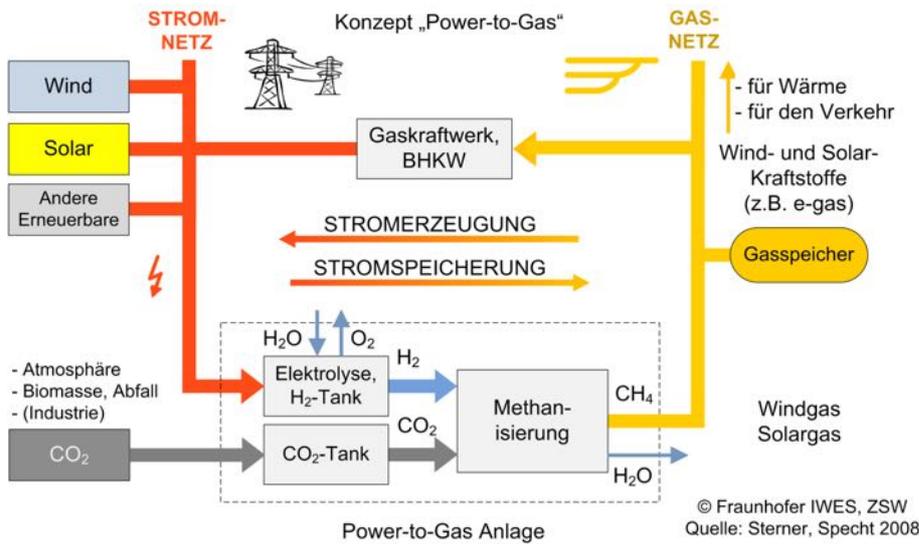


Die Energiewende in Bayern: wo wir stehen und wo wir hin könnten, wenn wir wollten ...

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner et al.
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher FENES, OTH Regensburg



Abend
„Außen da Reih“
LVHS
Niederaltreich,
3. Mai 2017



OTH Regensburg – seit 170 Jahren Lehrbetrieb



Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg



Über 11.000 Studierende
6 Technische Fakultäten,
BWL, Sozialwesen



- 1) Klimaschutz als Generationenaufgabe
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Netze und Speicher für Versorgungssicherheit
- 4) Kosten - es lohnt sich langfristig
- 5) Fazit
- 6) Nachspeis:
Energiewende braucht eine Bewusstseinswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 3

Zeit zu handeln...

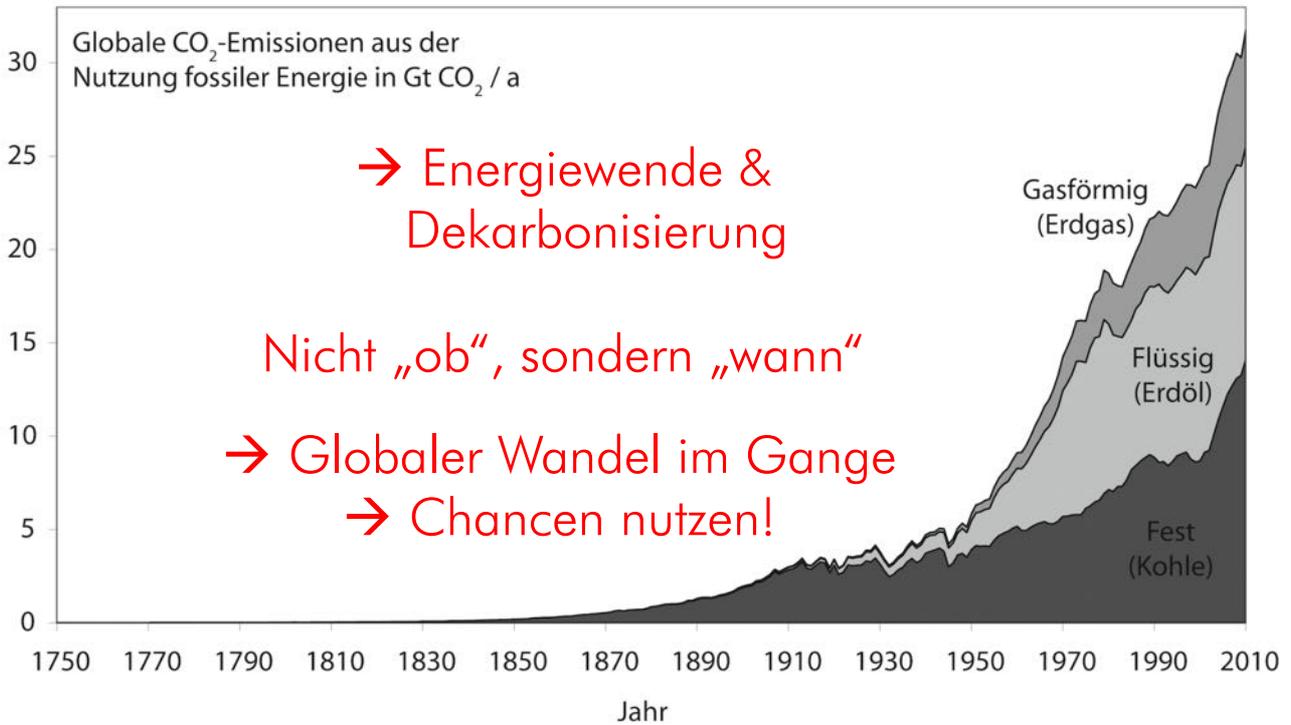


Quelle: Mester, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 4

Dekarbonisierung = Ausstieg aus fossiler Energie

Energiebedingte Emissionen zw. 1750 und 2010

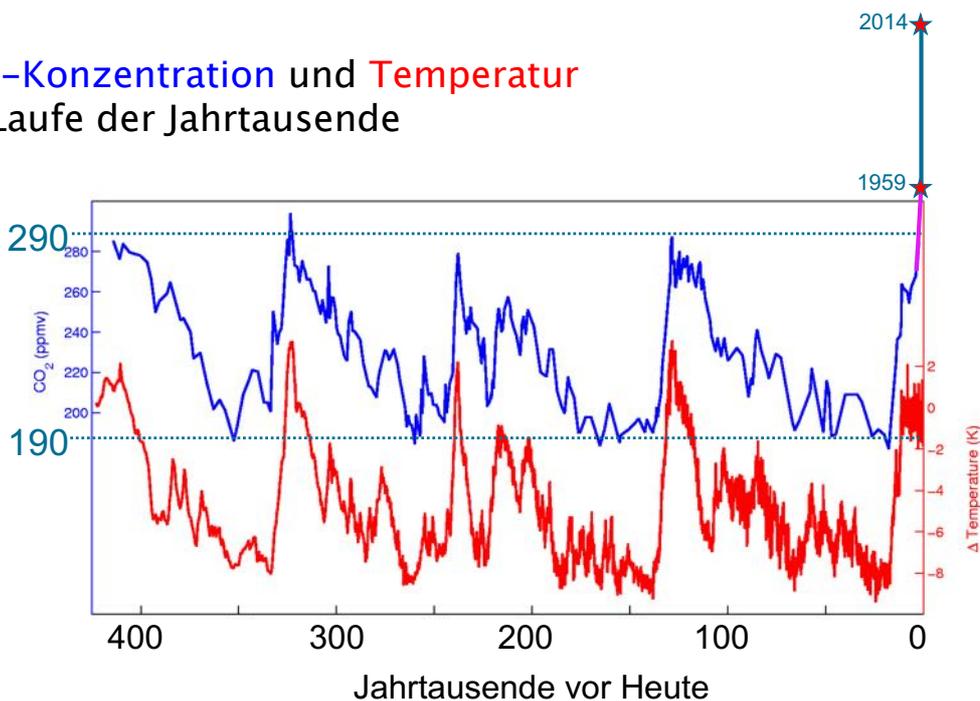


Quelle: National Oceanic and Atmospheric Administration Washington D. C., 2013

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 5

Natürlicher vs. menschengemachter Klimawandel

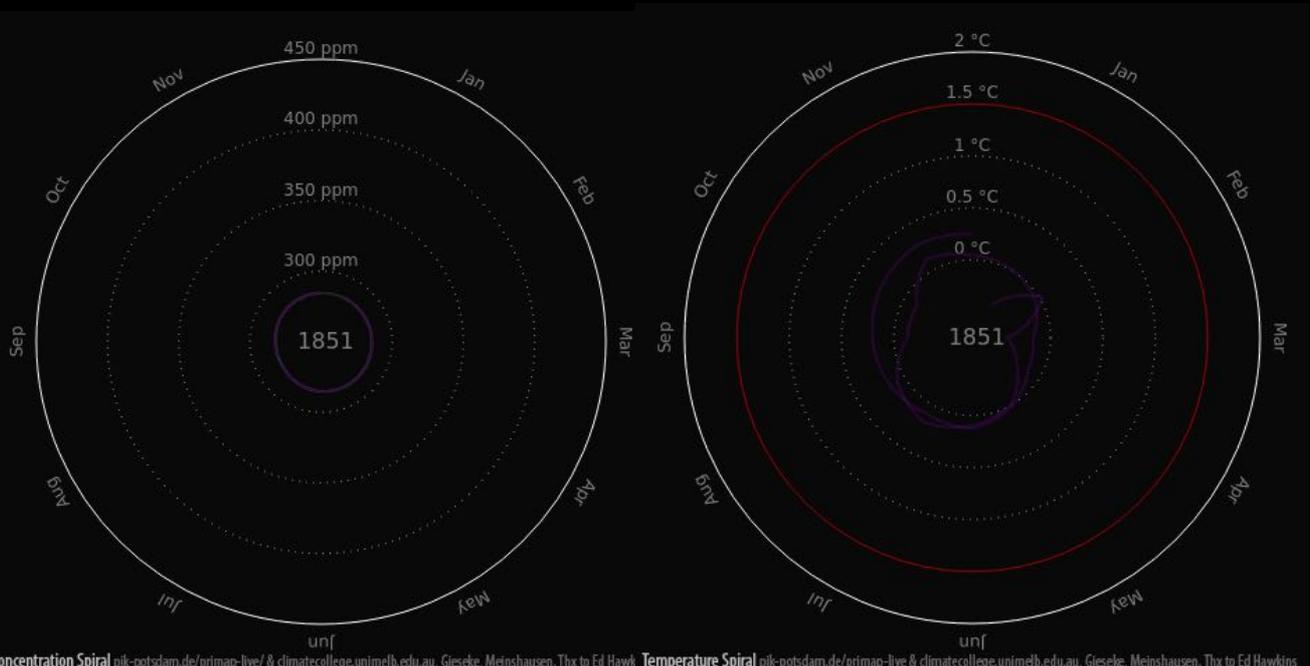
CO₂-Konzentration und Temperatur im Laufe der Jahrtausende



Quelle: nach Petit et al. 1999

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 6

CO₂ Konzentration steigt → Temperatur steigt

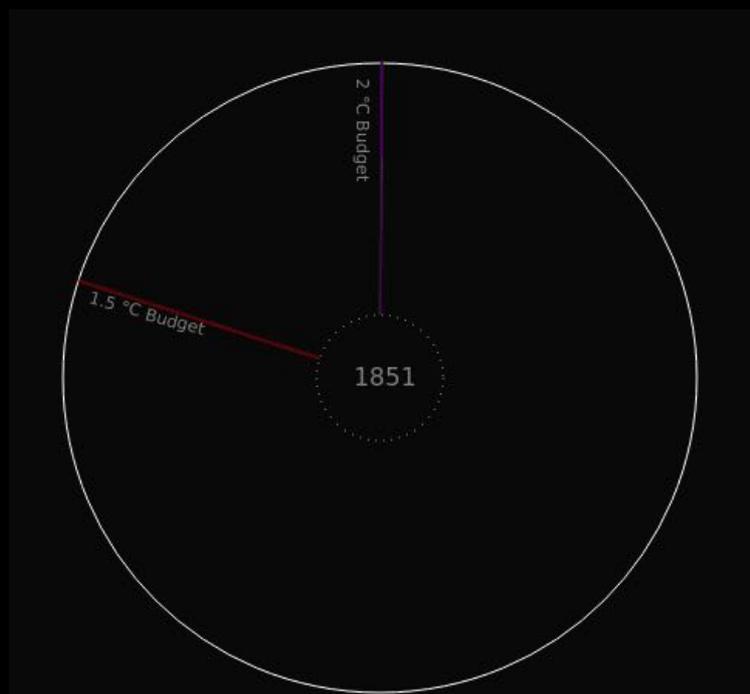


Concentration Spiral pik-potsdam.de/primap-live/ & climatecollege.unimelb.edu.au, Gieseke, Meinshausen. Thx to Ed Hawk. Temperature Spiral pik-potsdam.de/primap-live & climatecollege.unimelb.edu.au, Gieseke, Meinshausen. Thx to Ed Hawkins

Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

p. 7

“CO₂-Budget” ist aufgebraucht



The Carbon Budget. pik-potsdam.de/primap-live/ & climatecollege.unimelb.edu.au, Gieseke, Meinshausen. Thx to Ed Hawkins

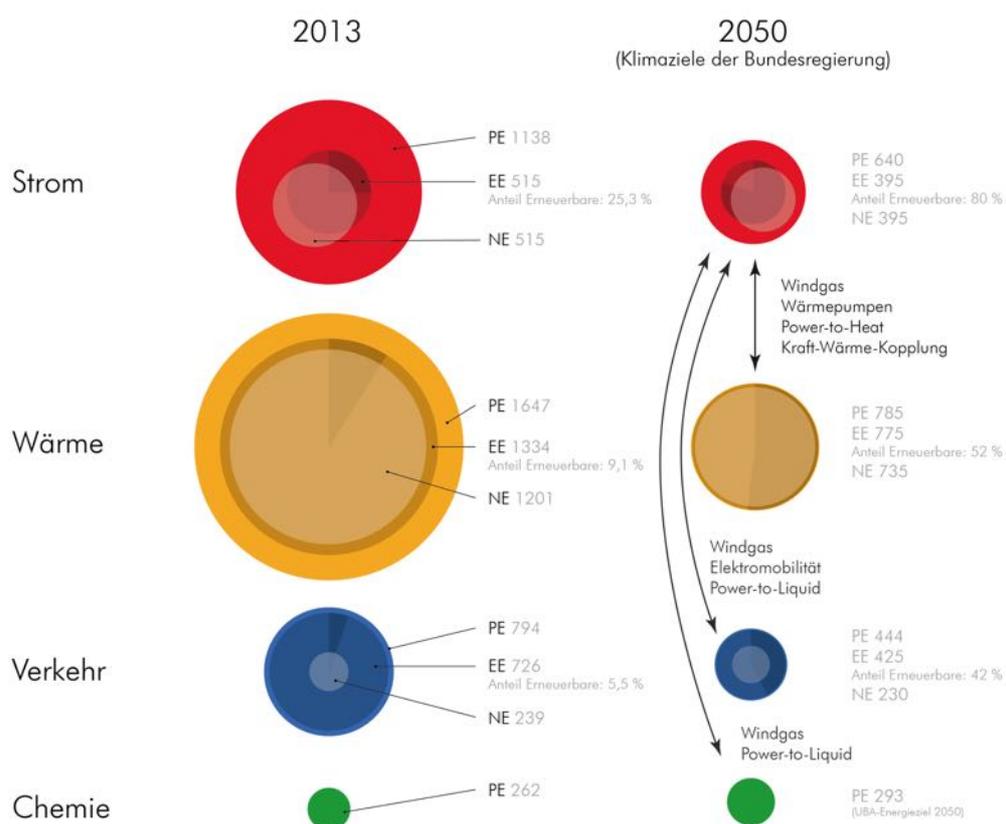
Power-to-Gas, reference(s): Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

p. 8

Energiewende = Stromwende + Wärmewende + Mobilitätswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 9

Erneuerbarer Strom wird zur Primärenergie für alle Sektoren



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

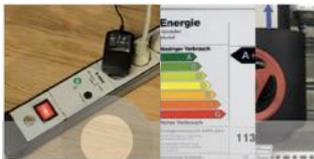
Gebäudestandards
weiterentwickeln

Güter verlagern auf
Schiene und Schiff

Neue Leucht-
technologien

Rechtliche Richtlinien zur
Effizienz fortschreiben

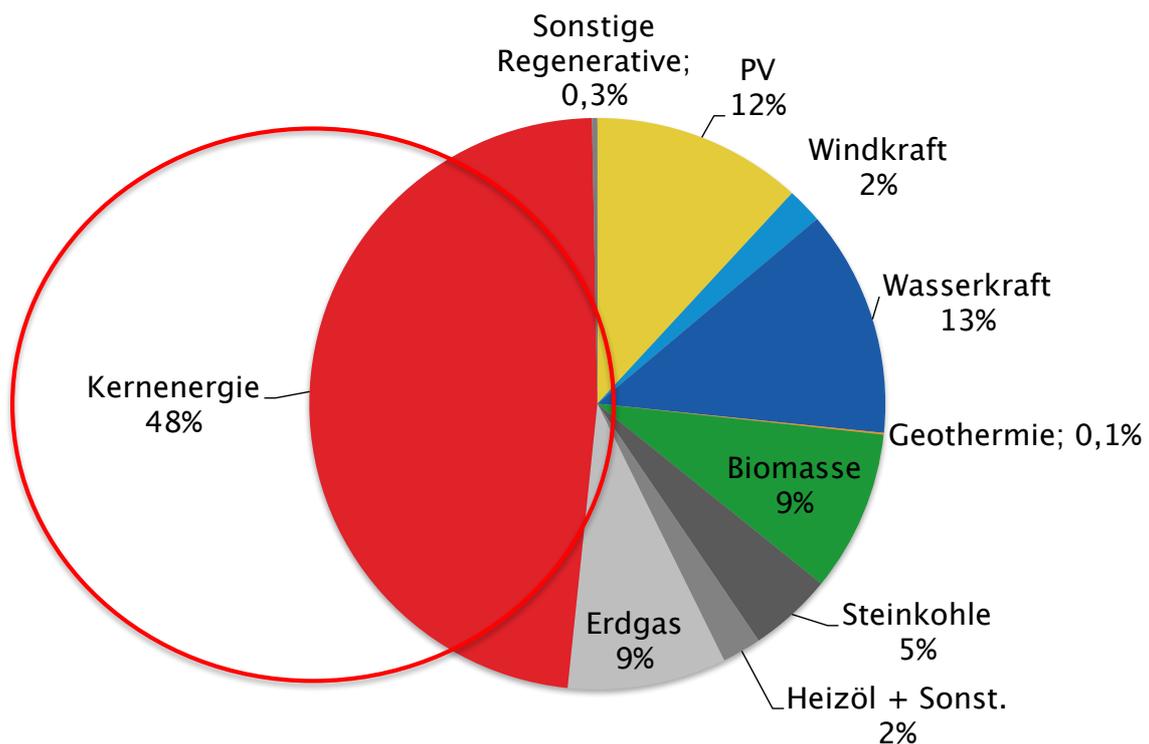
Intermodalität stärken



Inhalt

- 1) Klimaschutz als Generationenaufgabe
- 2) **Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern**
- 3) Netze und Speicher für Versorgungssicherheit
- 4) Kosten – es lohnt sich langfristig
- 5) Fazit
- 6) Nachspeis:
Energiewende braucht eine Bewusstseinswende

Stromwende: Bayerns große Aufgabe: Atomlücke schließen



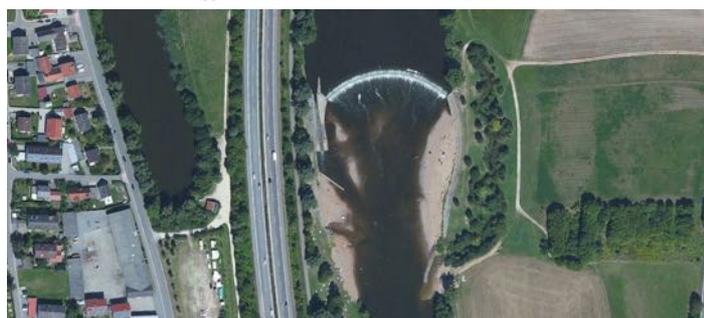
Bruttostromerzeugung 2014, Quelle: <https://www.stmwi.bayern.de/energie-rohstoffe/daten-fakten/>, 2016 Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 13

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 %

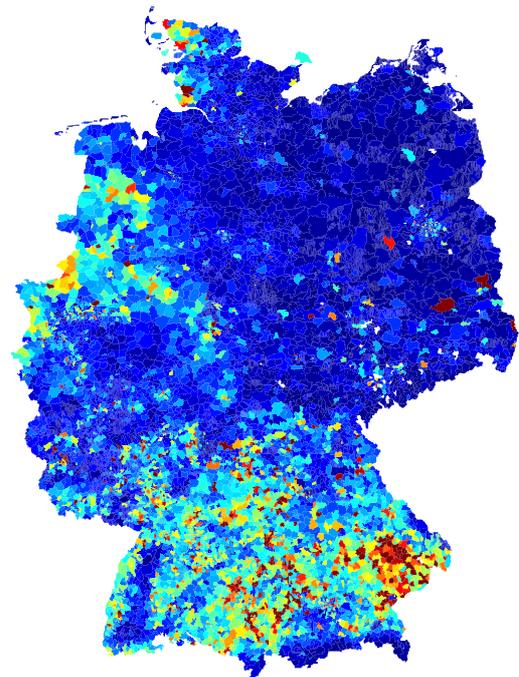


→ Kleinwasserkraft
Potenziale
auch regional
erschließen!



Technisches Potenzial Photovoltaik

- Beste Strahlungswerte in Deutschland
- Ausgereifte Technologie, PV-Module keine el.-magn. Strahlung, energetische Amortisation < 2-3 Jahre
- Einfache Integration in Kommune
- Mythen: Energie kommt nicht zurück, PV strahlt und brennt



Verteilung der installierten Photovoltaik Leistung in Deutschland (2010)

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

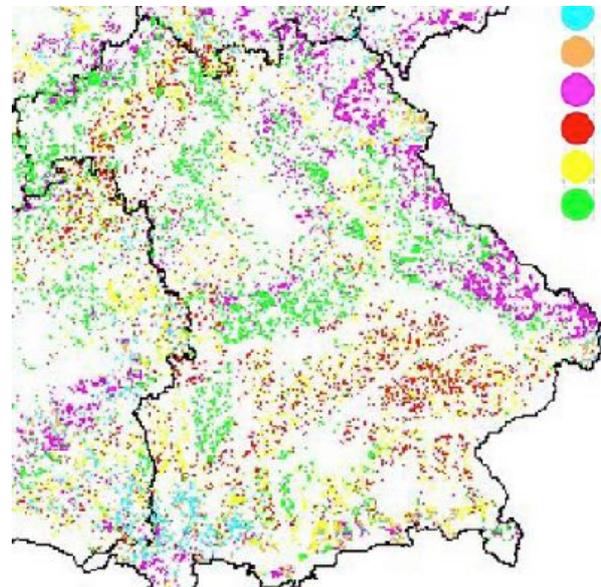
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 15

Technisches Potential Windkraft

- Auf entsprechender Höhe Erträge wie im Norden & Westen
- Ausgereifte Technologie, geringe Lärmemissionen, energetische Amortisation < 1 Jahr
- Potential: 41 GW, 80 TWh bei 1000 m Abstand (ca. 5 H)
- Mythos Landschaftsverchandelung



- 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



Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 16

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**

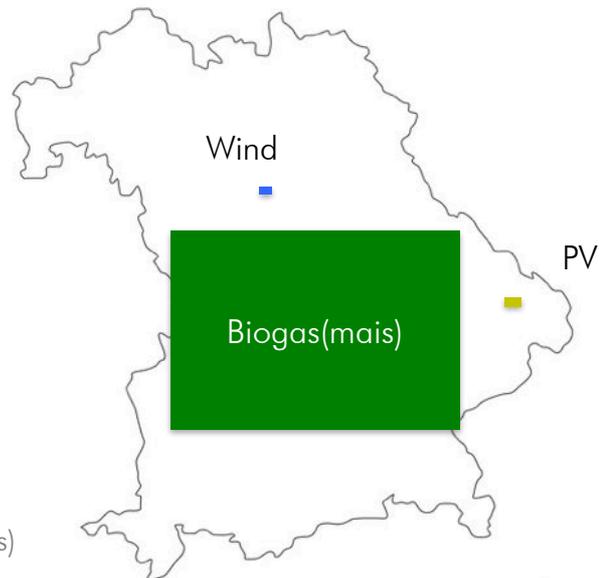
- Ertrag: 20 MWh / ha (Biomethan-Mais)
- Bedarf: 2,15 Mio. ha

■ **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. 17

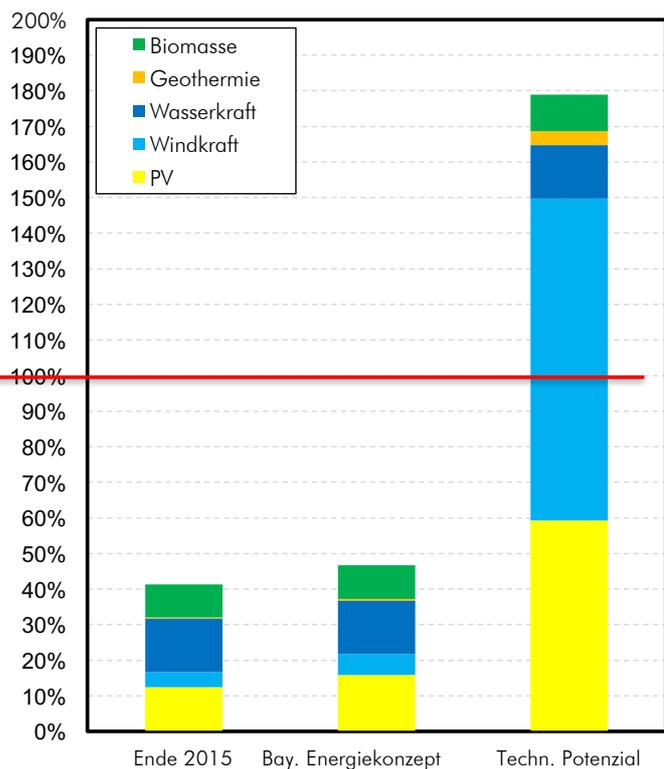
Wir haben genügend heimische Ressourcen in Bayern

Erneuerbarer Anteil an der Stromversorgung

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

Größte Herausforderung:
Versorgung der Ballungszentren

→ Land versorgt die Städte



Energie- und Rohstoffquelle Wald für die Wärmewende

Zuwachs gleich bay. Heizölverbrauch, Wald größter Speicher Bayerns

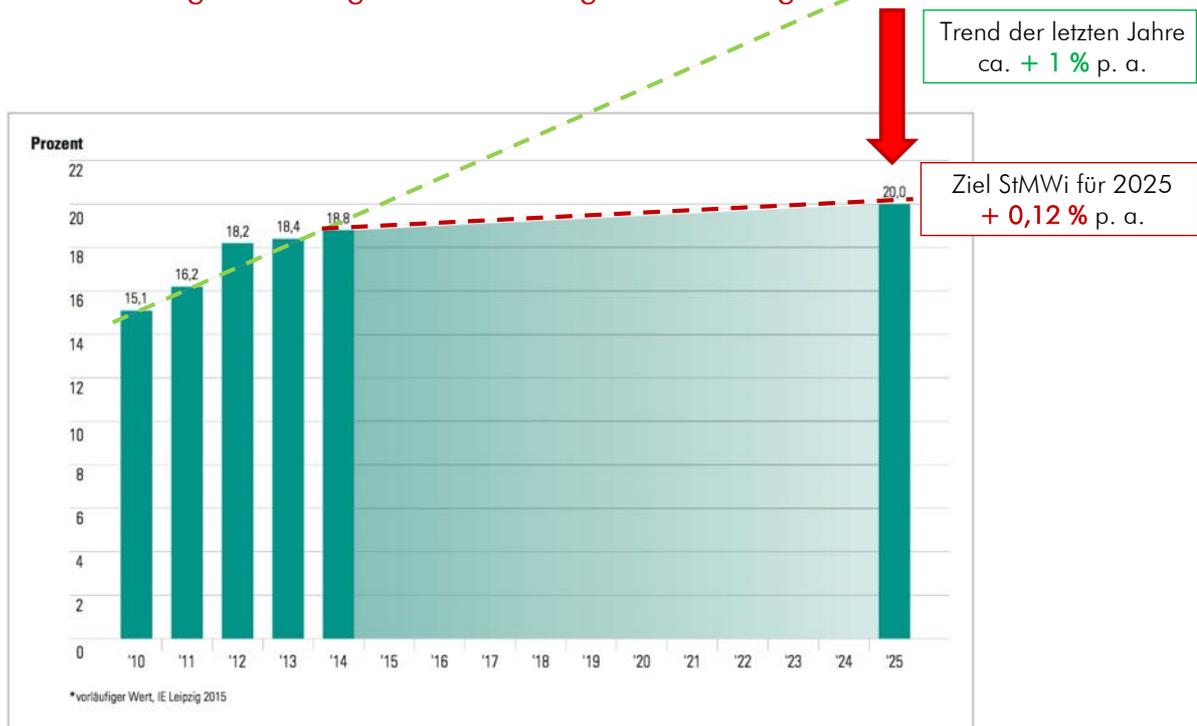


- Fläche: 1/3 Bayerns
 - Vorrat: 1/3 Deutschlands
 - Zuwachs: = ca. **1 m³ Festmeter Holz pro Sekunde**
 - Energie: entspr. ca. 5,1 Mrd. l Heizöl
 - Gegenwert Holz als Energie: ca. **4 600 Mio. EUR** (bei 90 EUR / 100 l Heizöl)
 - Speicherleistung: ca. 6 000 MW (mehr als alle bay. AKWs)
- der Wald ist **Bayerns größter Speicher**

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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 19

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

Quelle: Wirtschaftsministerium Bayern, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 20

Mythos: Kein Potenzial an Bioenergie mehr vorhanden

Privatwald viel ungenutzt → Wichtig: Umsetzung gesetzl. Vorrang Wald vor Wild



„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



Waldnutzung

Wirtschaft
Forstwirtschaft (Eigentümer)

Hobby / Berufung
Jagd (Mieter, Pächter)

Freizeit
Sport



Interesse

Gute Erträge / Auskommen
Erhalt des Waldes

Forstjäger: Beruf
Tiere, Auszeichnungen

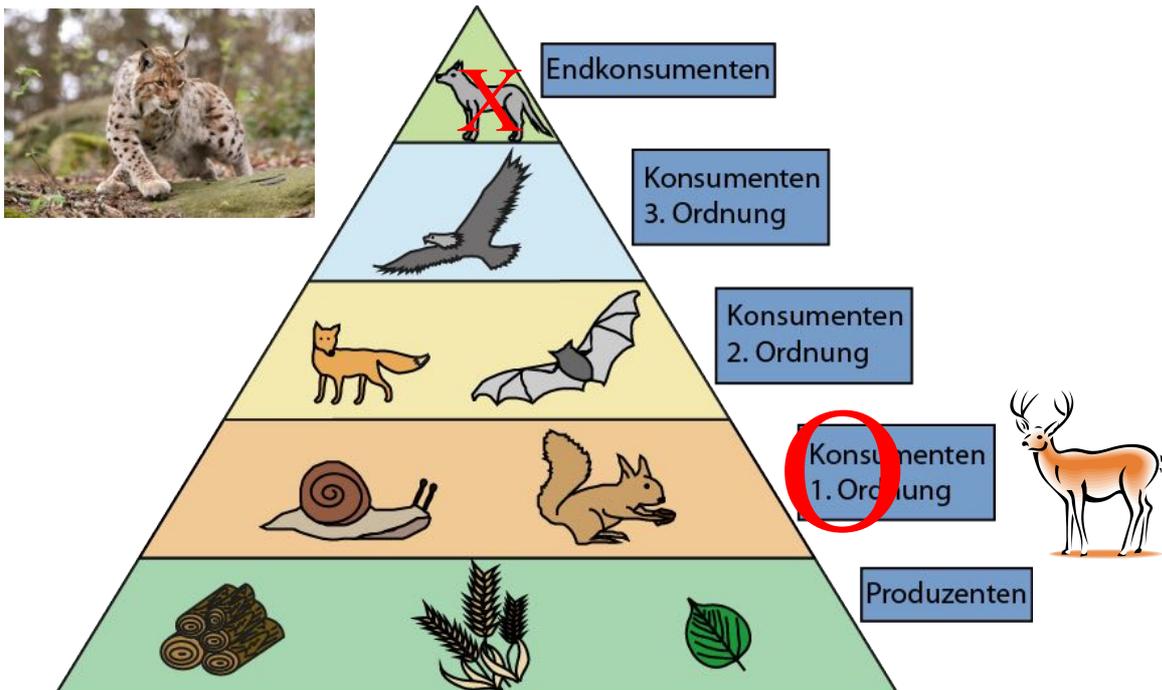
Erholung
Ausgleich

Bildquelle: Google

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 23

Wann wird eine künstliche Anpflanzung notwendig?

Wenn die natürliche Ordnung aus dem Gleichgewicht gerät



Ausgleich durch „künstliche / menschengemachte“ Jagd
Falls mangelhaft → System aus dem Gleichgewicht → Gesetz „Wald vor Wild“

Quelle: Sterner, Stadler, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 24

Verbissituation LK Passau: deutlich zu viele „rote Reviere“



Ergebnisse der forstlichen Gutachten des Freistaats Bayerns zur Waldverjüngung

„grüne Reviere“ | „rote Reviere“
 Verbiss / Wildbestand ■ günstig ■ tragbar ■ zu hoch ■ deutlich zu hoch

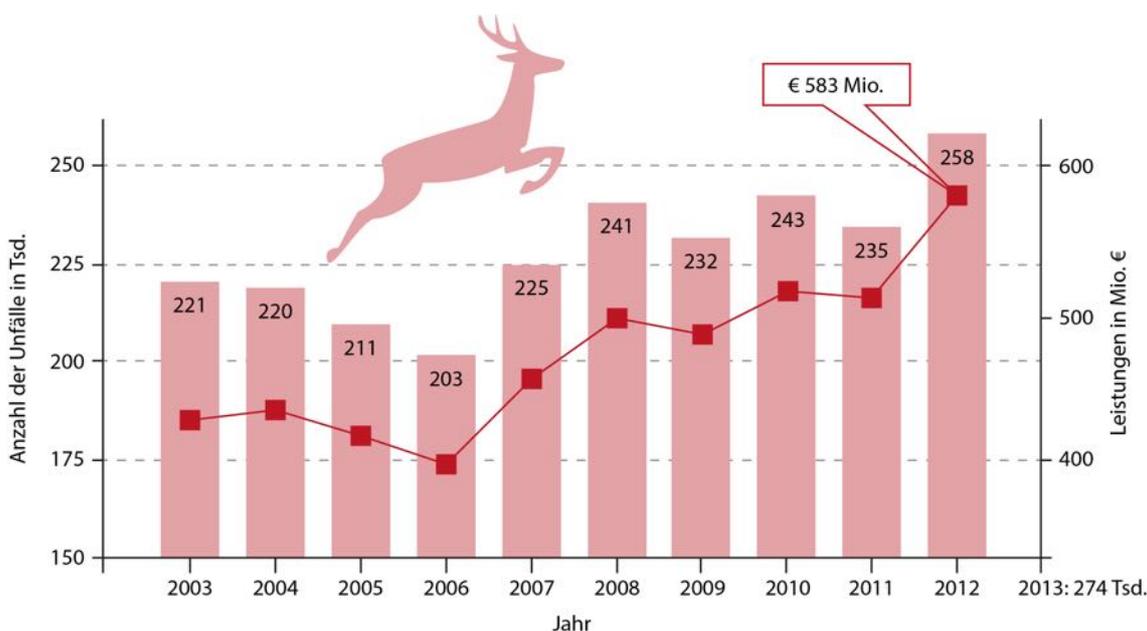
Ort, Gemeinde	Hegegemeinschaft	HG-Nr.	1997	2000	2003	2006	2009	2012
Bad Griesbach, Tettenweis, Ruhstorf	Griesbach I	217	■	■	■	■	■	■
Pocking, Neuhaus, Bad Füssing	Griesbach II	218	■	■	■	■	■	■
Malching, Kirchharm, Bad Füssing	Griesbach III	219	■	■	■	■	■	■
Kößlarn, Rotthalmünster, Pocking	Griesbach VI	220	■	■	■	■	■	■
Haarbach, Bad Griesbach	Griesbach V	221	■	■	■	■	■	■
Bad Griesbach, Tettenweis, Ruhstorf	Griesbach VI	222	■	■	■	■	■	■
Tiefenbach, Ruderting	Passau I	223	■	■	■	■	■	■
Fürstenstein, Aicha v.W.	Passau II	224	■	■	■	■	■	■
Neukirchen v.W., Tittling, Witzmannsberg	Passau III	225	■	■	■	■	■	■
Hutthurm, Büchlberg	Passau VI	226	■	■	■	■	■	■
Salzweg, Thyrnau	Passau V	227	■	■	■	■	■	■
Fürstenzell, Vilshofen	Passau VII	229	■	■	■	■	■	■
Fürstenzell, Neuburg, Ruhstorf, Neuhaus	Passau VIII	230	■	■	■	■	■	■
Vilshofen	Vilshofen I	231	■	■	■	■	■	■
Ortenburg	Vilshofen II	232	■	■	■	■	■	■
Windorf, Tiefenbach, Vilshofen	Vilshofen III	233	■	■	■	■	■	■
Hofkirchen, Windorf, Vilshofen	Vilshofen VI	234	■	■	■	■	■	■
Aidenbach, Aldersbach, Beutelsbach, Vilshofen	Vilshofen V	235	■	■	■	■	■	■
Wegscheid	Wegscheid	236	■	■	■	■	■	■
Möslberg	Möslberg	237	■	■	■	■	■	■
Breitenberg, Sonnen	Breitenberg	238	■	■	■	■	■	■
Hauzenberg, Sonnen	Hauzenberg	239	■	■	■	■	■	■
Ederlsdorf, Obernzell	Ederlsdorf	240	■	■	■	■	■	■
Untergriesbach	Untergriesbach	241	■	■	■	■	■	■
Neuburg, Fürstenzell	Neuburger Wald	242	■	■	■	■	■	■

Quelle: STMELF, Forstliches Gutachten zu Situation der Waldverjüngung 1997-2012

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 25

Wildunfälle nehmen bundesweit langfristig zu

Täglich ca. 700 Unfälle deutschlandweit, + 10 % von 2011 auf 2012



Quelle: GDV, 2013, GDV, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 26

Anteil Wildunfälle am Gesamtunfallgeschehen Straßen

Häufigste Unfallursache Wildschaden → Zu hoher Bestand



2013:

über 2500 Wildunfälle
davon 70 – 75% Rehwild

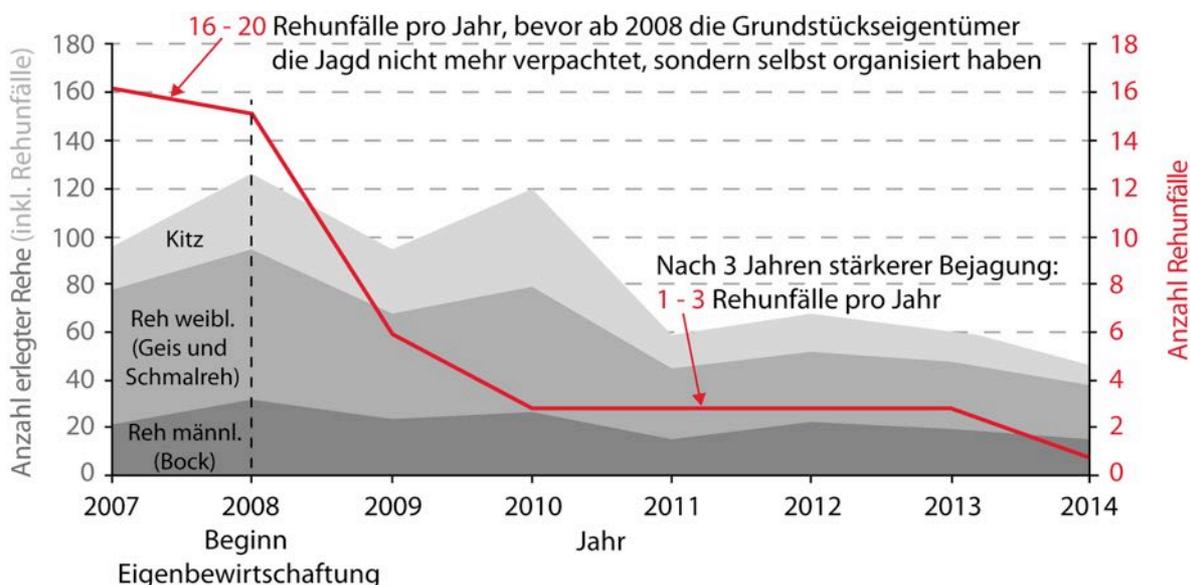
2012:	17%	34%	45%
2011:	16%	32%	42%

Quelle: Daten des Polizeipräsidiums Niederbayern, Regierung von Niederbayern 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 27

Weniger Wildunfälle, mehr Verkehrssicherheit, wenn gemeldeter = tatsächlichem Abschluss

Beispiel Jagdgenossenschaft Kellberg - Streckenliste:



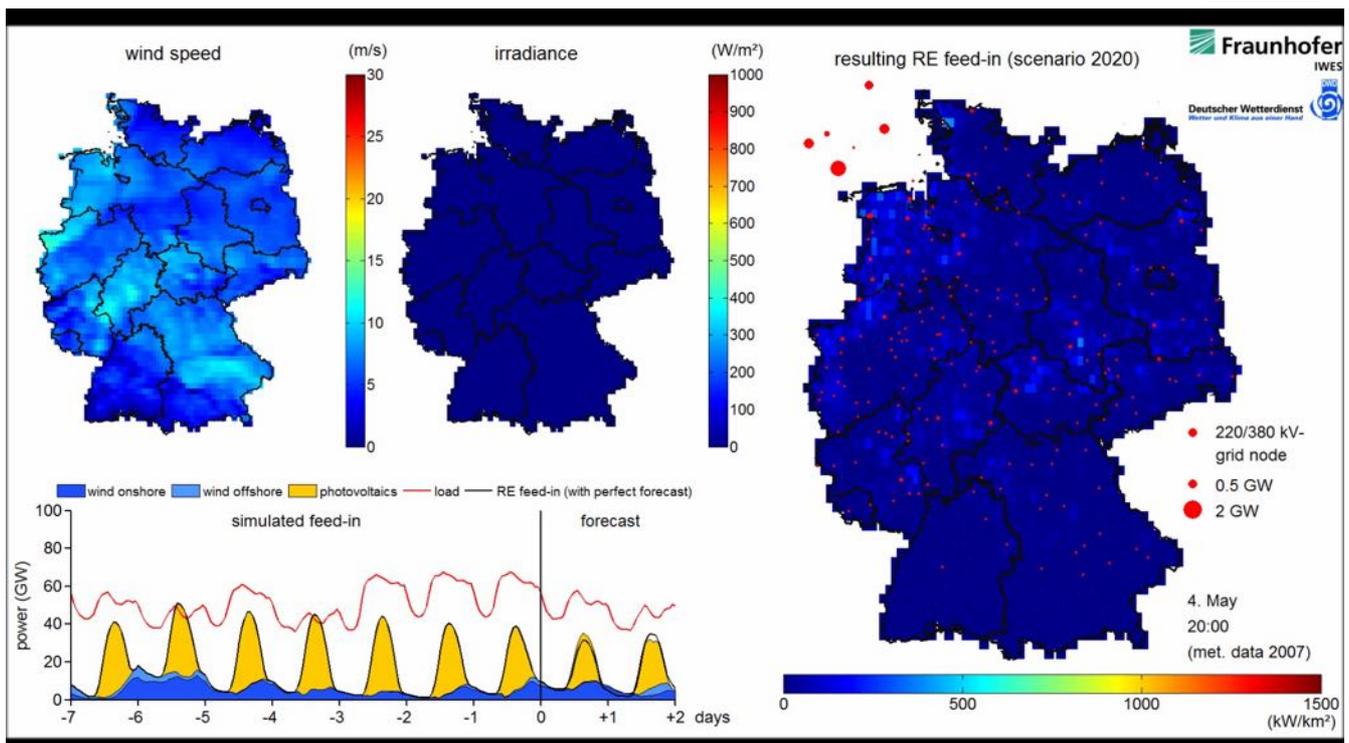
Quelle: Jagdgenossenschaft Kellberg, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 28

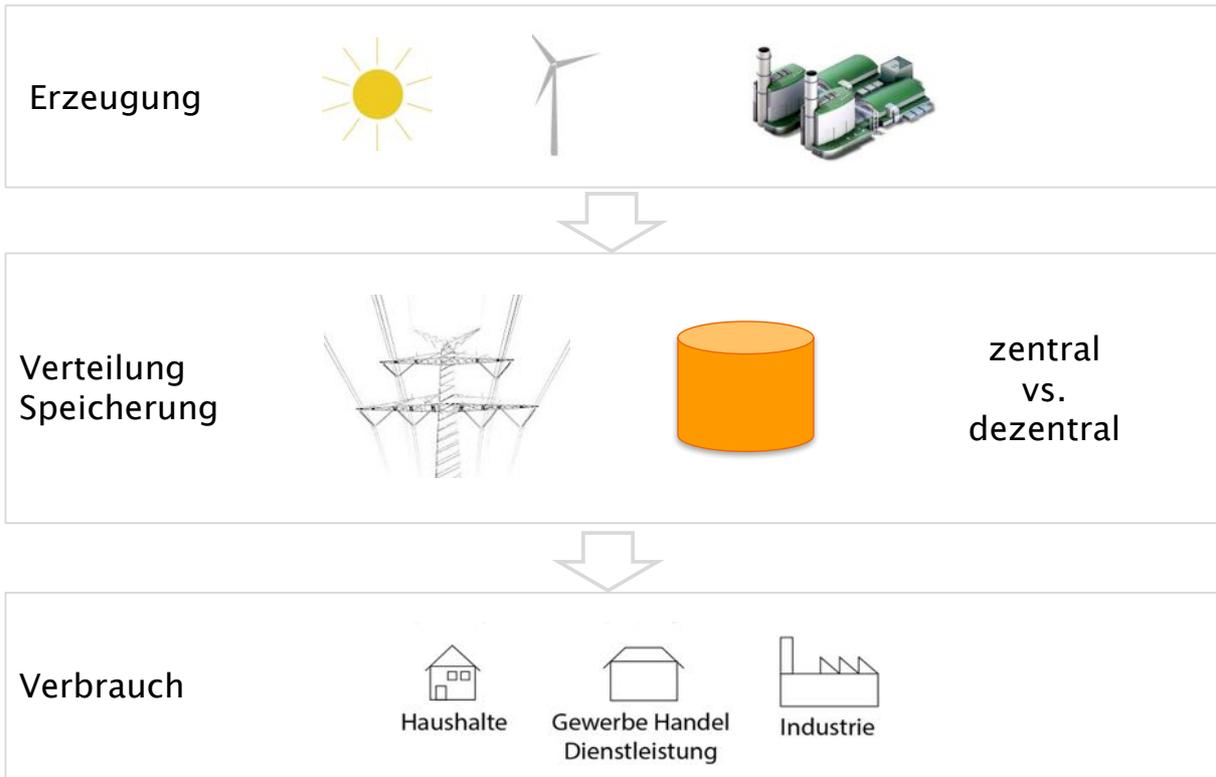
- 1) Klimaschutz als Generationenaufgabe
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) **Netze und Speicher für Versorgungssicherheit**
- 4) Kosten - es lohnt sich langfristig
- 5) Fazit
- 6) Nachspeis:
Energiewende braucht eine Bewusstseinswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 29

Wind und Photovoltaik werden zur leitenden Größe → Technologie und Markt danach ausrichten



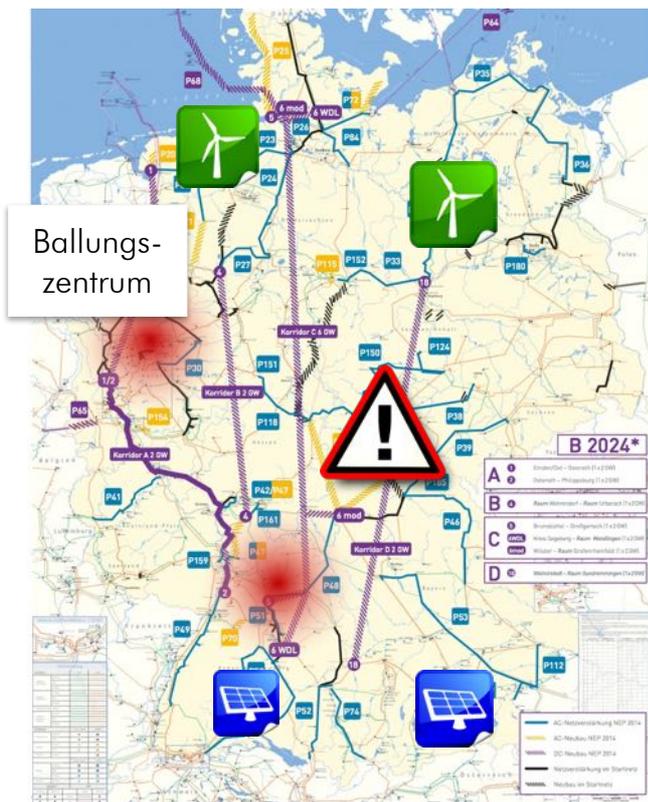
Flexibilitätsoptionen für den Ausgleich von Wind und Solar



Quelle: Sterner, Stadler, 2014

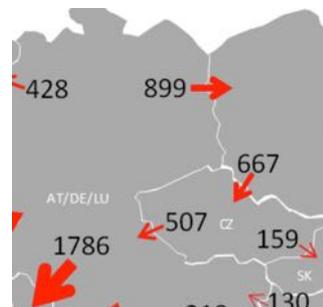
Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 32

Fehlende Stromtrassen → Netzengpässe → Handel beschränkt



Netzausbau mit Atomausstieg verbunden
Verzögerte Planungen → teure Gaskraftwerke

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



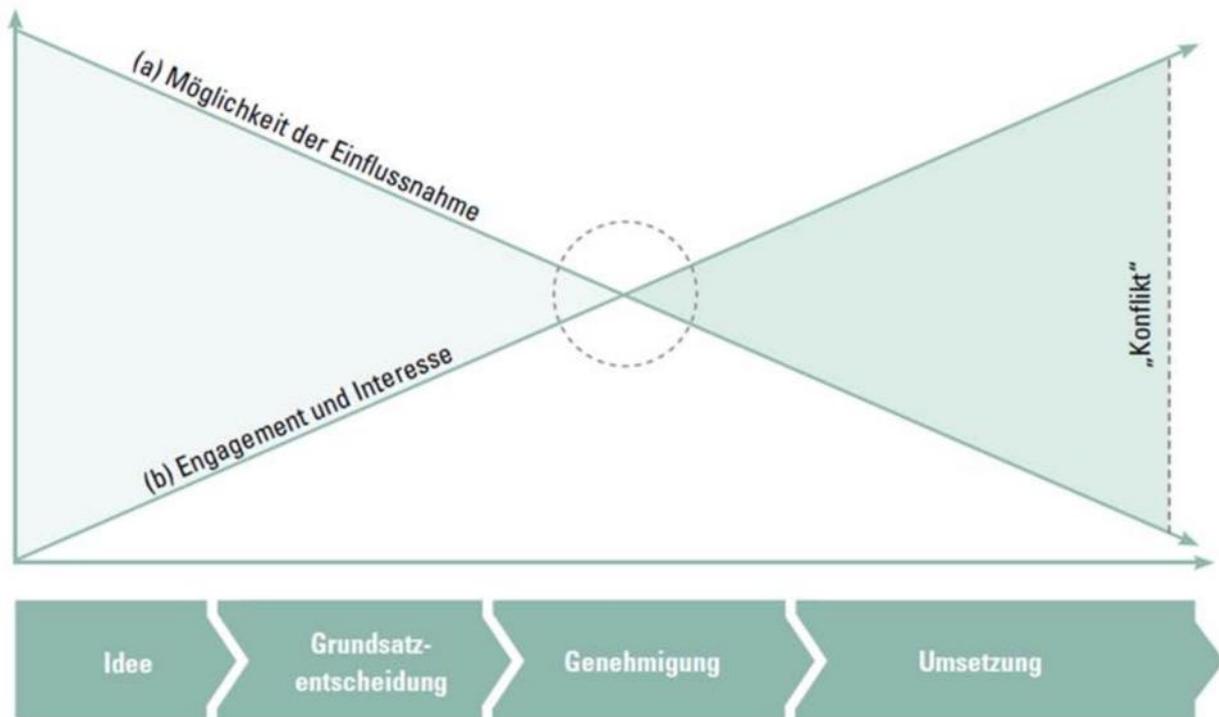
Trassenendpunkt Landshut:
Energiewirtschaftlich und -technisch nicht so sinnvoll wie Gundremmingen, v. a. wenn Ostbayernring nicht kommt

- 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

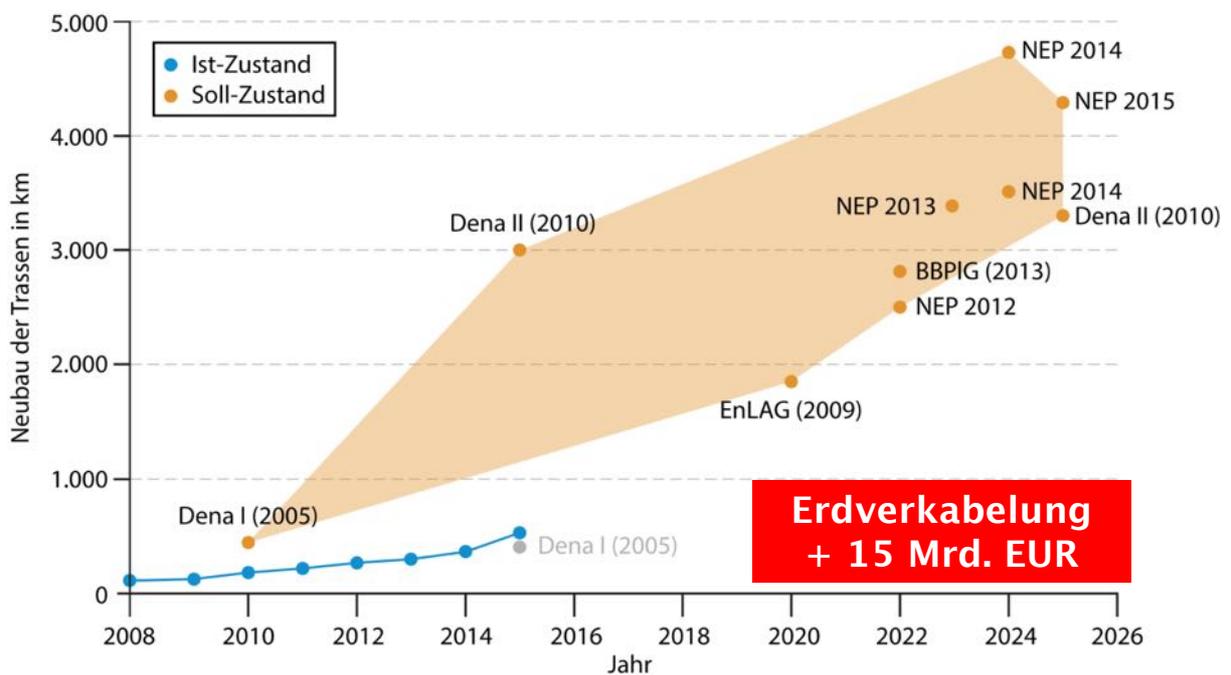
Gesellschaftliche Akzeptanz: Einbindung von Anfang an



Quelle: Fraunhofer, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 34

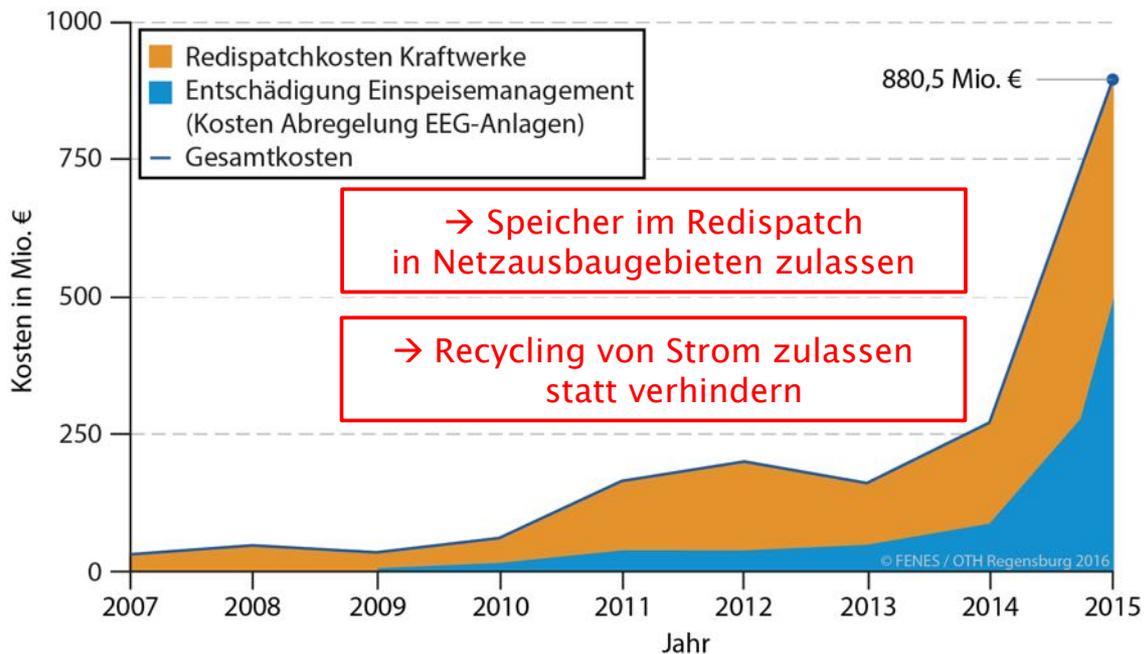
Gegenüberstellung des geplanten Netzausbaus und der bis dato umgesetzten Trassenkilometer



Quelle: Sterner et al – FENES BMBF CCU, 2016; Datenbasis: BNetzA Monitoringberichte

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 35

Stark ansteigende Netzungpasskosten (Redispatch, EinsMan) → Sektorkopplung als Redundanz angehen



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

**„Wegwerfen“ von EE-Strom
= Bedarf v. ca. 1,3 Mio. Haushalten**

Quelle: Sterner et al – FENES BMBF CCU, 2016; Datenbasis: BNetzA Monitoringberichte

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 36

Ergebniskommunikation ...



Wir brauchen **vorerst** keine neuen **Stromspeicher**, wenn wir **vollen Netzausbau annehmen** und verfügbare alternative **Flexibilitäten**.
Langfristig senken Speicher die Gesamtsystemkosten.



Der Ausbau der Erneuerbaren Energien muss nicht auf Stromspeicher warten.



Neue Studie

Die Energiewende braucht keine Stromspeicher



Was sind Energiespeicher?

Laden Speichern Entladen

Pumpspeicher

Wärmespeicher

Kohlehalden

Gasspeicher

THINK OUTSIDE THE BOX

... viel mehr als Batterien!

Source: Sterner, Stadler, 2014, add. pictures

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 38

Pumpspeicher: klassische „Kraftwerksflexibilisierer“ - Stromspeicher

Probleme: Standorte & Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit

Innovatives PSW – Wind-KWK
www.naturstromspeicher.de

IHR WINDPARK KANN MEHR ALS SIE DENKEN ...

Stromnetz

200 m

Windkrafttürme und Fundamente als Oberbecken

Unteres Reservoir Turbine (16 MW) / Pumpe

Quelle: Schluchseewerke, 2010

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 39

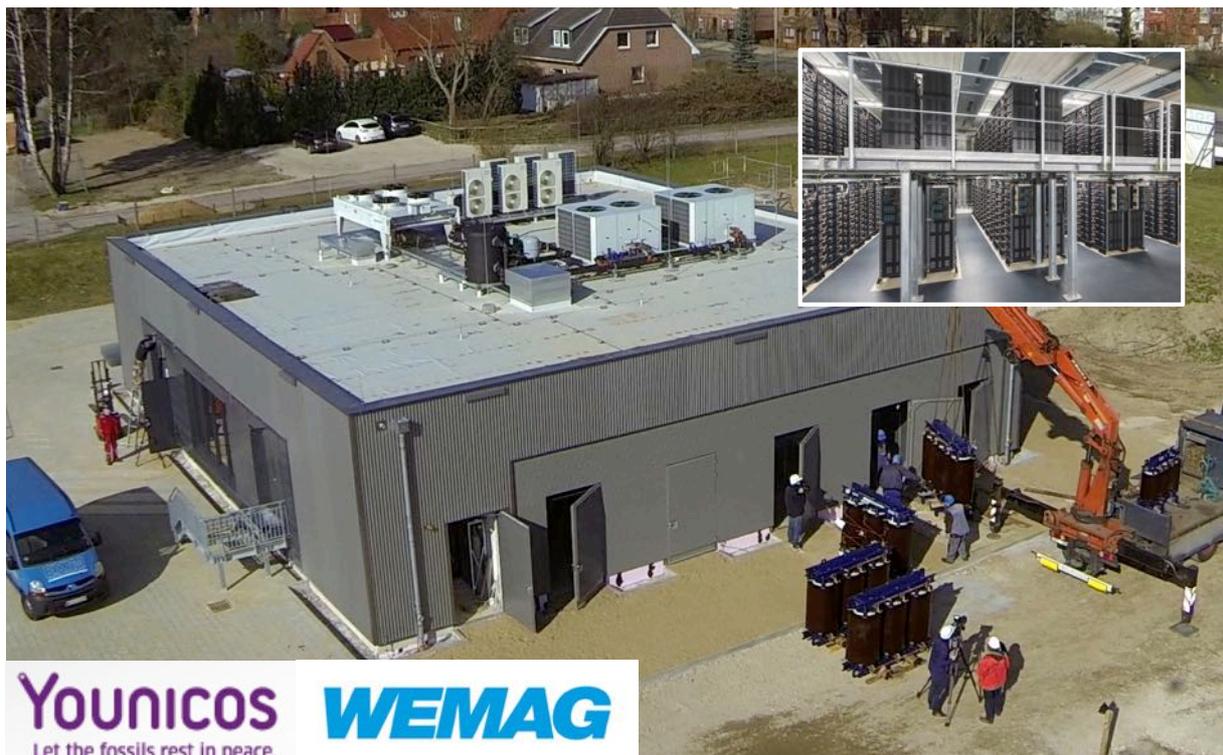
Kommunale Strom- und Wärmeversorgung über Wind-KWK „Naturspeicher“ = Pump- und Wärmespeicher – läuft allein mit Wind



Quelle: www.naturspeicher.de, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 40

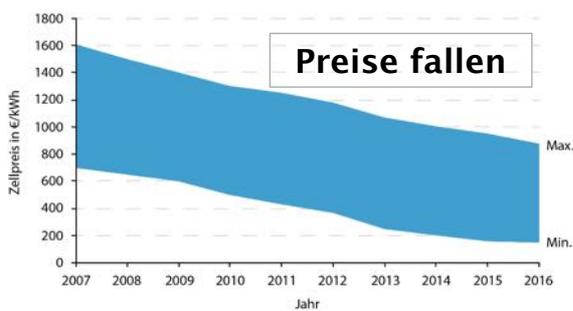
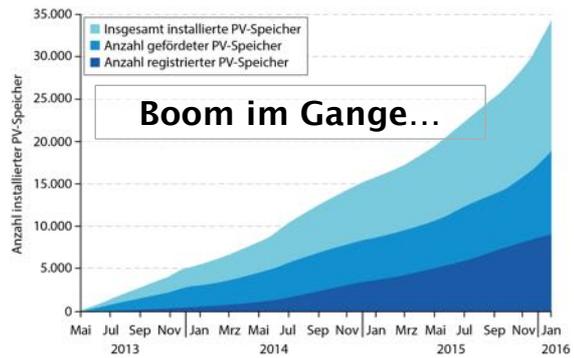
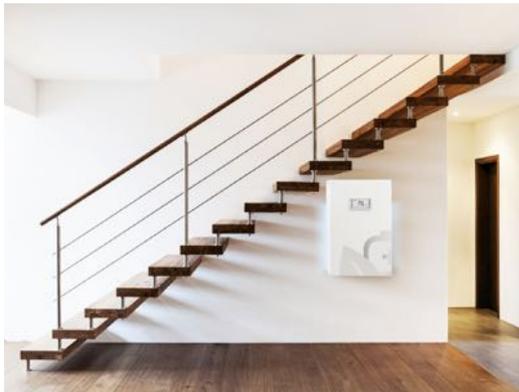
Batteriekraftwerke für Netzstabilisierung & Kraftwerksflexibilität Speicher der Stadtwerke WEMAG & Younicos AG → ca. 300 MW PRL in Planung / im Bau / in Betrieb



Quelle: Younicos AG, 2014

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 41

Haus-Batteriespeicher



Quelle: Sterner, Bauer, Hausbatteriesysteme für BEE, 2015 – Bild: Sonnen GmbH

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 42

Wärmeoptionen @ Home

	Gastherme+ Solarthermie	Biogas + Solarthermie	Luft-Wärmepumpe	Erd-WP mit Ökostrom	Pellets
Heizsystem					
Solaranlage					

„Nutzung von Solarstrahlung“ = Solarthermie



Sektorkopplung Solarstrom - Wärme nicht möglich



Quelle: Sterner et al, FENES OTH Regensburg, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 43

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

Flexibilisierung der KWK

- Betrieb Fernwärmenetz über Speicher

Flexibilisierung Stromnachfrage

- Einsatz von Elektro-Heizkesseln



Zeitliche und räumliche Begrenzung:
Saisonale Verfügbarkeit / Wärmesenken

Quelle: N-Ergie 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 44

Biokraftstoffe limitiert – E-mobilität kommt Zentrale Fragestellung für Zukunft der dt. Automobilbranche



Elektrifizierung

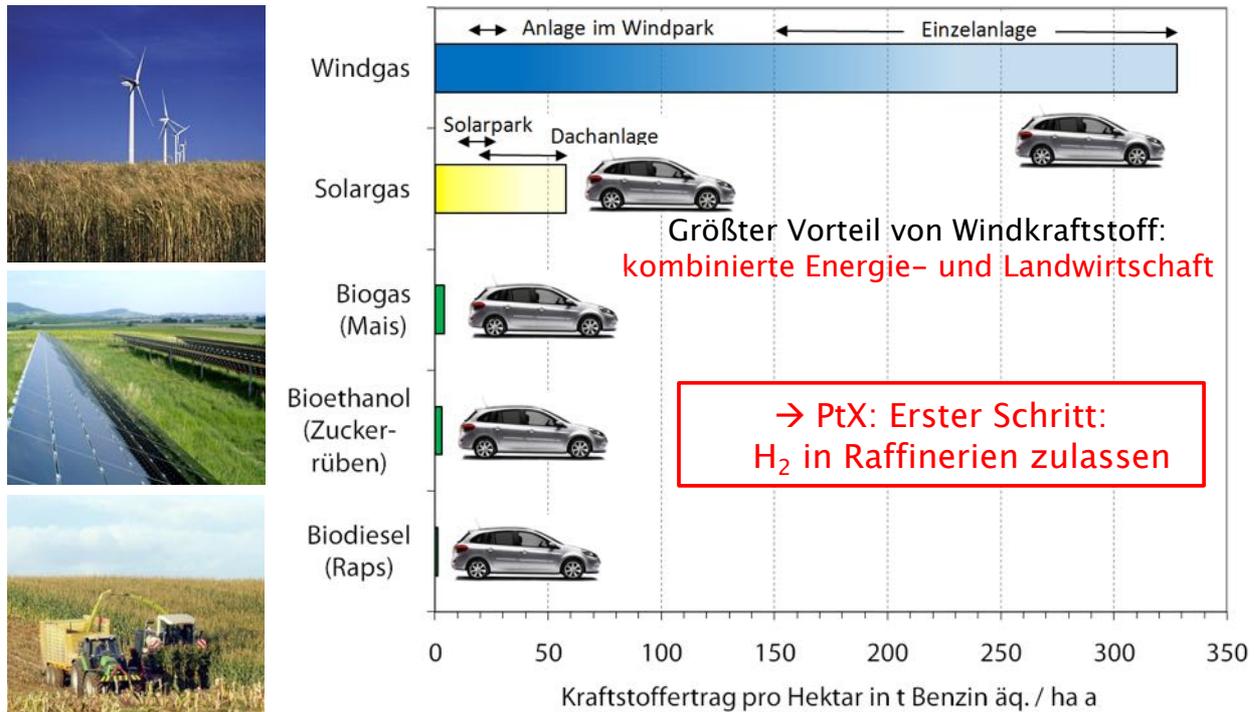
- E-PKW mit > 500 km Reichweite
- Oberleitungs-LKW, Bahn

Quelle: Tesla, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 45

Dekarbonisierung Verkehr rein über Batteriemobilität nicht möglich
 → Stromkraftstoffe für Flug-, Schiff-, Langstrecke, Arbeitsmaschinen

Wind- und Solarkraftstoffe entschärfen Tank-Teller-Konflikt



Quelle: IWES 2011, FNR 2011, DESTATIS 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 46

Gasspeicher sind ausreichend vorhanden Die Infrastruktur zum Energietransport ebenfalls

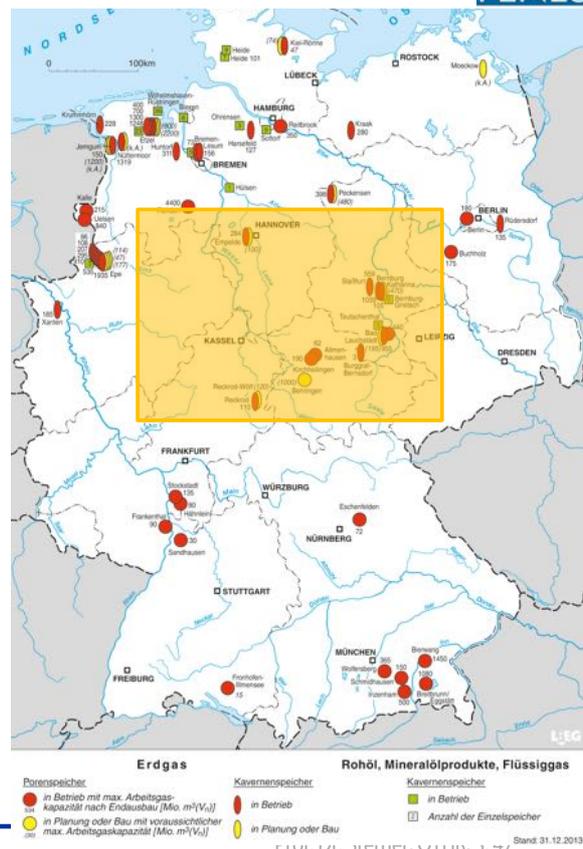
Transportkapazität:
 438.000 km Gasleitungen vorhanden!

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

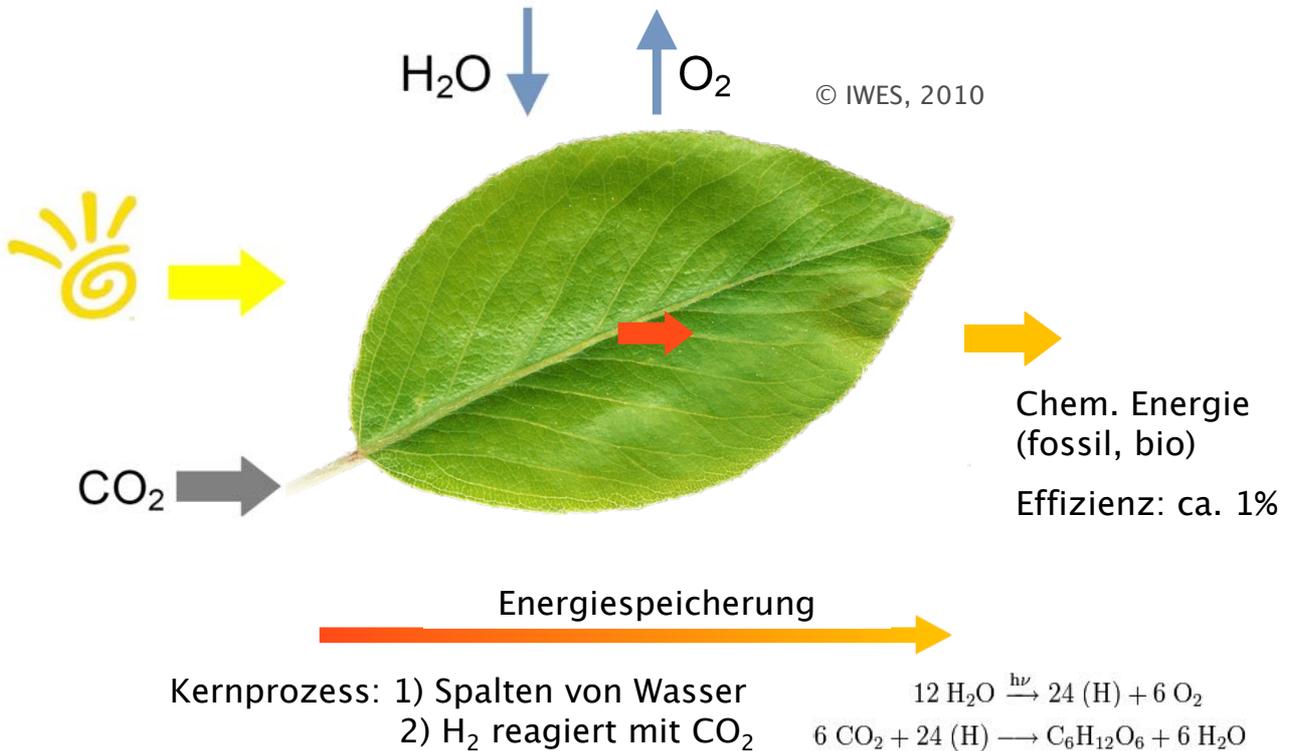


Quelle: FENES, Energy Brainpool, 2015

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 47

Stand 31.12.2013

Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?

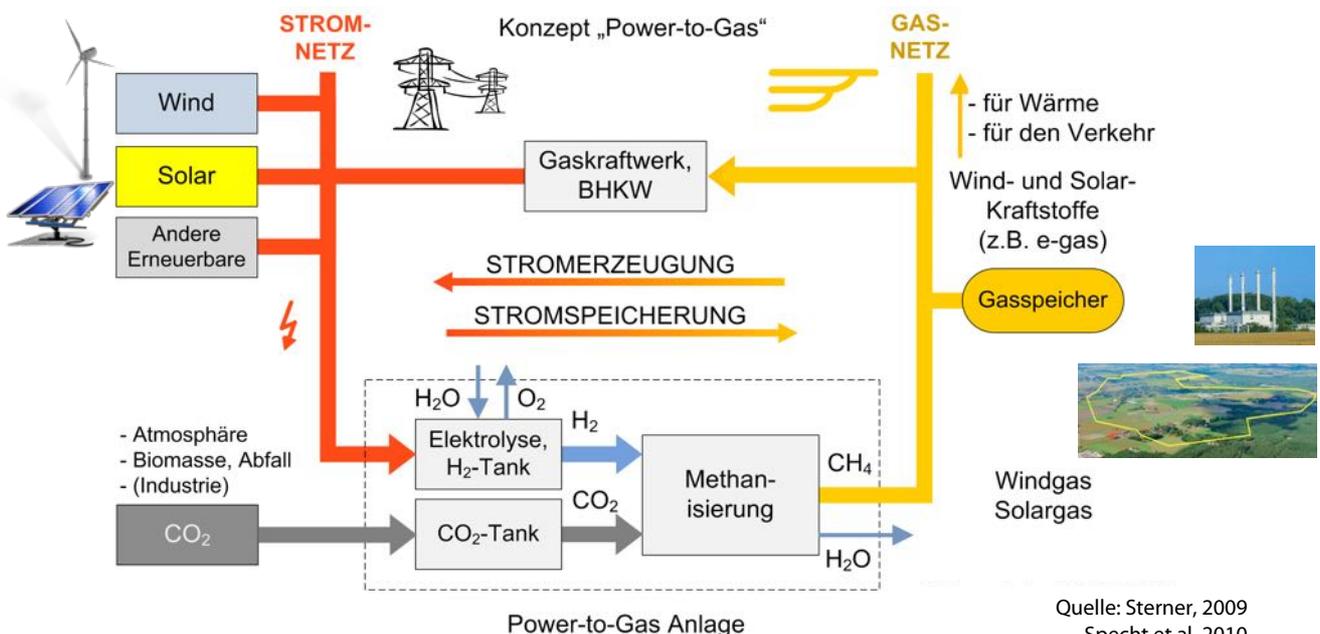


Quelle: Sterner, 2009

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 48

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>

Power-to-Gas Anlagen

Audi Anlage in Niedersachsen



E-On Anlage in Brandenburg



Elektrolyse



Methanisierung (MAN)

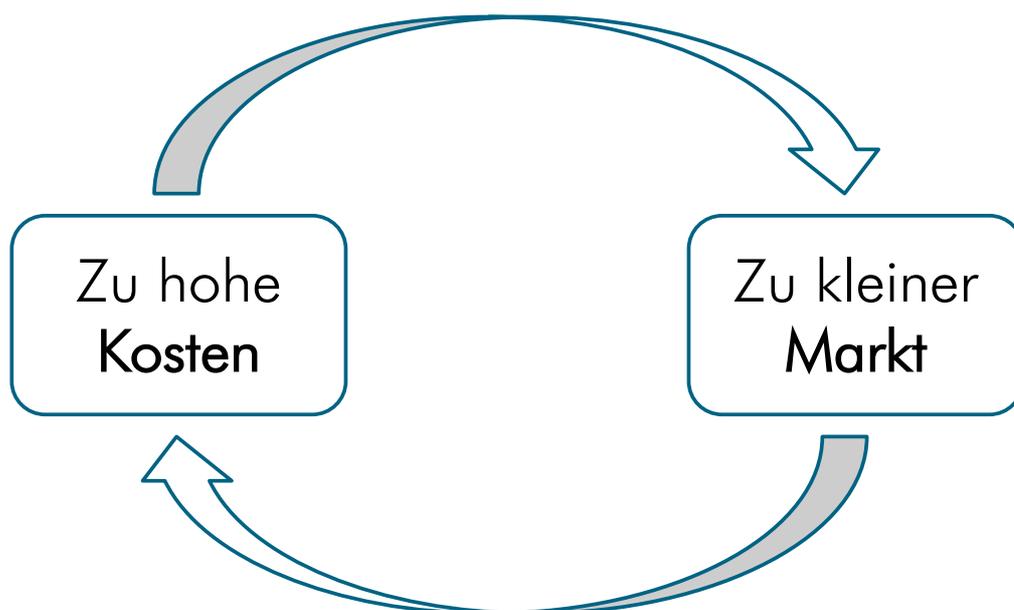
Viessmann Anlage in Hessen



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

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 50

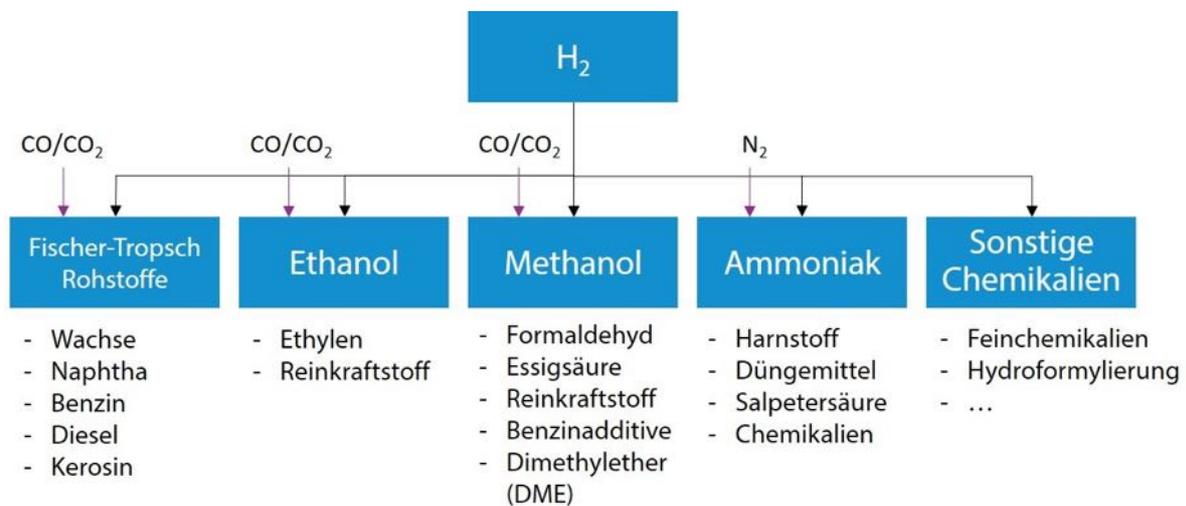
Warum Power-to-Gas noch nicht wirtschaftlich ist



modularisierte Produktion → große Kostensenkungspotenziale

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 51

Power-to-X als Ausgangsstoff für einen Großteil industriell genutzter Rohstoffe



Quelle: Sterner, Bauer et al, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 52

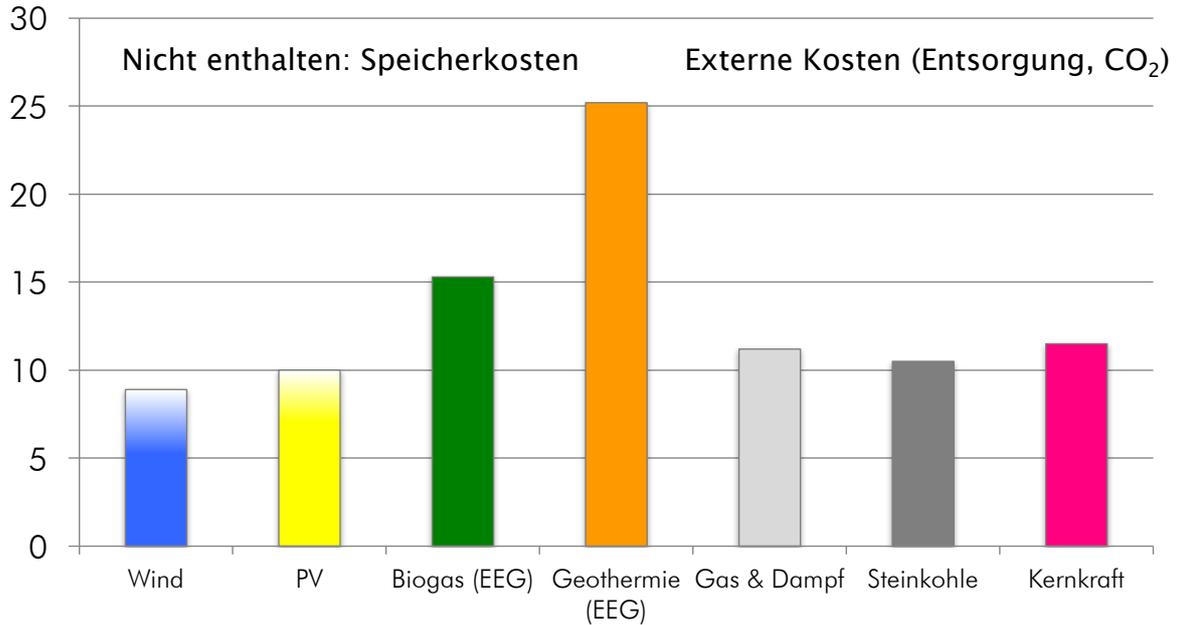
Inhalt

- 1) Klimaschutz als Generationenaufgabe
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Netze und Speicher für Versorgungssicherheit
- 4) **Kosten – es lohnt sich langfristig**
- 5) Fazit
- 6) Nachspeis:
Energiewende braucht eine Bewusstseinswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 53

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

→ auch global Schalter umgelegt



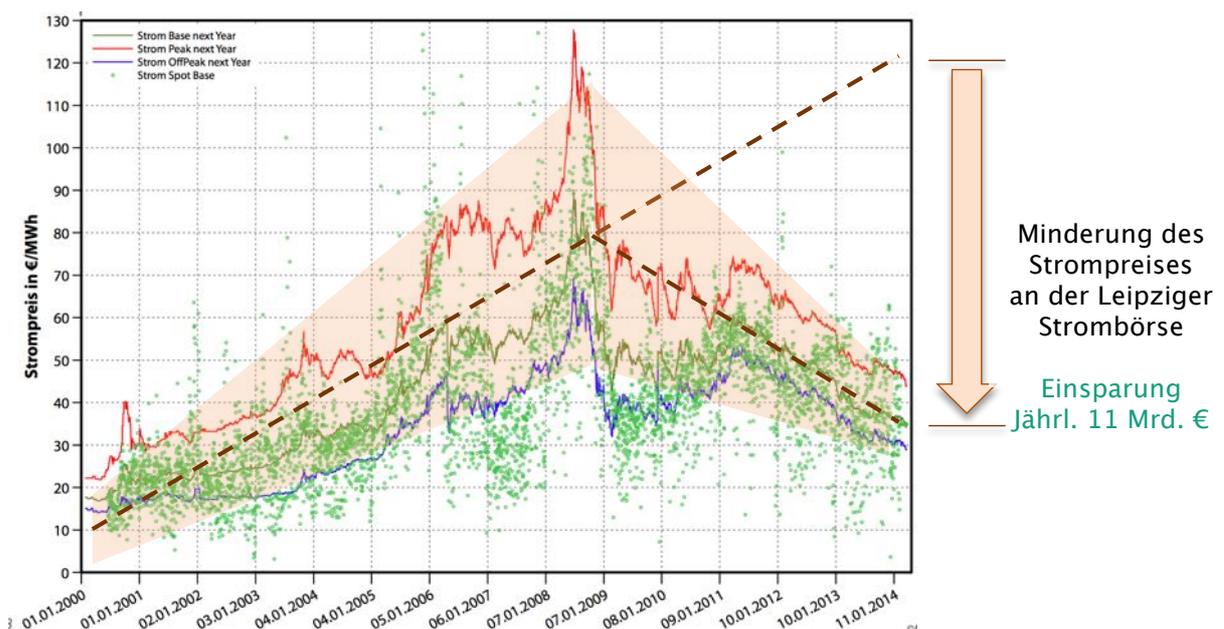
Gestehungskosten für neue Kraftwerke in cent / kWh 2013

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. 54

Mythos: „Ökostrom ist teuer“

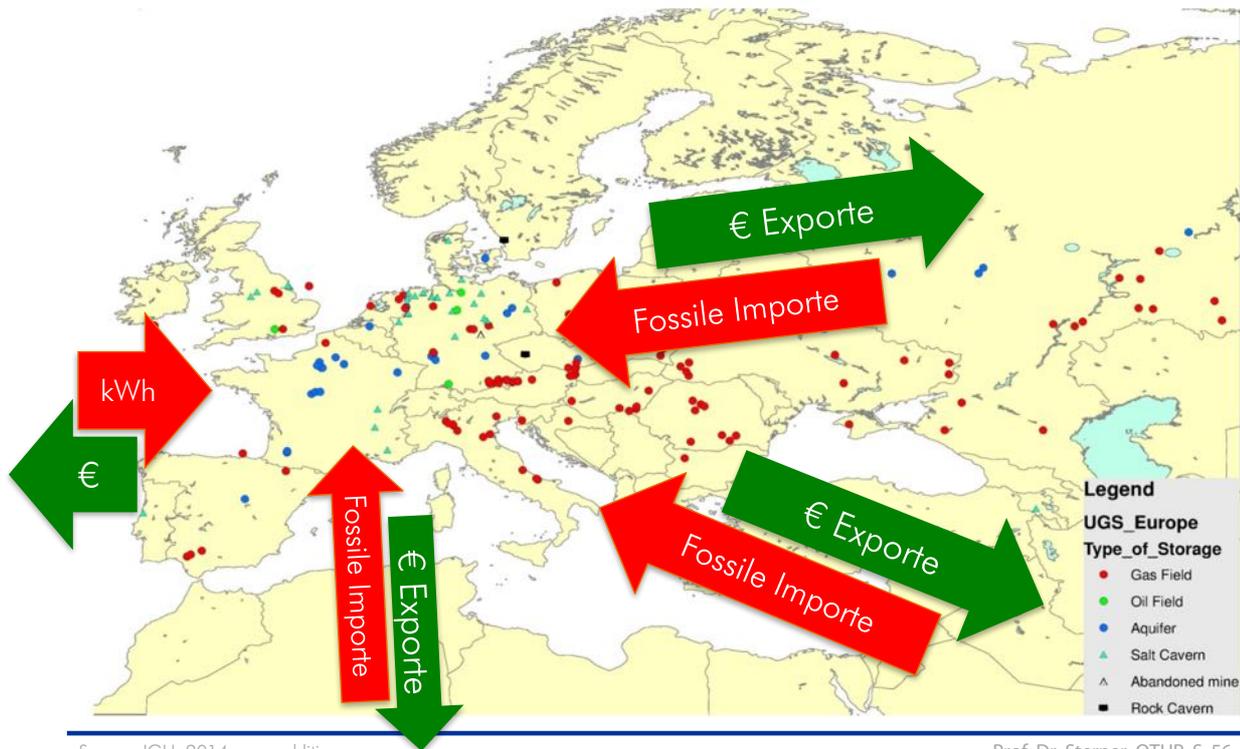
Industriestrompreis heute so günstig wie vor 10 Jahren



Stromintensive Industrie **profitiert** von EEG durch sinkende Börsenpreise

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

Reserven = Speicher = Versorgungssicherheit



Source: IGU, 2014, own additions

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 56

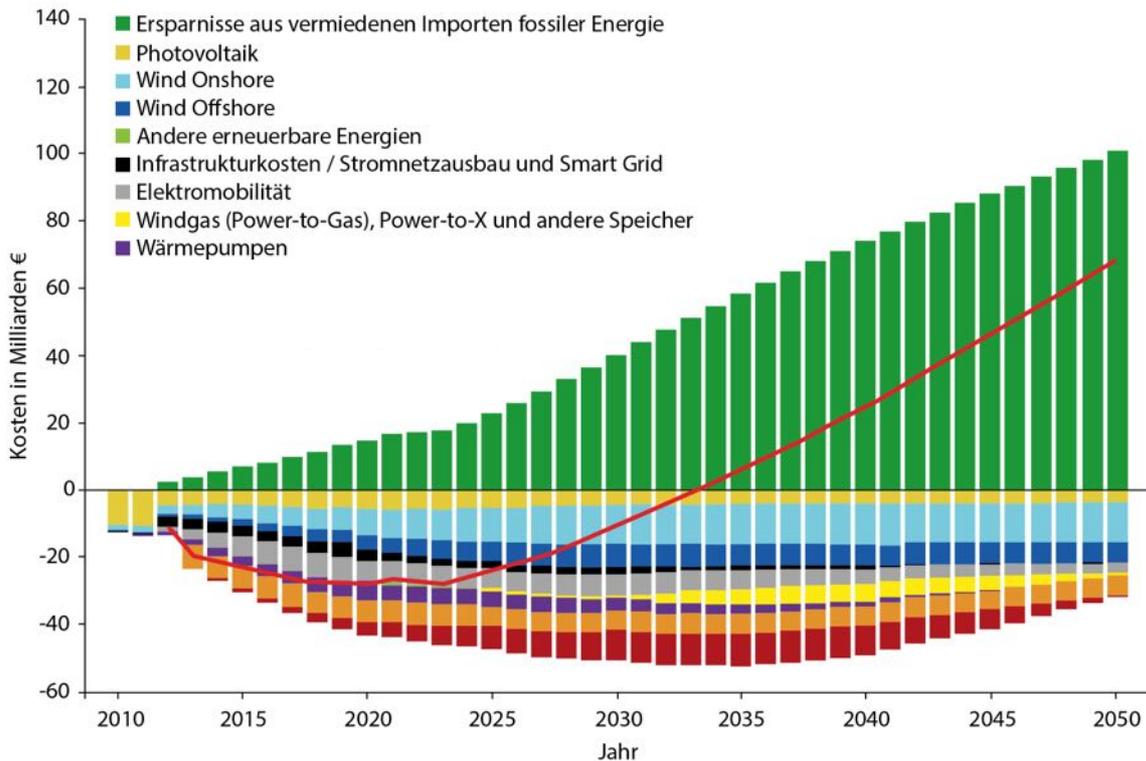
Deutschland importiert für
100 Milliarden €
Primärenergie jedes Jahr,
v. a. Kohle, Öl und Gas.

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

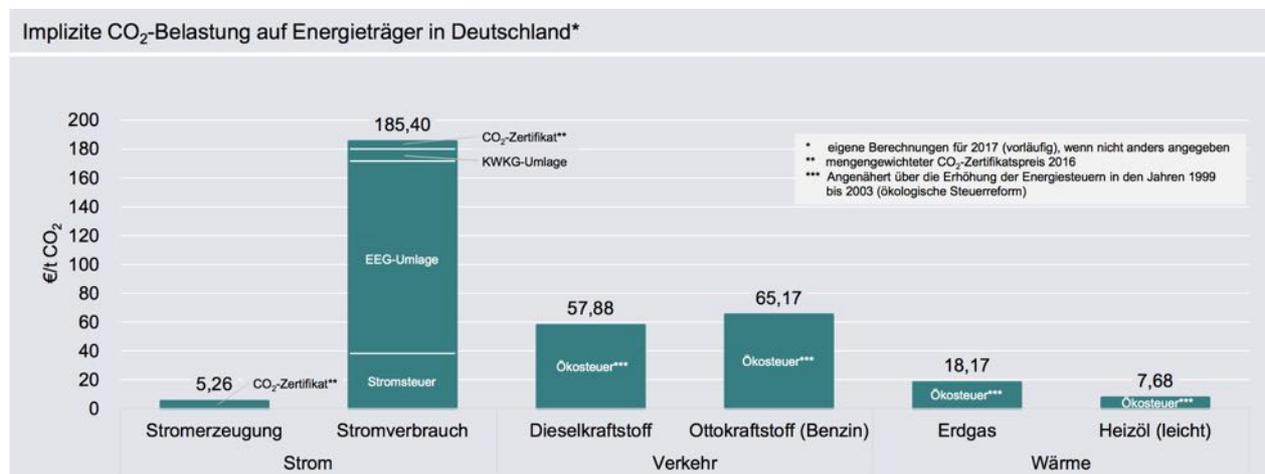
Kosten aller Sektoren inkl. Speicher enthalten



Quelle: Studie Geschäftsmodell Energiewende – Norman Gerhardt et al., 2013 (www.herkulesprojekt.de) Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 58

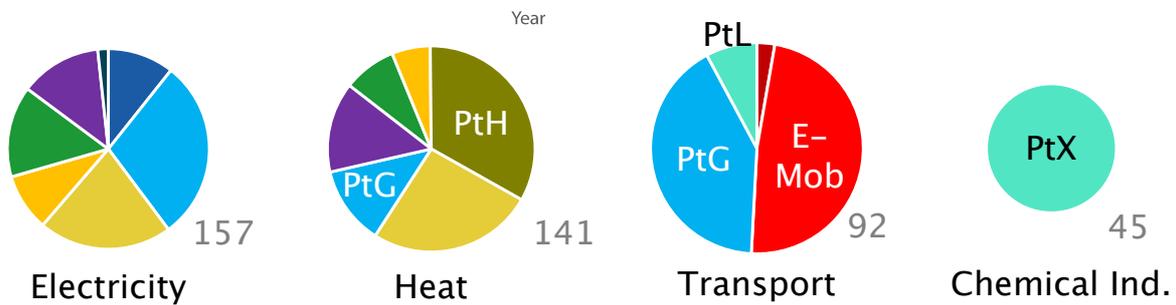
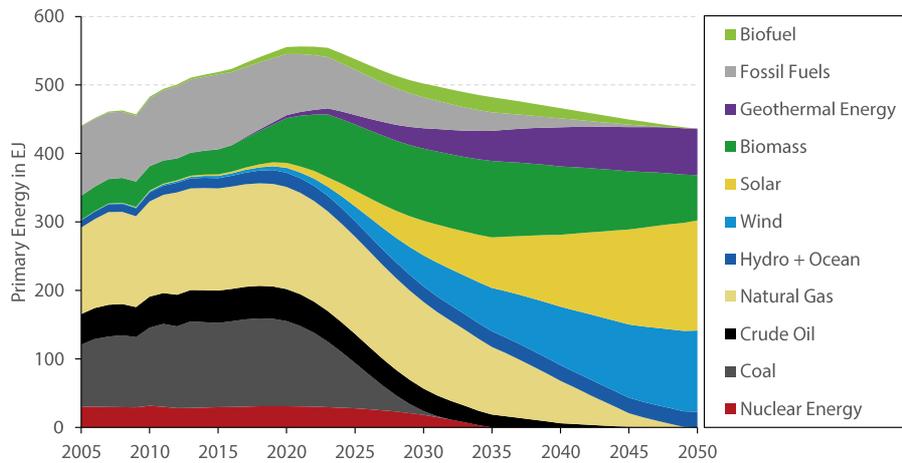
Rahmenbedingungen verzerrt bzw. stark ideologisch geprägt (z. B. Grüner Kraftstoff nur an EE-Anlage → E-Mob?, Wärmepumpen?)

→ Große Reform von Umlagen etc. nötig, um Sektorenkopplung in Gang zu bringen



Quelle: Lenck et al – Agora; Optionen für eine Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen, 2017 Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 59

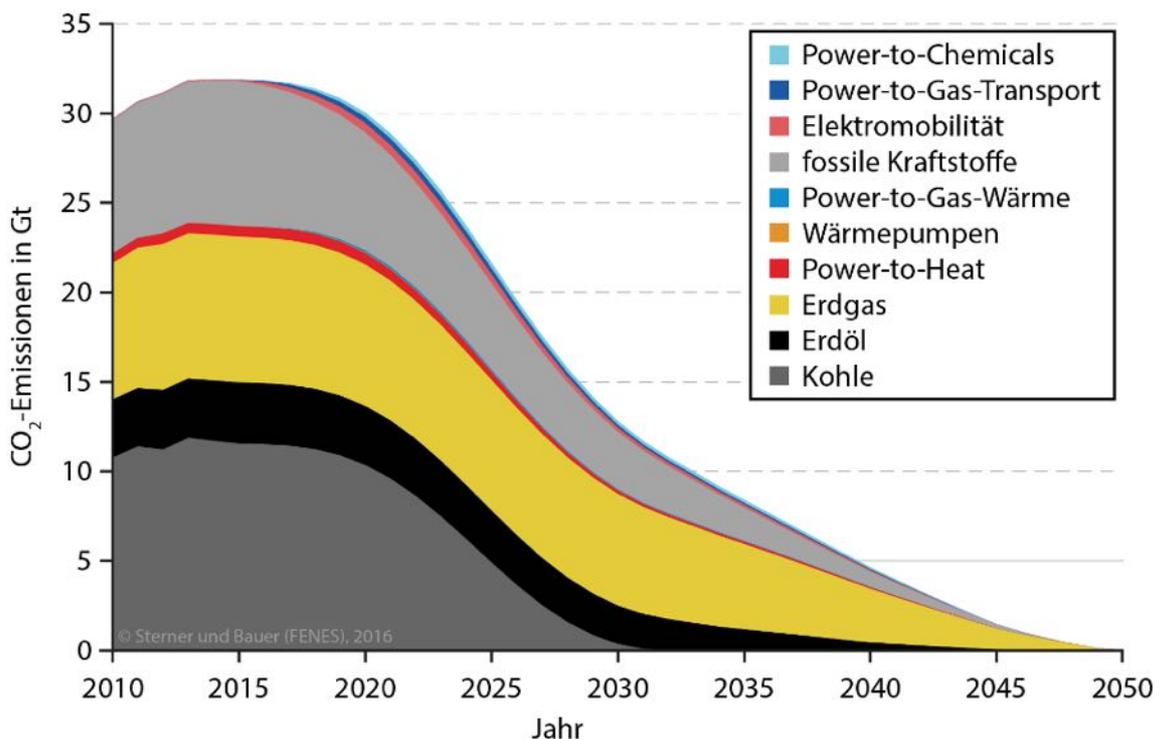
COP21 global umsetzen → Sektorkopplung Weltmarkt 2° Ziel eingehalten → große Rolle für Speicher!



Source: Bauer, Sterner, 2016, WBGU Dekarbonisierungsszenario 2050 – ohne Biomasse & CCS

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 60

COP21 global umsetzen ohne Biomasse & CCS → Erneuerbare + Speicher bzw. Sektorenkopplung



Source: Bauer, Sterner, 2016, WBGU Dekarbonisierungsszenario 2050 – ohne Biomasse & CCS

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 61

Global denken – lokal handeln – Chance „regionale Energiewende“

= Regionale Wertschöpfung durch regionale Versorgung



Geld bleibt in der Region und sichert Umsatz & Arbeitsplätze

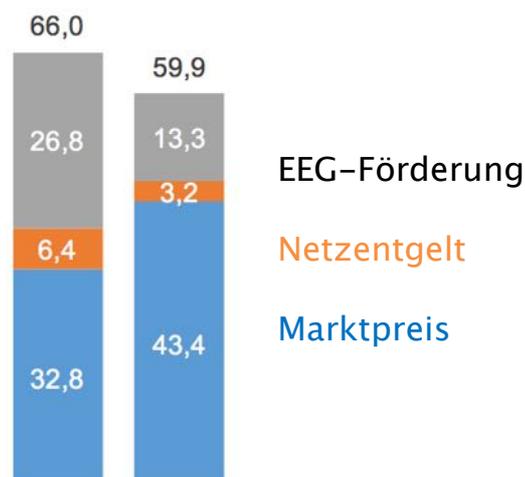
→ Partizipation schafft Akzeptanz und Wohlstand

Quelle: StadtwerkeUnion Nordhessen, 2011

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 62

Dezentral ist nicht mal teurer! 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. 63

Regionale Umsetzung zentraler Schlüssel für den Erfolg!

--> Partizipation schafft Akzeptanz, regionale Kreisläufe



Quelle: Nordgröön GmbH, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 64

100 % Autarkie Strom & Wärme = „12 % Mehrkosten“?

4000 Bewerber auf 9 Wohnungen...
Durch hohe Energiepreise in der Schweiz möglich...



Das energieautarke Haus



Quelle: Pfenning, 2016

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 65

- 1) Klimaschutz als Generationenaufgabe
- 2) Potenziale erneuerbarer Energien in Bayern
- 3) Netze und Speicher für Versorgungssicherheit
- 4) Kosten – es lohnt sich langfristig
- 5) Fazit
- 6) Nachspeis:
Energiewende braucht eine Bewusstseinswende

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 66

Wer kritisch fragt, ist noch längst kein Kernkraftgegner.



Viele junge Leute empfinden Kernkraftwerke als bedrohlich. Wir, die deutschen Stromversorger, haben ihre Kritik nie leichtfertig abgetan. Im Gegenteil: Wir stellen uns dieselben Fragen, die sie bewegen.

Kann Deutschland aus der Kernenergie aussteigen? Ja. Die Folge wäre allerdings eine enorme Steigerung der Kohleverbrennung, mithin der Emissionen des Treibhausgases CO₂. Denn **regenerative Energien wie Sonne, Wasser oder Wind können auch langfristig nicht mehr als 4 % unseres Strombedarfs decken.**

Können wir ein solches Vorgehen verantworten? Nein. Der steigende Energiebedarf der dritten Welt verpflichtet die reichen Staaten, ihre CO₂-Emissionen zu mindern.

Schaffen wir das ohne Kernkraft, allein durch Energiesparen? Nein. Kernkraftwerke liefern 34 % des deutschen Stroms und ersparen der Atmosphäre jährlich 160 Mio. Tonnen CO₂ – bei einem international vorbildlichen Sicherheitsstandard. Also: Treibhaus oder Kernkraft? Das ist hier die Frage!

Viele junge Leute stellen kritische Fragen. Wir auch. Denn unsere schärfsten Kritiker sind wir selbst.

Ihre Stromversorger

Badenwerk Karlsruhe · Bayernwerk München · EVS Stuttgart · Isar-Amperwerke München · Neckarwerke Esslingen · PreussenElektra Hannover · RWE Energie Essen · TWS Stuttgart · VEW Dortmund

Badenwerk Karlsruhe * Bayernwerk München * EVS Stuttgart * Isar-Amperwerke München * Neckarwerke Esslingen * PreussenElektra Hannover * RWE Energie Essen * TWS Stuttgart * VEW Dortmund

Anzeige Süddeutsche Zeitung 1993:

... **regenerative Energien**,
wie Sonne, Wasser oder Wind
können auch langfristig
nicht mehr als **4 %** unseres
Strombedarfs decken. ...

(2017: **32%**)

(technisch machbar: 100 %)

Zukunft schwer vorhersagbar
→ „~~Alles auf eine (Netz)Karte~~“
→ **Viele Wege öffnen**

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
- Gesellschaftliche Akzeptanz sichern durch Beteiligung und vorbildl. Verhalten

■ 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
Vorbild leben – für Glaubwürdigkeit und die junge Generation!

Prof. Dr. Sterner, OTHR, S. 68

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. 96