und 333 MWh / ha (PV-Freifläche 15 % Wirkungsgrad)
- Bedarf: 0,13 Mio. ha

■ **Windenergie: ca. 1,1 % der Landesfläche**

- Ertrag: 3,44 ha / MW
1950 VLS + 567 MWh / ha (Windparks)
- Bedarf: 0,076 Mio. ha



Flächenbedarf exemplarisch,
Nicht maßstabsgetreu

Quelle: Sterner, eigene Berechnungen auf Basis der Potenziale, 2014 & DBFZ, 2008, Fraunhofer IWES, 2011 - 14 Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 25

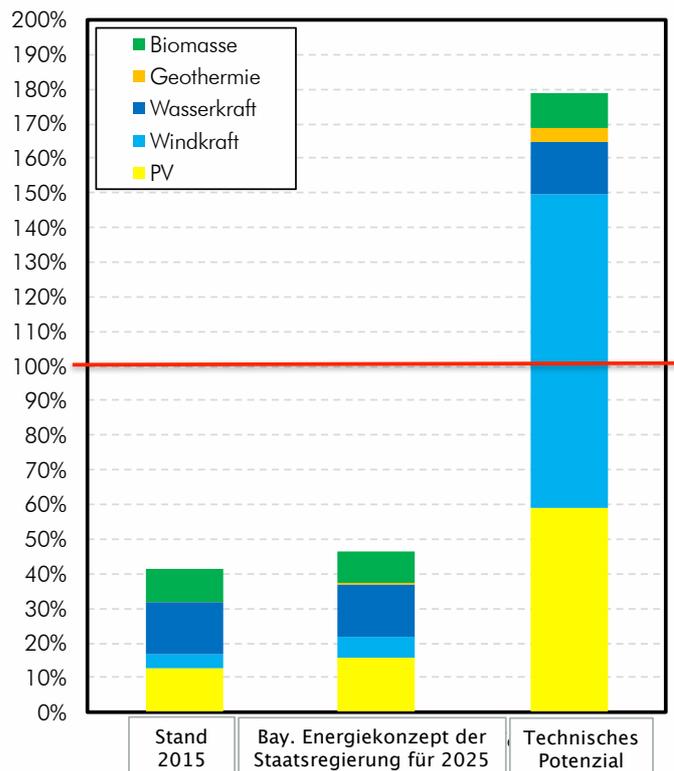
Wir hätten genügend heimische Ressourcen in Bayern

Erneuerbarer Anteil an der Stromversorgung

Technisches **Potenzial**
in **Bayern vielfach ausreichend**,
für eine 100 % Stromwende

Größte Herausforderung:
Versorgung der Ballungszentren

→ Land versorgt die Städte



Quelle: vorhergehende Folien

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 26

Energie- und Rohstoffquelle Wald für die Wärmewende

Zuwachs gleich bay. Heizölverbrauch, Holzvergaser Innovat. aus Bayern



Fläche: 2,61 Mio. Hektar
 Vorrat: 973 000 000 Fm (1/3 Deutschlands)

Zuwachs: ca. 26 Mio. m³ / a
 = ca. **1 m³ Festmeter Holz pro Sekunde**

Energie: ca. 51 000 GWh entspricht ca. 5 100 Mio. l Heizöl bei rein energet. Nutzung (max. 30-50% realistisch)

bay. Heizölverbrauch ca. 6 000 Mio. l

Gegenwert Holz als Energie ca. **4 600 Mio. EUR** (bei 90 EUR / 100 l Heizöl)

Speicherleistung ca. 6 000 MW (mehr als alle bay. AKWs)

→ der Wald ist **Bayerns größter Speicher**

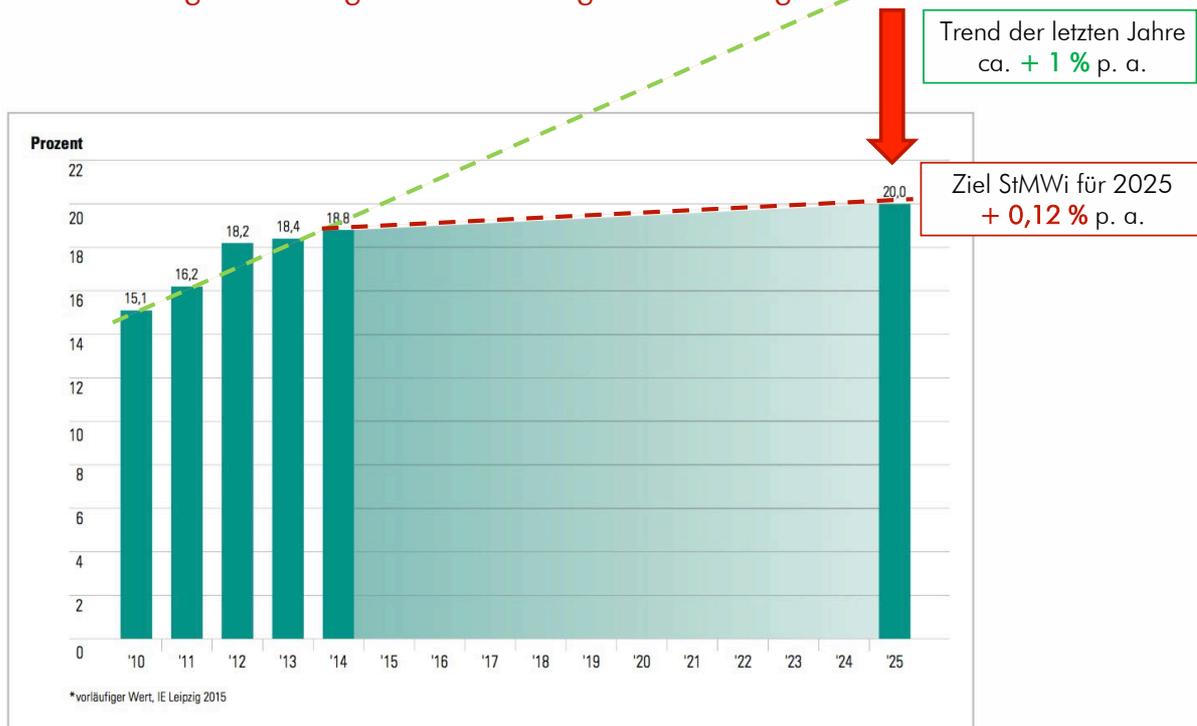
Quelle: Bundeswaldinventur 2+3, 2014, FNR, Carmen eV, TUM, eigene Berechnungen

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 27

Bay. Energiekonzept 2015 = weitgehend wie 2011: wenig ambitioniert

Defakto **Wachstum** erneuerbarer Energien auf +0,12 % p.a. **reduzieren**

→ Jeder Beitrag ist wichtig für das Gelingen der Energiewende



Grafik 2.1 | Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch

Gesamte Energiewende: Strom, Wärme, Verkehr

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 28

- Voraussetzung: KfW 55
- Laufzeit: bis 2018
(ohne Gewähr)



- Teil EnergieeffizienzBonus

Energieeffizienz-Niveau – angestrebter Heizwärmebedarf	EnergieeffizienzBonus
3 - Liter-Haus: Heizwärmebedarf ≤ 30 kWh/m ² a	4.500 €
1,5 - Liter-Haus: Heizwärmebedarf ≤ 15 kWh/m ² a	9.000 €



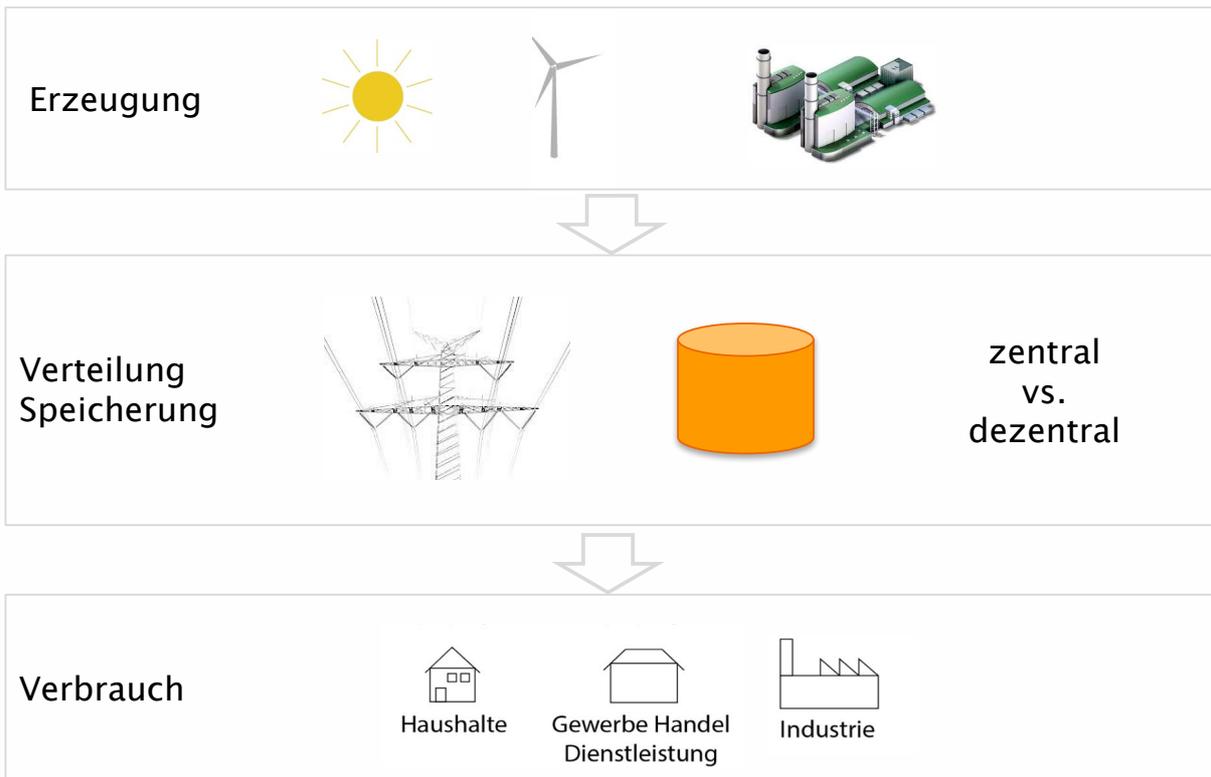
Quelle: Wirtschaftsministerium Bayern

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 29

Inhalt

- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) **Stromtrassen**
- 4) Speicher für Versorgungssicherheit
- 5) Kosten der Energiewende
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar

Gesamtbild: Wir brauchen Netze und Speicher



Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 31

Wer ist langfristig der flexibelste Partner für Wind + Solar?

Wind + Solar

Neue Anfahr genehmigung
0 auf 100 %: 2-3 Tage
"träge und langsam"

AKW unter einem gewissen Bereich: Abschaltung

Gas-KW
0 auf 100 %: 30 min
"sehr schnell"

Steinkohle-KW
25 auf 100 %: 60 min
"auf Abruf"
0 auf 100: 1 Tag!

Atom-KW und neue Braunkohle-KW
60 auf 100 %: 30 min
entworfen für Grundlast

Quelle: Darstellung nach (RWE, 2009) angepasst, Bilder: google.de.

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 32

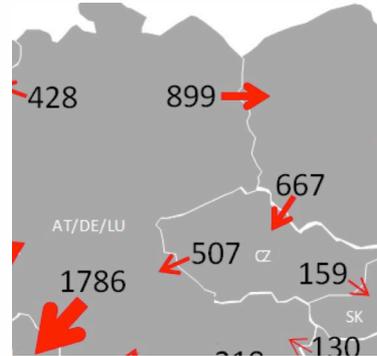
Fehlende Stromtrassen → Netzengpässe → Handel beschränkt



Netzausbau mit Atomausstieg verbunden
 Verzögerte Planungen → teure Gaskraftwerke

Heimatenergie: Was vor Ort hergestellt wird, muss nicht transportiert werden

Ungeplante Stromflüsse 2011 & 12:
 Ringfluss Ost-D. → Polen → CZ → Bayern



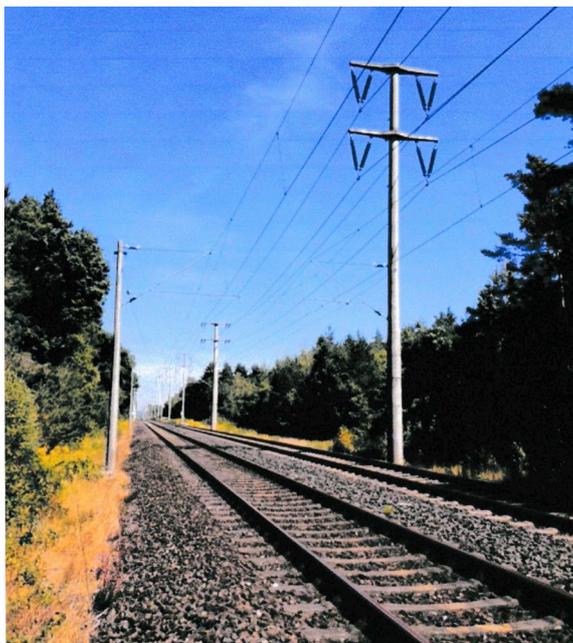
Möglichkeiten für mehr Akzeptanz:

- Beteiligung + Information
- Braunkohletrasse → Kohleausstieg
- Kombination mit vorhand. Infrastruktur
- Erdverkabelung

Quelle: Ahmels, 2011, NEP 2014, Stand 11/14, eigene Ergänzungen

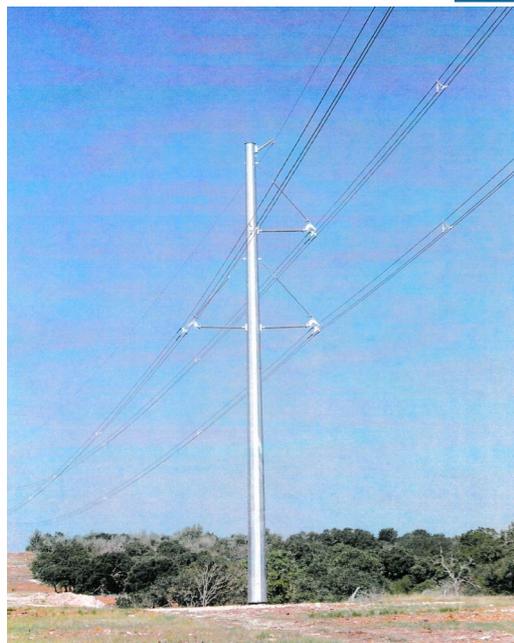
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 33

Kombination mit Bahntrassen



Bahnstrecke bei Lauf / Nürnberg
 2x 15 kV Bahnstrom (links, rechts unten)
 und 2x 110 kV Stromtrasse (oben rechts)

Schlankere Masten



Vollwandmasten
 in den USA
 (Stahl, Beton)

Quelle: Werner, 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 34

Paradigma „Netzausbau günstigste Option“ noch gültig?

Verkabelung

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



+ 15 Mrd.

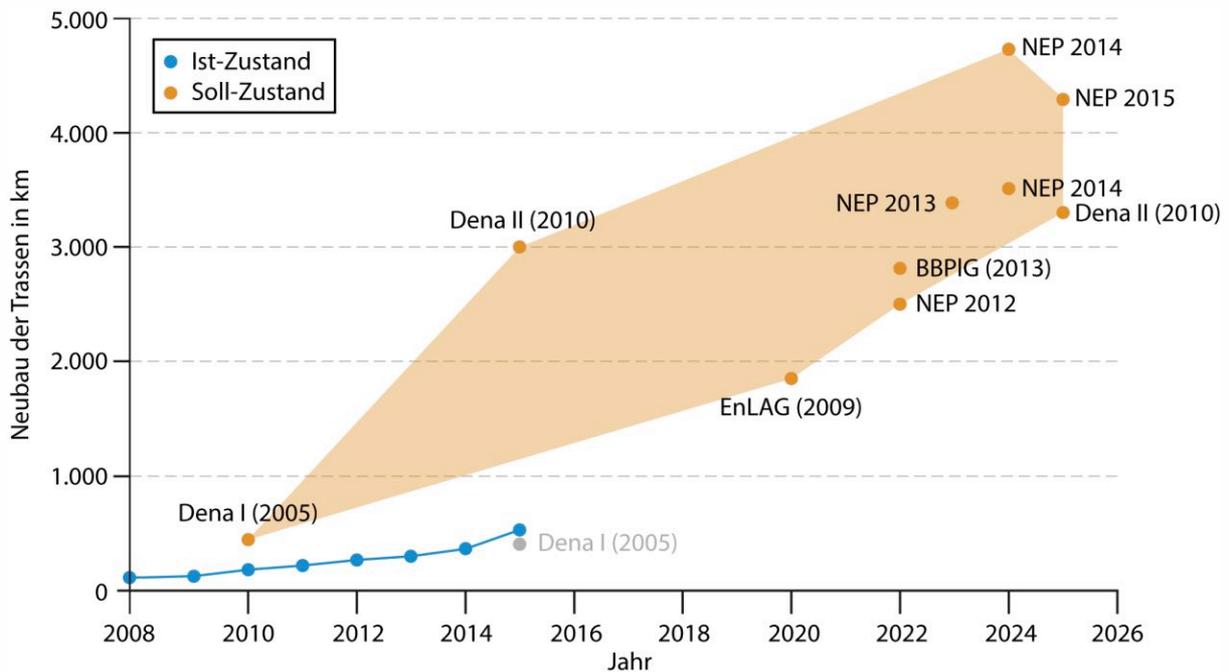


Weiter stockender Netzausbau:

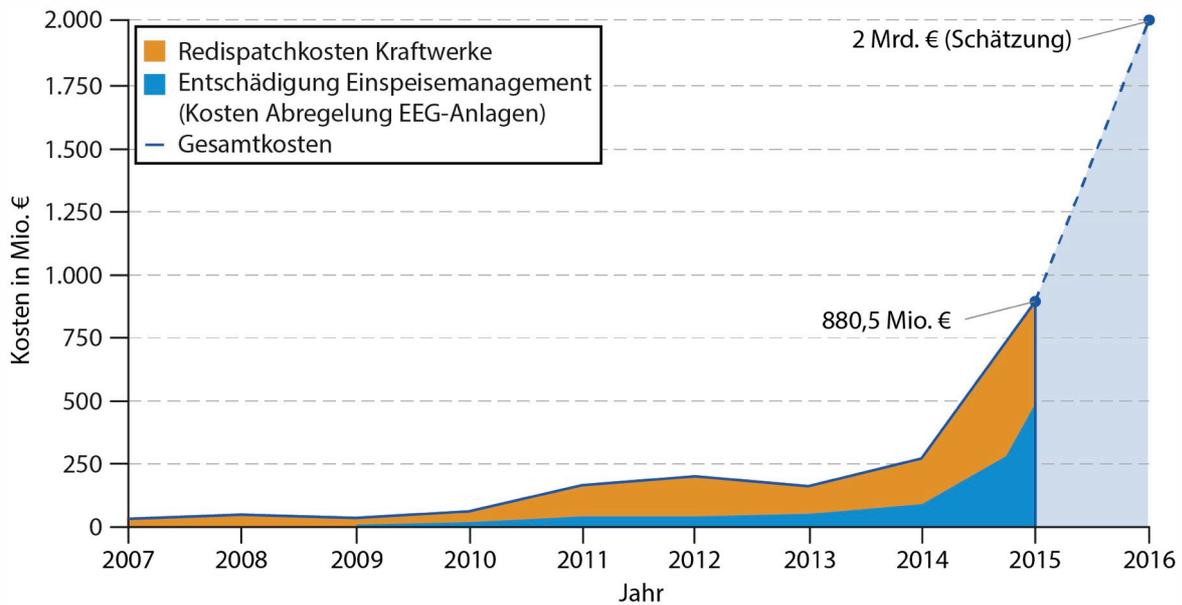
Mehrkosten Redispatch: 2016: ? Mrd. €

→ **Sektorkopplung** als Lösungsoption **zulassen!**

Gegenüberstellung des geplanten Netzausbaus und der bis dato umgesetzten Trassenkilometer



Kosten für Redispatch nehmen exponentiell zu (Kraftwerke, Abregelung EEG)



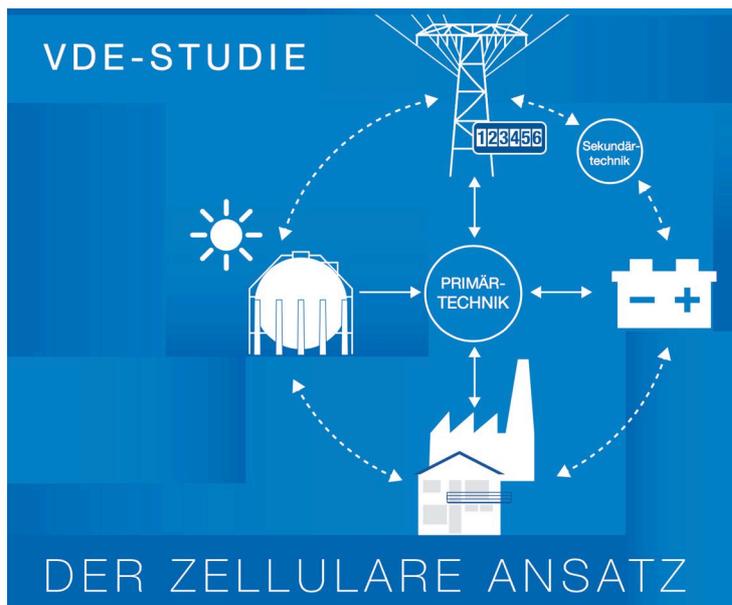
+ zzgl. Kosten für negative Strompreise / Import und Export etc.

→ **Speicher** als Lösungsoption **zulassen!**

Quelle: Sterner et al – FENES Working Paper, 2016; Datenbasis: BNetzA Monitoringberichte

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 37

Netzstrukturen der Zukunft? 1 Option: Zellularer Ansatz



Vernetzte
Energiezellen

Weitgehende
Autarkie

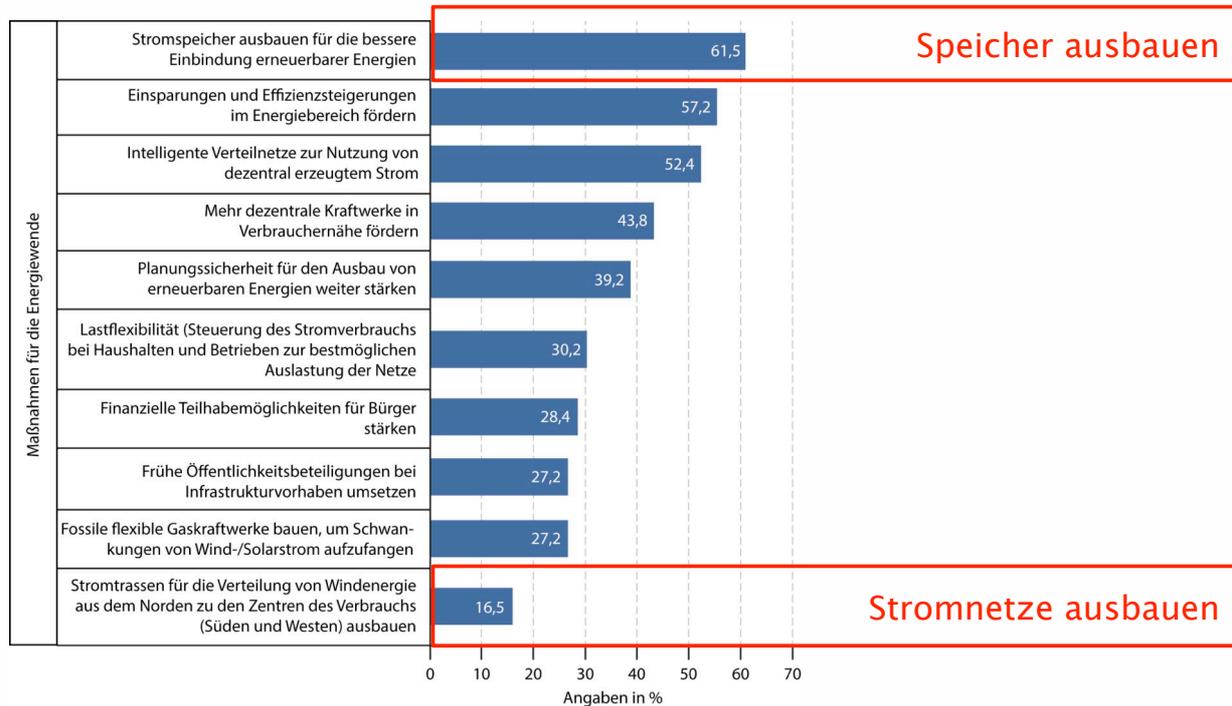
Pfaffenhofen: Vorbild

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

Quelle: VDE, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 38

Umfrage: „Welches sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Maßnahmen für den Erfolg der Energiewende in den kommenden 10 Jahren?“



C. Henseling, M. Evers-Wölk, B. Oertel, M. Opielka, and C. Kahlisch, "Ausbau der Stromnetze im Rahmen der Energiewende," Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin, 2016.

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 39

Inhalt

- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Stromtrassen
- 4) **Speicher für Versorgungssicherheit**
- 5) Kosten der Energiewende
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar

Was sind Energiespeicher?

Laden Speichern Entladen

Pump-speicher

Wärme-speicher

THINK OUTSIDE THE BOX

Kohlehalden

Gasspeicher

... viel mehr als Batterien!

Source: Sterner, Stadler, 2014, add. pictures

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 41

Pumpspeicher: klassische „Kraftwerksflexibilisierer“ - Stromspeicher

Probleme: Standorte & Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit

IHR WINDPARK KANN MEHR ALS SIE DENKEN ...

Stromnetz

200 m

Windkrafttürme und Fundamente als Oberbecken

Unteres Reservoir Turbine (16 MW) / Pumpe

Integriertes, innovatives PSW: z. B. www.naturstromspeicher.de

Quelle: Schluchsewerke, 2010

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 42

Batteriekraftwerke für Netzstabilisierung & Kraftwerksflexibilität

Speicher der Stadtwerke WEMAG & Younicos AG

→ ca. 300 MW PRL in Planung / im Bau / in Betrieb

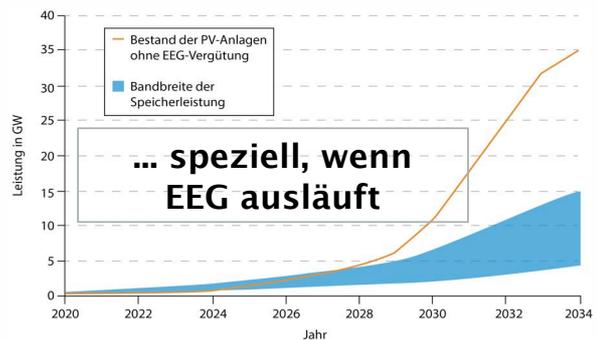
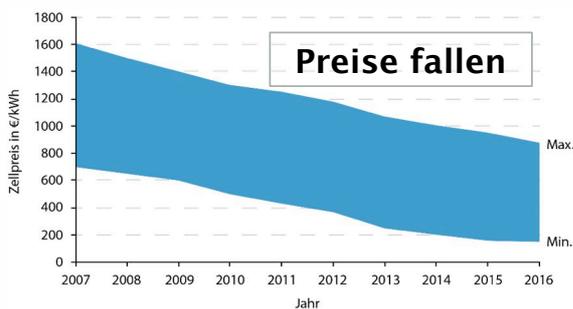
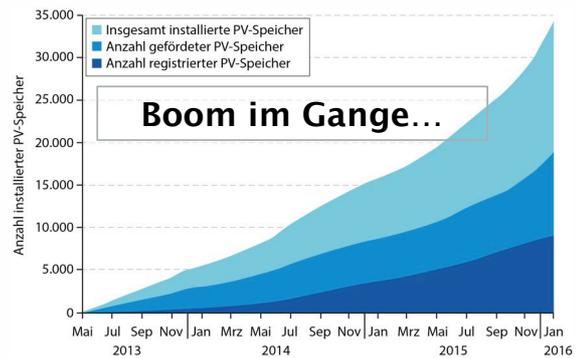


Quelle: Younicos AG, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 43

Haus-Batteriespeicher

→ **Netzdienlicher Einsatz notwendig**

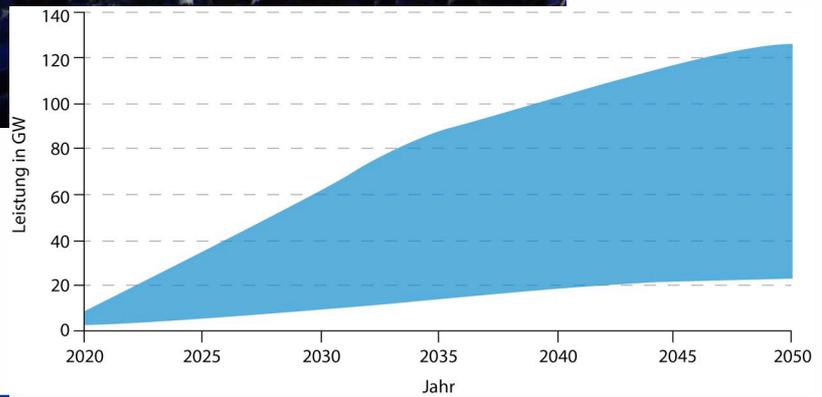


Source: Sonnenbatterie & Tesla, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 44

E-mobilität kommt – nur eine Frage der Zeit

Tesla Vorstellung Modell 3 – Start: Klimawandel!

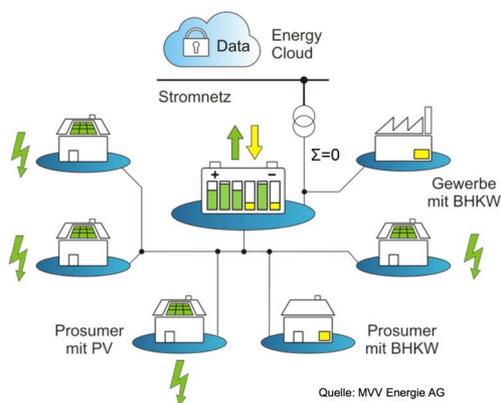


Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 45

Virtuelle Kraftwerke mit Speicher

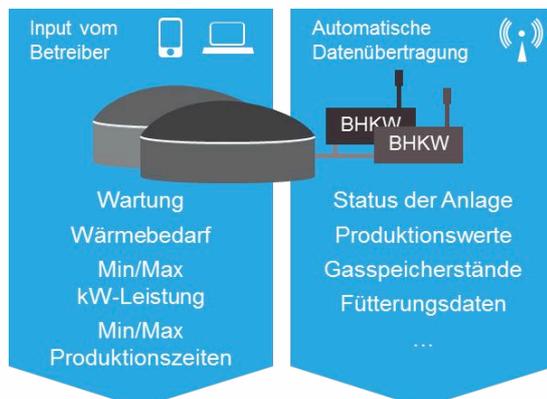
Dezentrale Lösung für ein zentrales Problem

Strombank, Mainz



Sonnen Community, Wildpoldsried
Nordgröön, Virt. Kraftwerk, Holstein

SK Verbundenergie, Regensburg



Caterva, N-Ergie, Nürnberg



Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 46

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

Flexibilisierung der KWK

- Betrieb Fernwärmenetz über Speicher ohne HKW an Sommerwochenenden

Flexibilisierung Stromnachfrage

- Einsatz von 2 x 25 MW PtH Elektro-Heizkesseln
- Direkte Anbindung Generator → keine Netzdurchleitungsgeb.
- Neg. SRL und MR über Pooling

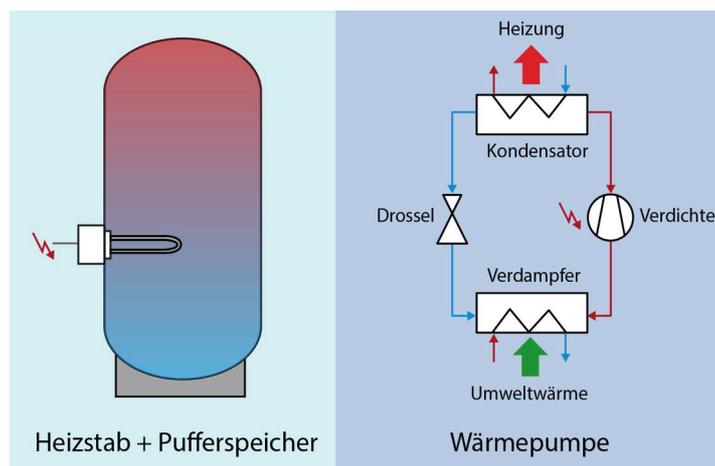
Invest

- 17 Mio. €, 3 - 4 Mio. € gefördert



Zeitliche und räumliche Begrenzung:
Saisonale Verfügbarkeit / Wärmesenken

Power-to-Heat - Heizstab vs. Wärmepumpe



- Sehr einfache Technologie
- Leicht nachrüstbar
- Kostengünstig
- Flexibel, stufenlos



- Höchste Effizienz (1→3-4)
- Maxim. CO₂-Einsparungen mit EE-Strom

- max. 100 % Wirkungsgrad (1 kWh Strom → 1 kWh)



- Höherer Preis
- Bautechnischer Aufwand
- Fixe Betriebszustände

Gasspeicher sind ausreichend vorhanden

Die Infrastruktur zum Energietransport ebenfalls

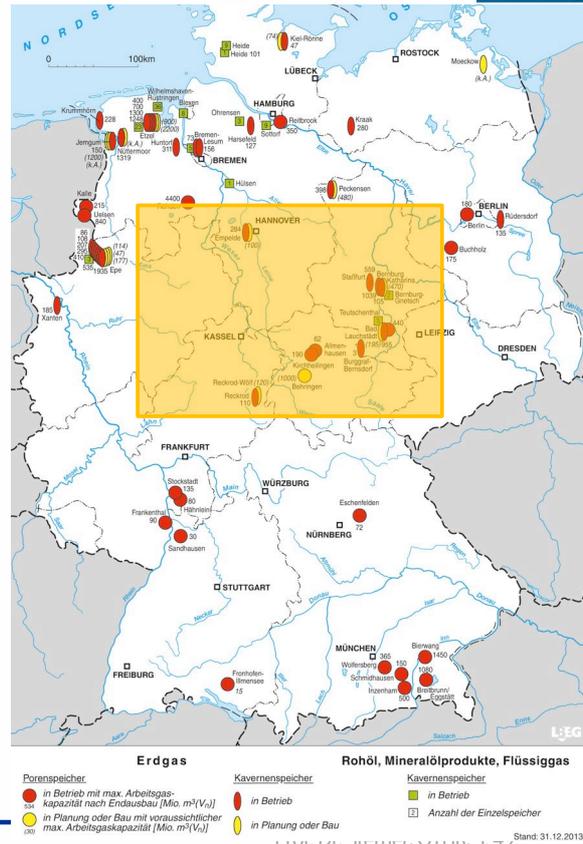
Transportkapazität:
438.000 km Gasleitungen vorhanden!

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

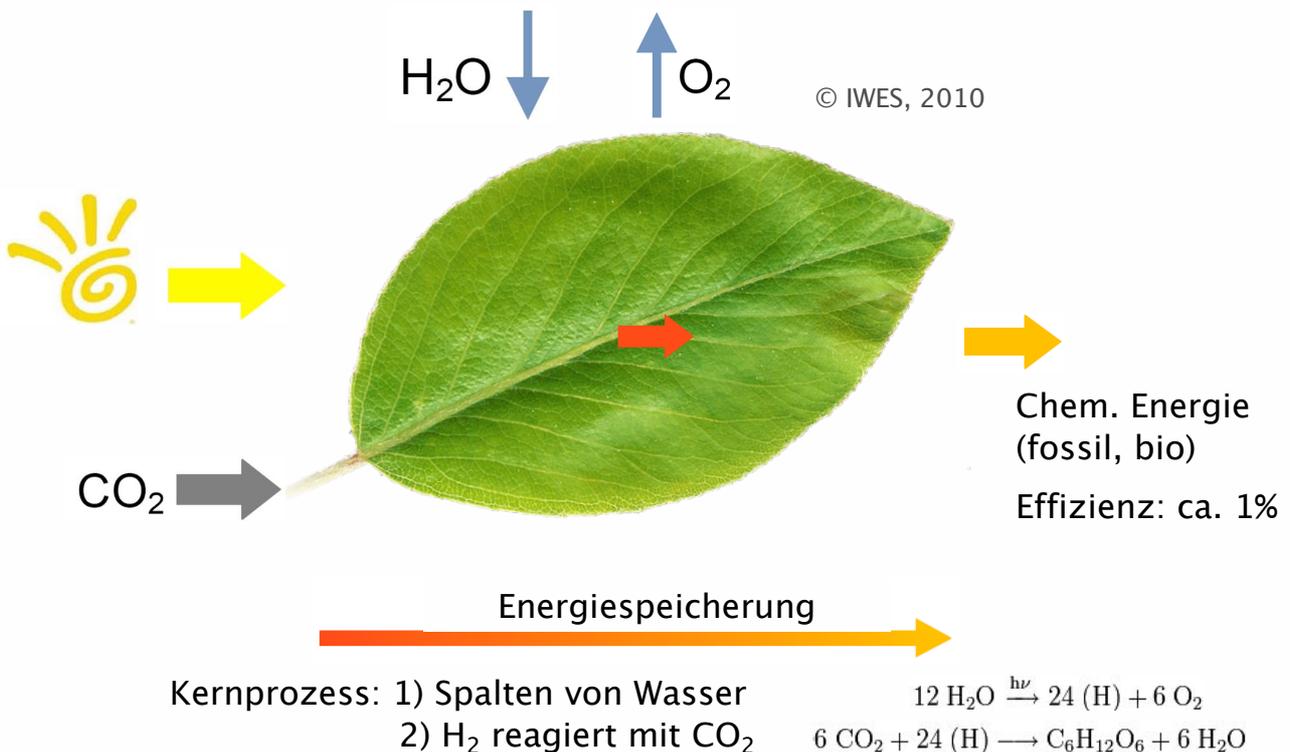
66 GW Gaskraftwerke
→ **3 Monate** Versorgung sichern

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



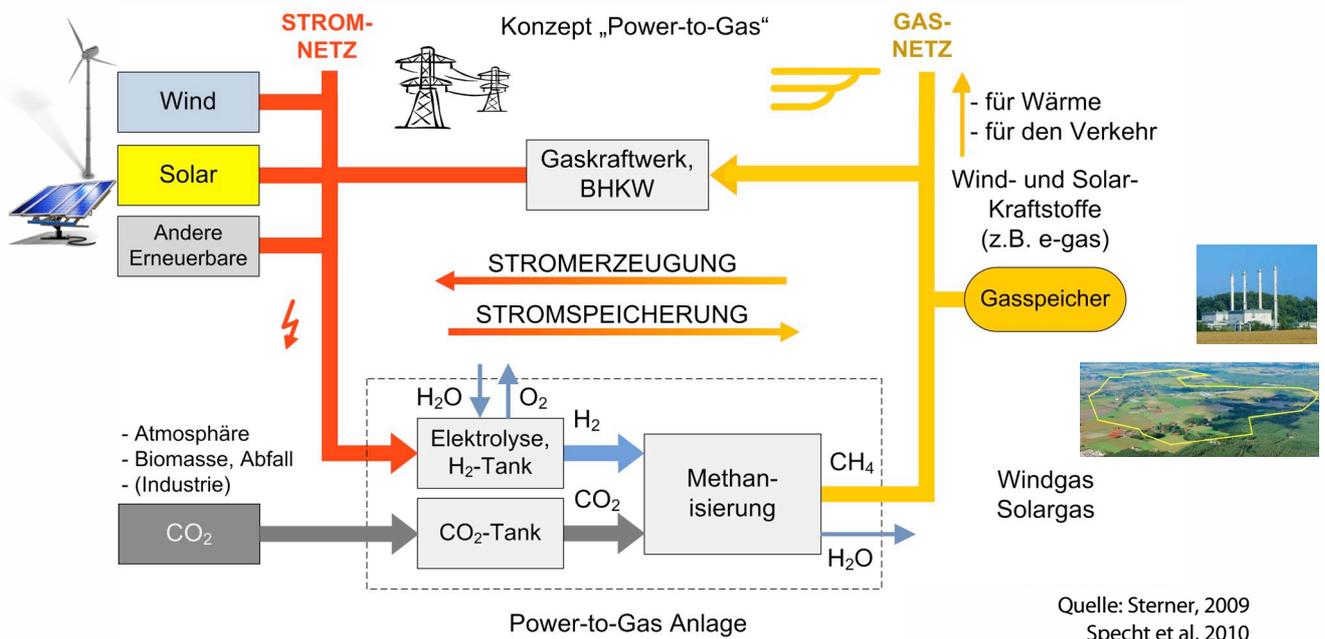
Quelle: FENES, Energy Brainpool, 2015

Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?



Power-to-Gas Das Original

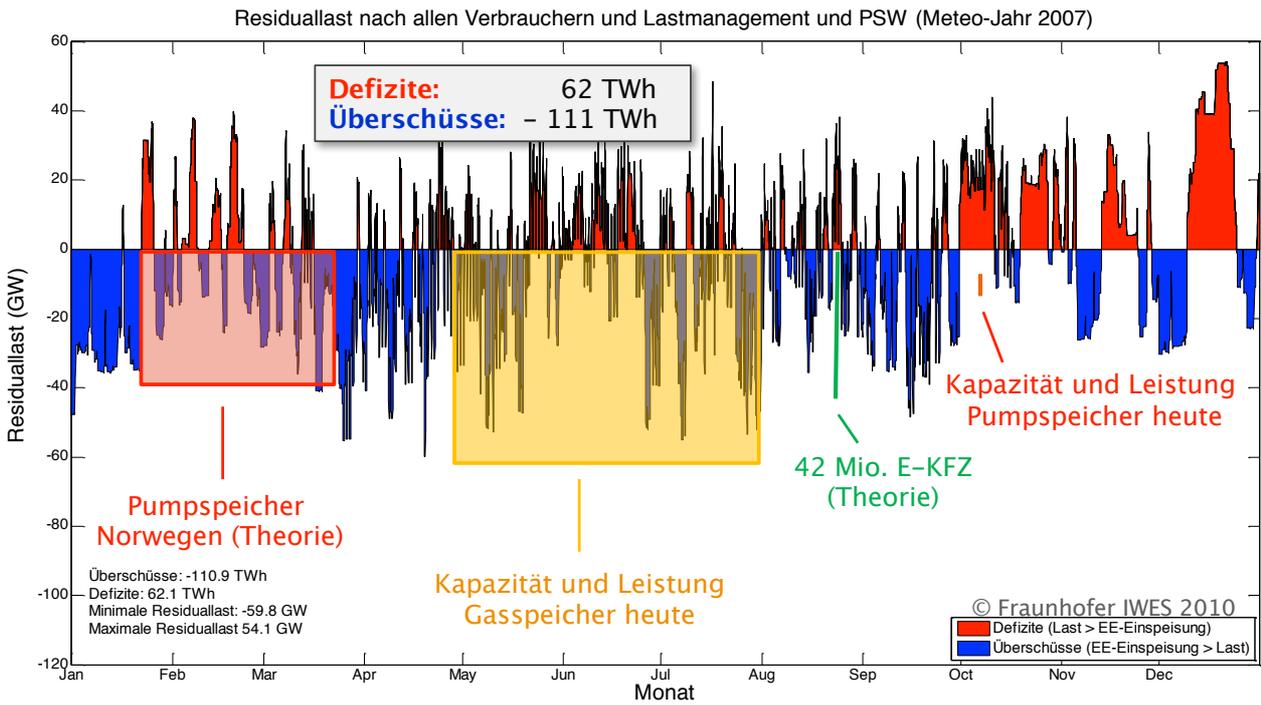
Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz → Technische Nachbildung der Photosynthese



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>

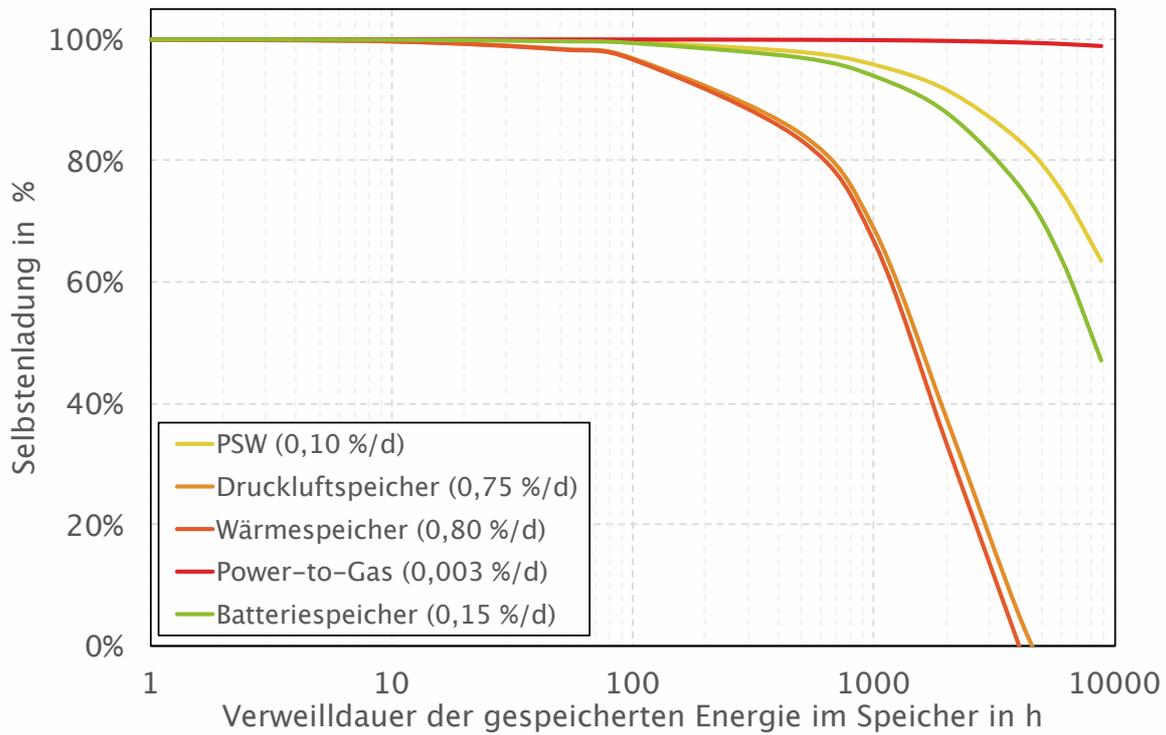
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 51

Bei hohen EE-Anteilen große Überschüsse trotz Netzausbau → PtG + Gaskraft notwendig



→ Gasspeicher können am Kostengünstigsten saisonal Energie verschieben

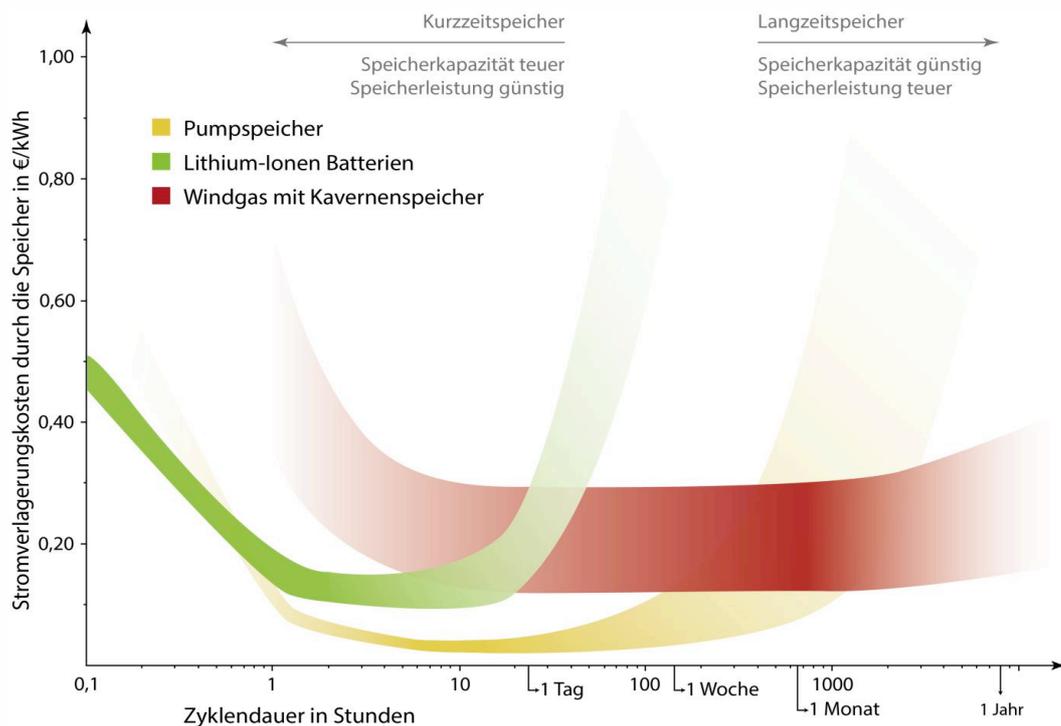
Gasspeicher halten die Energie viel länger als alle anderen → Vorteil für Langzeitspeicher



Quelle: Sterner, Eckert, BMBF, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 53

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



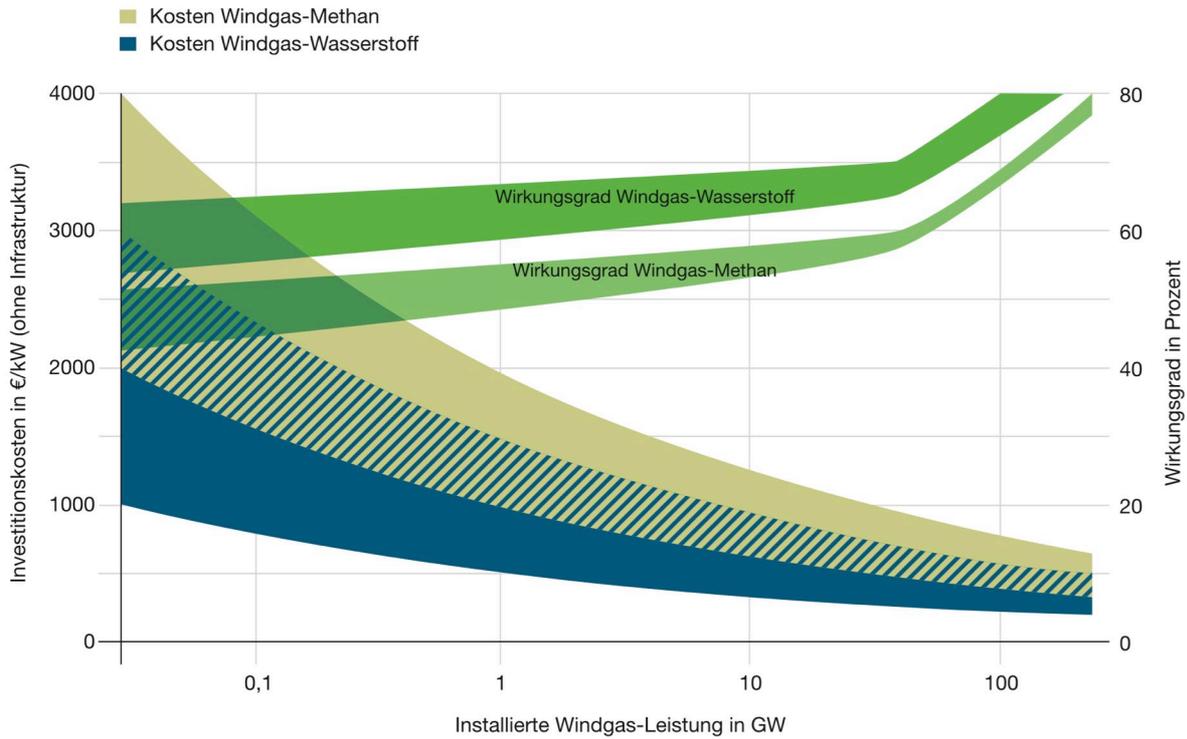
Quelle: Thema, Sterner, Greenpeace Energy, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 54

Effizienzsprünge und Kostensenkungen zu erwarten

Technologische Innovationen + Marktentwicklung sind Treiber

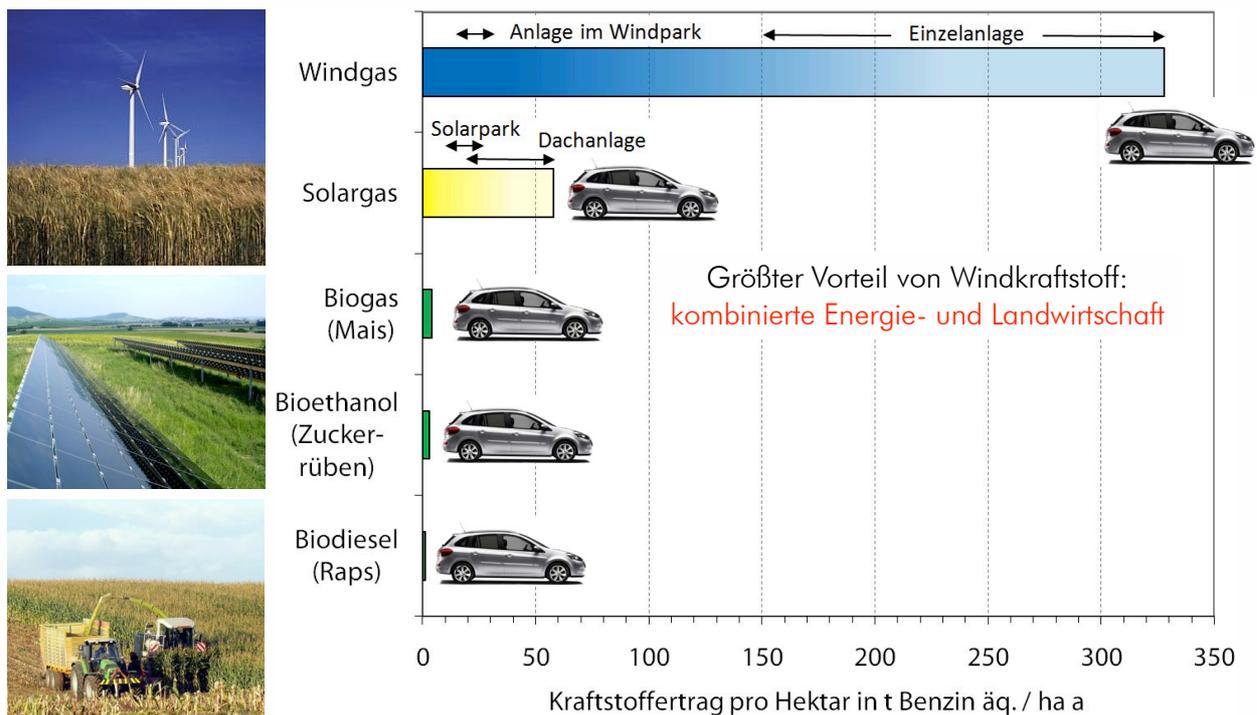
→ Nötig: Anschubfinanzierung, damit sich ein Markt etablieren kann



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 55

Herausforderung Mobilität: Kraftstoffe wie Gas aus Wind + Solar Ergänzung zu Elektromobilität und Biokraftstoffe



Quelle: IWES 2011, FNR 2011, DESTATIS 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 56

Über 30 Power-to-Gas Anlagen zeigen: es funktioniert! Audi, Thüga, E-On, RWE, Viessmann, Linde, Siemens, ...



Quelle: DVGW, 2013, Bildquellen: Audi AG, E-ON AG, Viessmann

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 57

Power-to-Gas Anlagen

Audi Anlage in Niedersachsen



E-On Anlage in Brandenburg



Elektrolyse



Methanisierung (MAN)

Viessmann Anlage in Hessen

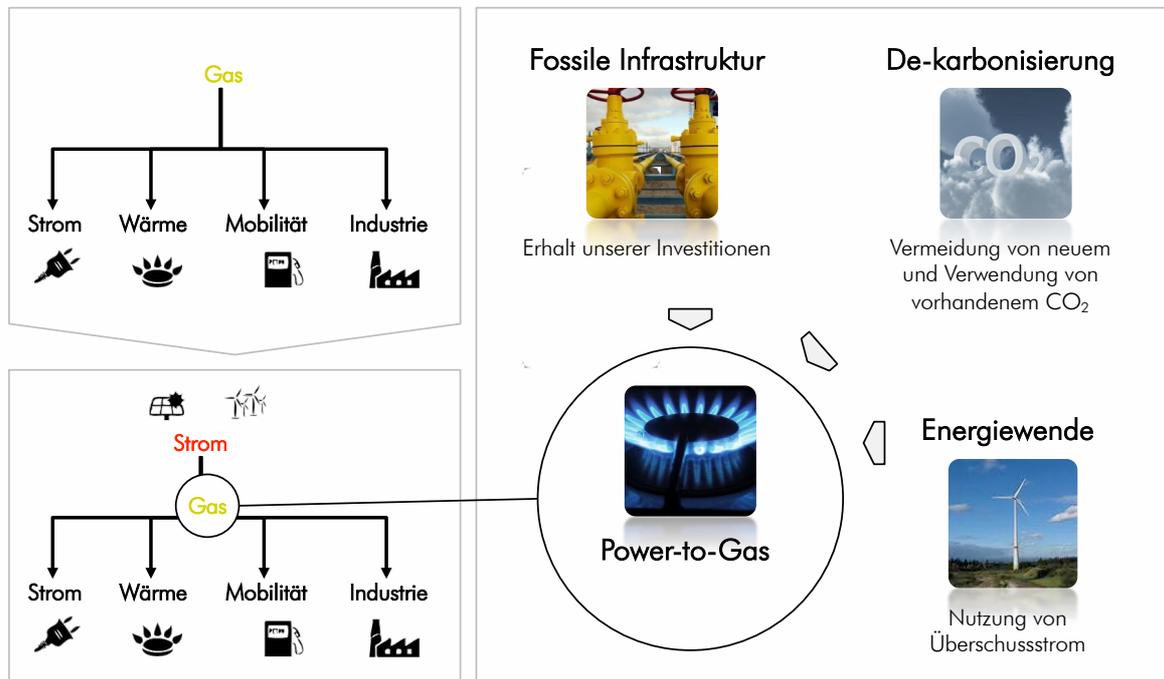


Quelle: E-On, Audi, Viessmann, 2012-14

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 58

Power-to-Gas: Bindeglied zwischen alter und neuer Welt

Pfaffenhofen hat die
besten Voraussetzungen,
ein Gesamtkonzept
umzusetzen



Quelle: Ostermeier, MAN, 2015

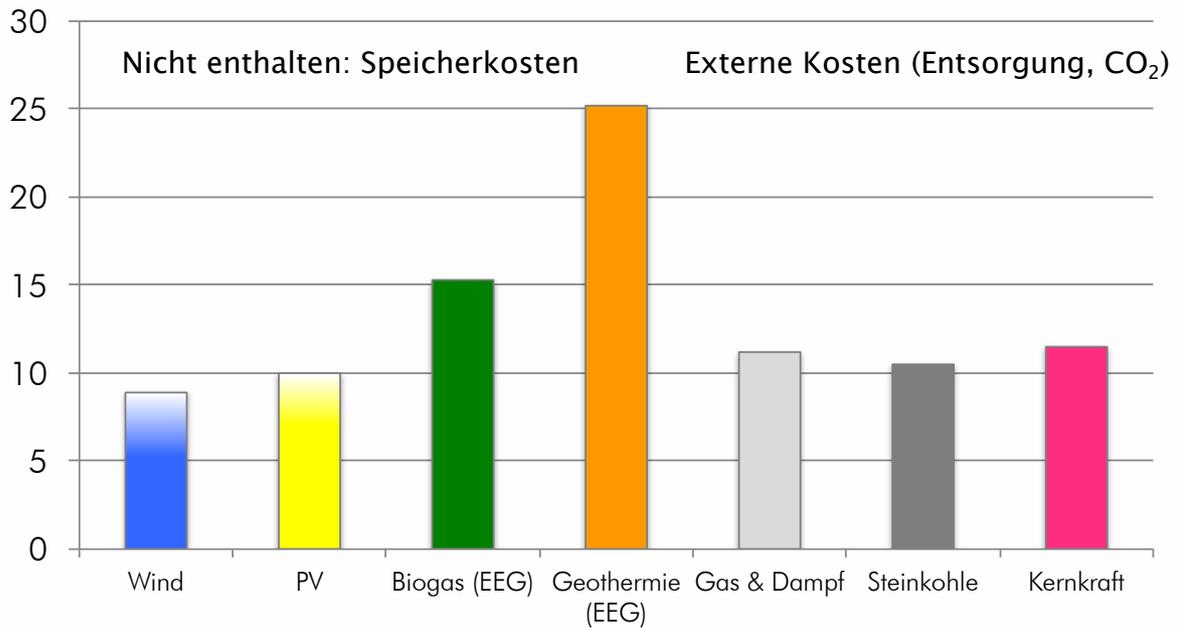
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 59

Inhalt

- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Stromtrassen
- 4) Speicher für Versorgungssicherheit
- 5) **Kosten der Energiewende**
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar

Mythos: „Ökostrom ist teuer“ Wind und Solar am Günstigsten

→ auch global Schalter umgelegt



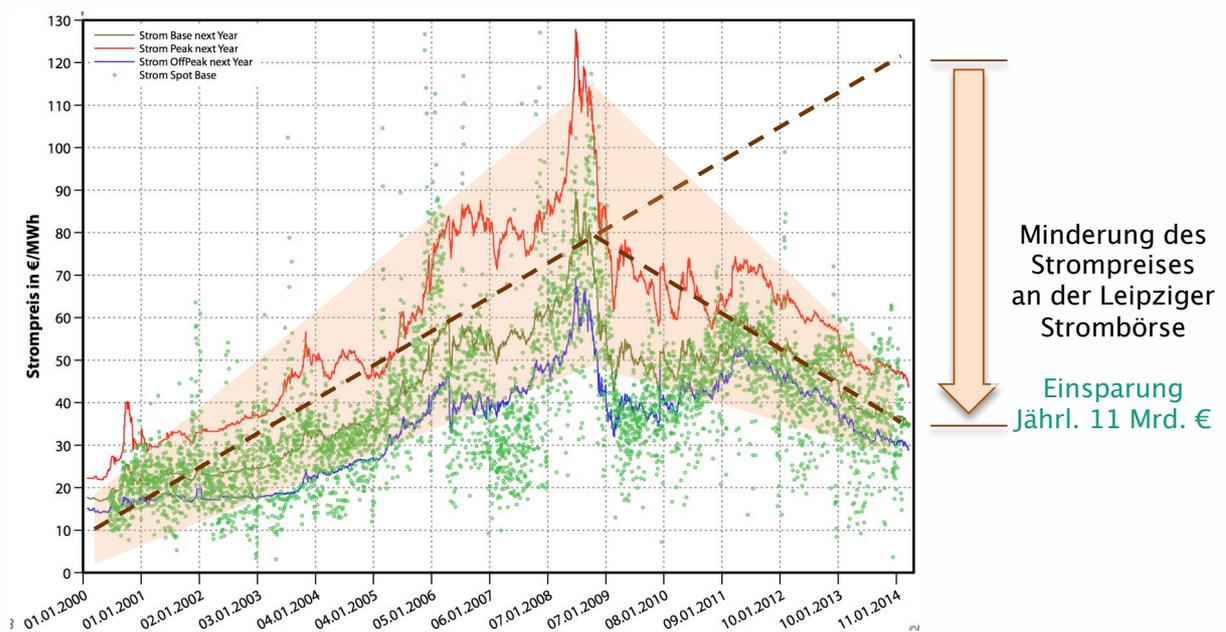
Gestehungskosten für neue Kraftwerke in cent / kWh 2013

Einspeisevergütung England neues AKW: 11,5 ct / kWh für 35 Jahre, inflationsbereinigt

Quelle: Agora 2013, mit Daten vom Energiewirtschaftlichen Institut zu Köln EWI 2011 - 2013, Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 61

Mythos: „Ökostrom ist teuer“

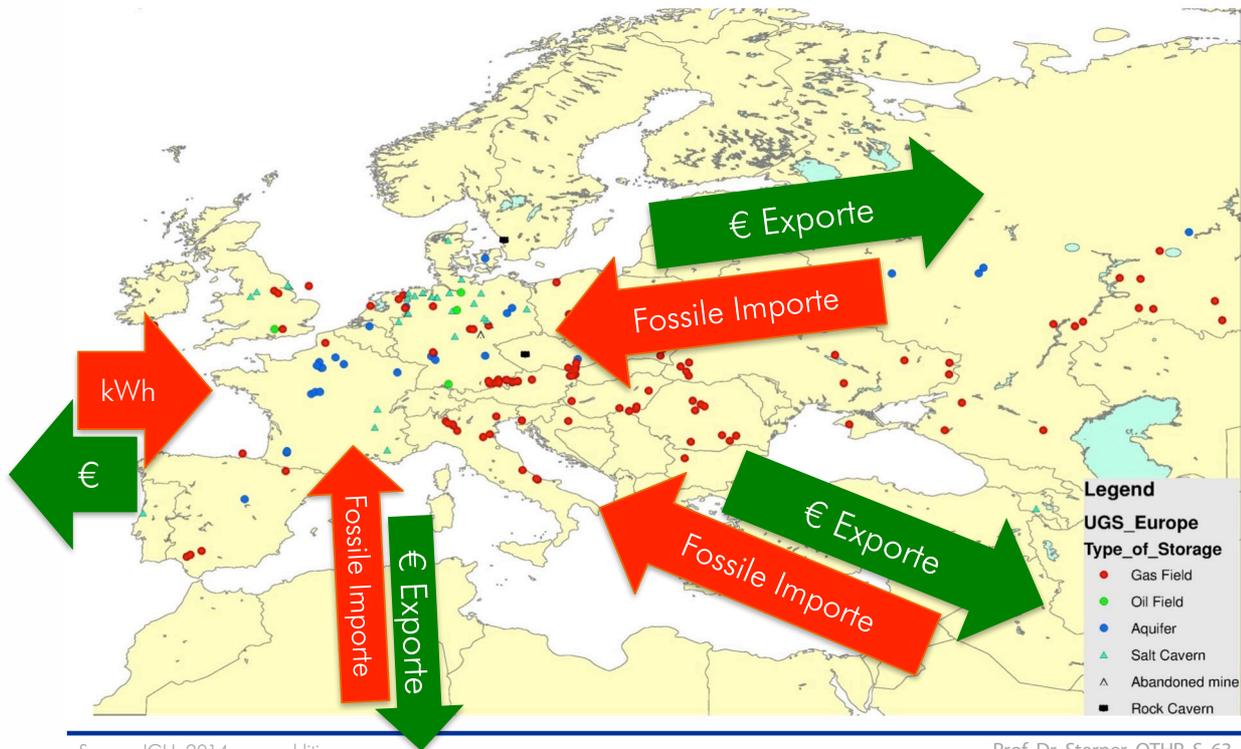
Industriestrompreis heute so günstig wie vor 10 Jahren



Tatsache: Energieintensive Industrie profitiert von EEG, zahlt aber kaum dafür
→ Quersubvent. Haushalte, GHD, „normale Ind.“ → energ.intens. Industrie

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

Reserven = Speicher = Versorgungssicherheit



Source: IGU, 2014, own additions

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 63

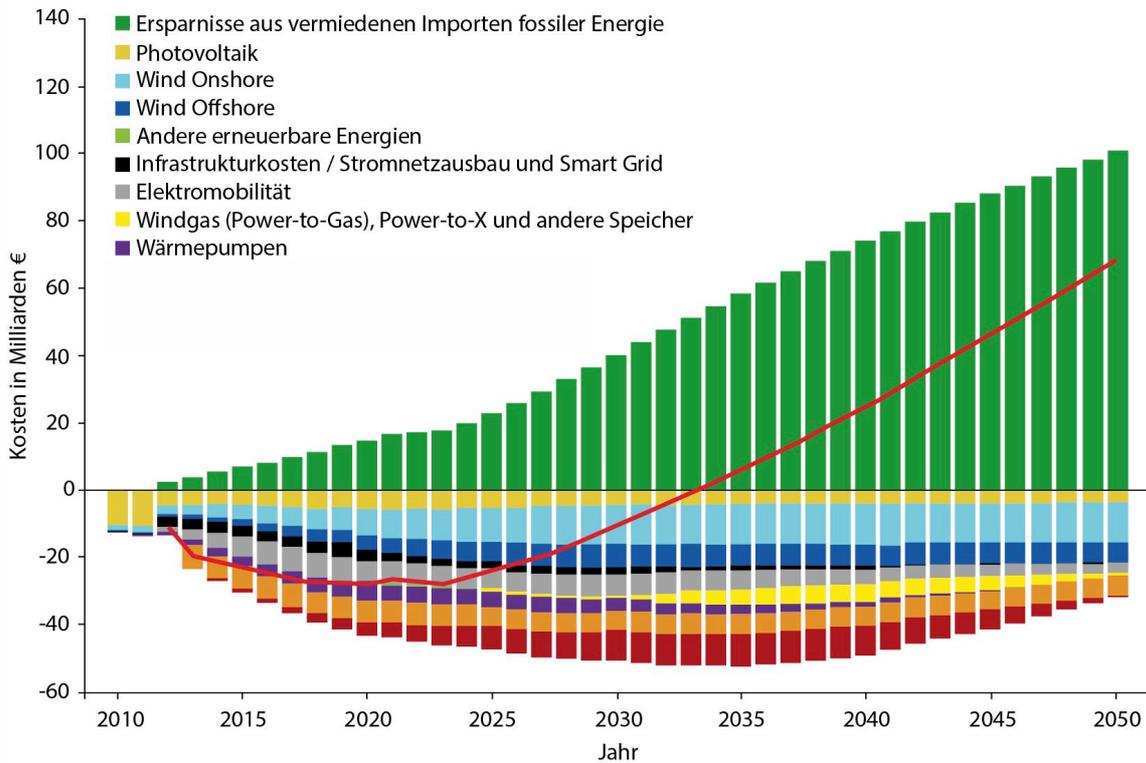
Deutschland importiert für
100 Milliarden €
Primärenergie jedes Jahr,
v. a. Kohle, Öl und Gas.

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. 65

Chance „regionale Energiewende“

Regionale Wertschöpfung durch regionale Versorgung



Geld bleibt in der Region und sichert Umsatz & Arbeitsplätze

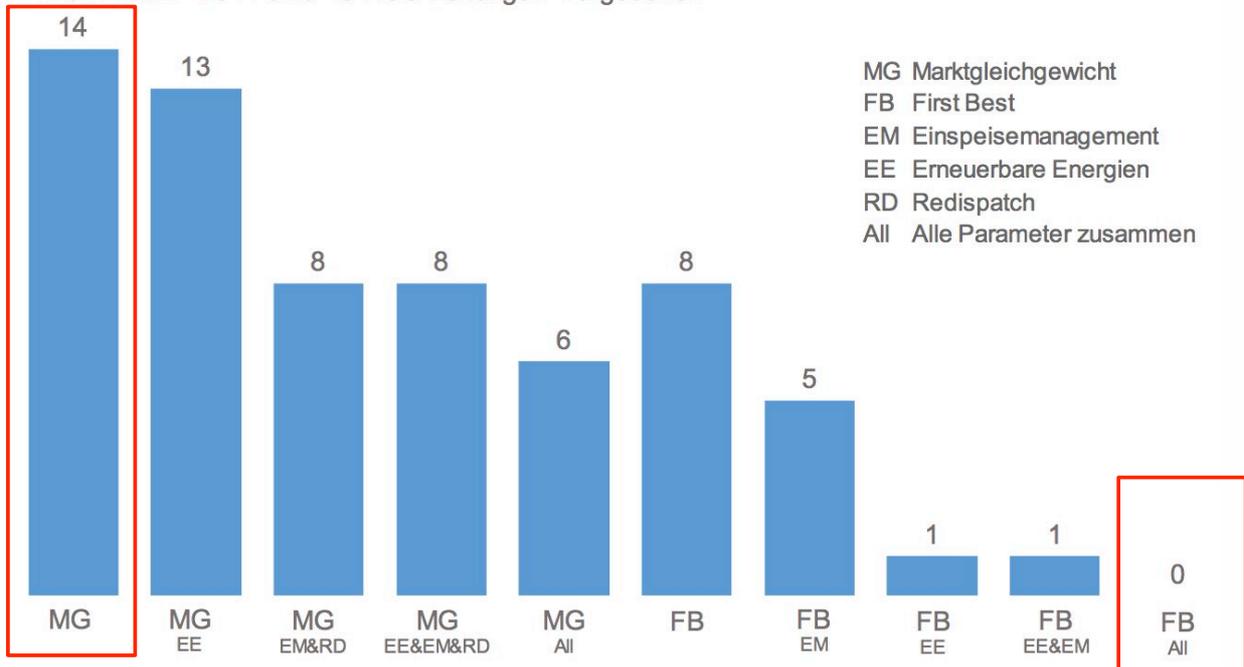
- Partizipation schafft Akzeptanz und Wohlstand
- Regionale Partner entscheidend!

Quelle: StadtwerkeUnion Nordhessen, 2011

Durch andere EE-Verteilung, Regionalmärkte, Redispatch, EinsMan, flex. KWK und zusätzliche Lasten (PtH und PtG im Norden) lassen sich langfristig (2035) deutlich Stromtrassen einsparen



Info: Im NEP 2014 sind 15 HGÜ-Leitungen vorgesehen

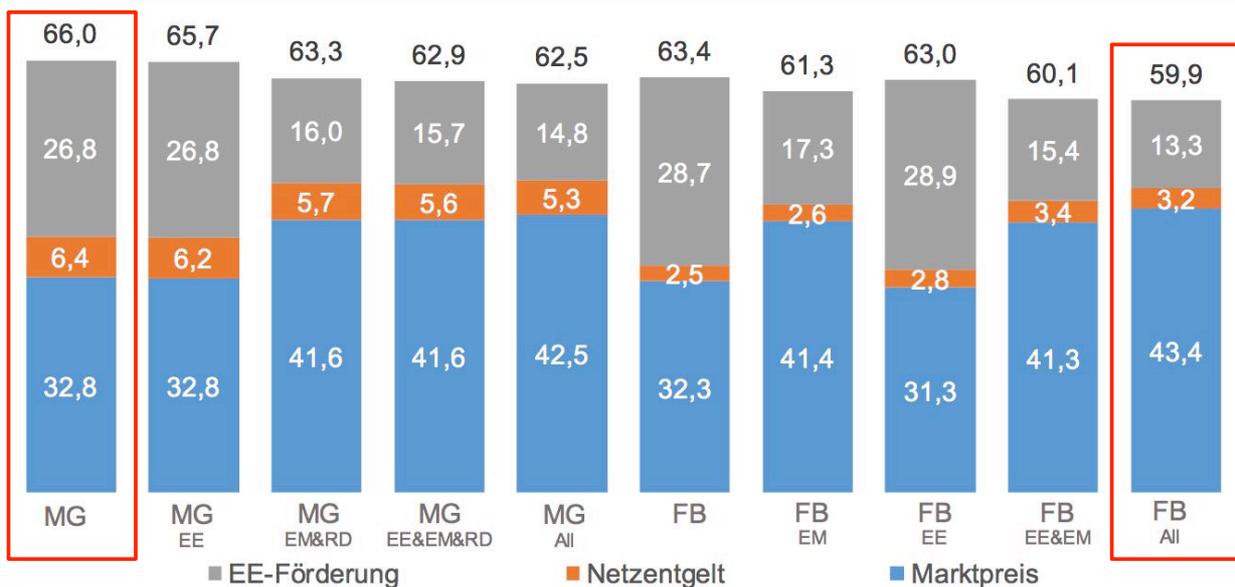


Quelle: Prognos, FAU, ECN 2016 – Dezentralität und zellulare Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 67

Regionalszenario am Kostengünstigsten & EE-Förderung minimal

Preisbestandteile für Endkunden in ausgewählten Szenarien aus Erzeugung und Übertragungsnetz in Euro/MWh



MG Marktgleichgewicht
EE Erneuerbare Energien

FB First Best
RD Redispatch

EM Einspeisemanagement
All Alle Parameter zusammen

Quelle: Prognos, FAU, ECN 2016 – Dezentralität und zellulare Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 68



Quelle: Nordgröön GmbH, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 69

Inhalt

- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Stromtrassen
- 4) Speicher für Versorgungssicherheit
- 5) Kosten der Energiewende
- 6) **Energiewende ist sinnvoll und machbar**

Vom Ende her denken + Wege öffnen



- **Energiewende ist notwendig**
 - Klimaschutz ist Überlebensfrage für die Menschheit
 - Regionale Umsetzung und Beteiligung schafft Akzeptanz
- **Energiewende ist technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll**
 - Wind + Solar günstigste Quellen, Ausgleich u. a. durch Netze & Speicher
 - Wärme- und Verkehrswende angehen – Energieeffizienz umsetzen
 - Speicherproblem ist gelöst – Umsetzung nur eine Frage der politischen Gestaltung
- **Chancen für Kommunen**
 - Regionale Wertschöpfung schafft Arbeit und Wohlstand
 - Nutzung heimischer Ressourcen sichert Zukunft kommender Generationen
- **Politische Rahmenbedingungen sind zu setzen**
 - Klimapolitik: CO₂ adäquat bepreisen
 - Energiepolitik: Heimische Nutzung erneuerbarer Energien ermöglichen, nicht blockieren, regionale Energiemärkte zulassen

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 71



Energiewende
geht nicht ohne
Bewusstseinswende

Pack ma's a! Wir schaffen das, wenn wir wollen!



„Es erscheint immer unmöglich,
bis man es gemacht hat.“

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 73

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



FORSCHUNGSSTELLE FÜR
ENERGIENETZE UND ENERGIESPEICHER

Vielen Dank

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 74