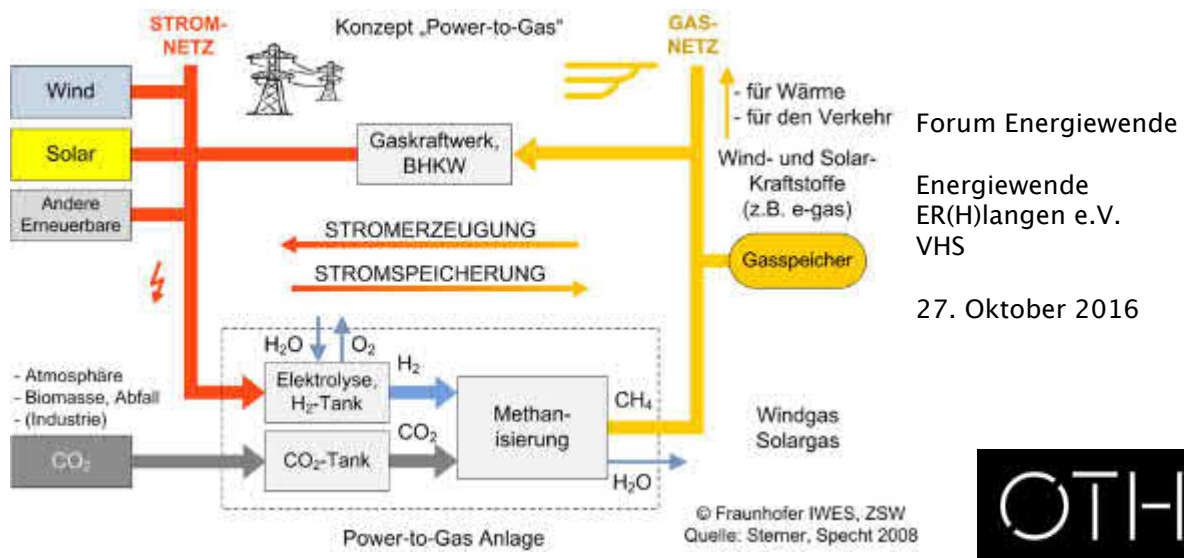


Die Energiewende im Einfluss der Politik: Wo stehen wir in Bayern? Wie schaffen wir die Wende?

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

Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher FENES, OTH Regensburg



Forum Energiewende

Energiewende
ER(H)langen e.V.
VHS

27. Oktober 2016

Inhalt



- 1) Klimaschutz als Überlebensfrage
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Netze und Speicher für Versorgungssicherheit
- 4) Power-to-Gas – Multiplayer in der Gasinfrastruktur
- 5) Kosten der Energiewende – Es zahlt sich aus
- 6) Energiewende ist sinnvoll und machbar

Zeit zu handeln...



Quelle: Mester, 2015

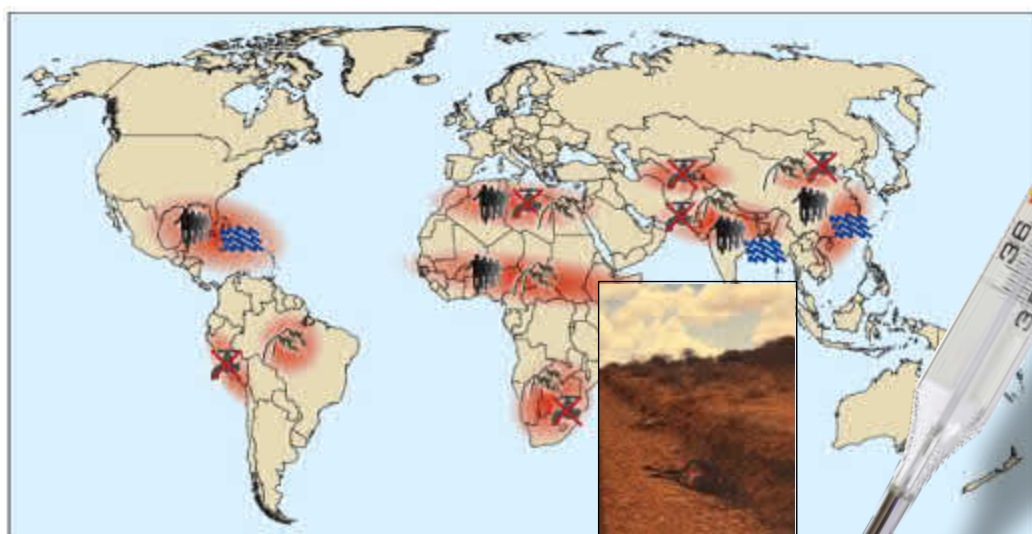
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 3

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



Klimabedingte Zunahme von Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte Migration



Brennpunkt

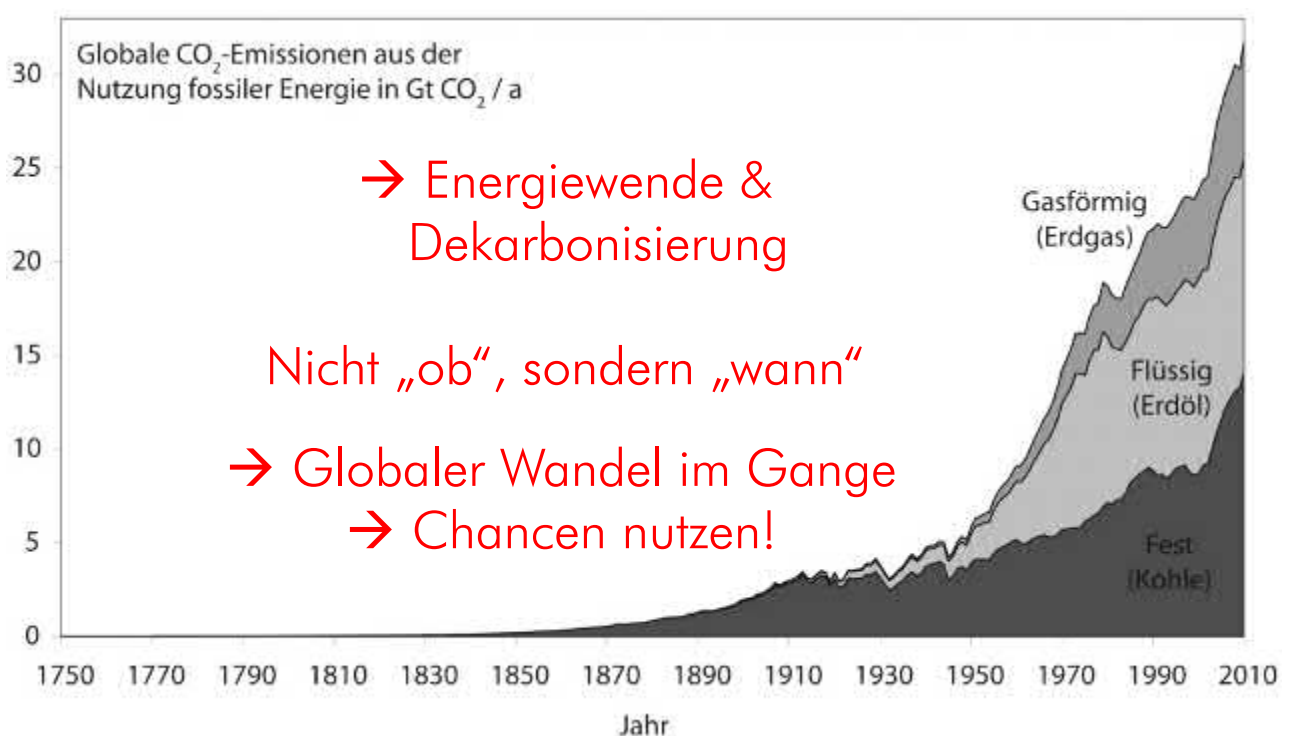
Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen



Quelle: Getty Images, Autobahnkreuz Deggendorf 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 5

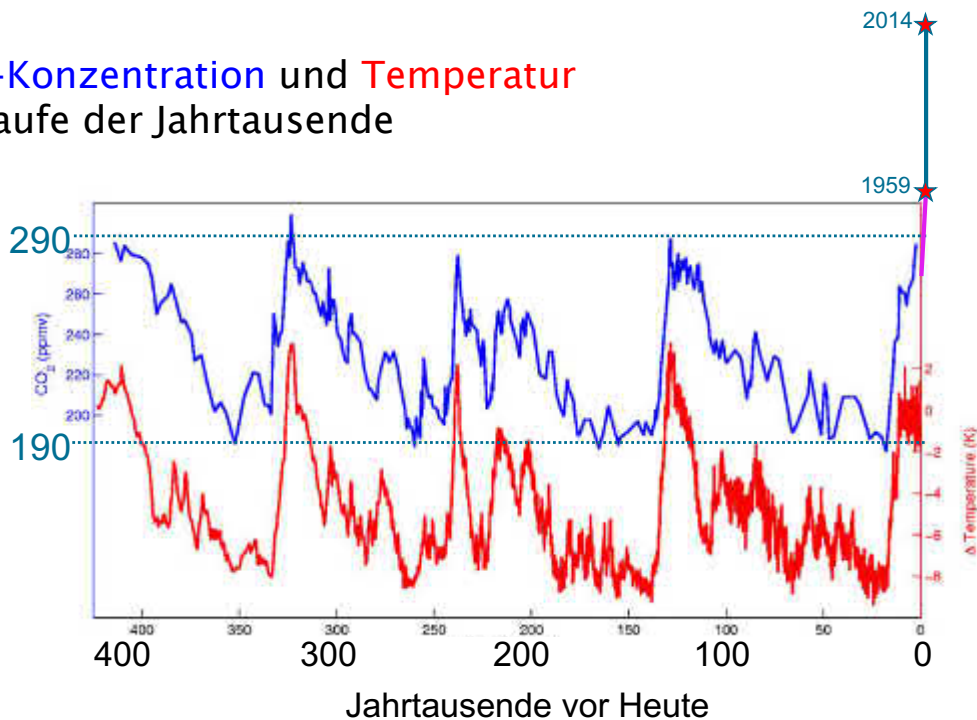
Dekarbonisierung = Ausstieg aus fossiler Energie
Energiebedingte Emissionen zw. 1750 und 2010



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 6

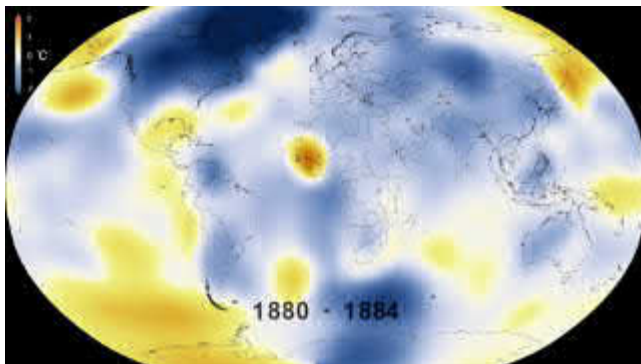
CO₂-Konzentration und Temperatur im Laufe der Jahrtausende



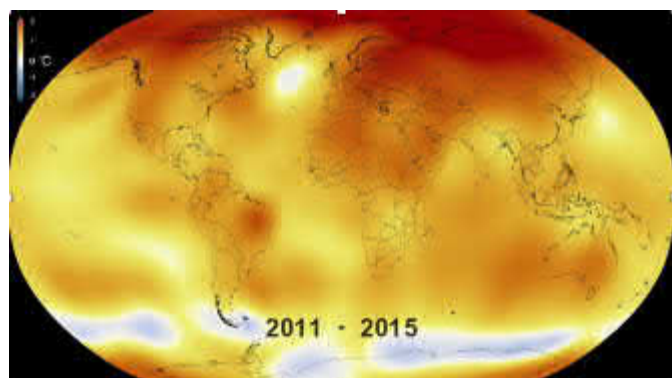
Quelle: nach Petit et al. 1999

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 7

Extrem-Wetter-Ereignisse werden häufiger Globale Temperatur-Anomalien zw. 1880 und heute



Download: <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4419>



Quelle: NASA Climate Change, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 8

Energiewende = Stromwende + Wärmewende + Mobilitätswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 9

1. Schritt: Energieeffizienz = Energie sparen & besser nutzen
Maßnahmen für **Strom**, **Wärme**, **Verkehr**

Stand-By Verluste
reduzieren

Sanierungstiefe &
Sanierungsrate steigern

Effizientere Antriebe
Alternative Kraftstoffe

Neue Effizienz-
standards

Gebäudestandards
weiterentwickeln

Güter verlagern auf
Schiene und Schiff

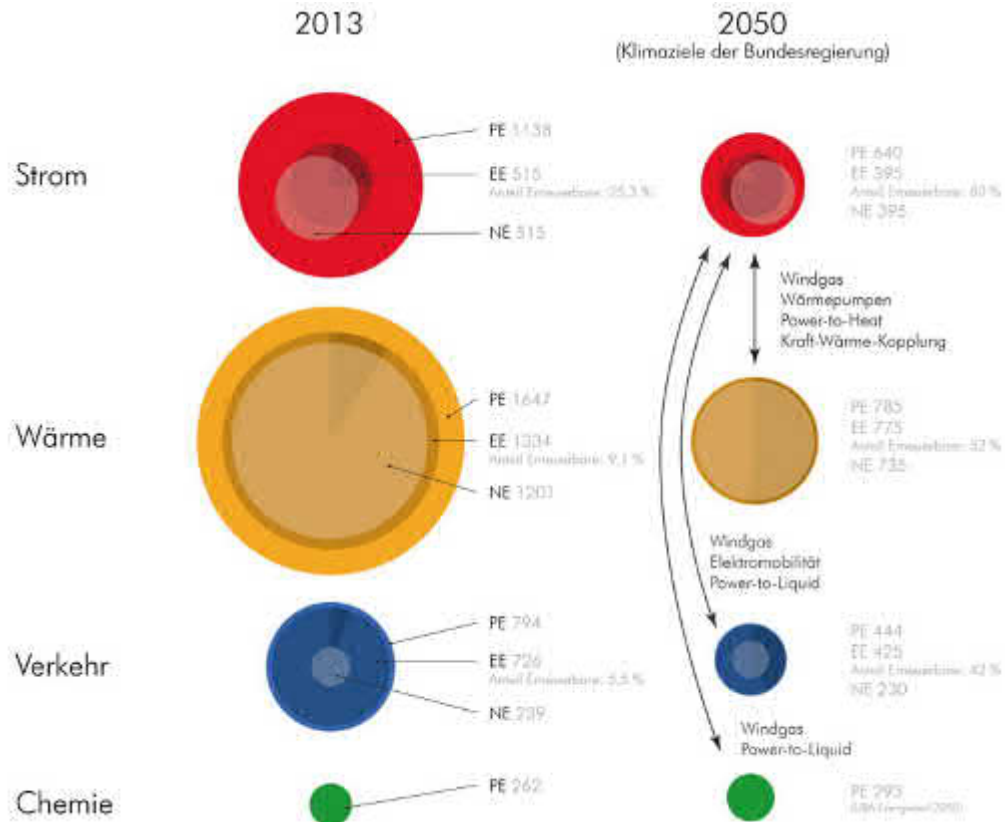
Neue Leucht-
technologien

Rechtliche Richtlinien zur
Effizienz fortschreiben

Intermodalität stärken



Erneuerbarer Strom wird zur Primärenergie für alle Sektoren



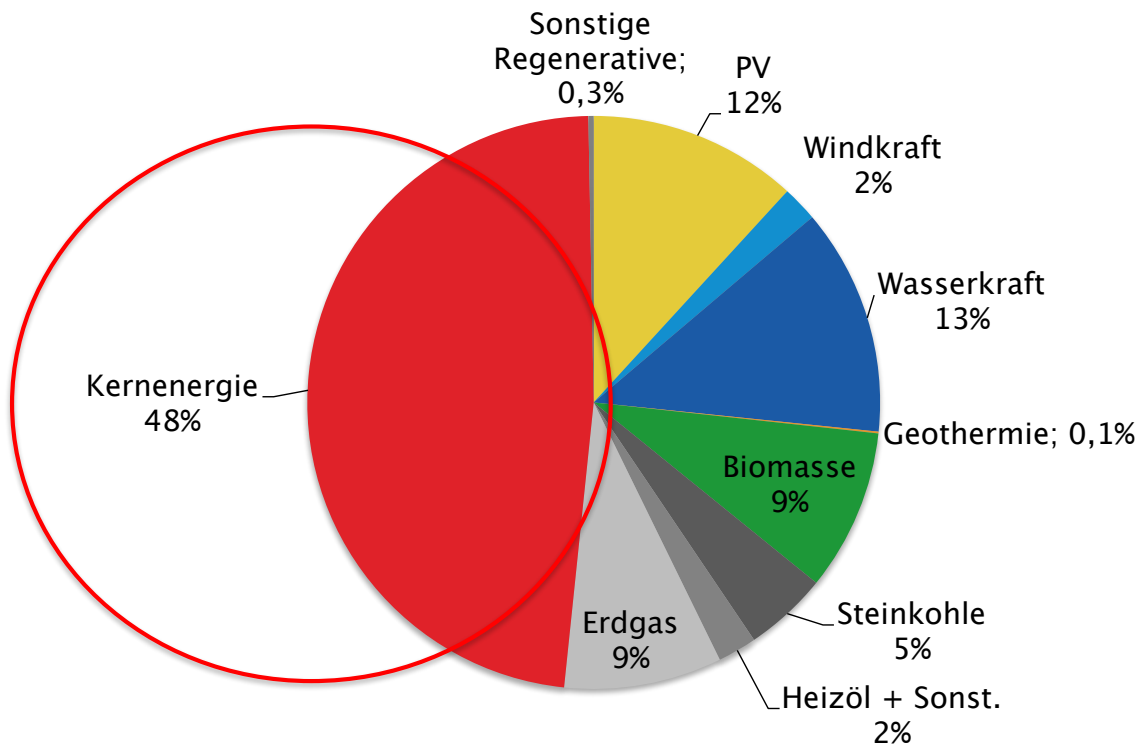
Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 11

Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig





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



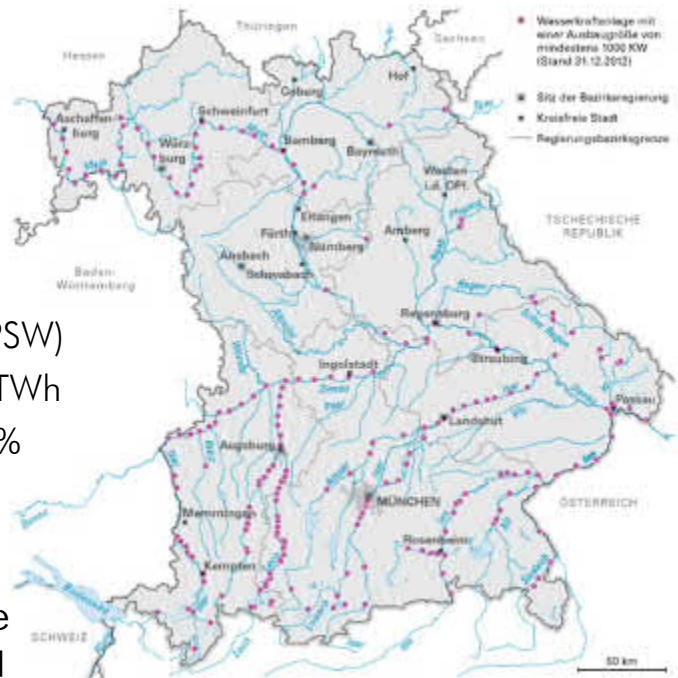
3. **Gespeicherte Energie** importieren und verstromen



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 %

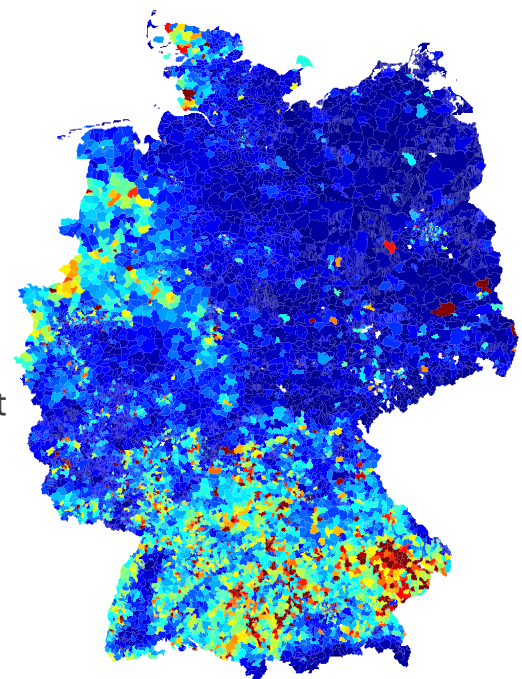
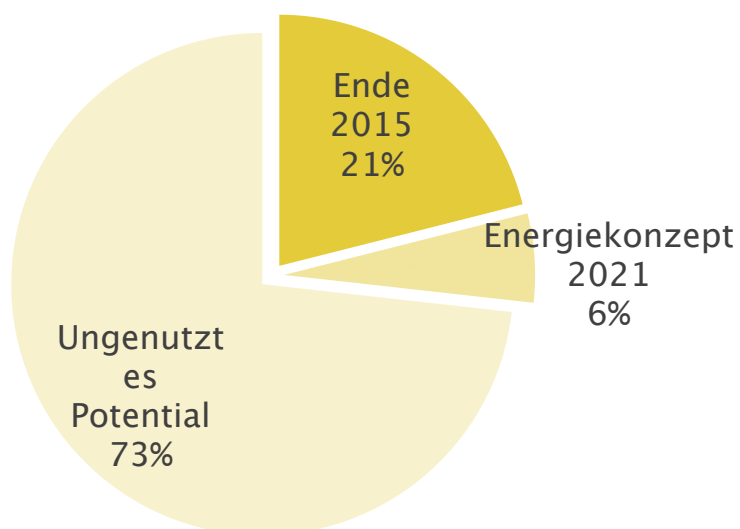


→ Kleinwasserkraft Potenziale
auch regional erschließen!

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



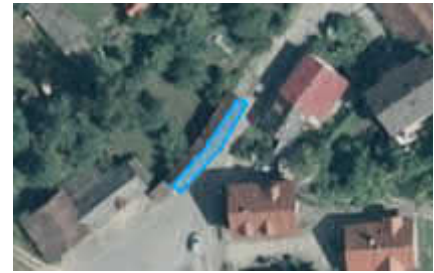
Verteilung der installierten Photovoltaik
Leistung in Deutschland (2010)

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, OTH, S. 17

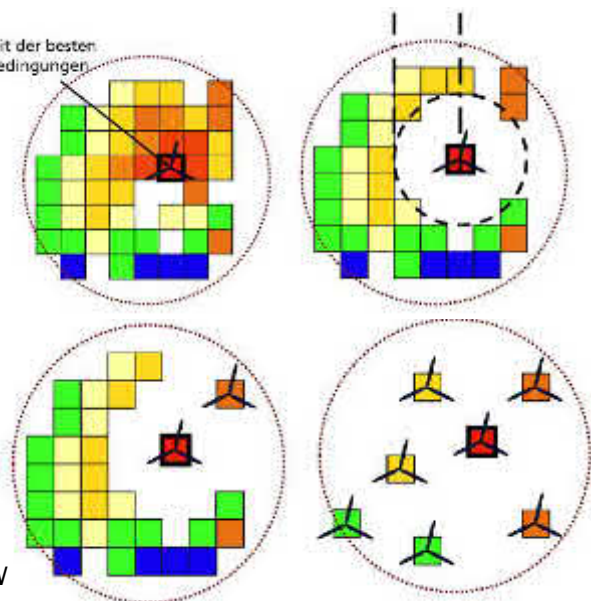
Technisches Potential von Wind an Land in Deutschland

Methodik – Anlagenplatzierung und Flächenauswahl

■ Platzierung der Windenergieanlagen (WEA):

1. Platzierung bei 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

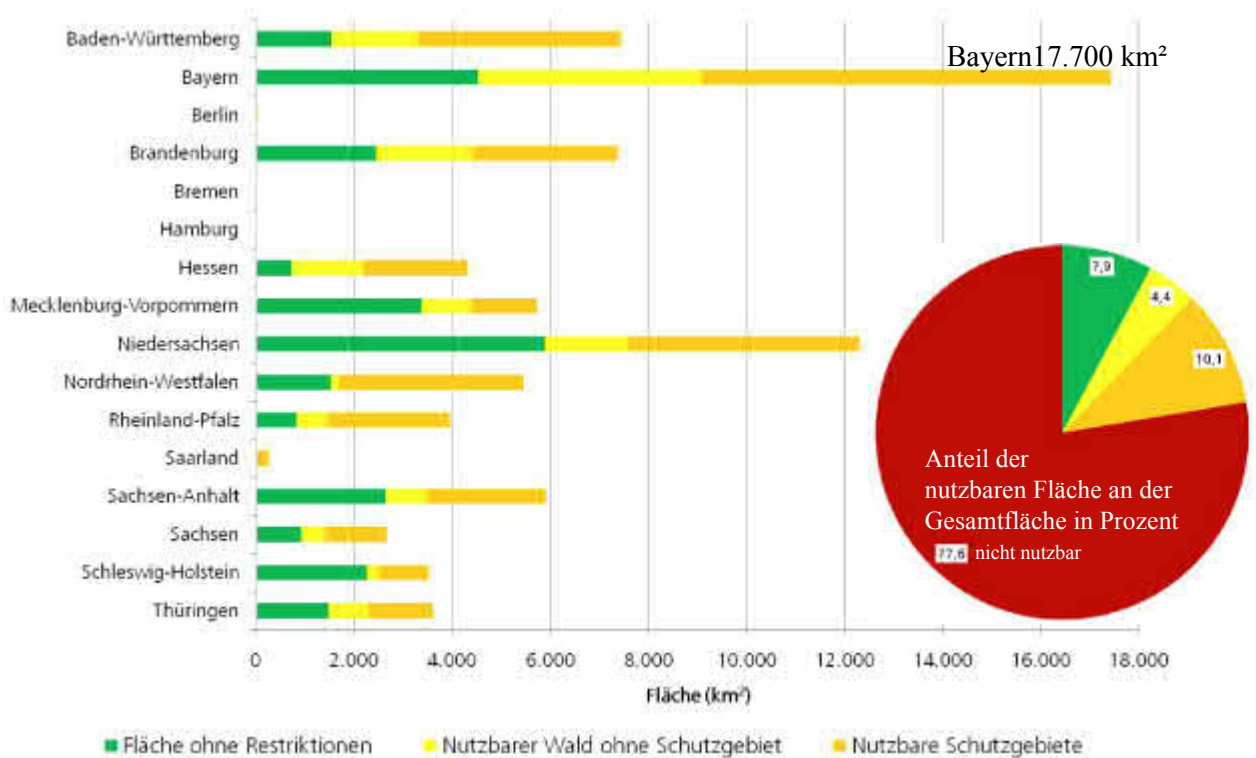
Pixel mit der besten Windbedingungen



■ Ertragserrechnung

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%;

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

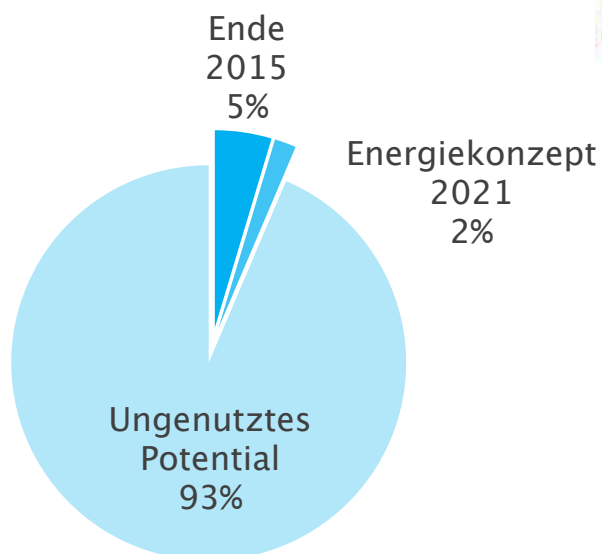


Quelle: IWES, 2011

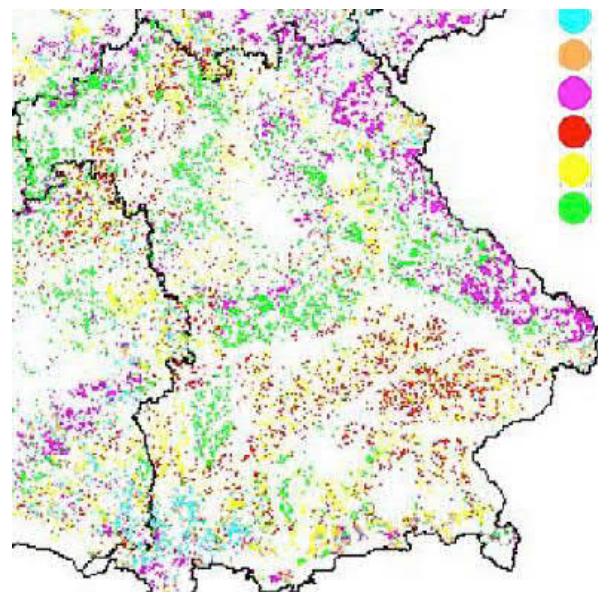
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 19

Technisches Potential Windkraft

- 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



Quelle: <https://www.wind-energie.de/verband/landes-und-regionalverbaende/bayern>, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 20

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: Landschaftsverändelung, Bienen, Stromversickerung, Wald, Investitionsruinen



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 21

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

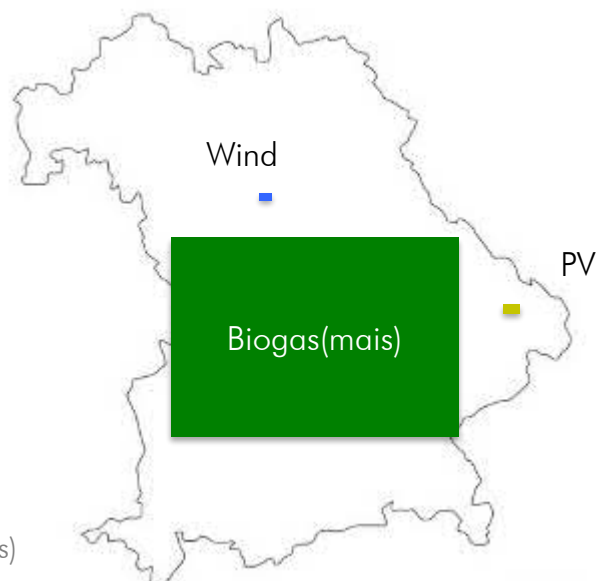
- Ertrag: 20 MWh / ha (Biomethan-Mais)
- Bedarf: 2,15 Mio. ha

■ 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. 22

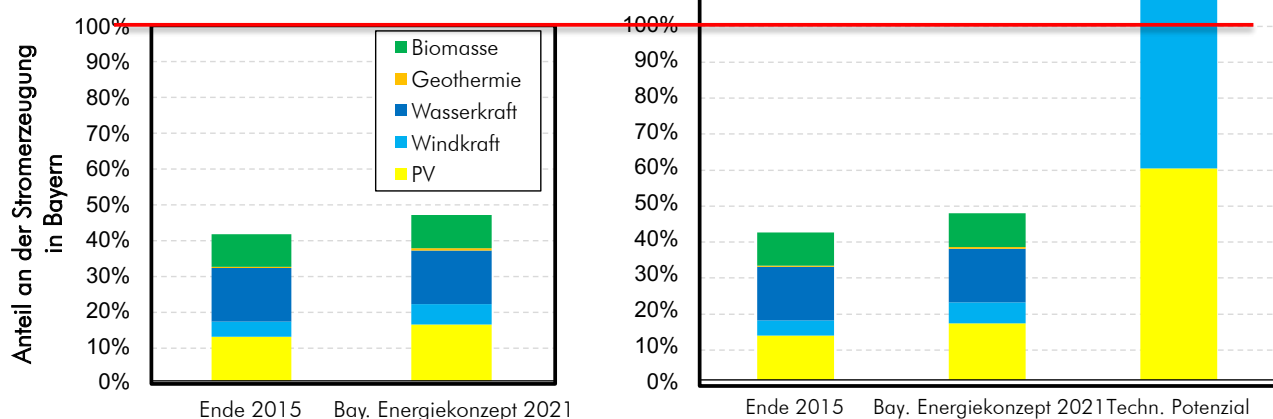
Wir hätten genügend heimische Ressourcen in Bayern

Erneuerbarer Anteil an der Stromversorgungs

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. 23

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**

Mythos: Kein Potenzial an Bioenergie mehr vorhanden

Privatwald viel ungenutzt

Großes Potenzial in Wald-Wild-Gleichgewicht

„Nachwachsender“ Rohstoff Holz:

- Natürlich → Naturverjüngung
fast kostenlos bis auf Waldpflege
- Künstlich → Anpflanzung
Kosten: ca. 10 000 € / ha
(2000 – 7000 Pflanzen, 400 m Zaun)



Vorteile eines Gleichgewichts von Wild & Wald:

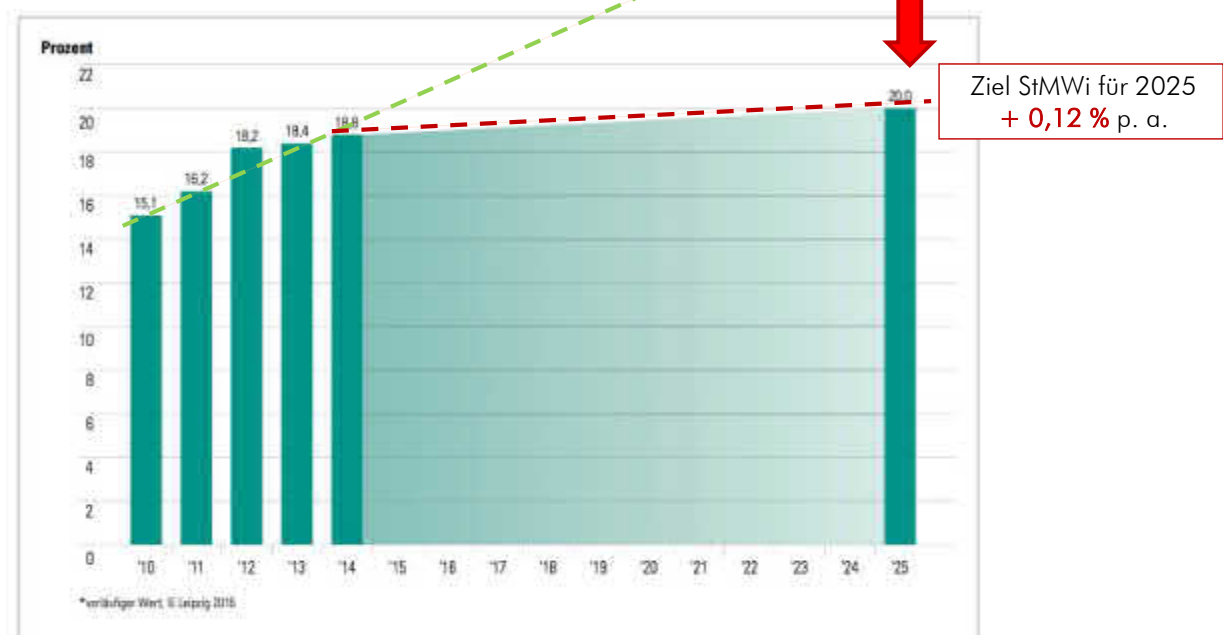
- Mehr Ertrag, mehr Energie (kürzere Umtriebszeiten)
- Mehr kostenloser Klimaschutz (CO₂-Bindung)
- Robustere Wälder gegen Klimawandel
- Mehr kostenloser Hochwasserschutz
- Mehr Biodiversität, Mehr Humus- und Nährstoffaufbau
- Weniger Wildunfälle (LK Passau: 45 %), Besserer Schutz für Tiere
- Geringere Personen- und Sachschaden



Quellen: LWF Wissen 49, 2007, Hothorn et al., 2012 (LMU), StMELF, 2009-12, Carmen e. V., 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 25

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
→ Demotivation junger Menschen vermeiden



Grafik 2.1 | Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch

Gesamte Energiewende: Strom, Wärme, Verkehr

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



- Teil EnergieeffizienzBonus

Energieeffizienz-Niveau – angestrebter Heizwärmebedarf	EnergieeffizienzBonus
3 - Liter-Haus: Heizwärmebedarf $\leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	4.500 €
1,5 - Liter-Haus: Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	9.000 €



Quelle: Wirtschaftsministerium Bayern, 2015

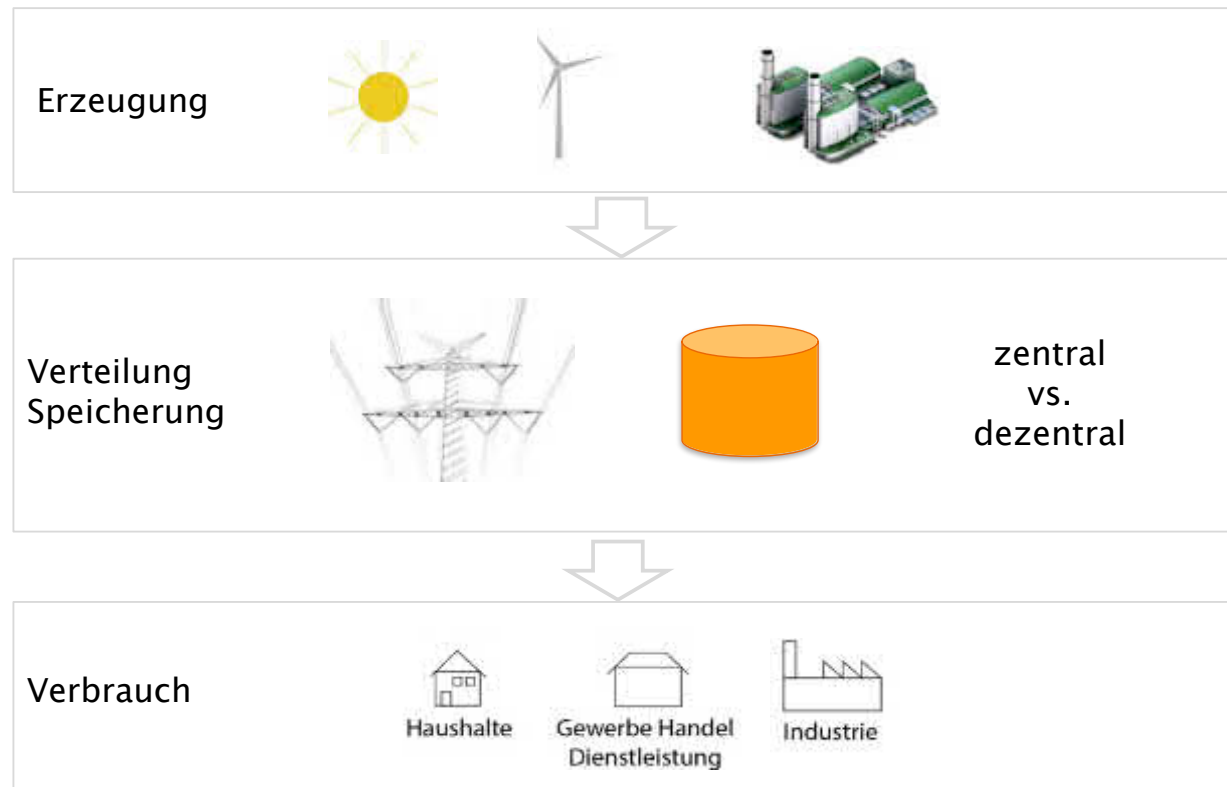
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 27

Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig
- Bayern hat das Potenzial, sich ausreichend zu versorgen
- Politik: eher „Hobbysicherung“ statt „Existenzsicherung“



Gesamtbild: Wir brauchen Netze und Speicher



Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 29

Wer ist langfristig der flexibelste Partner für Wind + Solar?



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 30

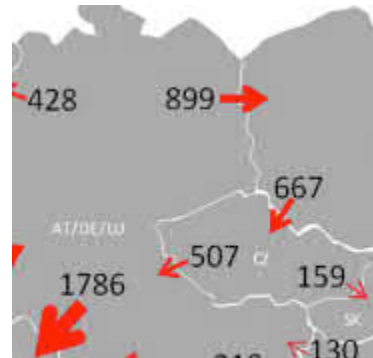
Fehlende Stromtrassen → Netzengpässe → Handel beschränkt



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. 31

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)

Paradigma „Netzausbau günstigste Option“ noch gültig?

Verkabelung

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



+ 15 Mrd.



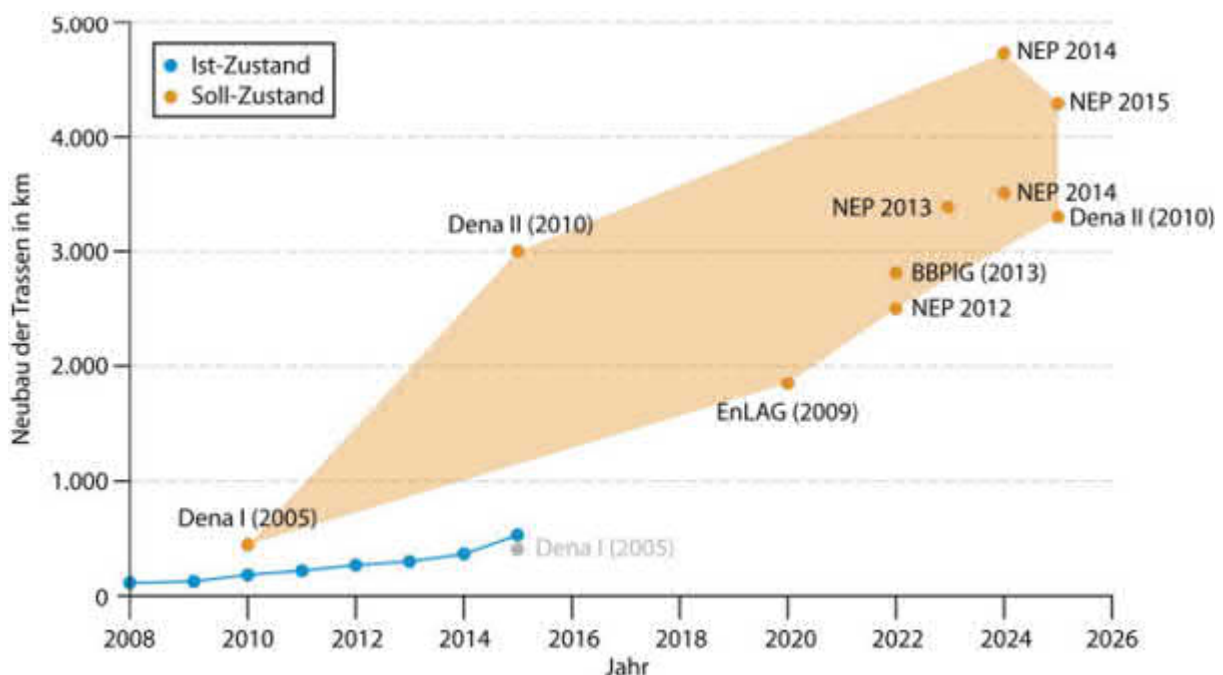
Weiter stockender Netzausbau:

Mehrkosten Redispatch: 2016: ? Mrd. €

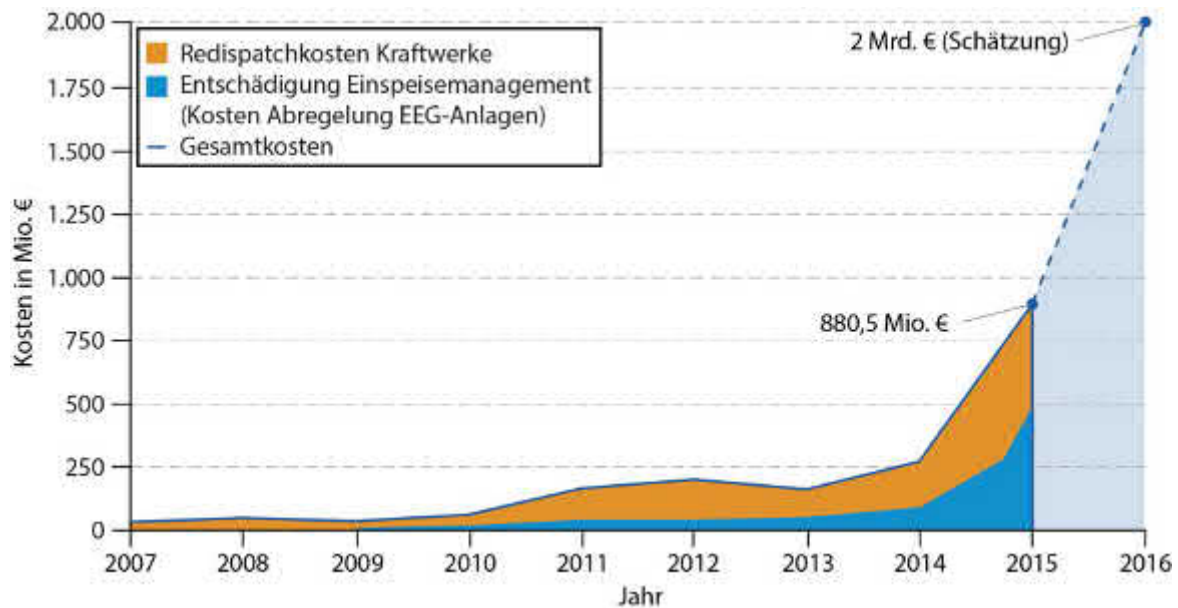
→ **Speicher** als Lösungsoption **zulassen!**

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 33

Gegenüberstellung des geplanten Netzausbaus und der bis dato umgesetzten Trassenkilometer



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



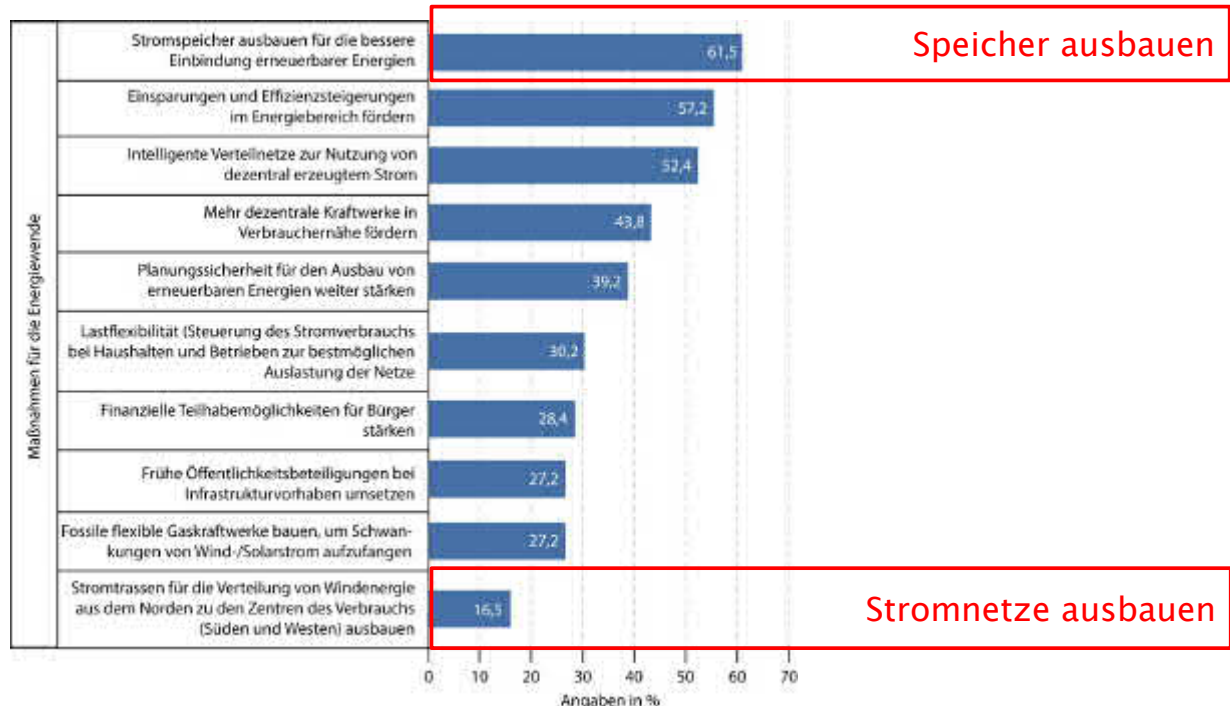
+ zzgl. Kosten für negative Strompreise / Import und Export etc.

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

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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 35

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. 36

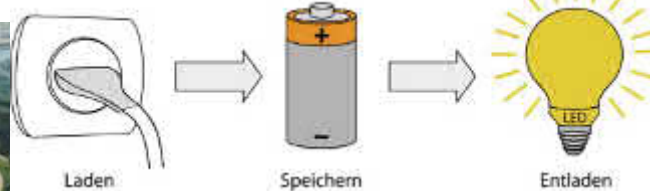
Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig
- Bayern hat das Potenzial, sich ausreichend zu versorgen
- Politik: eher „Hobbysicherung“ statt „Existenzsicherung“
- Wind + Solar brauchen Ausgleich – Netze nur eine Option
- Gesell. Akzeptanz sichern durch Beteiligung und vorbildliches Verhalten

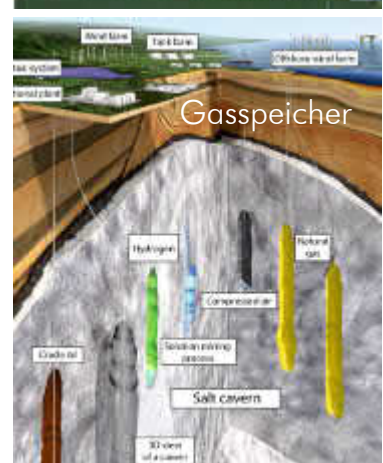


Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 37

Was sind Energiespeicher?



... viel mehr als Batterien!



Pumpspeicher: klassische „Kraftwerksflexibilisierer“ - Stromspeicher

Probleme: Standorte & Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit

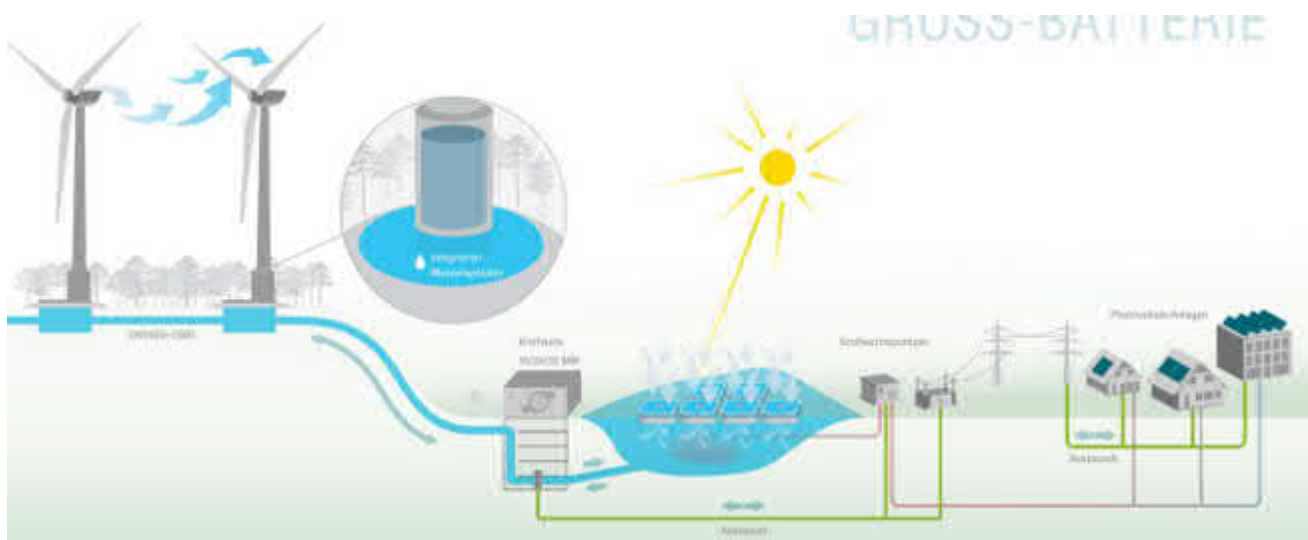


Quelle: Schluchseewerke, 2010

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 39

Kommunale Strom- und Wärmeversorgung über Wind-KWK

„Naturspeicher“ = Pump- und Wärmespeicher – läuft allein mit Wind



Quelle: www.naturstromspeicher.de, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 40

Kommunale Strom- und Wärmeversorgung über Wind-KWK „Naturspeicher“ = Pump- und Wärmespeicher – läuft allein mit Wind



Quelle: www.naturspeicher.de, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 41

Kommunale Strom- und Wärmeversorgung über Wind-KWK „Naturspeicher“ = Pump- und Wärmespeicher – läuft allein mit Wind



Quelle: www.naturspeicher.de, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 42

Naturwärmespeicher – besser als Luft-WP (Lärm) und Erd-WP (Kosten) Innovation aus der Oberpfalz



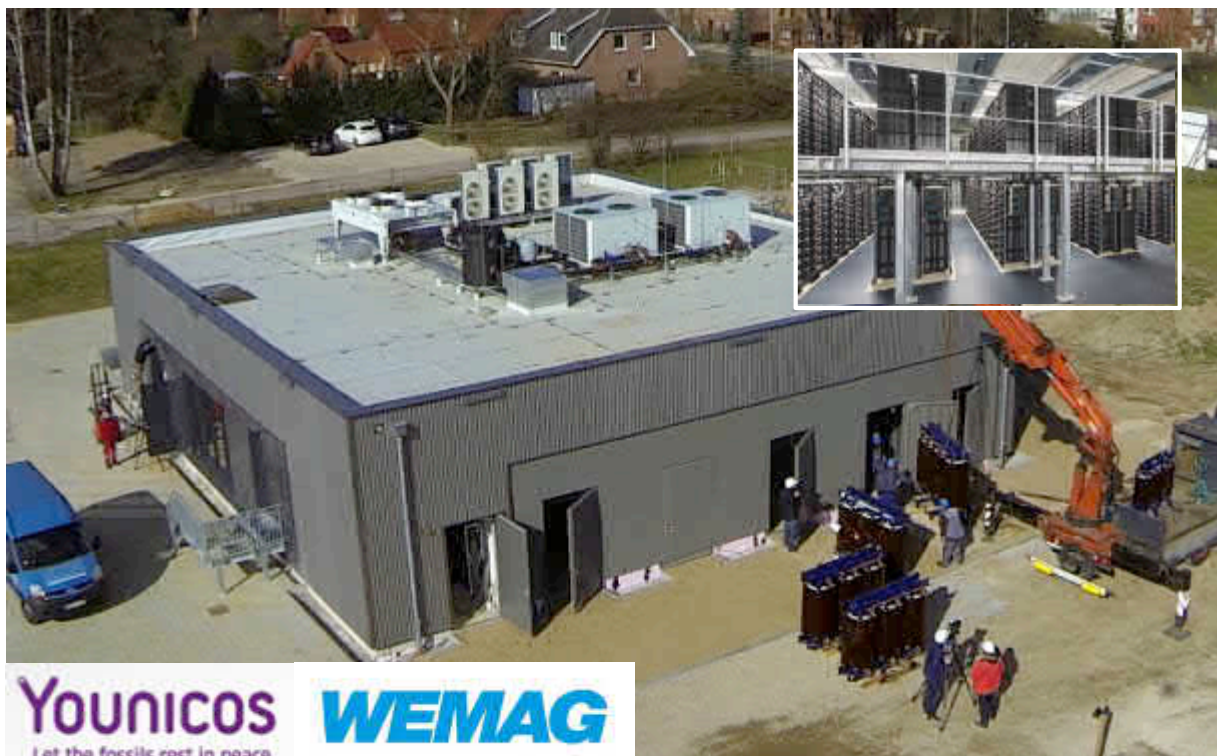
- Ökologische und effiziente Wärmequelle für Solewärmepumpen
- Kleines offenes Gewässer als Wärmequelle (mit Flüsterlüfter zum schmelzen des Eises)
- Geschlossenes genehmigungsfreies System
- Attraktives Gestaltungselement in der Außenanlage



Quelle: www.naturspeicher.de, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 43

Batteriekraftwerke für Netzstabilisierung & Kraftwerksflexibilität Speicher der Stadtwerke WEMAG & Younicos AG → ca. 300 MW PRL in Planung / im Bau / in Betrieb



YOUNICOS
Let the fossils rest in peace.

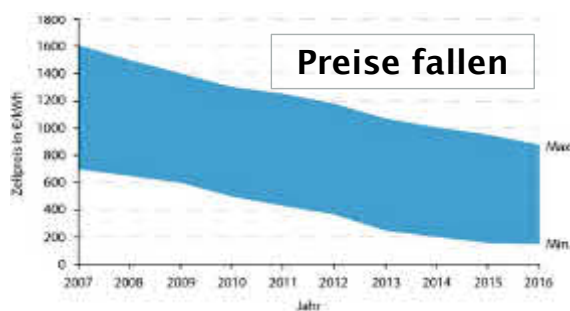
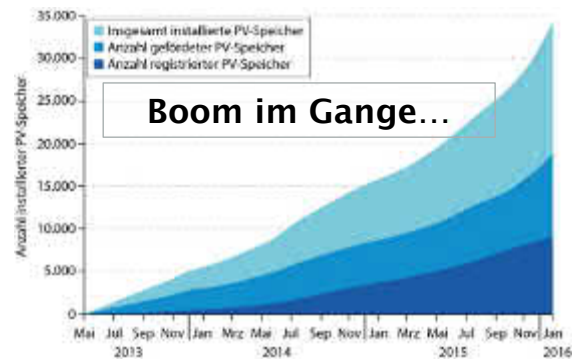
WEMAG

Quelle: Younicos AG, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 44

Haus-Batteriespeicher

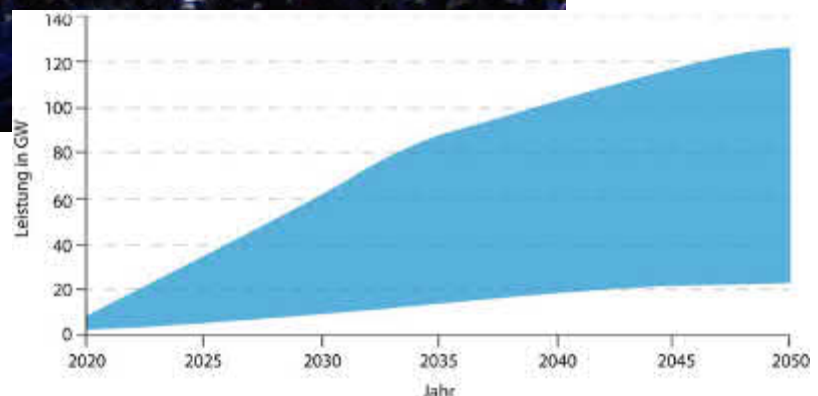
→ Netzdienlicher Einsatz notwendig



Source: Sonnenbatterie & Tesla, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 45

E-mobilität kommt – nur eine Frage der Zeit Tesla Vorstellung Modell 3 – Start: Klimawandel!



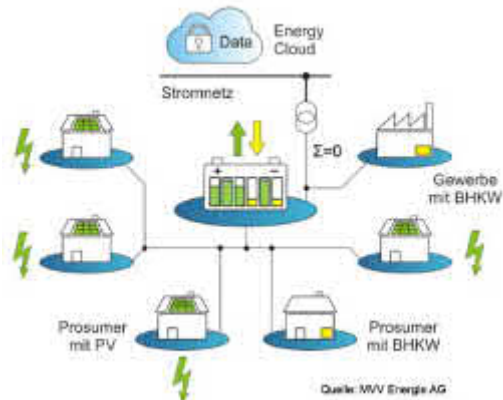
Quelle: Sterner et al, Stromspeicher für die Energiewende für Agora, 2014 – Bild: Tesla

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 46

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

Quelle: Strombank – SKVE, 2014–16

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 47

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

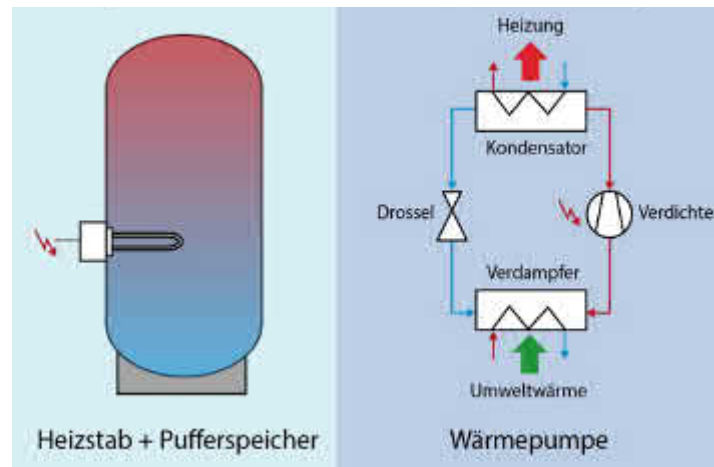


Zeitliche und räumliche Begrenzung:
Saisonale Verfügbarkeit / Wärmesenken

Quelle: N-Ergie 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 48

Power-to-Heat – Heizstab vs. Wärmepumpe

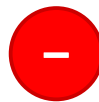


- Sehr einfache Technologie
- Leicht nachrüstbar
- Kostengünstig
- Flexibel, stufenlos



- 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

Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 49

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

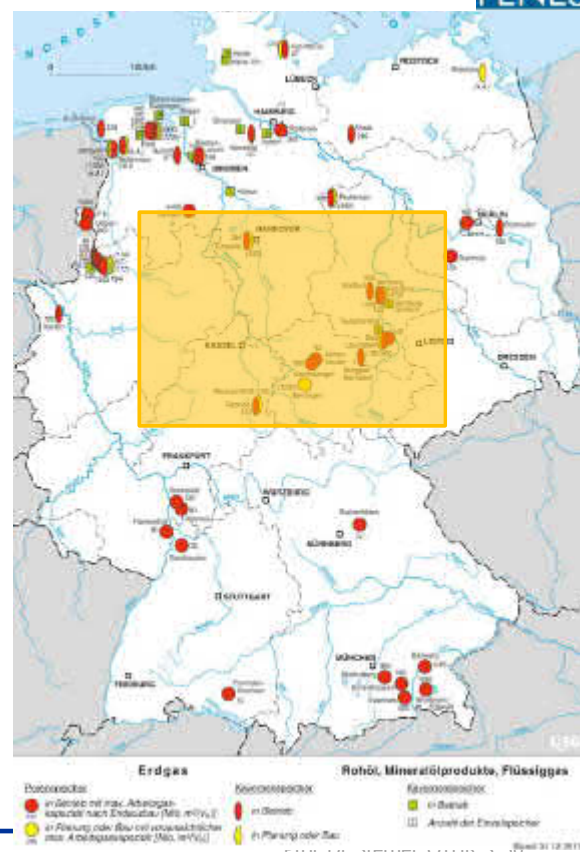
(42 Mio. Kfz (Theorie))

Pumpspeicher

66 GW Gaskraftwerke

→ **3 Monate** Versorgung sichern

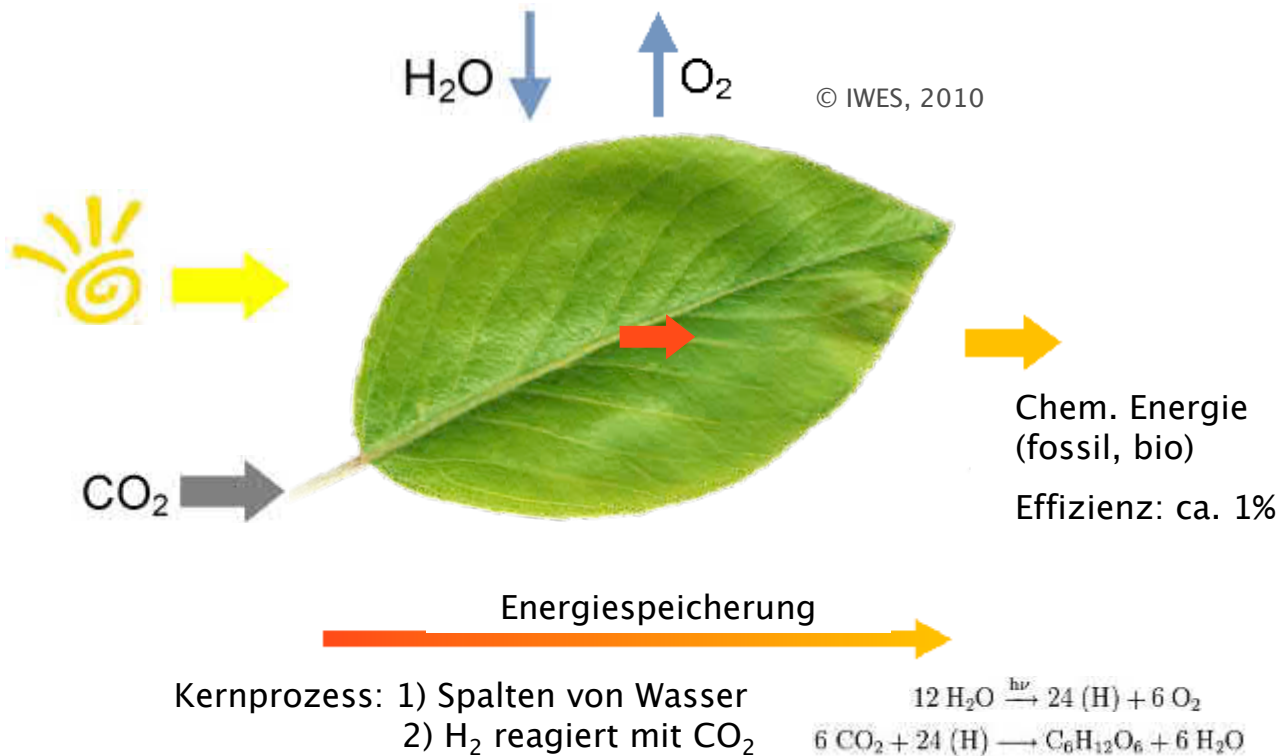
H₂: 2 % möglich, perspekt. 10 %, verbrauchsabh. begrenzt
Methan: 100 % bereits heute unbegrenzt möglich



Quelle: FENES, Energy Brainpool, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 50

Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?

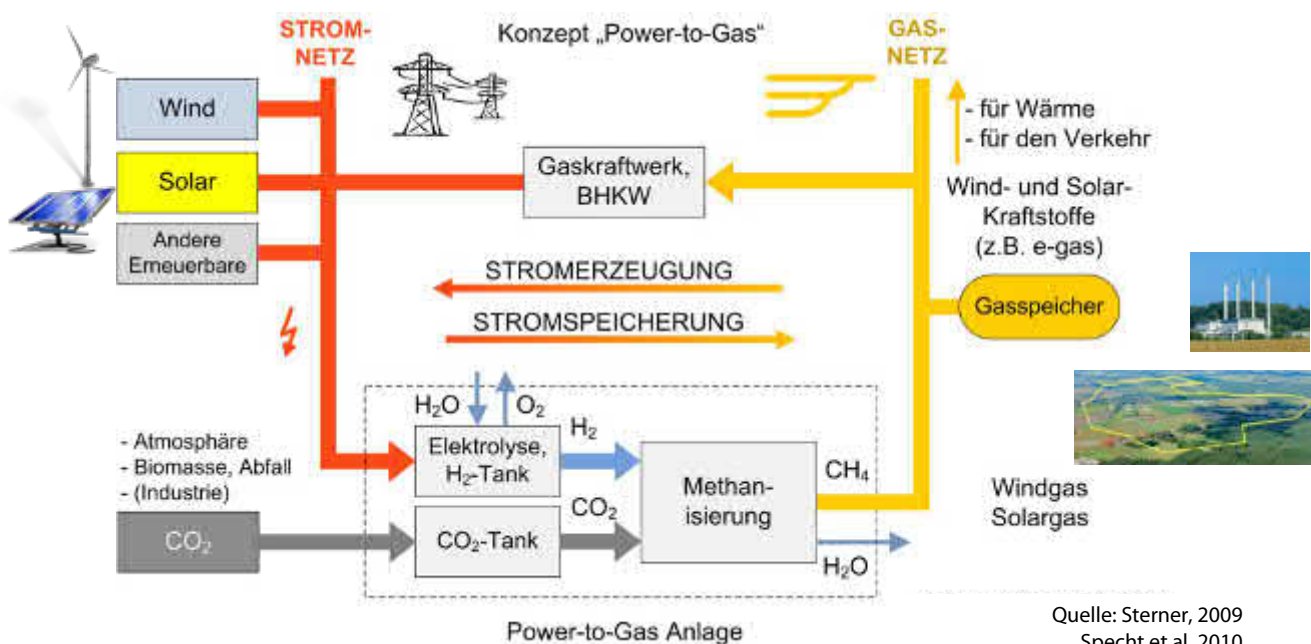


Quelle: Sterner, 2009

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 51

Power-to-Gas Das Original

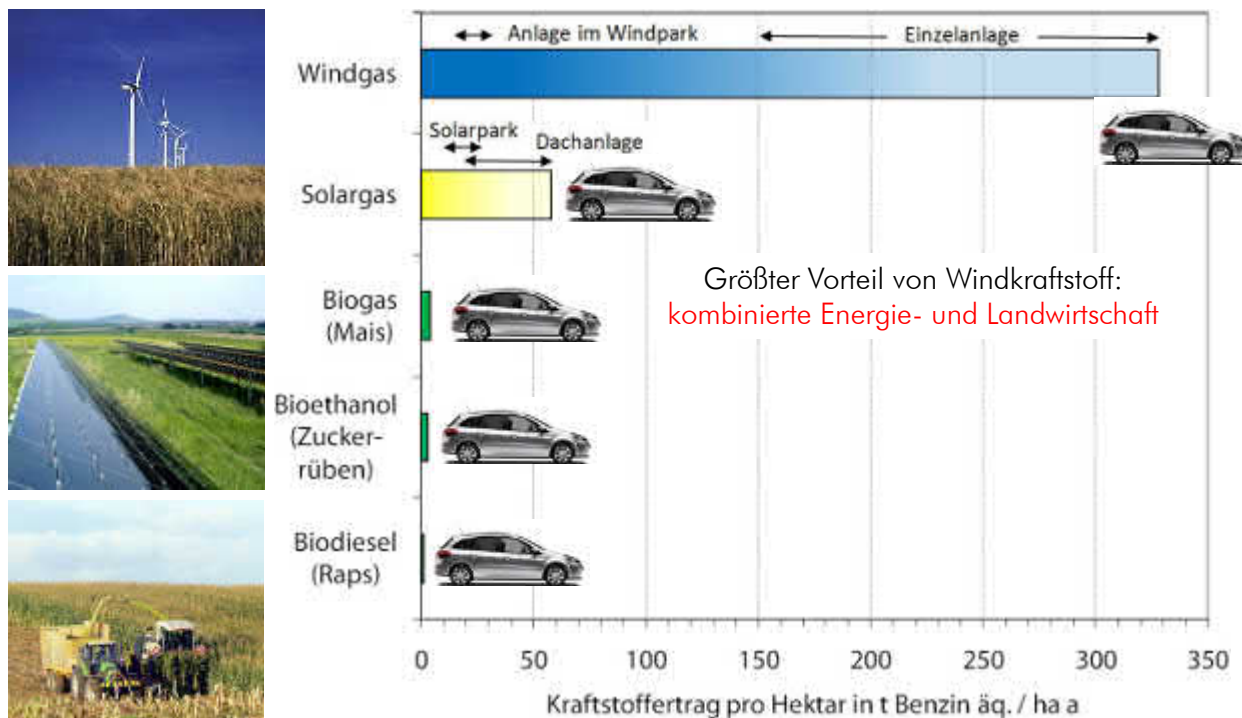
Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz → Technische Nachbildung der Photosynthese



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>

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. 53

Power-to-Gas Anlagen

Audi Anlage in Niedersachsen

E-On Anlage in Brandenburg



Elektrolyse

Methanisierung (MAN)

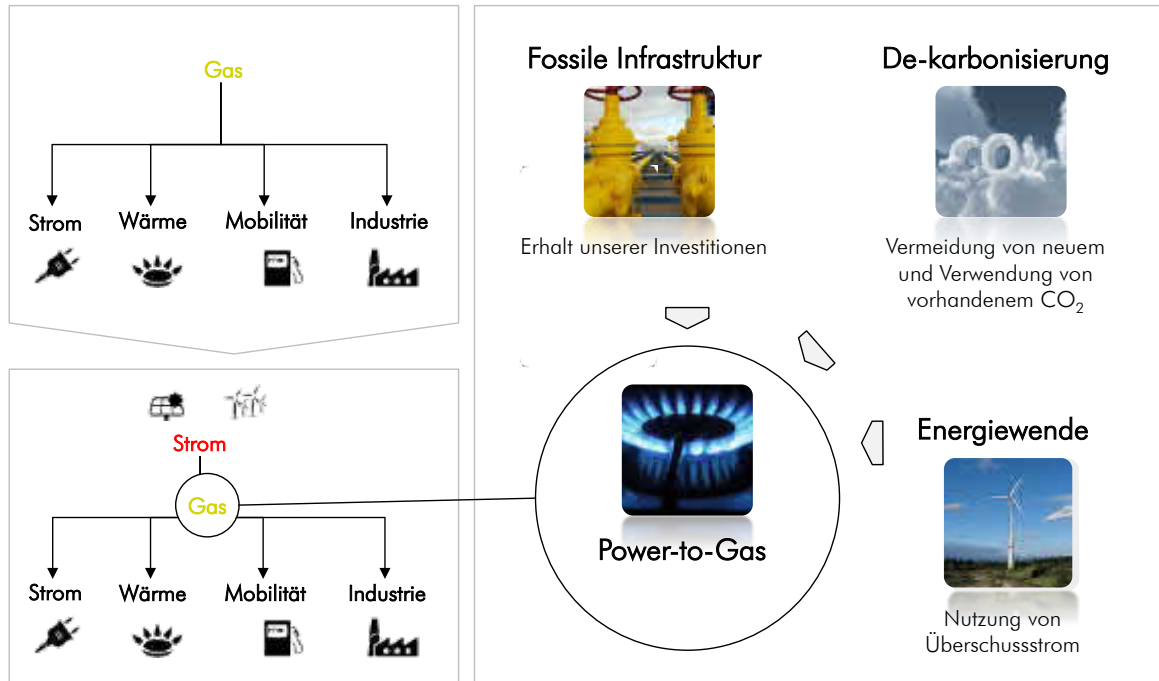
Viessmann Anlage in Hessen



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 54

Power-to-Gas: Bindeglied zwischen erneuerbarer und fossiler Welt



Quelle: Ostermeier, MAN, 2015

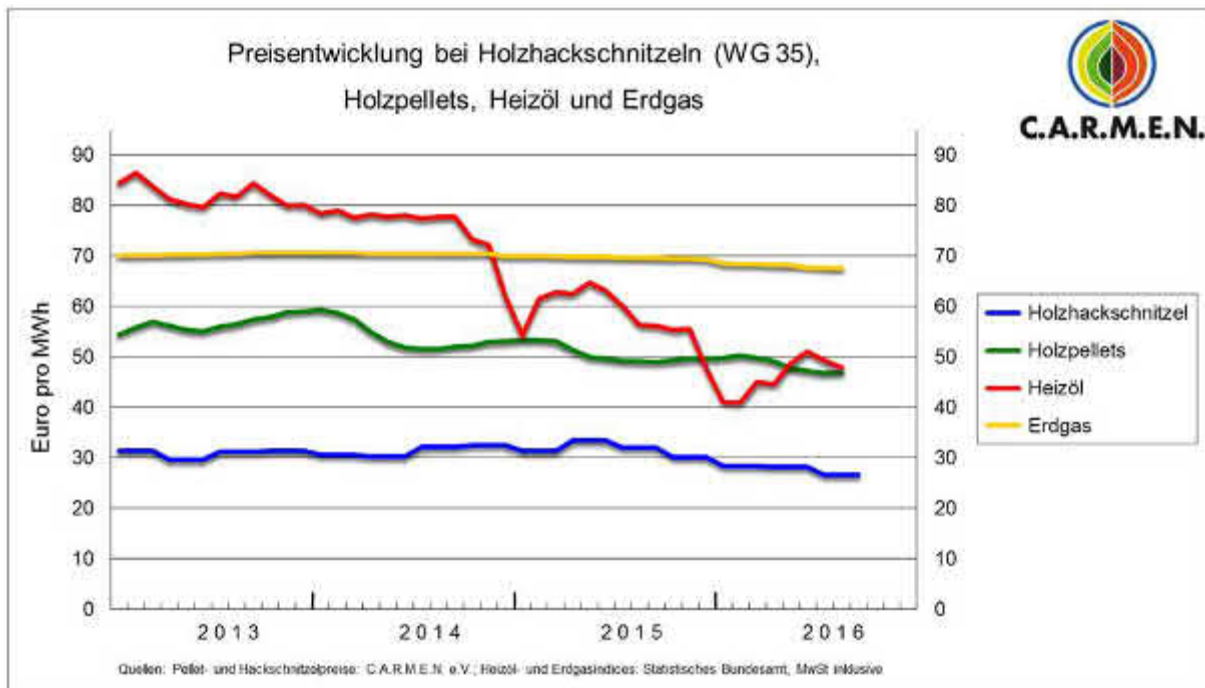
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 55

Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig
- Bayern hat das Potenzial, sich ausreichend zu versorgen
- Politik: eher „Hobbysicherung“ statt „Existenzsicherung“
- Wind + Solar brauchen Ausgleich – Netze nur eine Option
- Gesell. Akzeptanz sichern durch Beteiligung und vorbildliches Verhalten
- Wärmewende angehen! Energieeffizienz umsetzen
- Das Speicherproblem ist techn. gelöst – was fehlt: geeigneter pol. Rahmen



Rohstoff Hackschnitzel + Pellets günstiger als Erdgas + Öl + Brennstoff aus der Region!



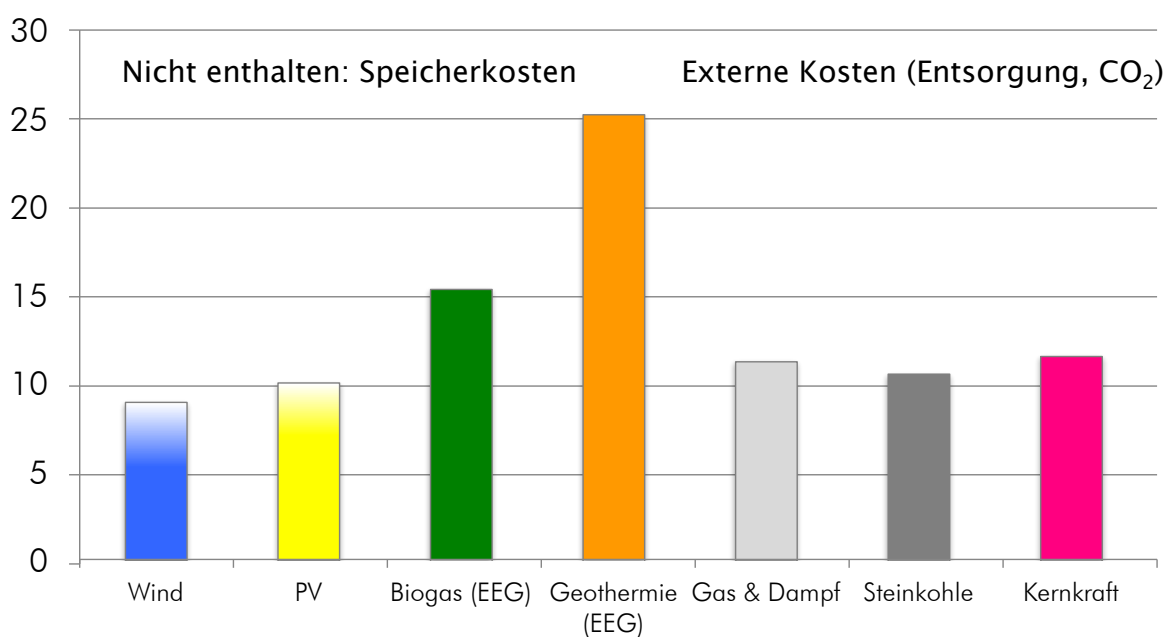
Quelle: Carmen e. V., 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 57

Mythos: „Ökostrom ist teuer“

Wind und Solar am Günstigsten

→ auch global Schalter umgelegt



Gestehungskosten für **neue** Kraftwerke in cent / kWh 2013

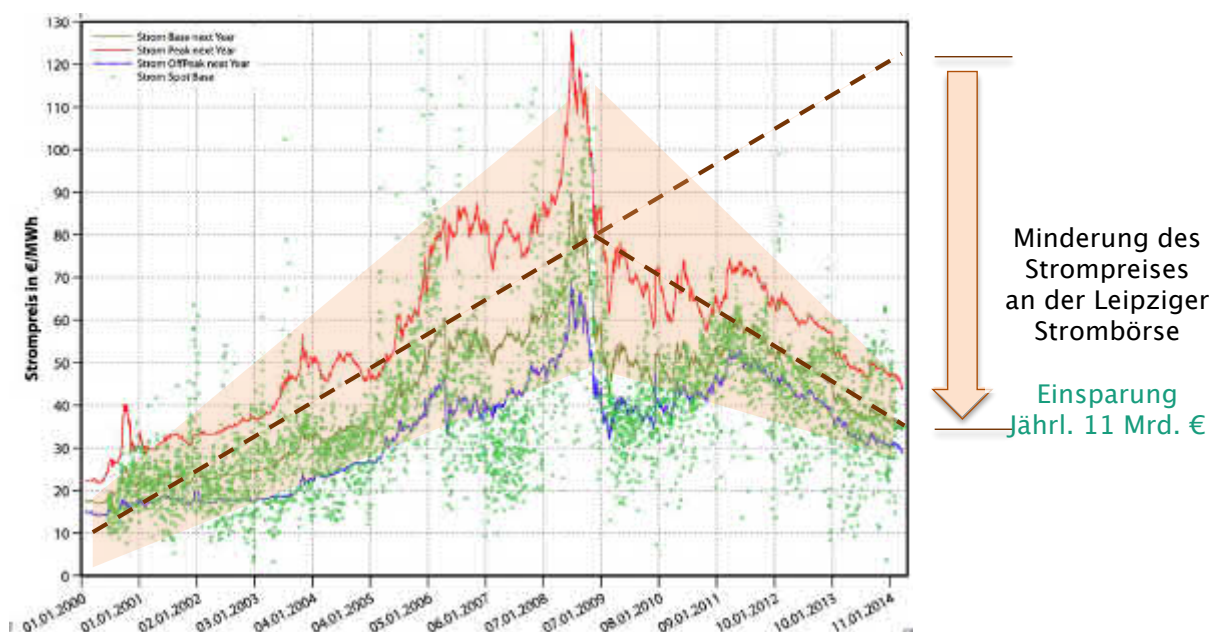
Einspeisevergütung England neues AKW: 11,5 ct / kWh für 35 Jahre, inflationsbereinigt

Quelle: Agora 2013, mit Daten von EWI zu Köln EWI 2011 – 2013, EEG Nov. 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 58

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

Quelle: Stadtwerke Rosenheim 2014, Basis: EEX

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 59

Vorgaben EEWärmeG: mit **erneuerbaren Energien** heizen

Mögliche Varianten – ohne bauliche Maßnahmen

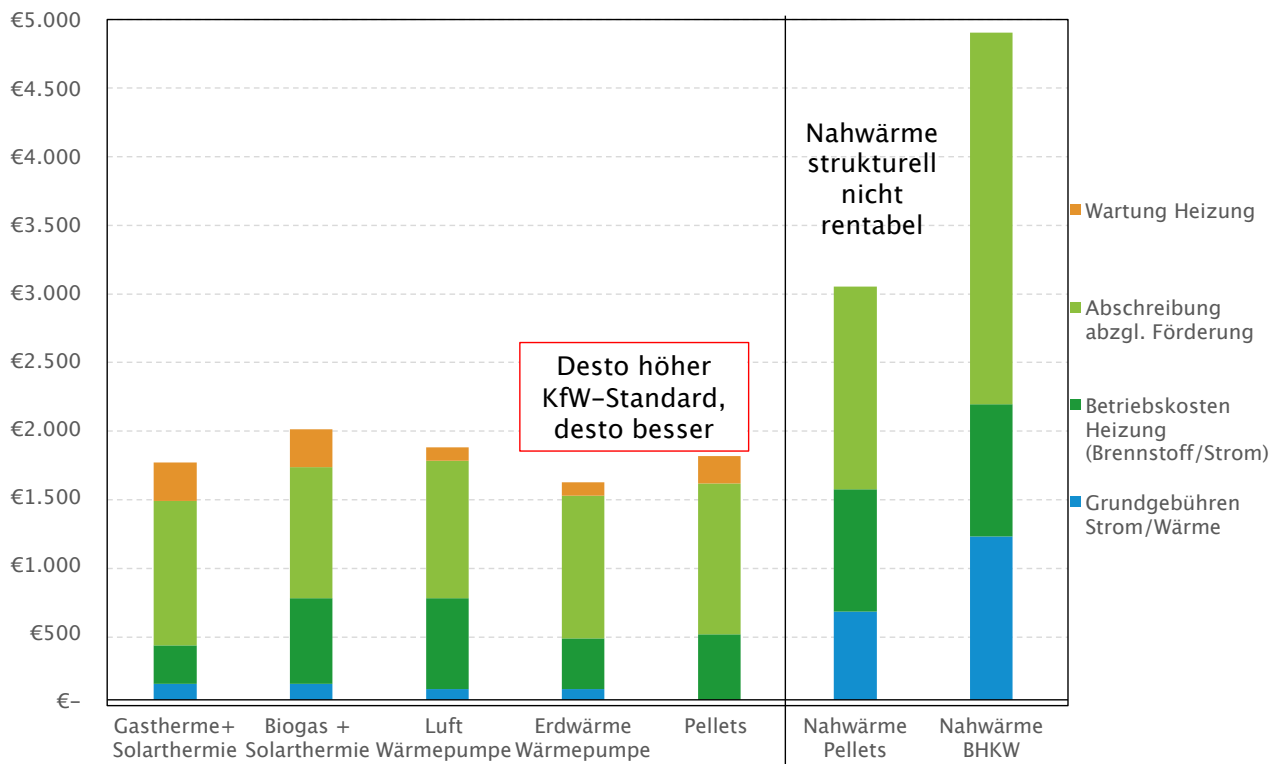
	Gastherme+ Solarthermie	Biogas + Solarthermie	Luft-Wärme-pumpe	Erd-WP mit Ökostrom	Pellets	Nahwärme Pellets	Nahwärme BHKW
Heizsystem							
Solaranlage							
Abluftanlage							
Lüftungs-anlage mit Wärmerück-gewinnung							
Strom							
Ökostrom							

Quelle: Eigene Darstellung

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 60

Erdwärmepumpe und Pellets günstigste Lösung

Kosten – mit Förderung – Neubaugebiet 30 EFH @ 700 qm

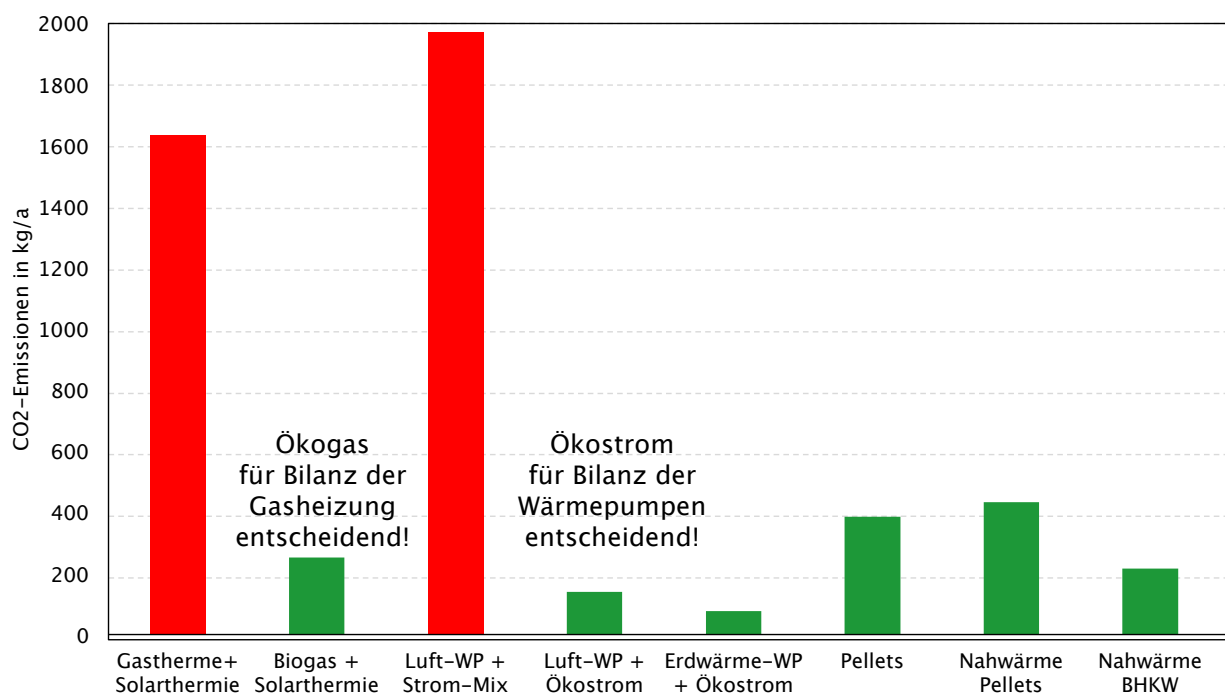


Quelle: Eigene Berechnung, Energiekonzept Gemeinde Salching, mit ESB ausgeführt, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 61

Erdwärmepumpe günstigste Lösung

CO₂-Emissionen – Neubaugebiet 30 EFH @ 700 qm

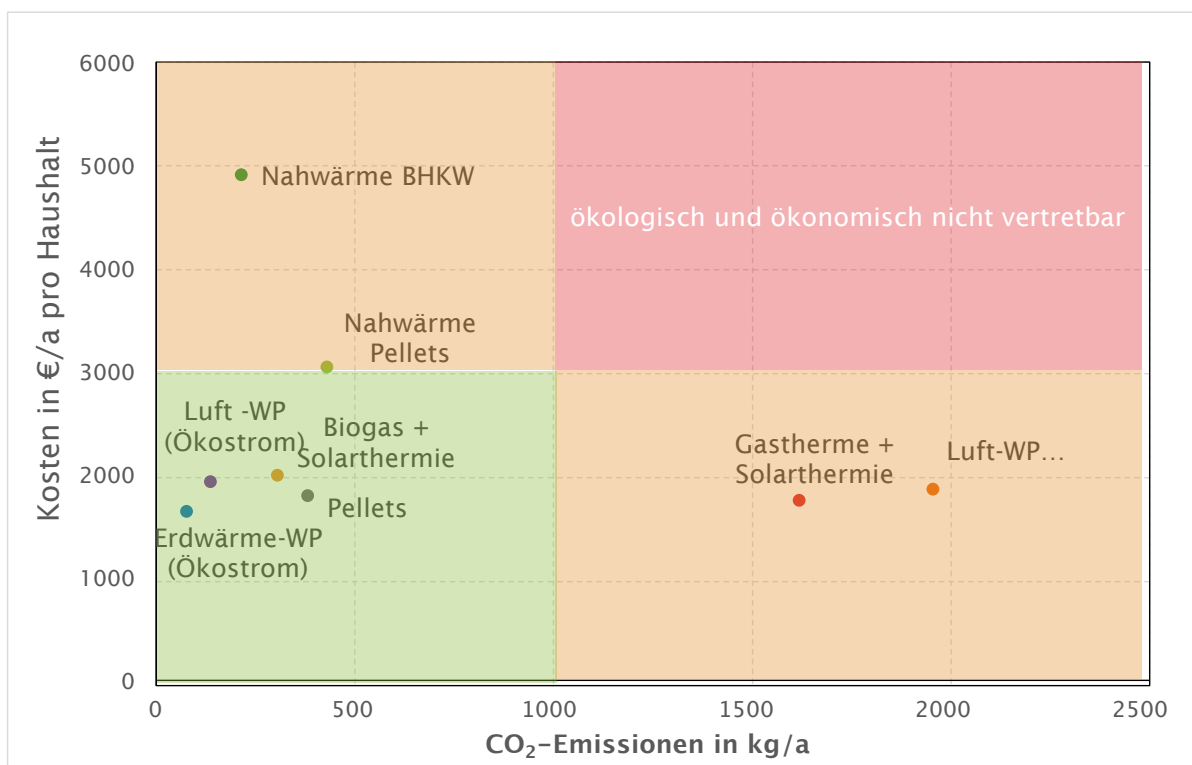


Quelle: Eigene Berechnung, Energiekonzept Gemeinde Salching, mit ESB ausgeführt, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 62

Ökonomie und Ökologie vereint

Wo kann ich mit 1 € maximalen Klimaschutz erreichen?



Quelle: Eigene Berechnung, Energiekonzept Gemeinde Salching, mit ESB ausgeführt, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 63

Ökonomie und Ökologie vereint

Datenbasis zum Nachlesen Gas vs. Wärmepumpe



Kosten		
Brennwertkessel Gas	8.000 €	
Solarthermie	6000 €	
Gasanschluss	3.100 €	Anschlusspreis
KfW 70	40kWh/m ² *a	Energieeffizienz- standard
Hausgröße	150 m ²	
Wärmebedarf Brauchwasser	1067,6	WW-Bedarf 4 Personen exkl. 60 % Deckung durch Solarthermie (ST)
Wärmebedarf Heizwasser	6000	40*150
Wärmebedarf Brennwert	7067,6 kWh/a	Summe
Wärmebedarf Heizwert	6282 kWh/a	Zur Berechnung der Rohstoffkosten
Erdgastarif	4,5 ct/kWh	Tarif von Anfang 2016
Kosten Rohstoff Gas	282,7 €	
Grundgebühr	118,8 €/a	9,9 € pro Monat
Wartungskosten/Betriebskosten	280 €	2 % der installierten Kosten (Schornsteinfeger, Solarpumpe etc.)
Annuität	1.062 €/a	20 Jahre bei 3 %
Förderung	1300€	500 € für ST + 10 % von KfW als Zuschuss

Kosten Wärmepumpe:	20.000€	
KfW 70	kWh/m ² *	
Hausgröße	40a	
Wärmebedarf Brauchwasser	150 m ²	Siehe auch Gas
Wärmebedarf Heizwasser	2669 kWh/a	
Wärmebedarf Gesamt ca.	6000 kWh/a	
Jahresarbeitszahl	8669 kWh/a	
Luft Luft WP	4,5	
Strombedarf	1926,4 kWh	
Wärmepumpentarif	19,27 ct/kWh	Tarif Lichtblick
Stromkosten	371,2 €	Anfang 16
Grundgebühr	80 €/a	
Wartungskosten	100,00 €	Internetrecherche, aber auch 0€ gefunden
Laufzeit	20 a	
Annuität	1.048 €/a	
Förderung	4400 €	MAP

Quelle: Eigene Berechnung, Energiekonzept Gemeinde Salching, mit ESB ausgeführt, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 64

100 % Autarkie Strom & Wärme = „12 % Mehrkosten“?
 4000 Bewerber auf wenig Wohnungen...
 Durch hohe Energiepreise nur in der Schweiz möglich...

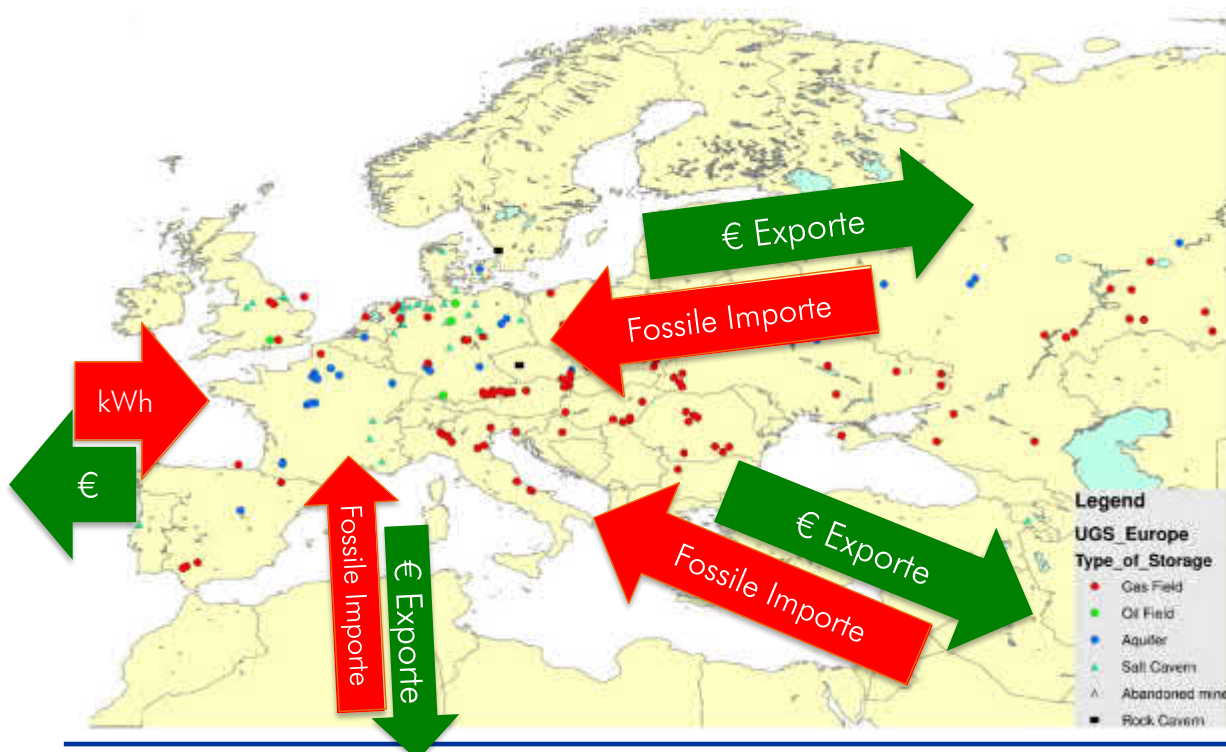


Quelle: Pfenning, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 65

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

Reserven = Speicher = Versorgungssicherheit



Quelle: IGU, 2014, eigene Ergänzung

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 66

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

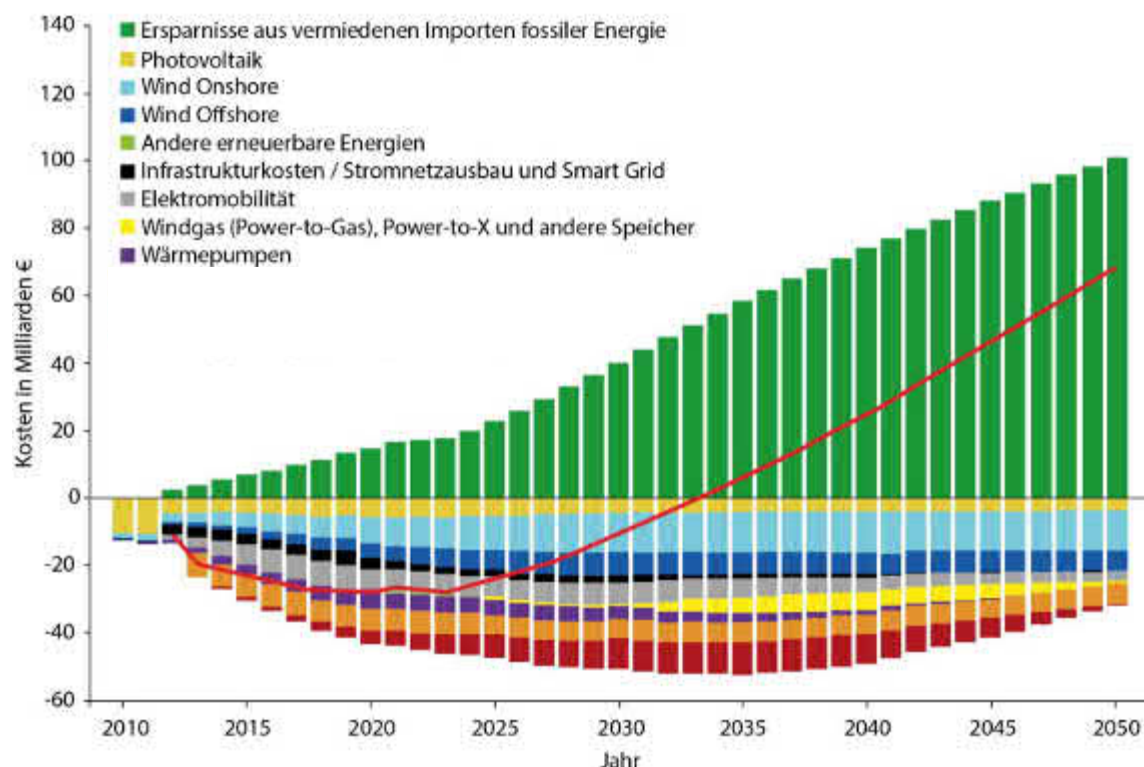
In 10 Jahren „verbrennen“ wir 1000 Mrd. €

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

Quelle: Gerhardt et al., 2013 (www.herkulesprojekt.de)

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 67

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. 68

Chance „regionale Energiewende“

Regionale Wertschöpfung durch regionale Versorgung



Geld bleibt in der Region und sichert Umsatz & Arbeitsplätze

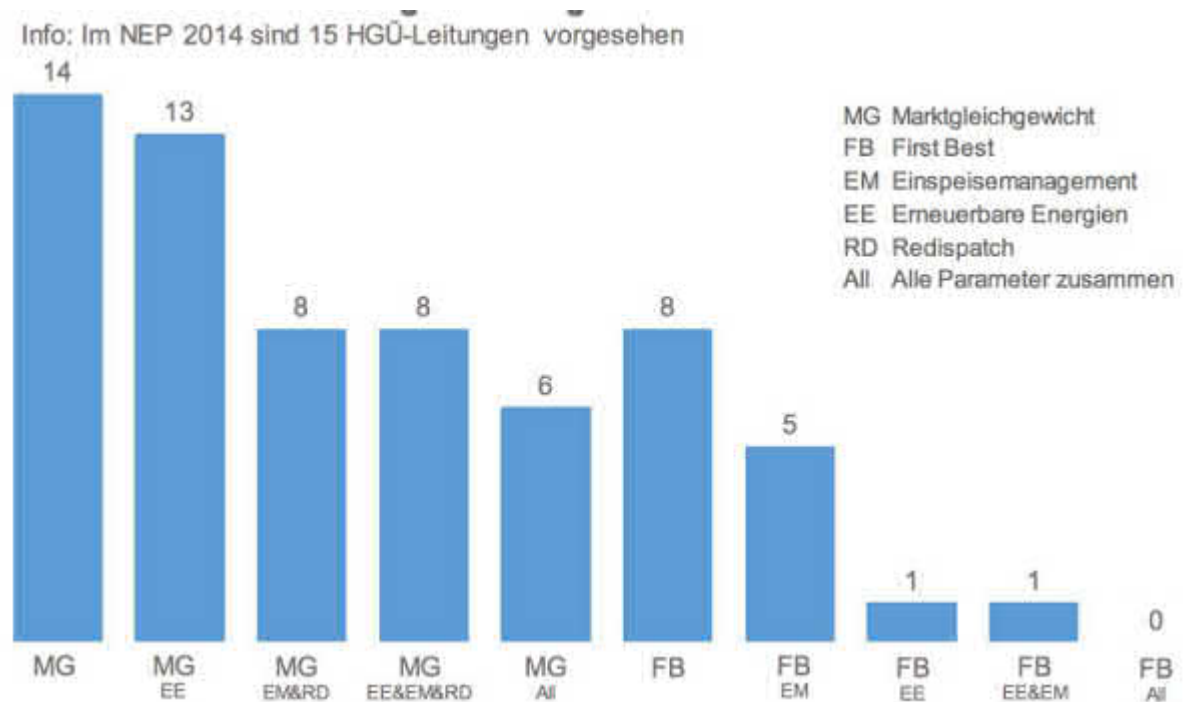
→ Partizipation schafft Akzeptanz und Wohlstand

→ Regionale Partner entscheidend!

Quelle: StadtwerkeUnion Nordhessen, 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 69

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

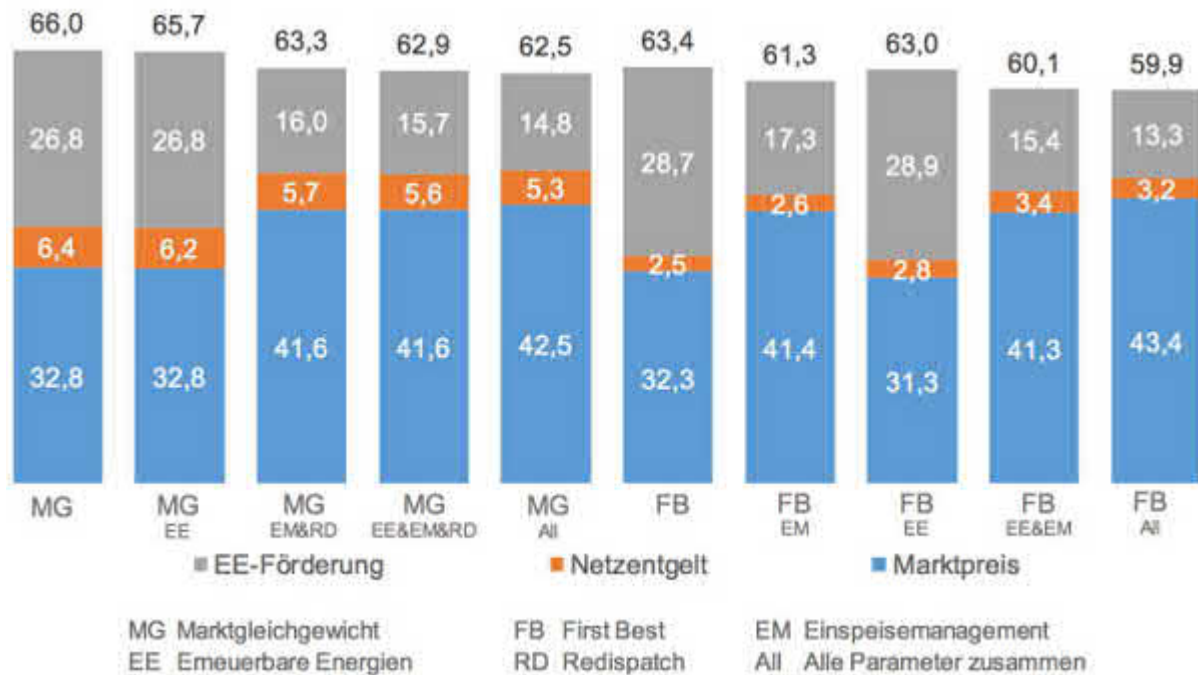


Quelle: Prognos, FAU, ECN 2016 – Dezentralität und zellulare Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 70

Regionalszenario am Kostengünstigsten & EE-Förderung minimal

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

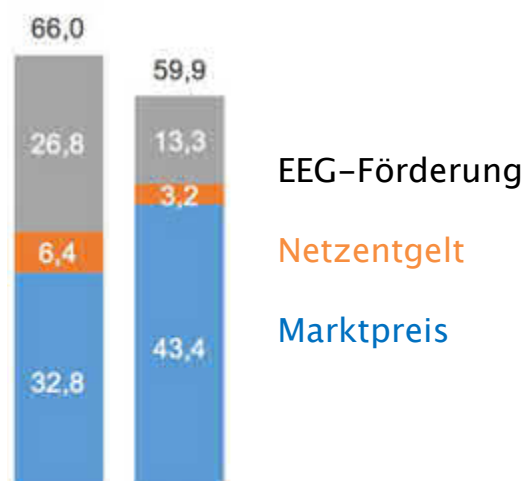


Quelle: Prognos, FAU, ECN 2016 – Dezentralität und zellulare Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 71

Regionalszenario am Kostengünstigsten & EE-Förderung minimal

Preisbestandteile für Endkunden in Euro/MWh



Zentral (Status Quo): Markt & Netz
 Nur ein globaler Markt
 Viel Wind im Norden
 → 15 Stromtrassen

Dezentral: Viele regionale Märkte
 Viel EE vor Ort, flex. KWK und Lasten
 Redispatch & Abregelung
 → 0 Stromtrassen

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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 72



Quelle: Nordgröön GmbH, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 73

Bewertung aller energiewirtschaftlichen Themen

→ Entscheiden und daran Arbeiten!

	 Technisch	 Wirtschaftlich	 Ökologisch	 Gesellschaftl.
Eigener Strom aus der Region (Bay.)	Green	Green	Green	Red
Import über Stromtrassen	Green	Yellow	Yellow	Red
Fossiler Import & Kraftwerke	Green	Yellow	Red	Yellow

Quelle: Eigene Darstellung

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 74

Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig
- Bayern hat das Potenzial, sich ausreichend zu versorgen
- Politik: eher „Hobbysicherung“ statt „Existenzsicherung“
- Wind + Solar brauchen Ausgleich – Netze nur eine Option
- Gesell. Akzeptanz sichern durch Beteiligung und vorbildliches Verhalten
- Wärmewende angehen! Energieeffizienz umsetzen
- Das Speicherproblem ist techn. gelöst – was fehlt: geeigneter pol. Rahmen
- Energiewende ist technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll
- Regionale Umsetzung und Wertschöpfung schafft Akzeptanz
- Nutzung heimischer Ressourcen sichert Zukunft kommender Generationen



Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 75

Vom Ende her denken + Wege öffnen

- Klimaschutz Überlebensfrage → Energiewende notwendig
- Bayern hat das Potenzial, sich ausreichend zu versorgen
- Politik: eher „Hobbysicherung“ statt „Existenzsicherung“
- Wind + Solar brauchen Ausgleich – Netze nur eine Option
- Gesell. Akzeptanz sichern durch Beteiligung und vorbildliches Verhalten
- Wärmewende angehen! Energieeffizienz umsetzen
- Das Speicherproblem ist techn. gelöst – was fehlt: geeigneter pol. Rahmen
- Energiewende ist technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll
- Regionale Umsetzung und Wertschöpfung schafft Akzeptanz
- 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. 76

Energiewende geht nicht ohne Bewusstseinswende

Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 77

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. 78