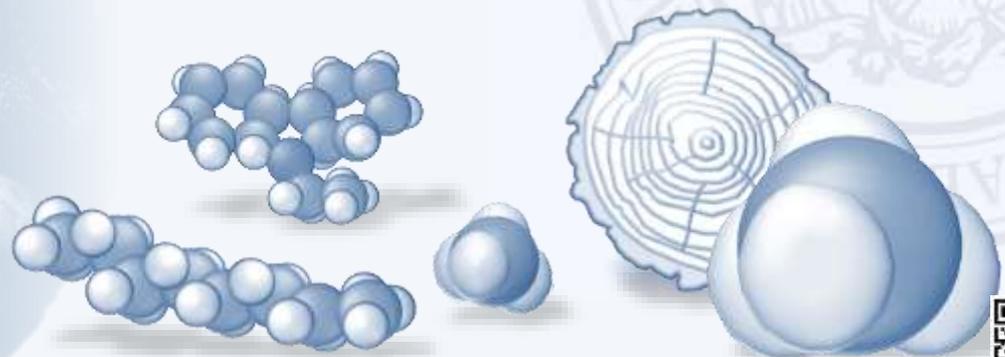


Öffentliche Vortragsreihe „Faszination Technik“,
Fraunhofer-Institut IIS, Erlangen, 19. September 2017

Deutschland ohne Erneuerbare Energien? – Die deutsche Energiewende im Faktencheck

Jürgen Karl

Chair of Energy Process Engineering
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg, Germany



die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

1. Eine Wende fürs Klima – die Fakten

- Bilanz der deutschen Energiewende
- Öffentliche Wahrnehmung
- Entwicklung Erneuerbarer Energien

2. Das kostet die Energiewende wirklich

- Das Mandat der Politik
- Studie „Deutschland ohne Erneuerbare Energien“
- Die Versorgungssituation im Jahr 2023

3. Was die Zukunft (vielleicht) bringt

- Warum niemand Kraftwerke baut
- Die Alternative fürs Klima

4. Speicheraufgaben

- Effiziente Speicher
- Dynamische Speicher
- Große Speicher



die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

1. Eine Wende fürs Klima – die Fakten

- Bilanz der deutschen Energiewende
- Öffentliche Wahrnehmung
- Entwicklung Erneuerbarer Energien



Folie 9

Unsere **1. Herausforderung:**

Folgen des weltweiten Ausbaus von Kohle- und Erdgaskraftwerken

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...



Quelle: Nasa/Goddard Space Flight Center

- das Klima ändert sich möglicherweise tatsächlich...
- ... und offensichtlich ziemlich schnell?

Folgen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- EEG löste beispiellosen Boom der Erneuerbaren Energien aus
- Die mittlere Erzeugung betrug in 2016 **30,3%** der Stromerzeugung und **33,2%** des Bruttostromverbrauchs

installierte
 Leistung (kW)

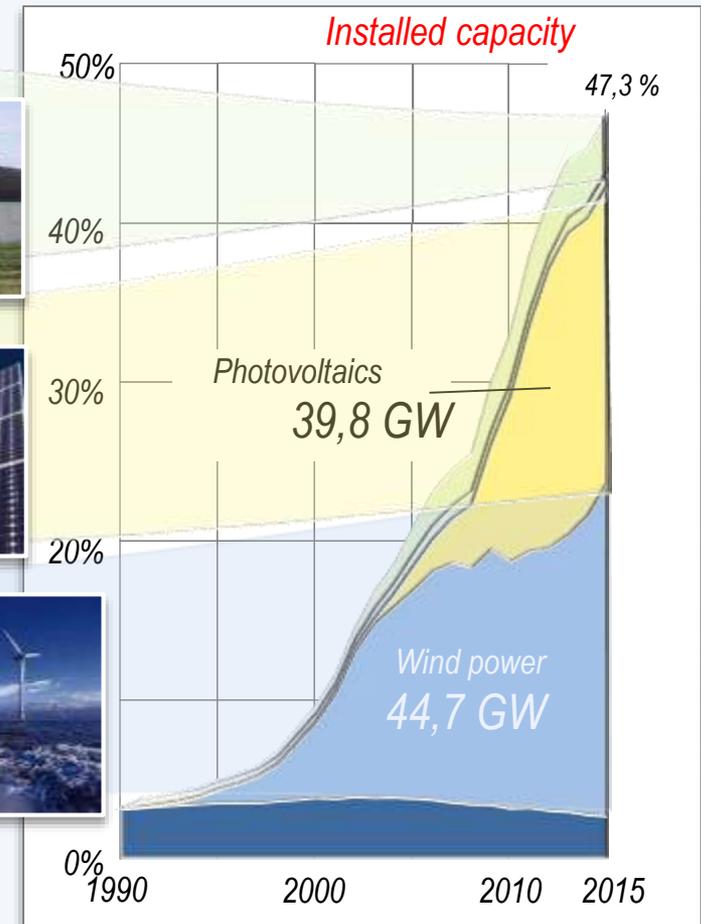
7 x



33 x



37 x



Folgen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

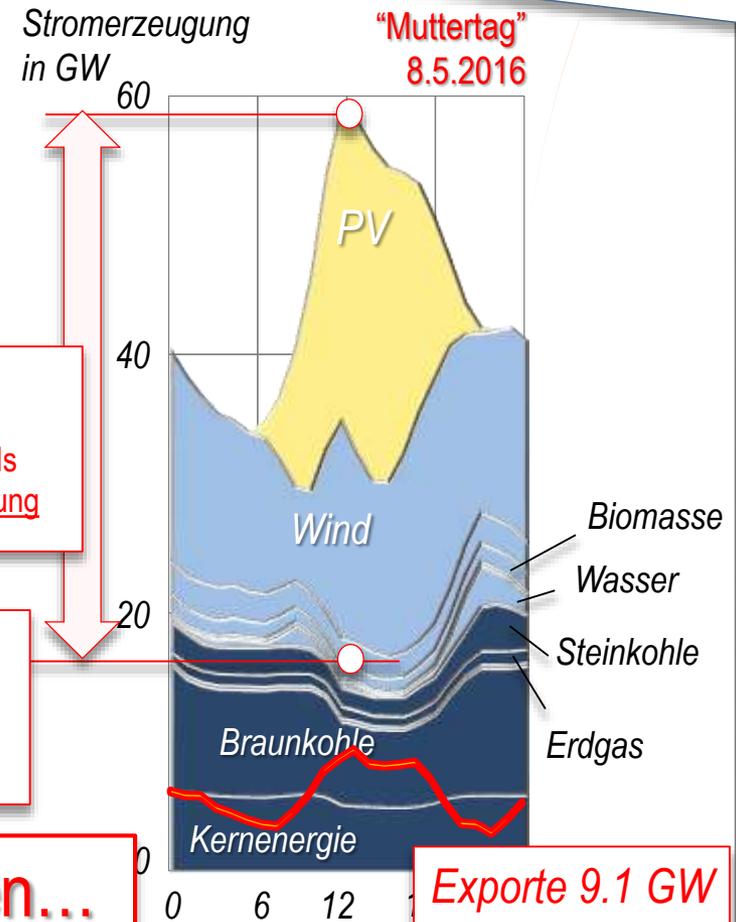
Fazit

- EEG löste beispiellosen Boom der Erneuerbaren Energien aus
- Die mittlere Erzeugung betrug in 2016 **30,3%** der Stromerzeugung und **33,2%** des Bruttostromverbrauchs

42,7 GW
35,6x



- Wind und Sonne decken in Deutschland (theoretisch) bis zu **80% der maximal benötigten Leistung (kW)** ...
- ... und **fast 90% der tatsächlich benötigten Leistung**



71 %
 Deutschlands
 Stromerzeugung

88 %
 Deutschlands
 Stromverbrauch

EEG hat alle Erwartungen übertroffen...

Folgen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- Das EEG war extrem erfolgreich...

aber:

„Die Energiewende wird gemobbt“



Prof. Dr. Claudia Kemfert,
Deutsches Institut für
Wirtschaftsforschung (DIW Berlin)

Ludwig-Erhard-Symposium, Nürnberg, 6.11.2015



Seehofer bremst Energiewende

Statt Ausbau der erneuerbaren Energien steht Kostendämpfung im Blickpunkt

MÜNCHEN – Bei der Energie-ende setzt Ministerpräsident Horst Seehofer (CSU) neue Prioritäten.

Vorrang soll nach den rasanten wirtschritten der vergangenen Jahre nicht mehr der Ausbau der erneuerbaren Energien haben.

(SPD) auf, Vorschläge vorzulegen. Heute wird sich die Staatsregierung mit dem Thema befassen.

Bayern soll außerdem seine unabhängige Stromversorgung bewahren, obwohl

anpacken.“ Thema im Kabinett auch der Streit um die von den Abgeordneten verlangten Abschlüsse für die Haushalte war bis

etern H stand v senen rung rader Bund will ung v

Teurer Verzicht auf Trassen?

Studie rechnet mit bis zu zehn Prozent höheren Stromkosten in Süddeutschland

VON PETER ABBSPÄCHER

NÜRNBERG – Sollten die geplanten neuen Stromtrassen aus dem Norden nach Bayern nicht gebaut werden, könnte dies für den Freistaat und Baden-Württemberg deutlich höhere Strompreise bedeuten.

Dies geht aus einer Studie im Auftrag der EU-Kommission hervor. Im bundesweiten Netzplan sind bisher eine Hochspannungstrasse von der Nordbockle bis nach Grafenrheinfeld (Oberfranken) und die Gleichstromtrasse Süd-Ost aus dem süddeutschen Bawarablock über München durch

stand der Bevölkerung, wegen der gewaltigen Eingriffe ins Landschaftsbild ist von „Ministertrasse“ die Rede. Ministerpräsident Horst Seehofer lehnt beide Trassen ab, er schlägt stattdessen für die sichere Grundversorgung mehrere hochspannende, Gesteinstunnel-Erdkabelwerke in Bayern vor. Sie sollen den Strom liefern, wenn Windkraft und Solaranlagen witterungsbedingt ausfallen und auch die letzten Atomkraftwerke 2020 abgeschaltet sind.

Die EU-Experten rechnen damit, dass Bayern vorschlagen wird, den deutschen Elektrizitätsmarkt in nördliche und eine südliche Preiszone zu trennen – Alle die beiden ge-

dies um bis zu zehn Prozent höhere Strompreise bedeuten. Experten von Seehofer vorge-

Falsches Spiel Bayerns Energiewende scheitert

Land fließen – und wie anders sollte das gelingen als über Stromautobahnen aus dem Norden in den Süden? Die Antwort ist bitter: Sie wird allen sauer aufstoßen. Sie wird





Will Germany face the
total desaster?

Kritikpunkte gegen die „Energiewende“

1. Erneuerbare Energien sind teuer

2. Erneuerbare gefährden die Netzstabilität

3. Erneuerbare kosten Arbeitsplätze

4. Erneuerbare gefährden die Versorgungssicherheit

facts

alternative facts

Entwicklung der Strompreise an der European Energy Exchange (EEX)

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- Überschuss an Erneuerbaren Energien ließ Strompreis **von 6 auf 2 ct/kWh** sinken
- Deutschlands „privilegierte Verbraucher“*) genießen die niedrigsten Strompreise Europas

*) ca. 25% des deutschen Stromverbrauchs



Kritikpunkte gegen die „Energiewende“

- | | facts | alternative facts |
|--|--|--------------------------|
| 1. Erneuerbare Energien sind teuer | <input checked="" type="checkbox"/> ^{1,2} | <input type="checkbox"/> |
| 2. Erneuerbare gefährden die Netzstabilität | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Erneuerbare kosten Arbeitsplätze | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Erneuerbare gefährden die Versorgungssicherheit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Näheres dazu
später ...

¹⁾ Nur für Privatkunden und Kleinverbraucher

²⁾ die Alternative wär auch nicht billiger gewesen

die Fakten

die Kosten

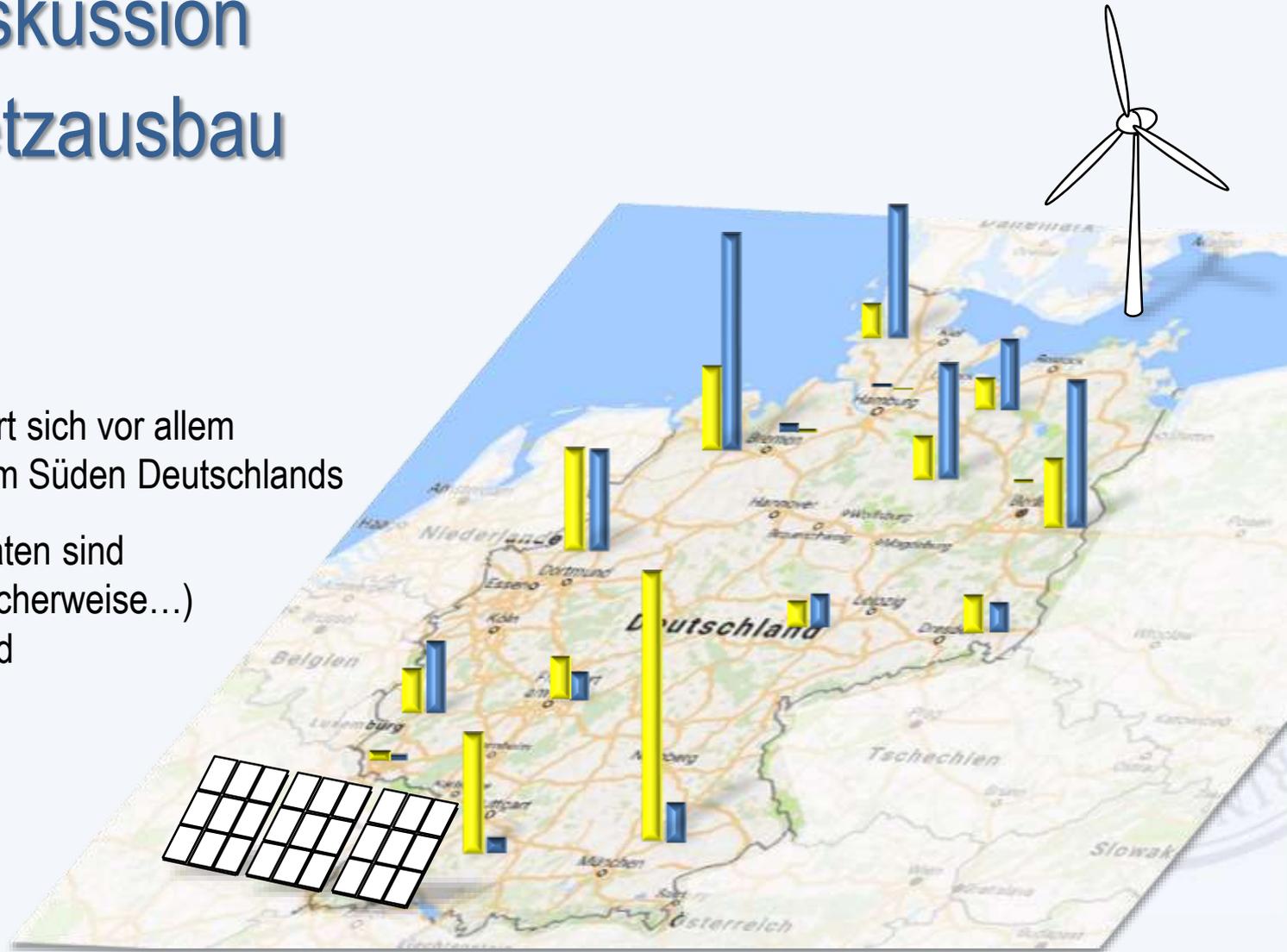
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

Diskussion Netzausbau

- Wind konzentriert sich vor allem im Norden, PV im Süden Deutschlands
- Die Netzkapazitäten sind langfristig (möglicherweise...) nicht ausreichend



die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

System Average Interruption Duration – SAIDI Index

- der SAIDI/SAIFI Indizes beschreiben die Zuverlässigkeit der Stromversorgung
- der SAIDI Index beschreibt die durchschnittliche Dauer von Stromausfällen pro Jahr

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Gesamtdauer der Unterbrechung der Stromversorgung}}{\text{Gesamtdauer der Stromversorgung}}$$

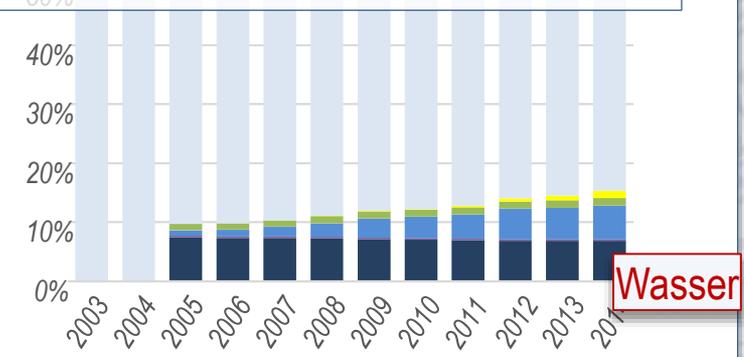
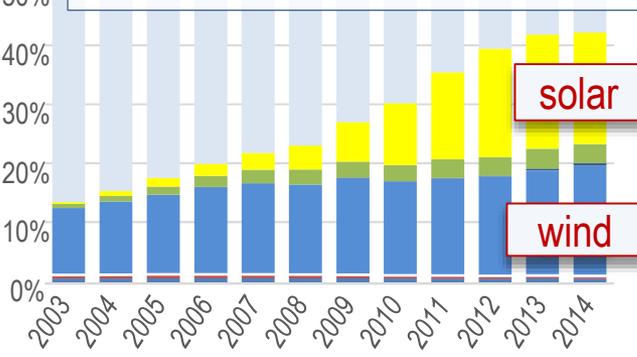
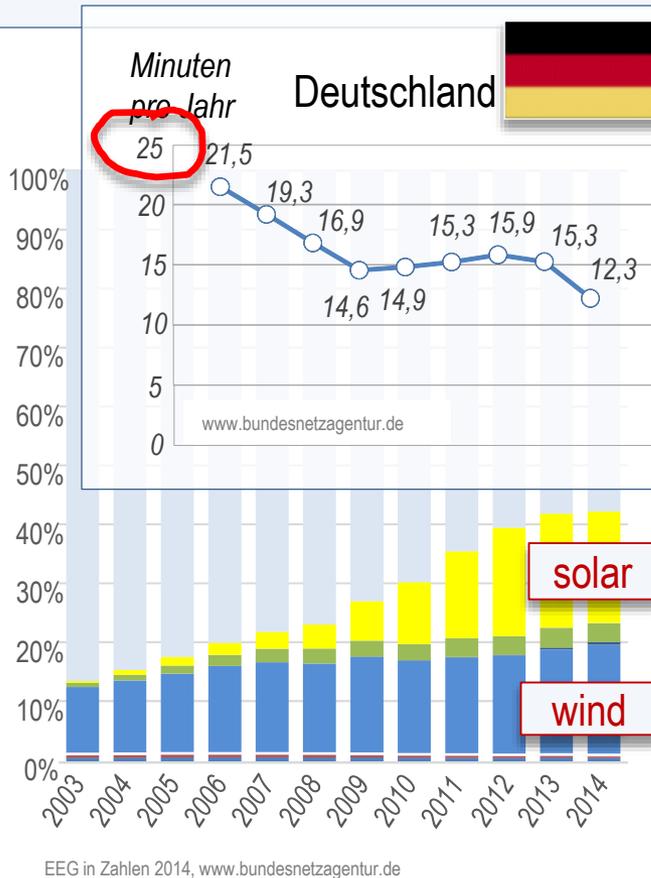
75th Percentile

System Average Interruption Duration – SAIDI Index

- der SAIDI/SAIFI Indizes beschreiben die Zuverlässigkeit der Stromversorgung

- die Fakten
- die Kosten
- eine Zukunft
- ...mit Speicher
- Fazit

Anteil Erneuerbarer Energien
 an der installierten Leistung in %



Kritikpunkte gegen die „Energiewende“

1. Erneuerbare Energien sind teuer



1,2



2. Erneuerbare gefährden die Netzstabilität



3. Erneuerbare kosten Arbeitsplätze



4. Erneuerbare gefährden die Versorgungssicherheit



facts

alternative facts

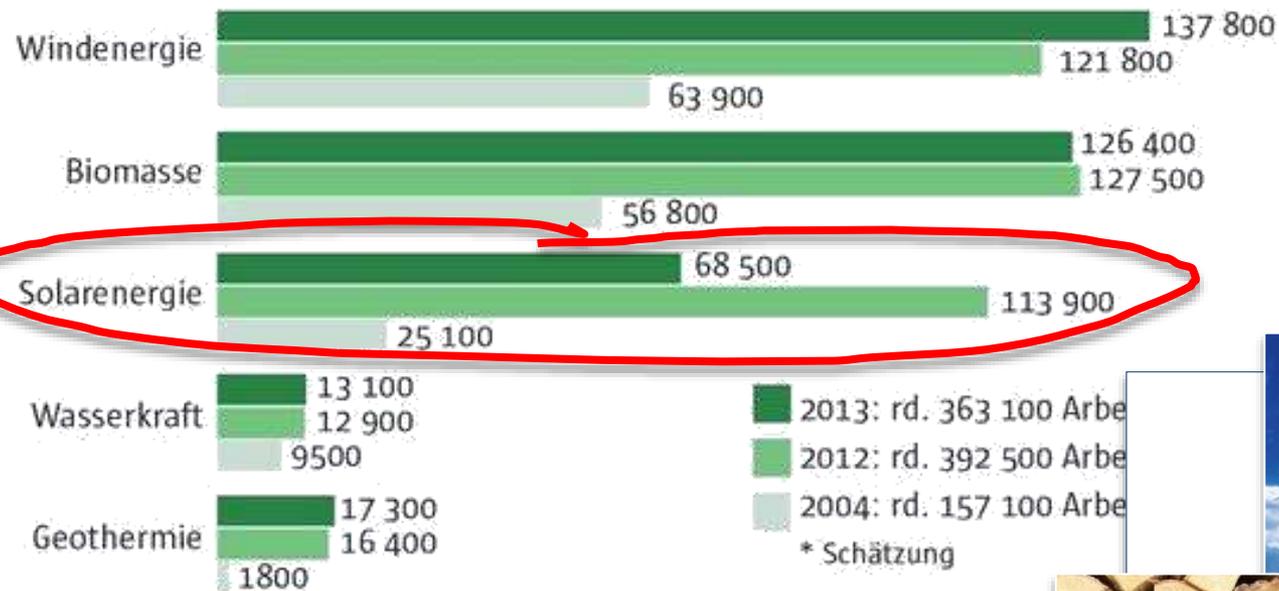
1) Nur für Privatkunden und Kleinverbraucher

2) die Alternative wär auch nicht billiger gewesen

Volkswirtschaftliche Auswirkungen des EEG: Arbeitsplätze

die Fakten

Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland



Grafik: VDI nachrichten 23/2014, Gudrun Schmidt

- Die Erneuerbaren Energien beschäftigen in Deutschland bereits ähnlich viele Arbeitnehmer wie die Automobil-Industrie
- aber: volatile Märkte sorgen für **große Unsicherheiten...**



ca. 756.000
Beschäftigte



ca. 363.100
Beschäftigte

Stand 2014

Kritikpunkte gegen die „Energiewende“

1. Erneuerbare Energien sind teuer



1,2



2. Erneuerbare gefährden die Netzstabilität



3. Erneuerbare kosten Arbeitsplätze



4. Erneuerbare gefährden die Versorgungssicherheit



facts

alternative facts

1) Nur für Privatkunden und Kleinverbraucher

2) die Alternative wär auch nicht billiger gewesen

Unsere

2. Herausforderung: Die Alterstruktur unseres Kraftwerksparks

geschätztes Defizit **500 TWh**
in den nächsten 10 Jahren?



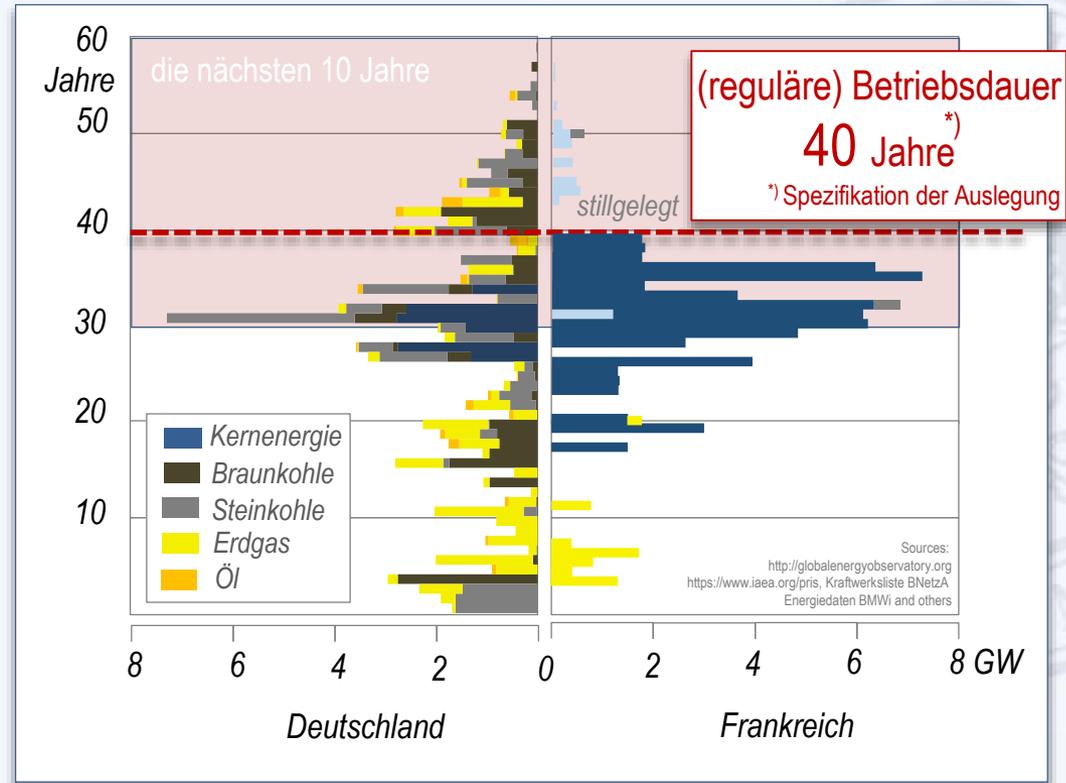
regulären
✓

Defizite aufgrund von Stilllegungen in den nächsten 10 Jahren:

- Deutschland - 257 TWh (42%)
- Frankreich - 360 TWh (66%)

in Bau (Gas, Kohle, Kernenergie)

- Deutschland ca. + 9 TWh
- Frankreich ca. + 16 TWh
- „Ausbaukorridor“ erneuerbare Energien + 113 TWh (18%)



die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

Kritikpunkte gegen die „Energiewende“

| | facts | alternative facts |
|--|--|-------------------------------------|
| 1. Erneuerbare Energien sind teuer | <input checked="" type="checkbox"/> ^{1,2} | <input type="checkbox"/> |
| 2. Erneuerbare gefährden die Netzstabilität | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. Erneuerbare kosten Arbeitsplätze | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. Erneuerbare gefährden die Versorgungssicherheit | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

¹⁾ Nur für Privatkunden und Kleinverbraucher

²⁾ die Alternative wär auch nicht billiger gewesen

Fazit

1.

Die Erneuerbaren Energien kosten, schaffen aber Arbeitsplätze und Versorgungssicherheit

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

2. Das kostet die Energiewende wirklich

- Das Mandat der Politik
- Studie „Deutschland ohne Erneuerbare Energien“
- Die Versorgungssituation im Jahr 2023



Das energiewirtschaftliche Mandat der Politik

die Fakten

die Ko

eine Zuk

...mit Spe

Faz



„... **Energie muss bezahlbar bleiben:**
*eine starke, wettbewerbsfähige Wirtschaft ist
Grundlage von Beschäftigung, Wohlstand und
Lebensqualität in Bayern. Strom darf kein Luxusgut
werden.*

Impulsveranstaltung zum Start des Energiedialogs, München. 21. November 2014



Entwicklung der Strompreise

- die EEG-Umlage stieg in den letzten Jahren stark an
- Kosten werden auf den Strompreis umgelegt

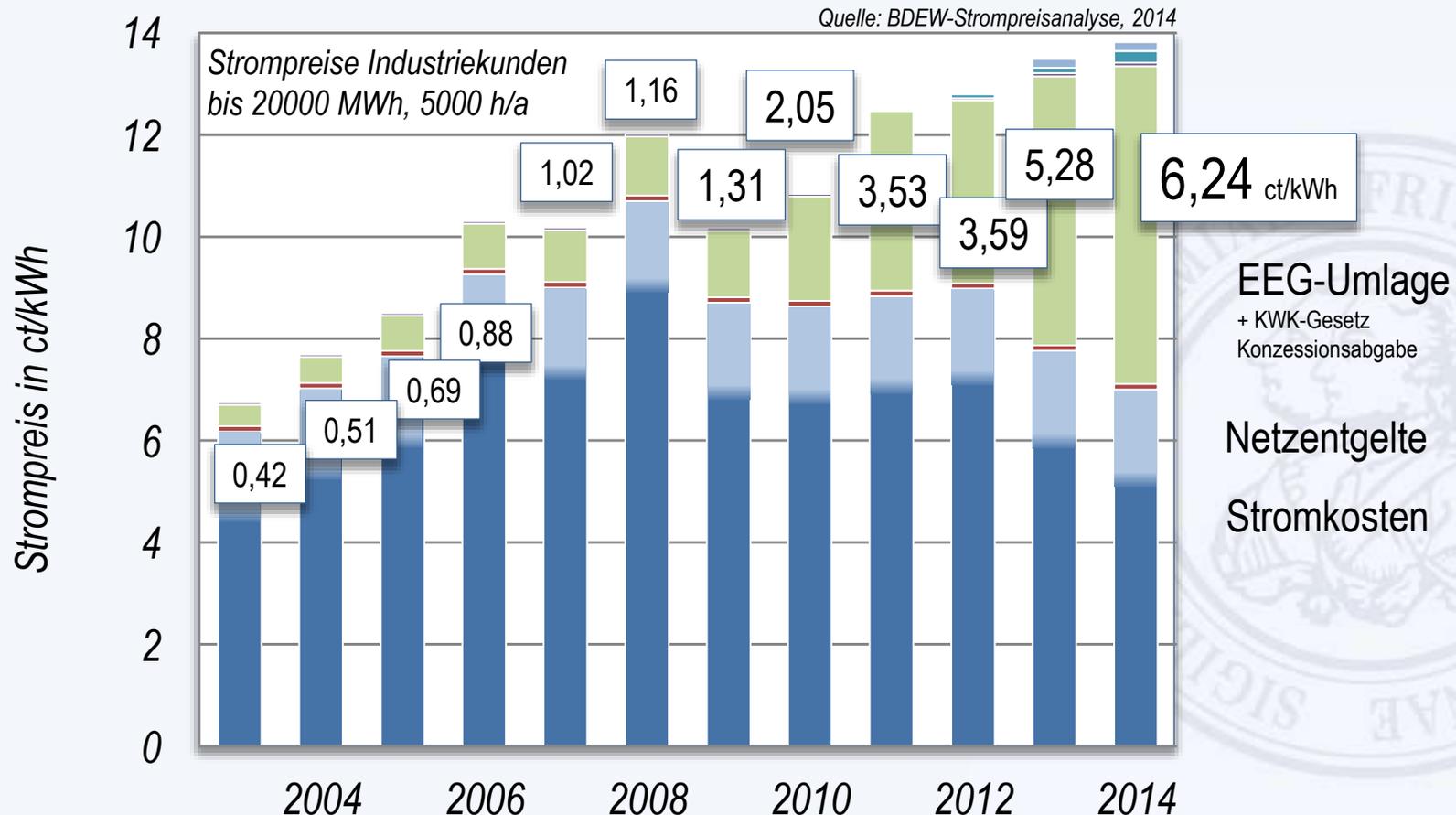
die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit



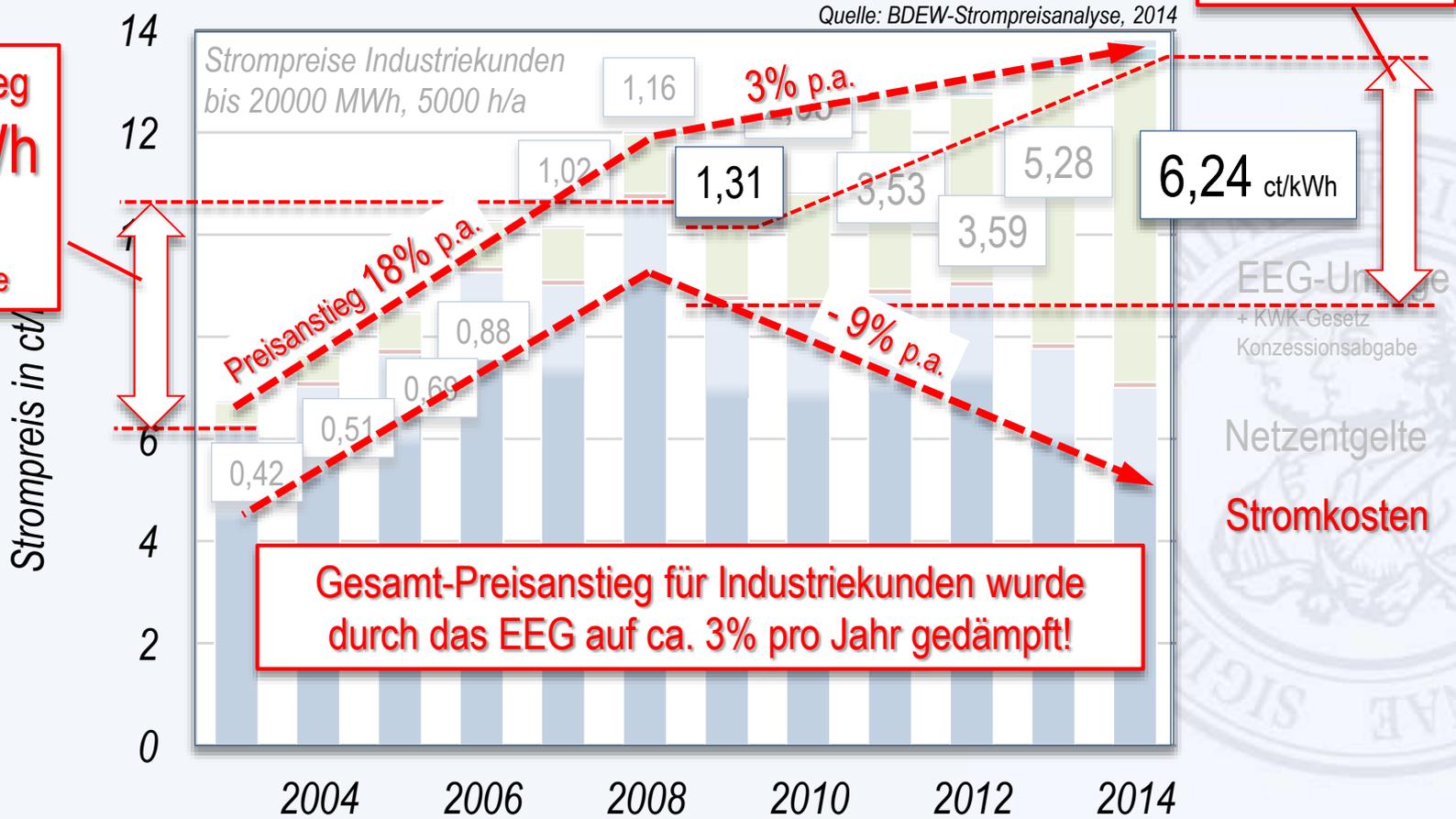
Entwicklung der Strompreise

- die EEG-Umlage stieg in den letzten Jahren stark an
- Kosten werden auf den Strompreis umgelegt

die Fakten

die Kosten

**Preisanstieg
1 ct/kWh
jährlich
über 5 Jahre**



**Preisanstieg
1 ct/kWh
jährlich
über 5 Jahre**

PS: „privilegierte Letztverbraucher“ sparen sogar kräftig ein ...

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft..

...mit Speicher

Fazit



Diskussionspapier „Deutschland ohne Erneuerbare Energien?“

Inhalt der Studie:

- Rekonstruktion der Strompreise an der Strombörse EEX **ohne Wind und Photovoltaik**



Online unter:

http://energiekommunikation.at/Sonnenzeitung_Flipbook/SZ-2016-03/SZ-2016-03.html

DAS ENDE EINER FALSCHEN LEGENDE



Ökostrom ist Preisdrücker: Neue Studie bestätigt, dass die Erneuerbaren einen positiven Einfluss auf den Strompreis haben.

Hans Kronberger

20

SONNENZEITUNG 3/16

21

© Ökostrom, www.energie.at

Motivation des Diskussionspapiers

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

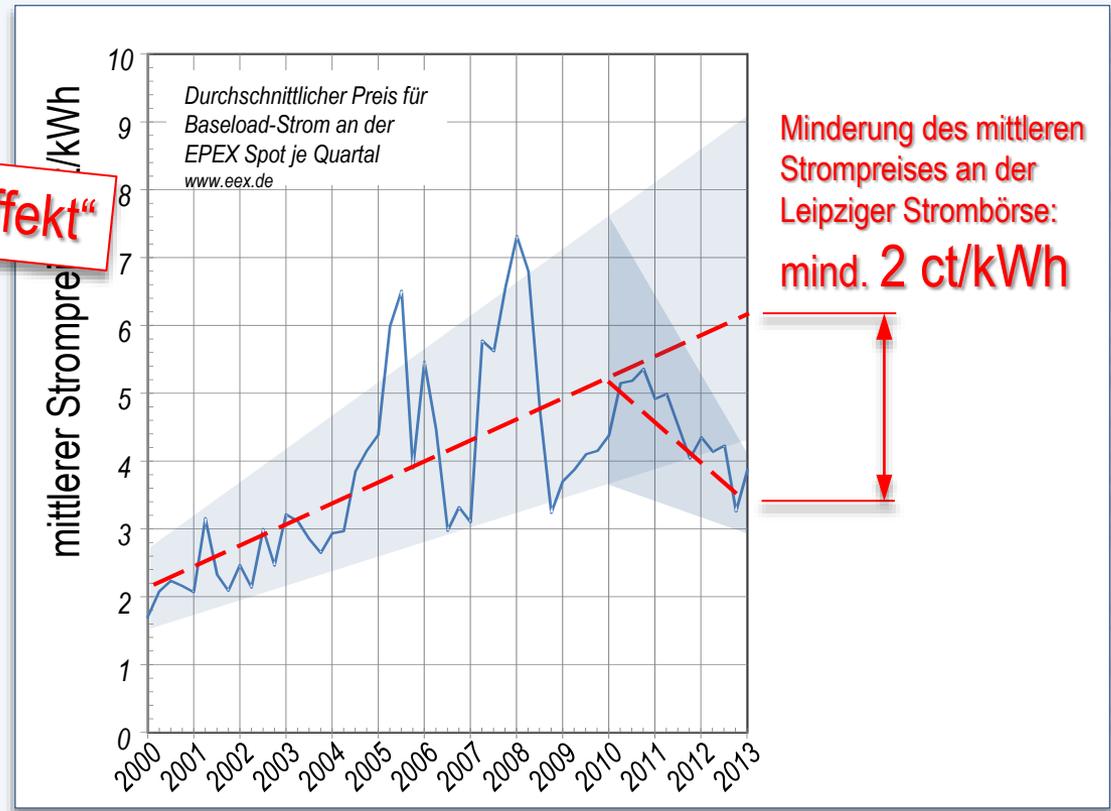
Fazit

- Öffentliche Diskussion unterstellt, dass Strompreise einzig aufgrund des Ausbaus Erneuerbarer Energien steigen
- Preisentwicklung der konventionellen Stromerzeugung wird oft nicht wahrgenommen

Ziel:

- Quantifizierung des Effekts Erneuerbarer auf die Börsenpreise in den Jahren 2011-2013 nach Fukushima
- Projektion ins Jahr 2023 (nach Abschaltung der verbleibenden Kernkraftwerke)

„Merit-Order-Effekt“



die Fakten

die Kosten

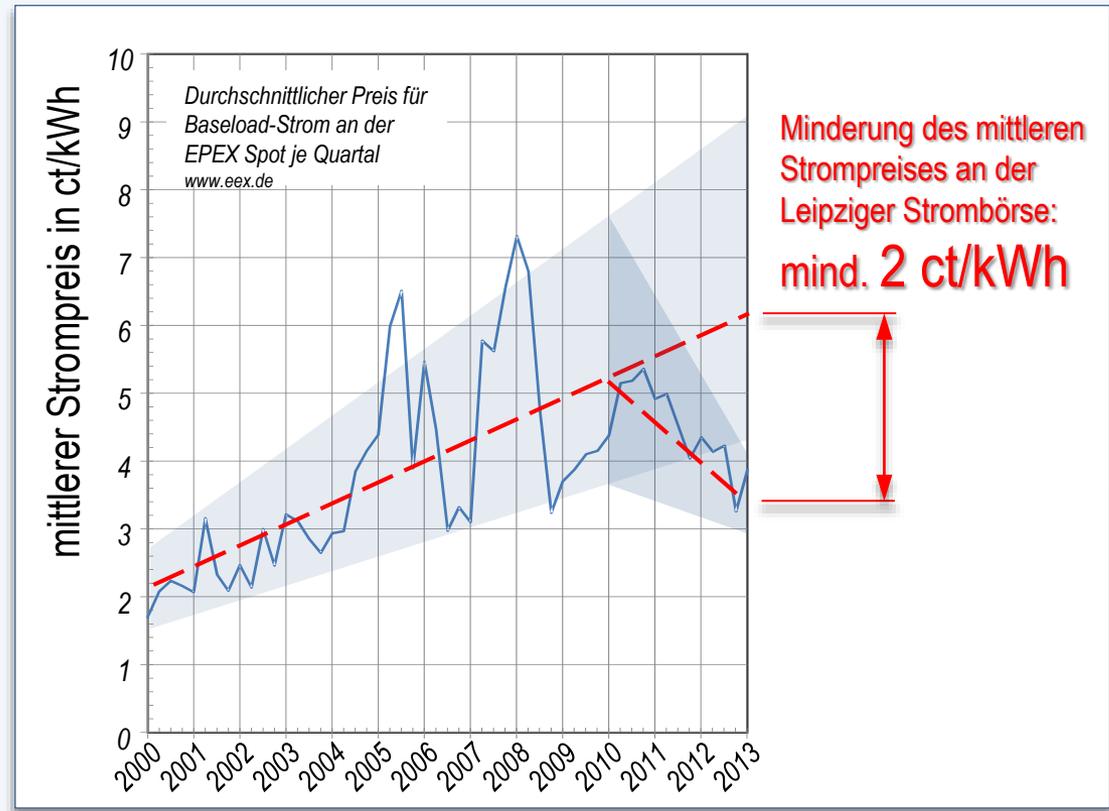
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- Strom-Handelspreise ohne Erneuerbare Energien werden mit **realen, historischen Börsendaten** für die Jahre 2011 bis 2013 rekonstruiert
- aus historischen Angebots- und Nachfragekurven wird ermittelt, wie die Märkte – **ohne Wind und PV** - auf das verringerte Stromangebot reagiert hätten

Methodischer Ansatz



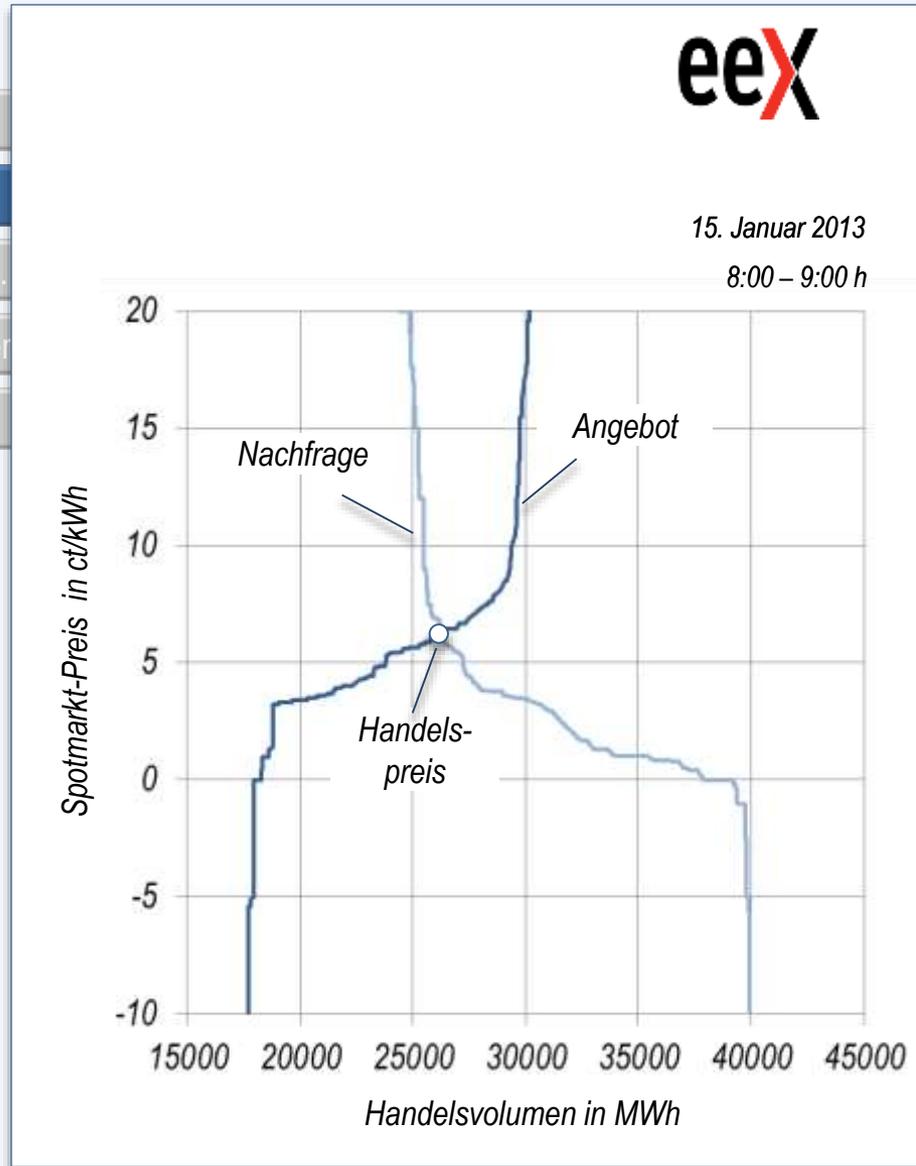
die Fakten

die Kosten

eine Zukunft..

...mit Speicher

Fazit



Bildung der Strompreise an der
 Leipziger Strombörse („European
 Energy Exchange“)
 Quelle: www.eex.de

Methodischer Ansatz

- Auktionen liefern stündliche Angebots- und Nachfragekurven
- stündlicher Handelspreis ergibt sich aus Angebot und Nachfrage

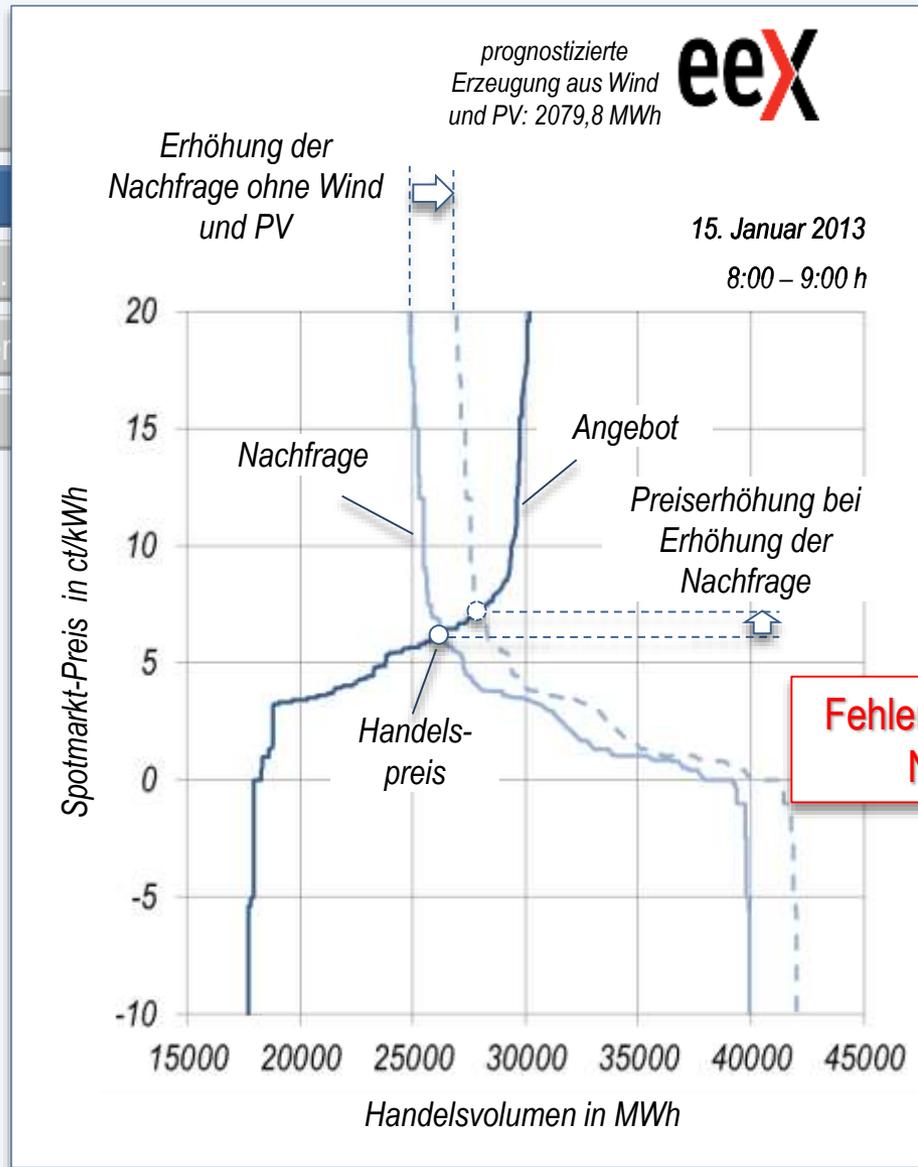
die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speicher

Fazit



Bildung der Strompreise an der Leipziger Strombörse („European Energy Exchange“)
 Quelle: www.eex.de

Methodischer Ansatz

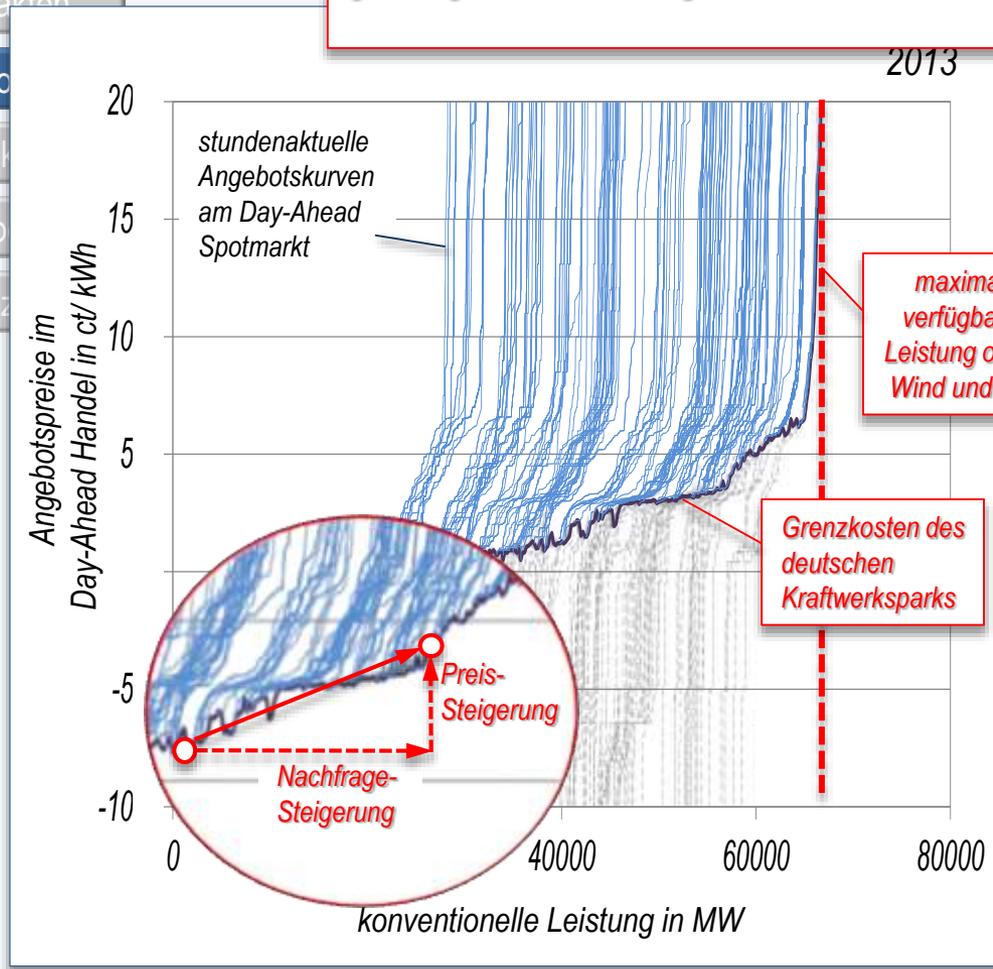
- Auktionen liefern stündliche Angebots- und Nachfragekurven
- stündlicher Handelspreis ergibt sich aus Angebot und Nachfrage

Grenzkosten-Kurve liefert Mehrkosten bei gesteigener Nachfrage

Methodischer Ansatz

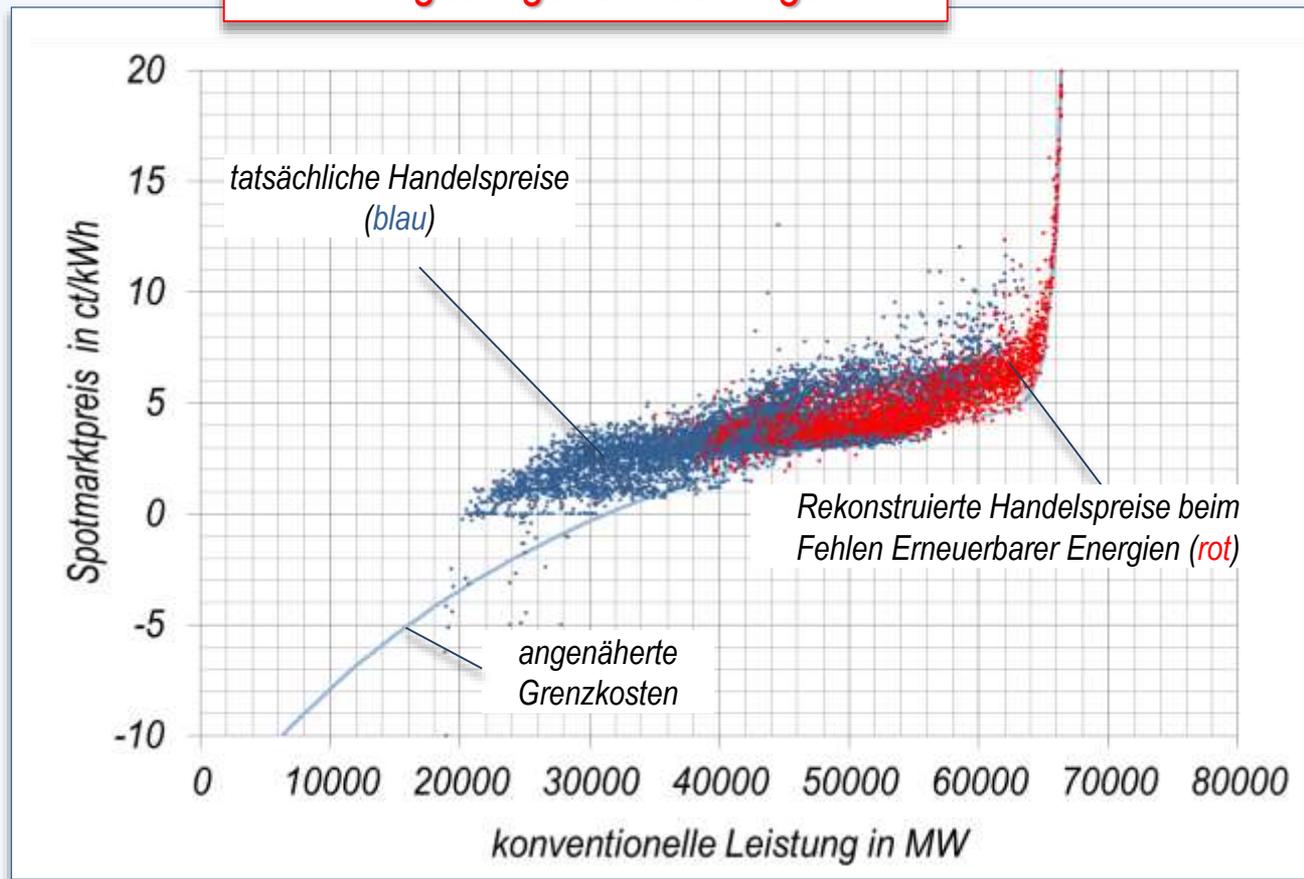
Ergebnisse

- Angebotskurven liefern die **Grenzkosten** und **maximale Kapazität** des deutschen Kraftwerksparks
- Beim Fehlen von Wind und PV hätte sich die „**Merit-Order**“ hin zu höheren Preisen verschoben



Beispiel: Handelspreise des Jahres 2013

**Grenzkosten-Kurve liefert Mehrkosten
bei gestiegener Nachfrage**

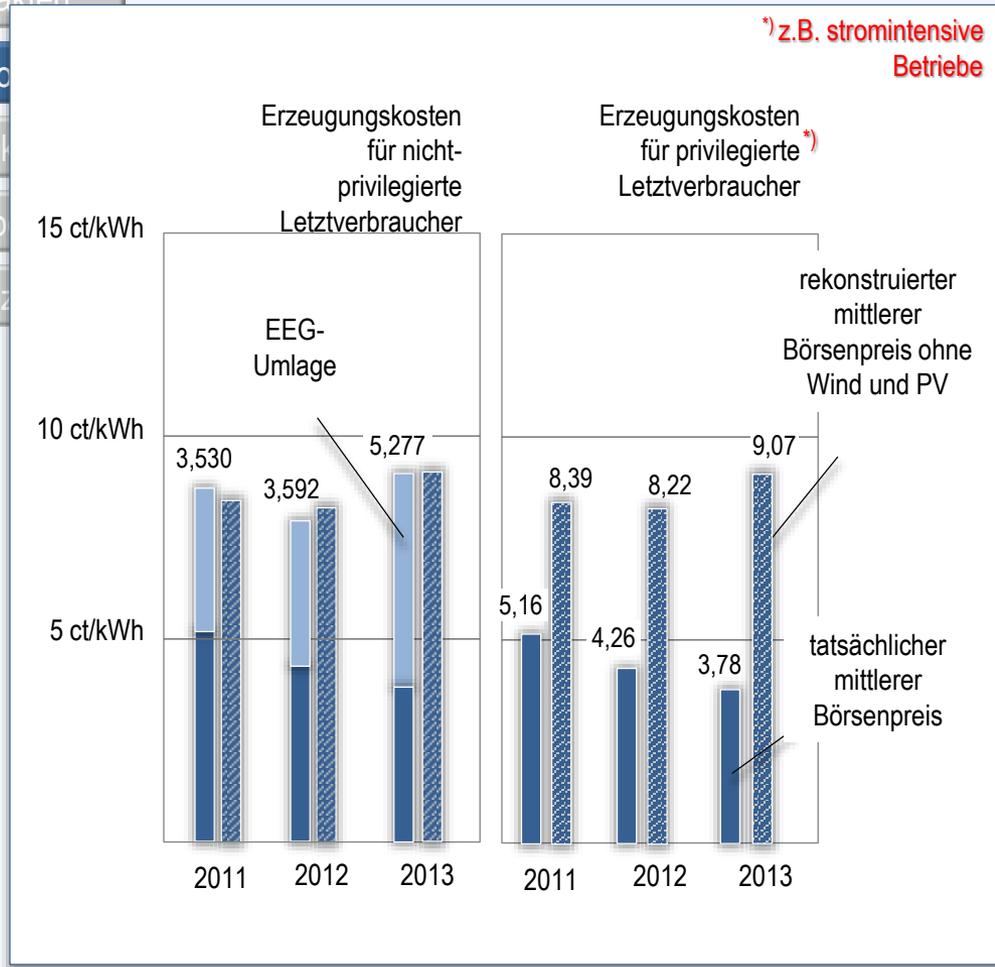


- Zuordnung der Handelspreise zur eingesetzten konventionellen Erzeugung bildet „Merit-Order“-Kurve nach
- minimale Handelspreise liefern **Grenzkosten der konventionellen Stromerzeugung**

Ergebnisse

1.

Strompreis an der Börse hätte sich mehr als verdoppelt



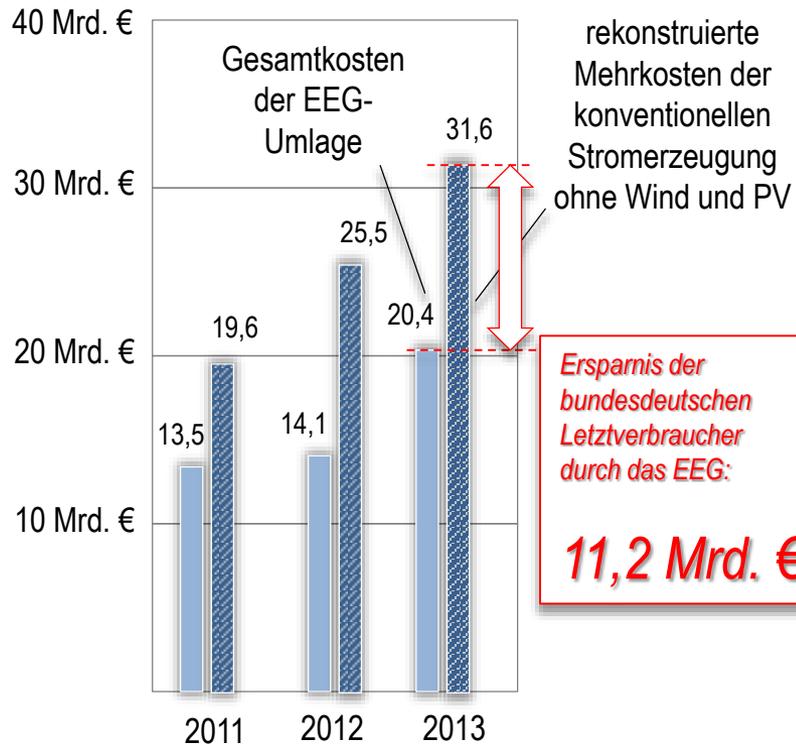
die Fakten

die Kosten

eine Zukunft

...mit Speicher

Fazit



Ergebnisse

1. Strompreis an der Börse hätte sich mehr als verdoppelt
2. ohne Erneuerbare hätten deutsche „Letztverbraucher“ in 2013 ca. 11,2 Mrd. Euro mehr zu bezahlen

Fazit

1.

Die Erneuerbaren Energien kosten, schaffen aber Arbeitsplätze und Versorgungssicherheit

2.

Die Energiewende ist nicht teurer als uns die Alternativen gekommen wären!

Das energiewirtschaftliche Mandat der Politik

die Fakten

die Ko

eine Zuk

...mit Spe

Faz



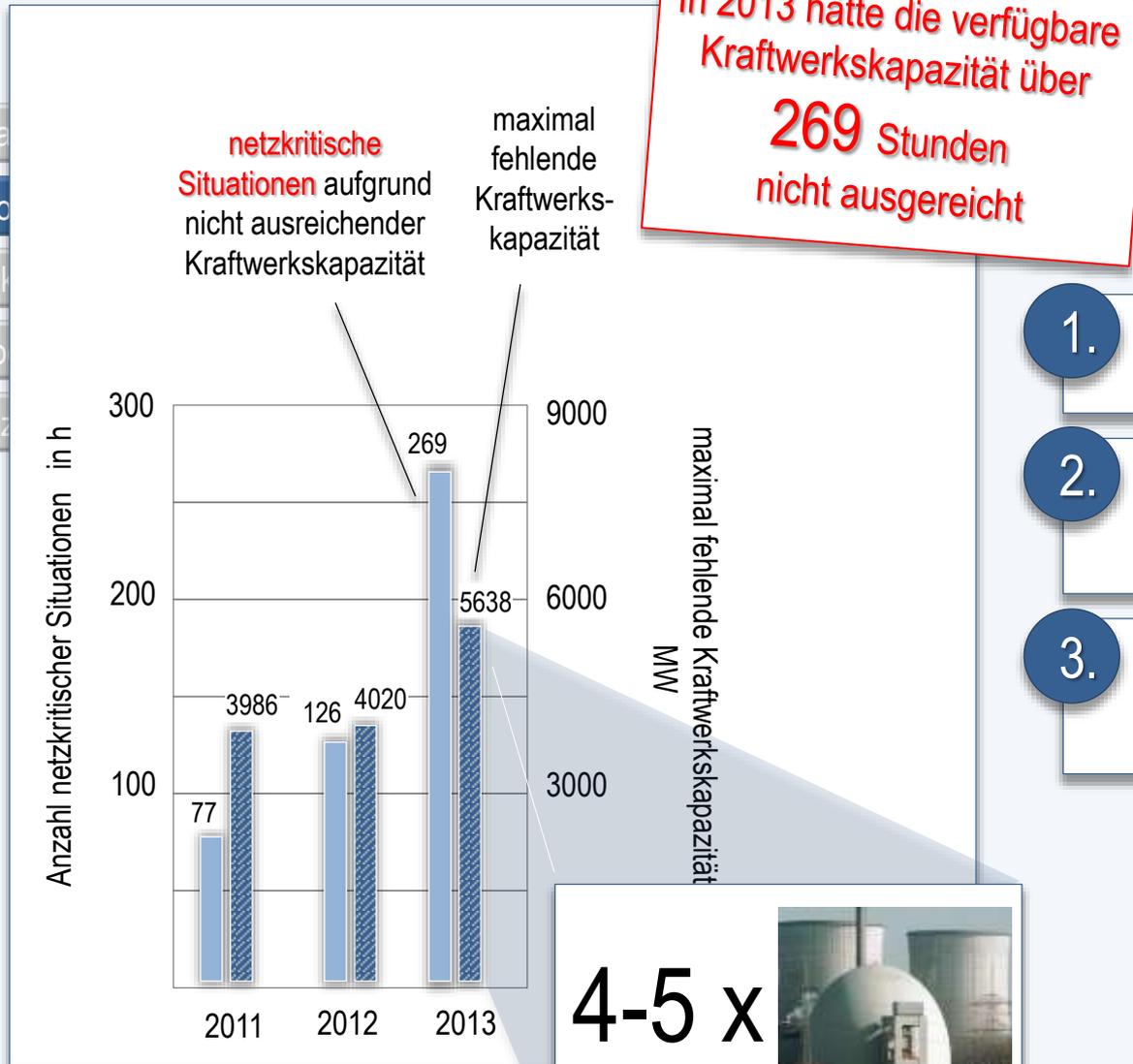
„... **Energie muss bezahlbar bleiben:**
eine starke, wettbewerbsfähige Wirtschaft ist
Grundlage von Beschäftigung, Wohlstand und
Lebensqualität in Bayern. Strom darf kein Luxusgut
werden.

Impulsveranstaltung zum Start des Energiedialogs, München. 21. November 2014



„...Notwendig ist der Bau neuer Gaskraftwerke
als Ersatz für wegfallende Kernkraftwerke, um
eine **gesicherte, jederzeit verfügbare Leistung**
bereitstellen zu können...“ *Kabinettsbeschluss vom Mai 2011*

Ergebnisse



1. Strompreis an der Börse hätte sich mehr als verdoppelt
2. ohne Erneuerbare hätten deutsche „Letztverbraucher“ in 2013 ca. 11,2 Mrd. Euro mehr zu bezahlen
3. ohne Erneuerbare würde es schon heute zu massiven Versorgungsengpässen kommen

zum Download unter
<http://www.evt.cbi.fau.de/aktuelles/Energiestudie.shtml>

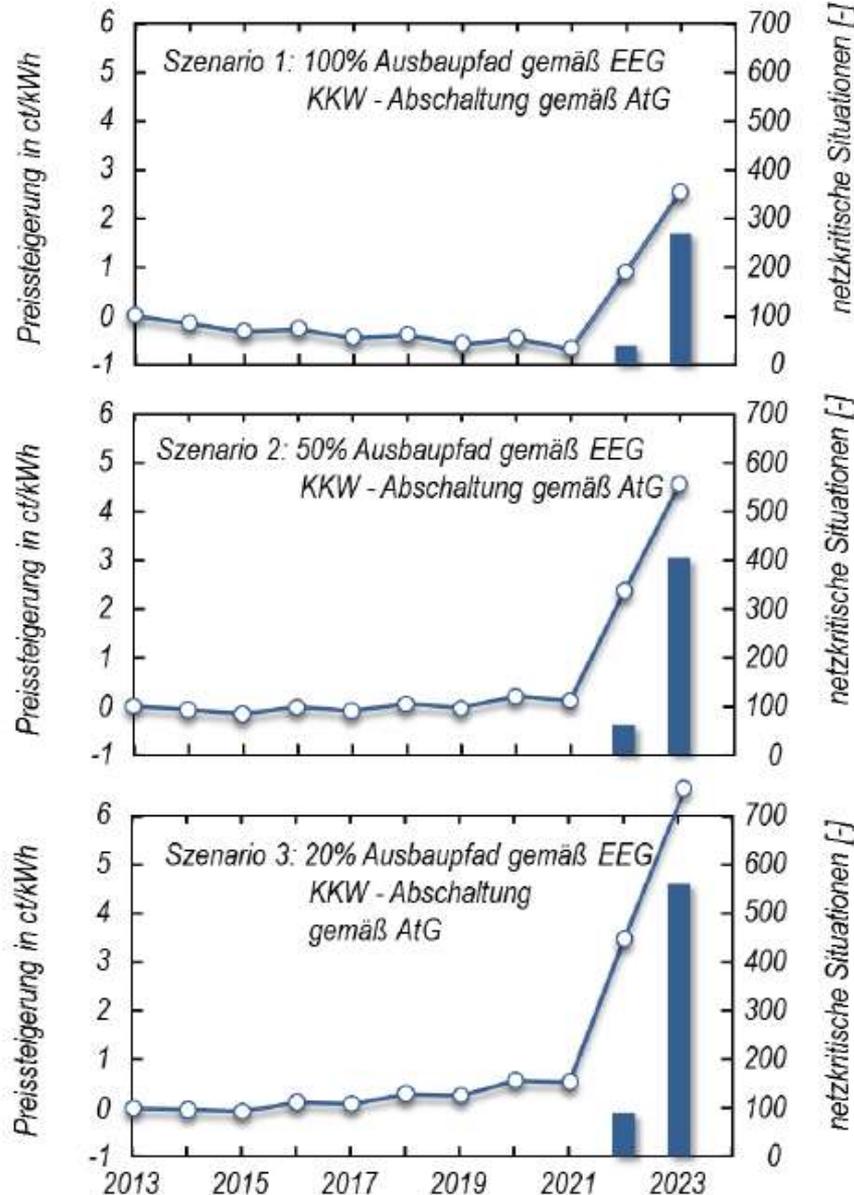
Ergebnisse

1. Strompreis an der Börse hätte sich mehr als verdoppelt
2. ohne Erneuerbare hätten deutsche „Letztverbraucher“ in 2013 ca. 11,2 Mrd. Euro mehr zu bezahlen
3. ohne Erneuerbare würde es schon heute zu massiven Versorgungsengpässen kommen

aber:

4. **spätestens bis 2023 *)
müssen signifikante Reserven
entstehen**

*) Abschaltung der letzten Kernkraftwerke



Fazit

1.

Die Erneuerbaren Energien kosten, schaffen aber Arbeitsplätze und Versorgungssicherheit

2.

Die Energiewende ist nicht teurer als uns die Alternativen gekommen wären!

3.

Die Erneuerbaren Energien erhöhen die Versorgungssicherheit!

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

3. Was die Zukunft (vielleicht) bringt

- Warum niemand Kraftwerke baut
- Die Alternative fürs Klima



Warum drohen wirklich Blackouts?

die Fakten

die Kosten

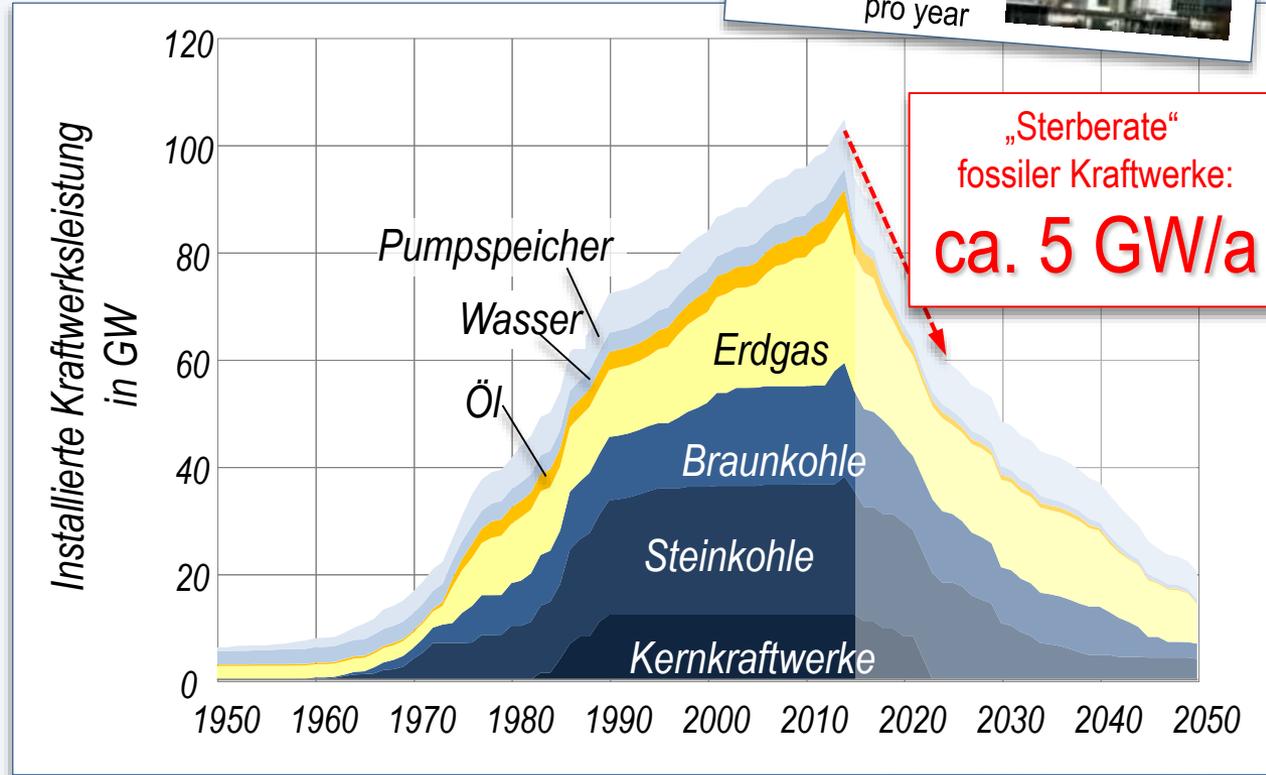
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- **Liberalisierung** des Strommarktes führte zum Kapazitätsabbau und zur Überalterung des Europäischen Kraftwerksparks
- In den nächsten Jahren bestünde erheblicher Ersatzbedarf an konventionellen Kraftwerken

4-5 x
 pro year





Schwarze Pumpe



Lippendorf



Boxberg

1998 Schwarze Pumpe (2x800 MW, 41%)

1999 Cottbus (80 MW, 40%)

2000 Lippendorf (2 x 865 MW, 42,5%), Boxberg (900 MW, 41,8%)

2001

2002 Niederaußem (965 MW, 43%)



BOA, Niederaussem

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010 Köln-Merkenich (103 MW)



BOA 2+3, Neurath

2011

2012 Neurath (2x1060 MW, >43%), Boxberg (640 MW, 43,9%)

2013 Walsum (725 MW), Lünen (746 MW)

2014 Westfalen (764 MW), Karlsruhe (842 MW)

2015 GKM (843 MW), Wilhelmsh. (731 MW), Moorbg. (2x800 MW)

2016

tatsächliche Inbetriebnahmen

Kohle

- 2001-2012: 0,3 GW/Jahr
- 2013-2016: 1,6 GW/Jahr

Inbetriebnahmen Erdgas

- 2001-2012: 0,9 GW/Jahr
- 2013-2016: 0,2 GW/Jahr

statt ca. **5 GW/a**

Kohle-Kraftwerks- Inbetriebnahmen in Deutschland:

Warum drohen wirklich Blackouts?

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

- **Liberalisierung des Strommarktes** führte zum Kapazitätsabbau und zur Überalterung des Europäischen Kraftwerksparks
- In den nächsten Jahren bestünde erheblicher Ersatzbedarf an konventionellen Kraftwerken

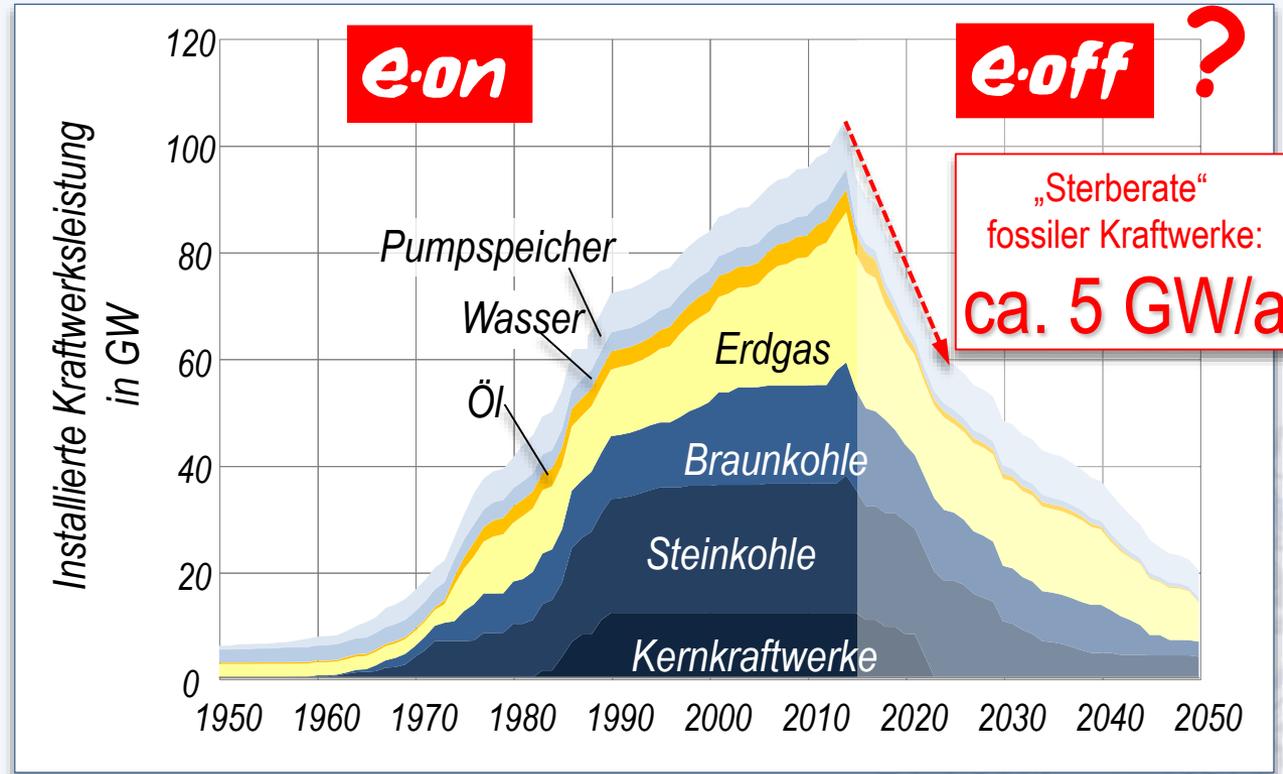
- Einsatz konventioneller, fossil gefeuerter Großkraftwerke wird auch in Zukunft weiter zurückgehen...

aus unternehmerischer Sicht

...weil die Liberalisierung des Strommarktes kaum noch Neuinvestitionen zulässt!

&

Erneuerbare Energien kompensieren derzeit den fehlenden Zubau...



Hätte die Energiewirtschaft ohne Erneuerbare mehr konventionelle Kraftwerke zugebaut?

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

These: höchstwahrscheinlich nicht

Begründung:

- zugebaut wurde schon seit 2002 nicht mehr
- im Rest Europas wurde auch nicht gebaut!

- Gründe waren die **fehlende Investitionssicherheit** aufgrund ...
 - ... steigender Erdgaspreise
 - ... des Zertifikatehandels
 - ... der politischen Randbedingungen
 - ... der **öffentlichen Akzeptanz**



These:

- die Altersstruktur des deutschen Kraftwerksparks...

Prognose 2023

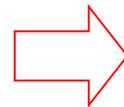
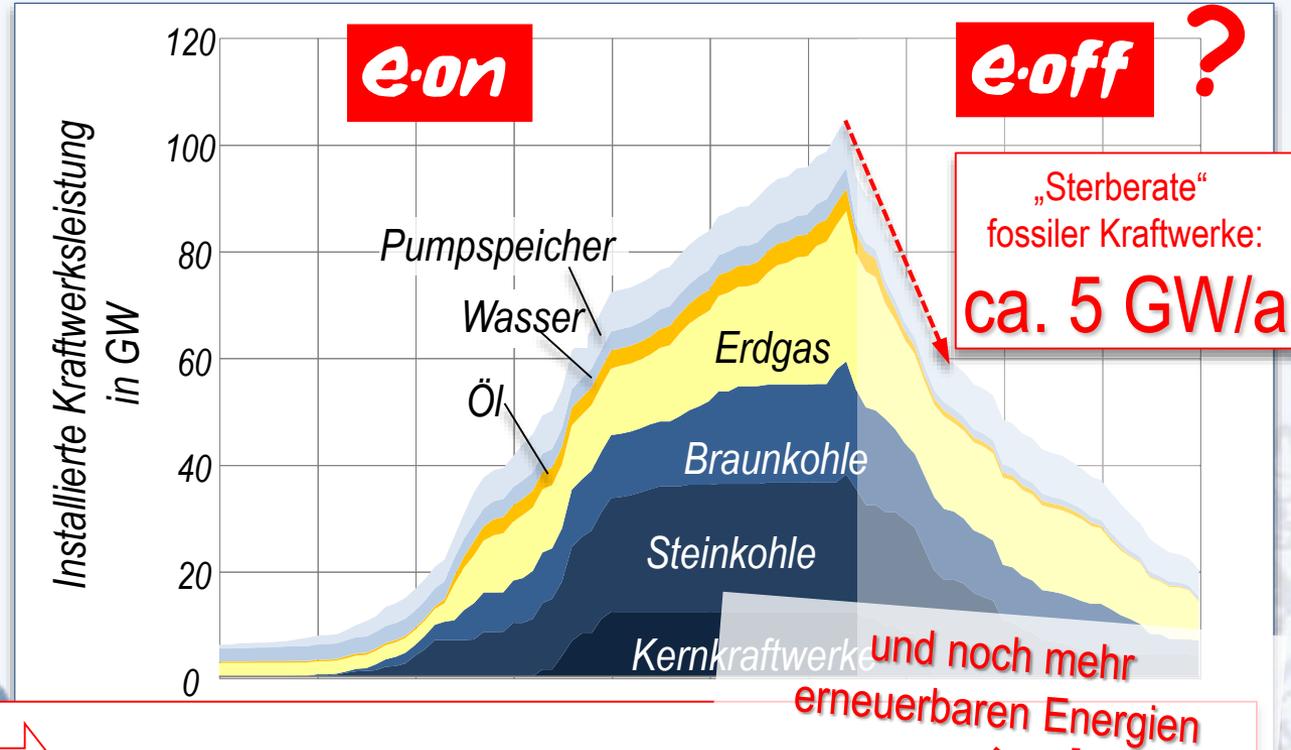
die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit



... führt zum Bedarf an Energiespeichern, um altersschwache (Reserve-) Kraftwerke zu ersetzen

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

4. Speicheraufgaben

- Effiziente Speicher
- Dynamische Speicher
- Große Speicher



Quelle: Michael Sterner, Ingo Stadler
Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration
Springer Vieweg, 2014



Speicheraufgaben

die Fakten

die Kosten

eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

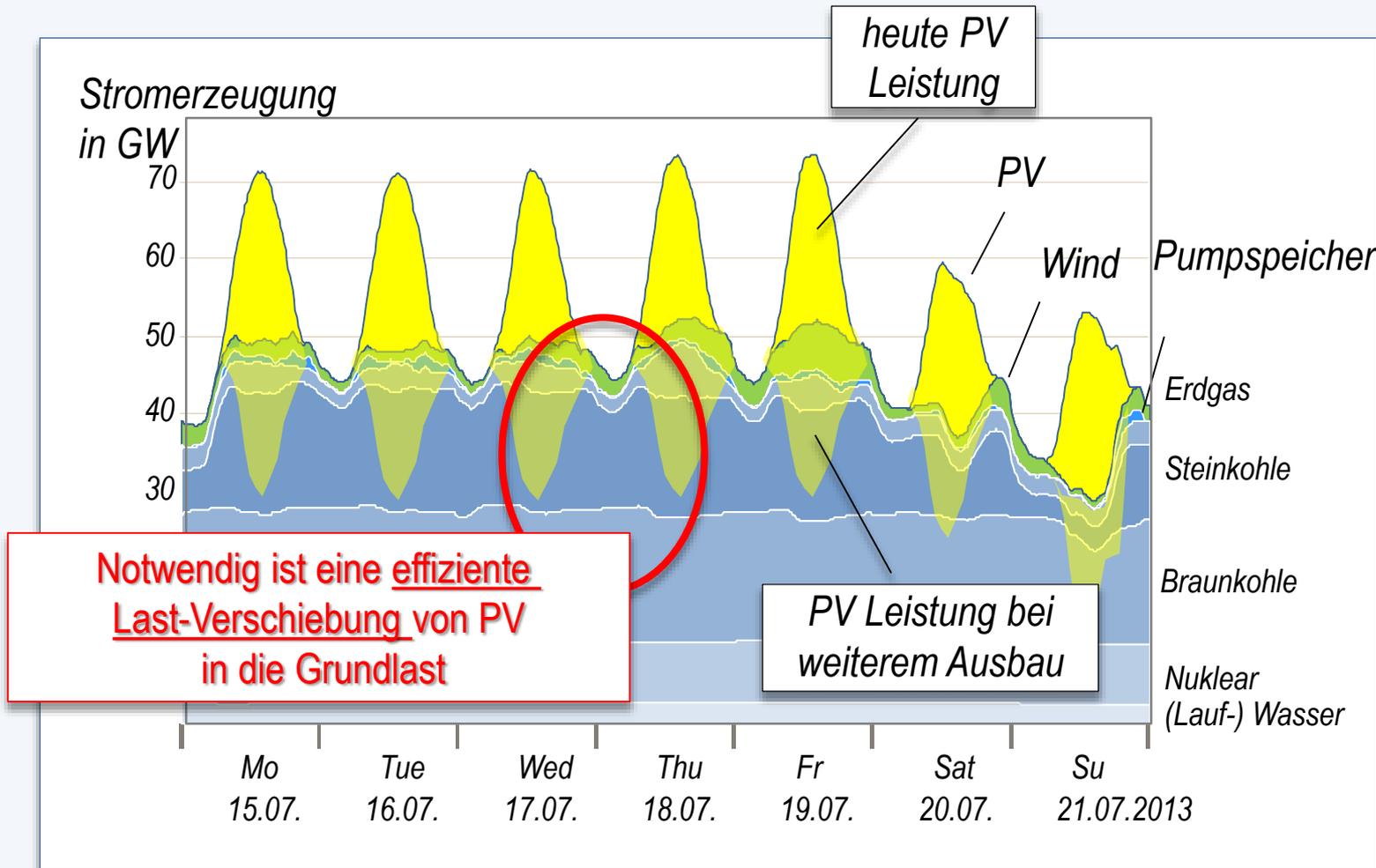


Quelle: Michael Sterner, Ingo Stadler
Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration
Springer Vieweg, 2014



Stromerzeugung in Deutschland im Sommer

- „Fossiler Sockel“ wird auch die nächsten Jahre die Erneuerbaren ergänzen



Speicheraufgaben

die Fakten

die Kosten

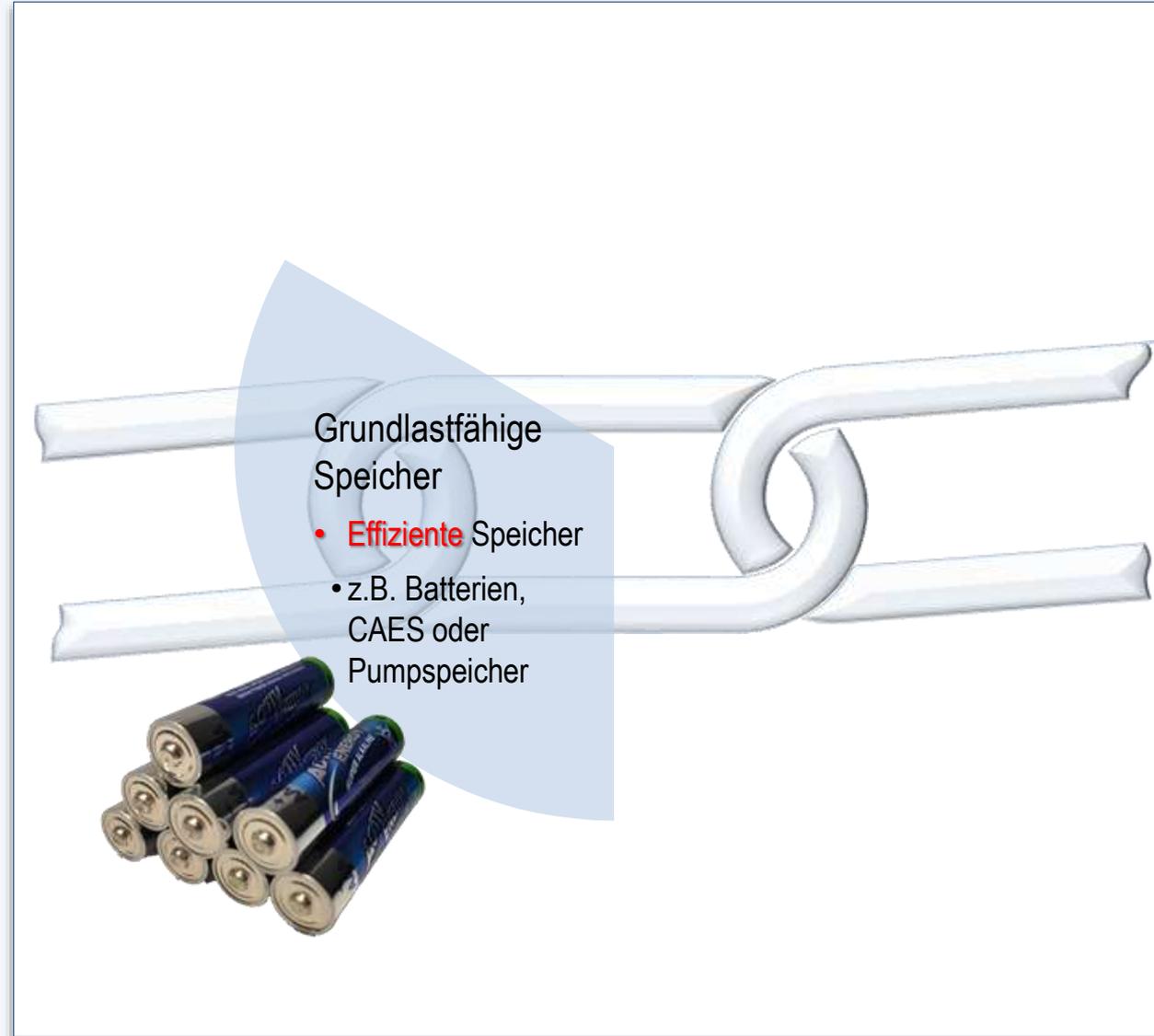
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

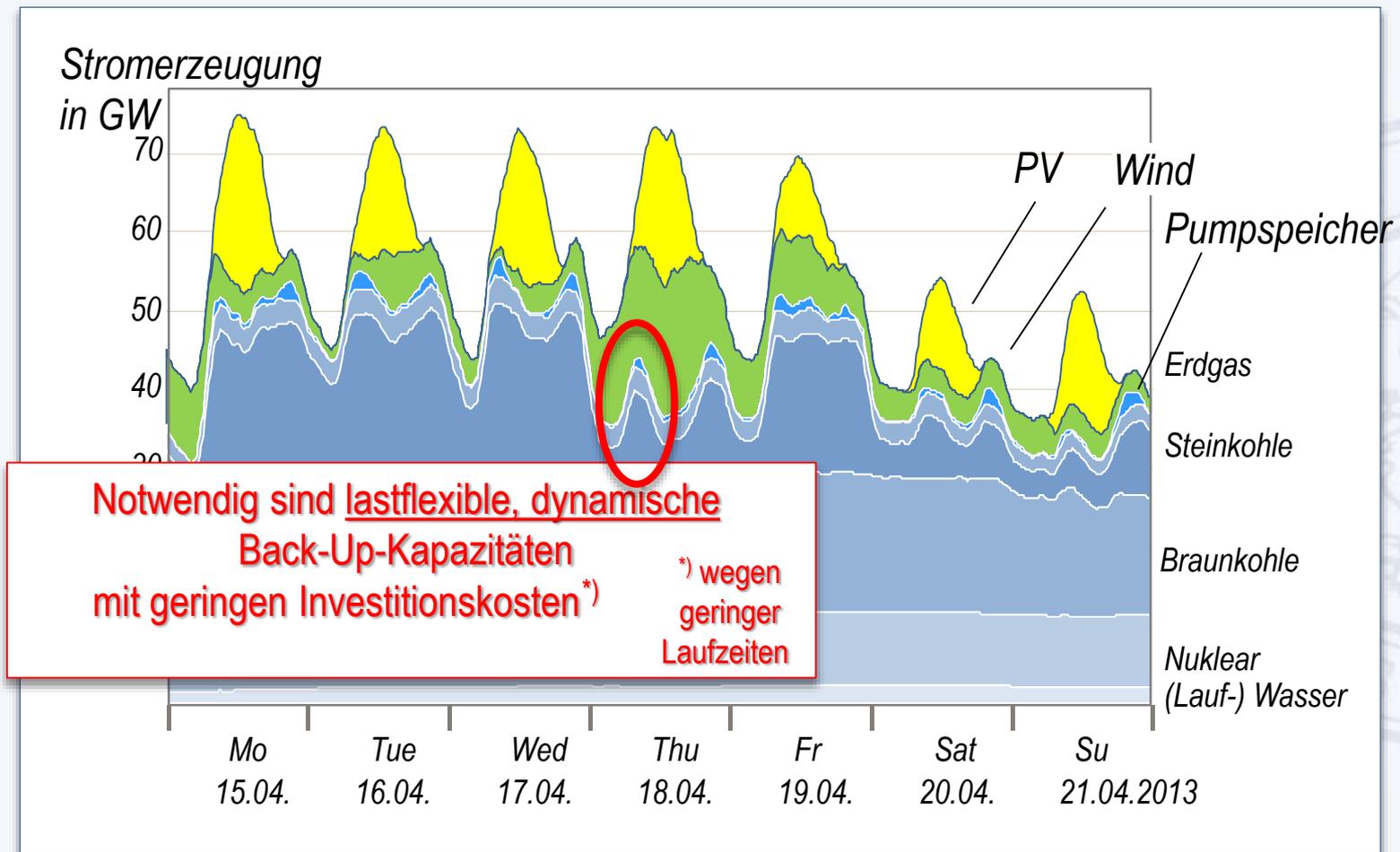
Unterscheidung:

- Grundlastfähige Speicher
(z.B. Batterien)



Stromerzeugung in Deutschland im Frühling / Herbst

- „Fossiler Sockel“ wird auch die nächsten Jahre die Erneuerbaren ergänzen
- Lastgradienten morgens und abends sind besonders hoch



Speicheraufgaben

die Fakten

die Kosten

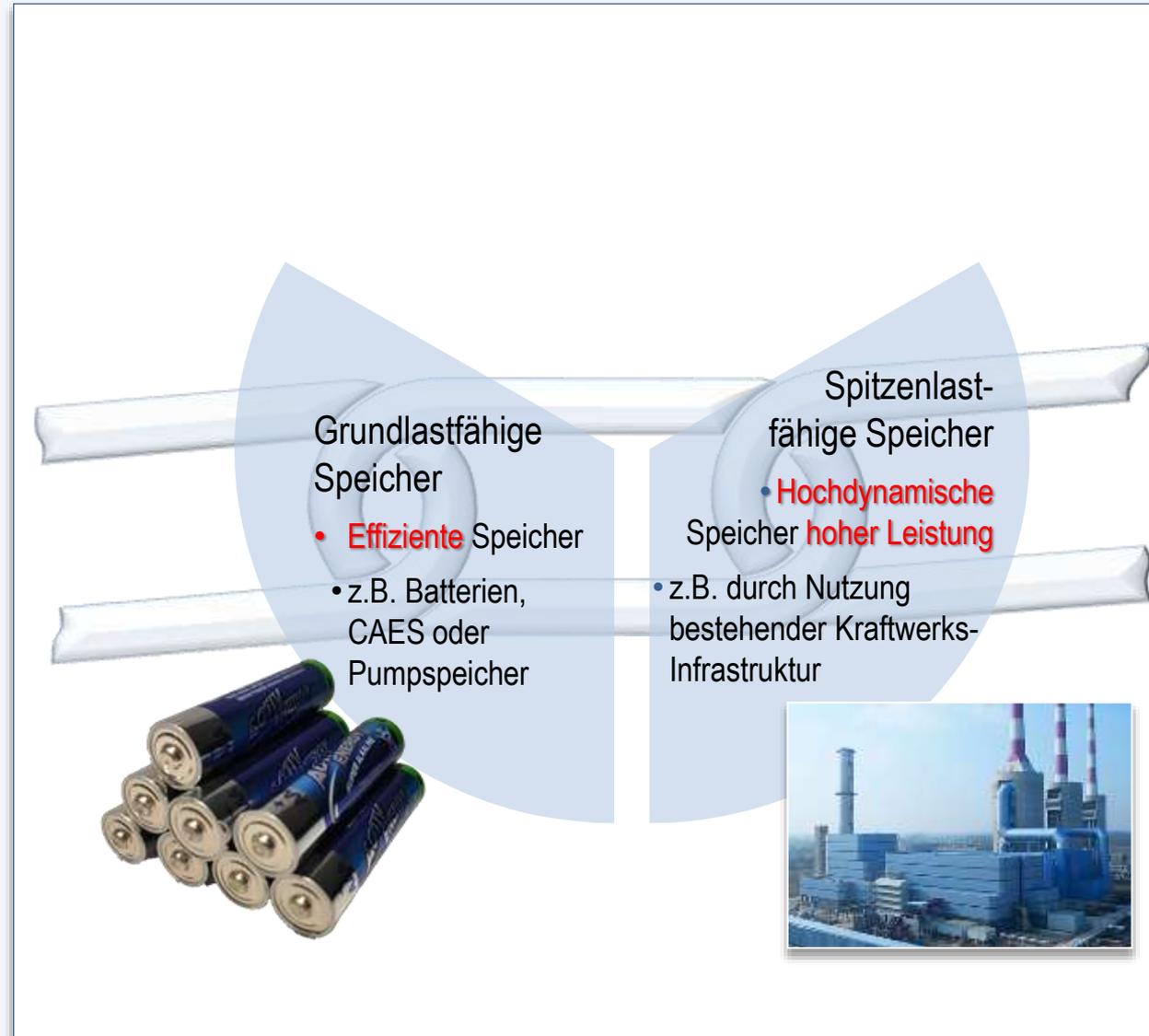
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

Unterscheidung:

- Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)



Stromerzeugung in Deutschland Winter 2010-2013

- solare Leistung ist im Winter gering
- Problematisch sind längerdauernde Phasen mit Windstille

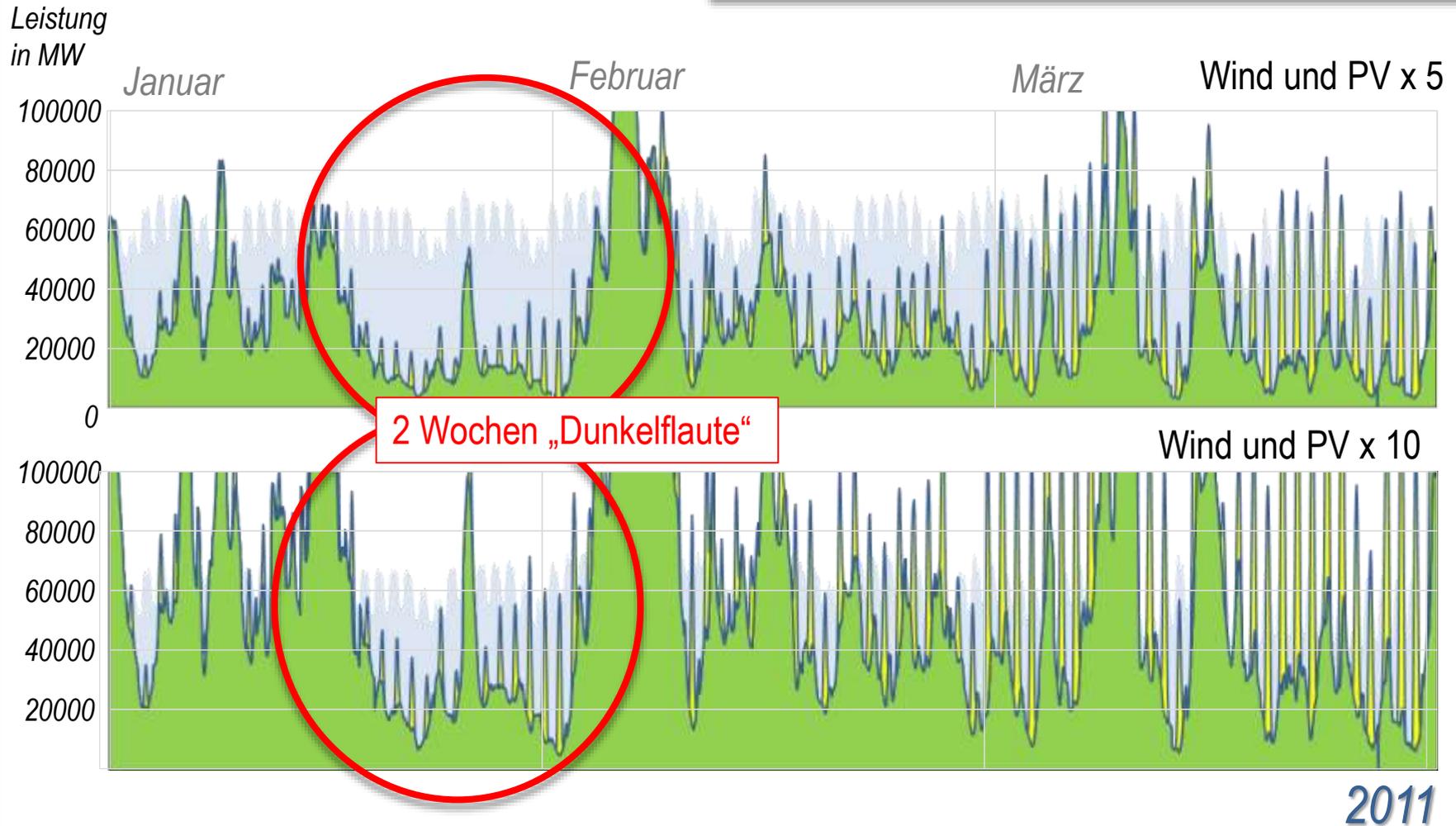


Beispiel: Winter 2011

- auch bei einer Vervielfachung von Wind und PV müssen bis zu zwei Wochen überbrückt werden

**Notwendig sind große Speicher *)
 mit geringen Investitionskosten:**

*) am besten existierende Speicher



Speicheraufgaben

die Fakten

die Kosten

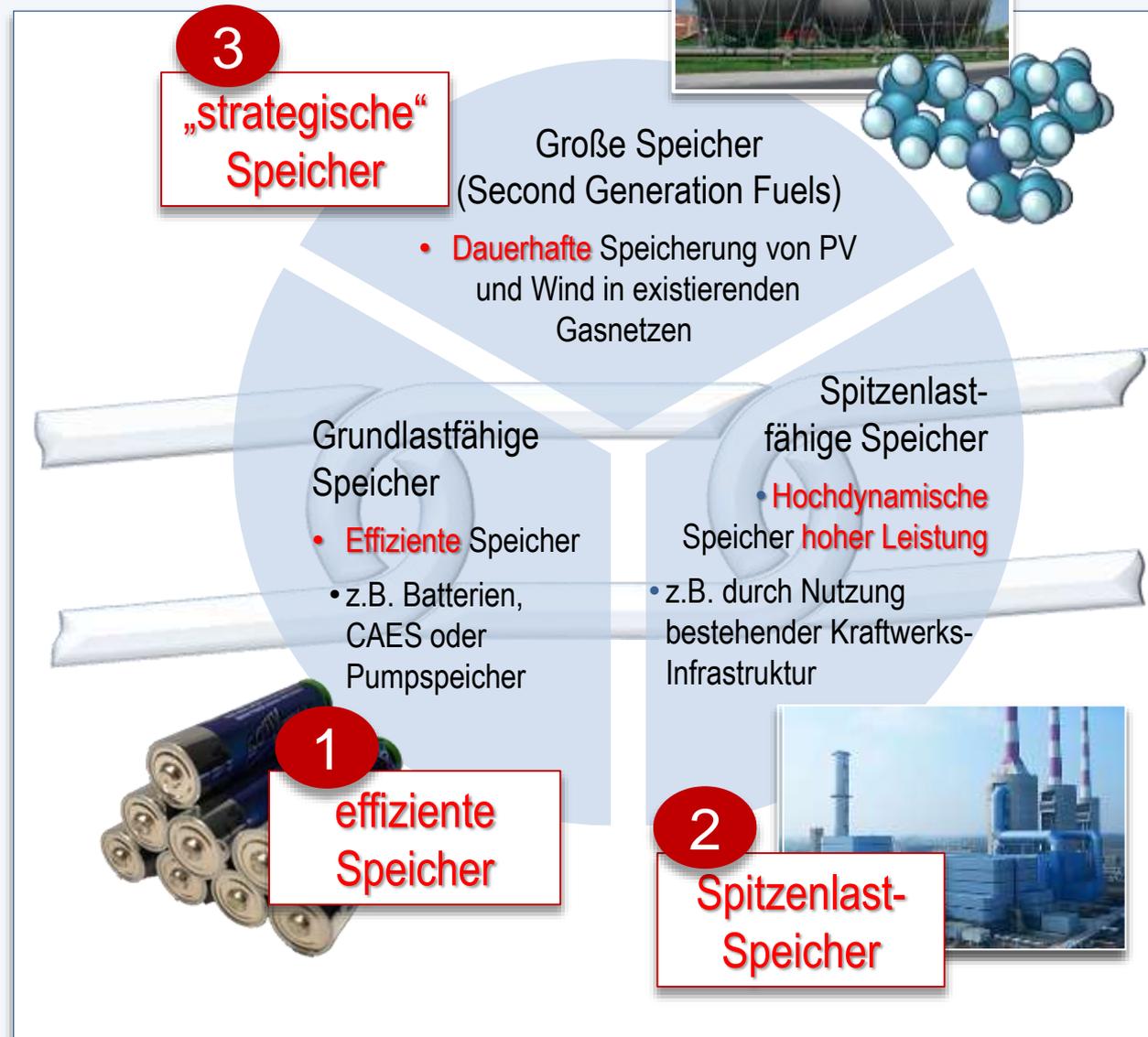
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

Unterscheidung:

- Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)



Speicheraufgaben

die Fakten

die Kosten

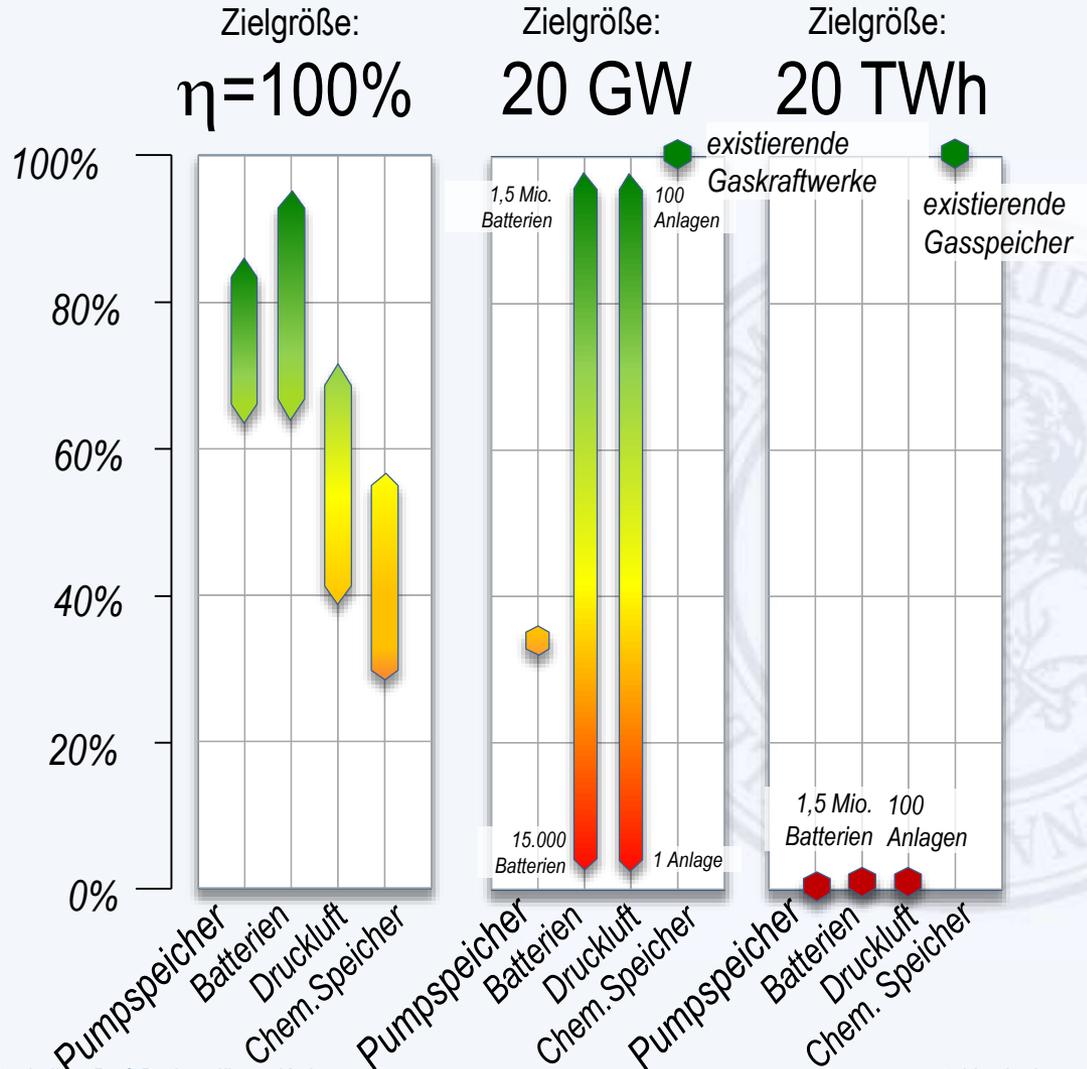
eine Zukunft...

...mit Speichern

Fazit

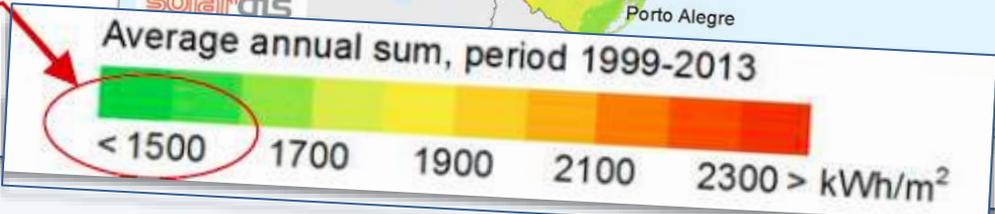
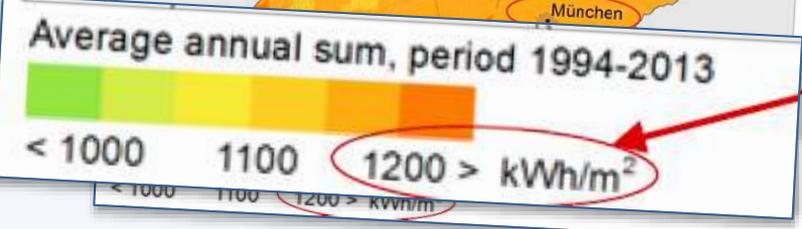
Unterscheidung:

- Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)





- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paolo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2016



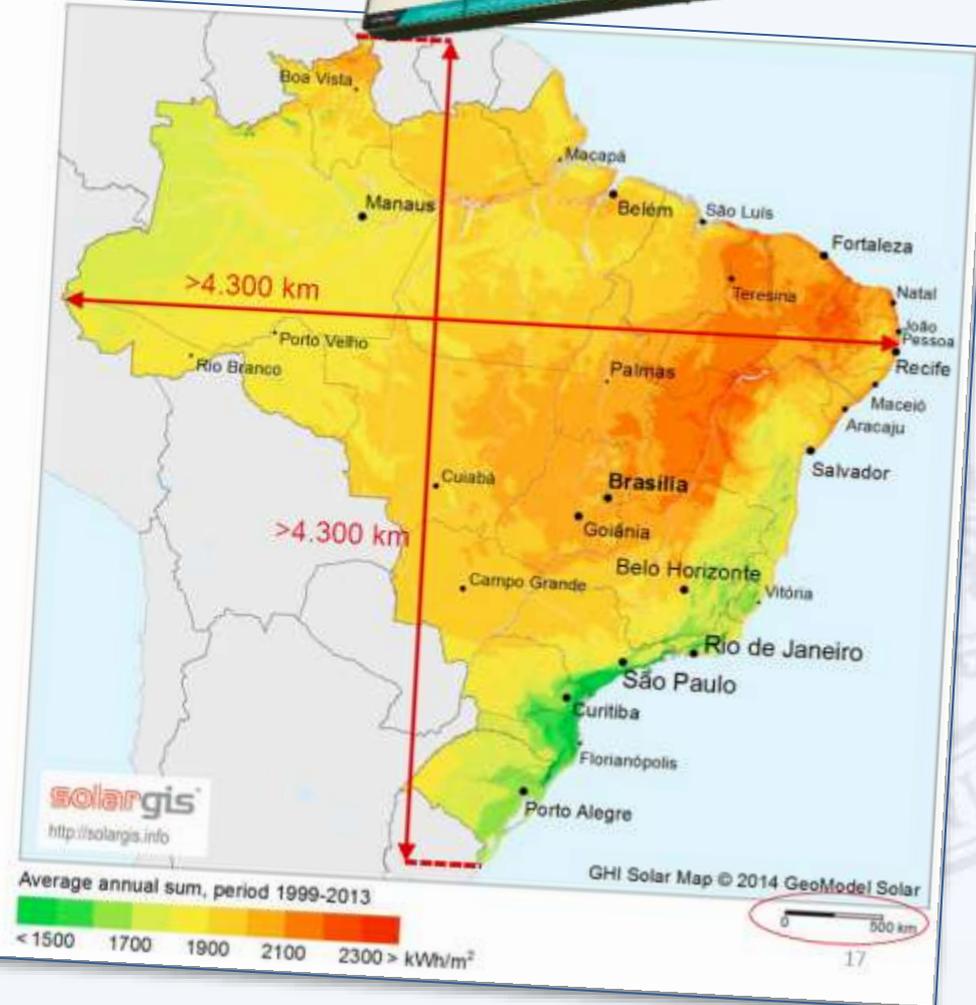


- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paolo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2017



Germany and Brazil

• Comparison

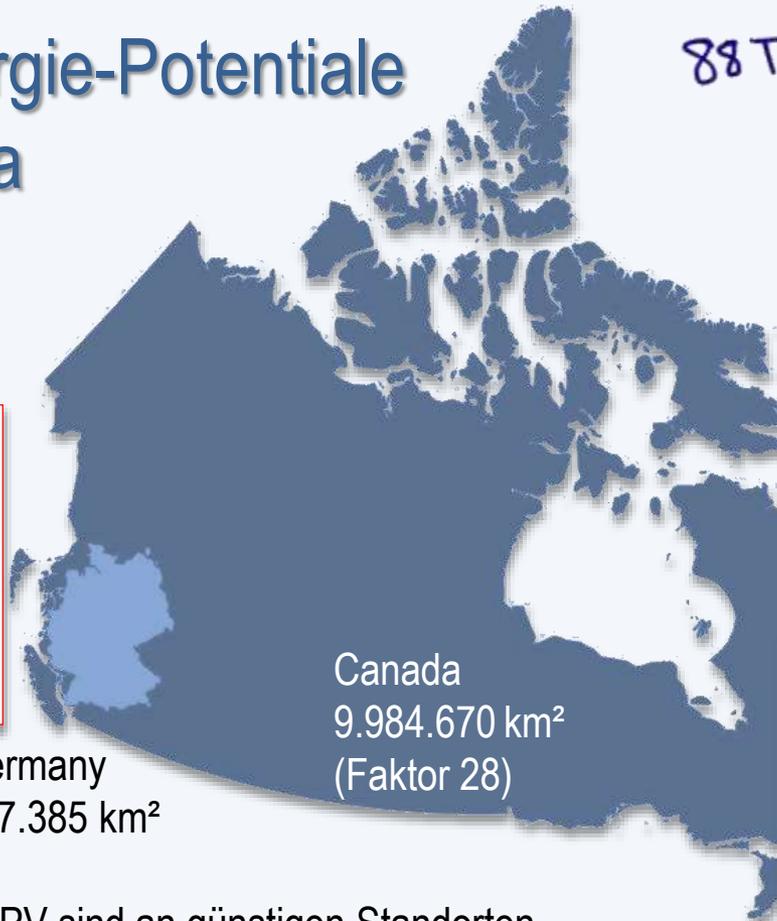


Sources: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-GHI>
www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/

Windenergie-Potentiale in Kanada

$$88 \text{ TWh} \times 28 = 2464 \text{ TWh}$$

deutsche
 Windenergie-
 erzeugung
88 TWh
 in 2015



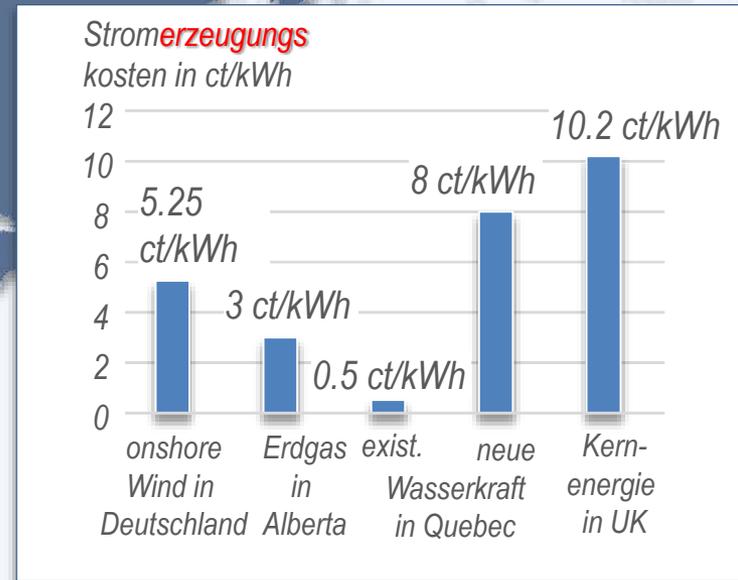
Germany
 357.385 km²

Canada
 9.984.670 km²
 (Faktor 28)

Potential kanadische
 Windenergie-
 erzeugung
2464 TWh
 mit vergleichbaren
 Windgeschwindigkeiten und
 Technologien

= 4.3 x
 der kanadischen
 Stromerzeugung
 (i.e. 570 TWh
 in 2011)

- Wind und PV sind an günstigen Standorten mittlerweile die billigsten Stromerzeugungstechnologien überhaupt!



Beispiele für Second Generation Fuels:

Power-to-Gas

die Fakten

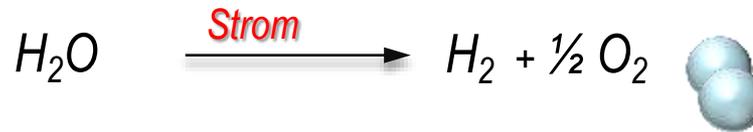
die Kosten

eine Zukunft...

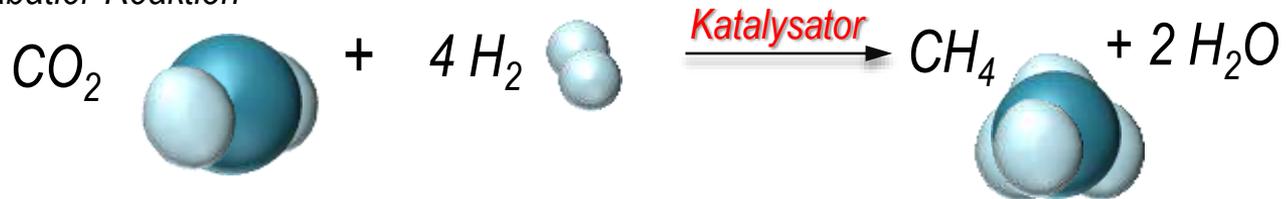
...mit Speichern

Fazit

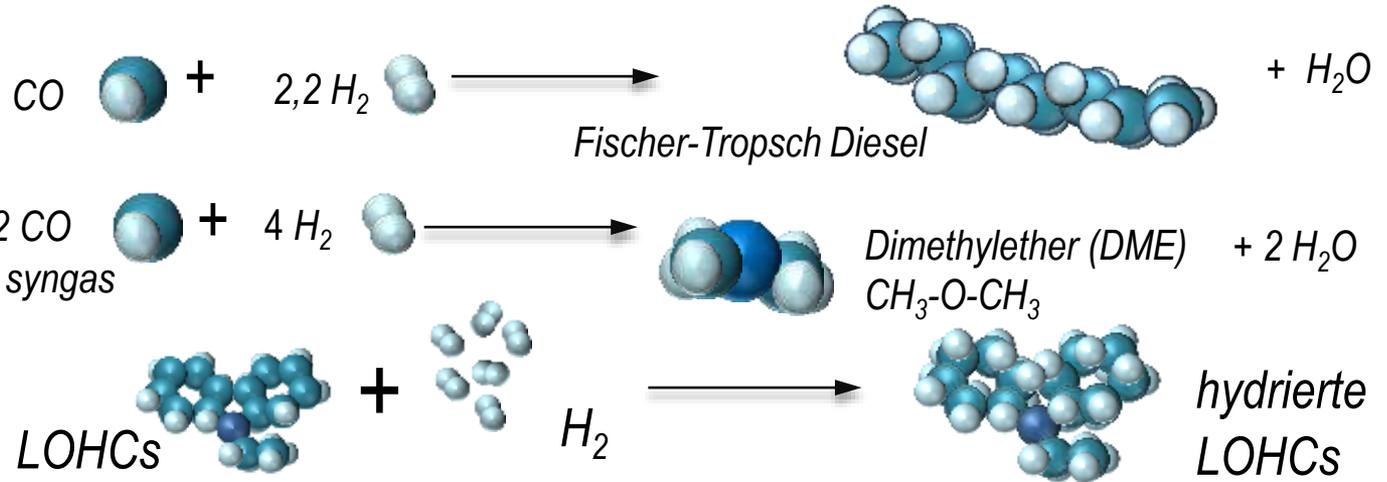
1. Step:
 Elektrolysis



2. Step:
 Sabatier-Reaktion

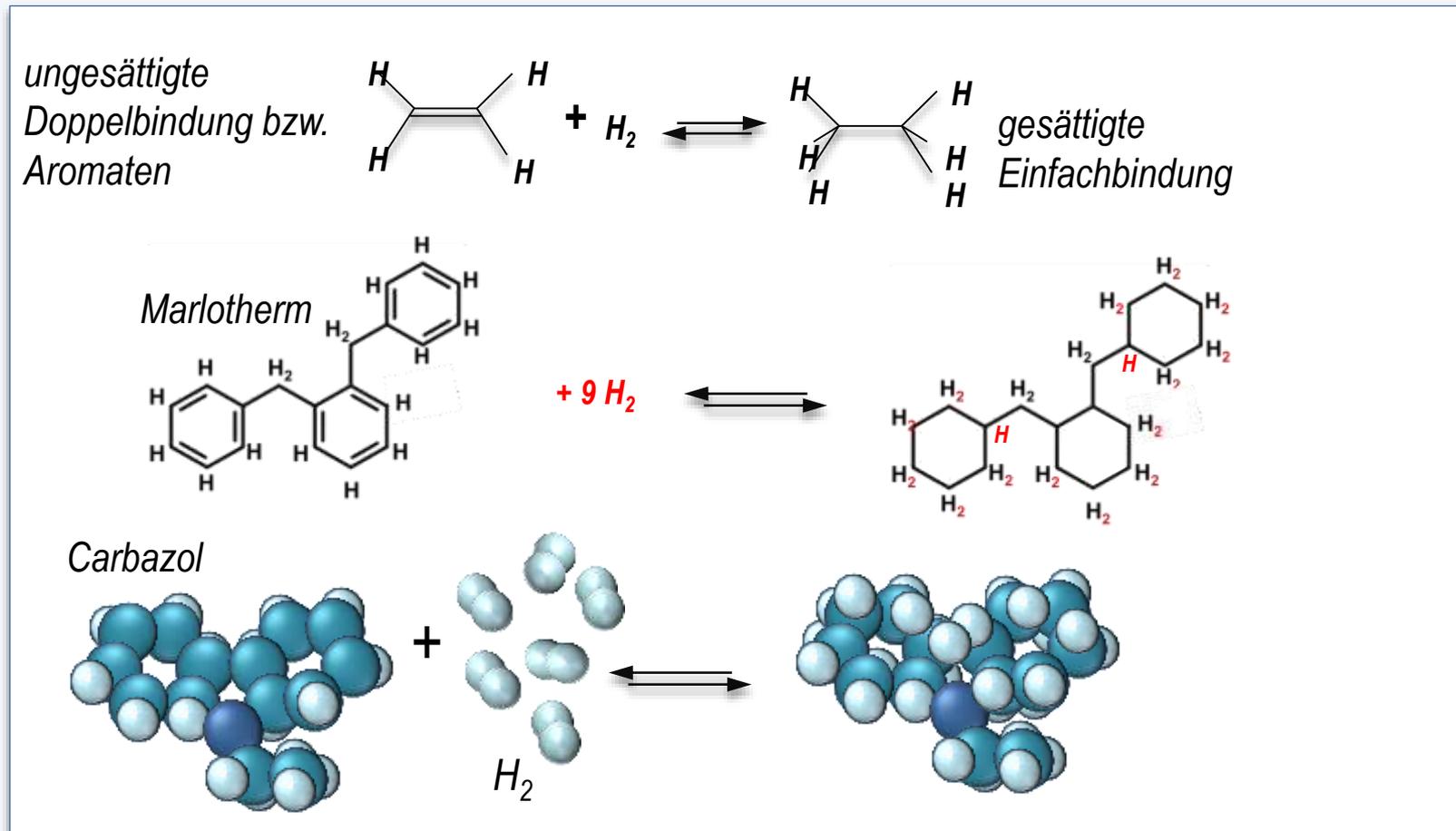


Power-to-Liquids



Beispiel: Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs)

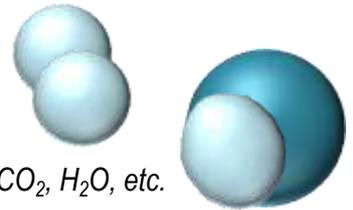
- katalytische Hydrierung/Dehydrierung von Kohlenwasserstoffen ermöglicht die Speicherung von Wasserstoff mit Speicherdichten bis 1 kWh/l (Heizöl: 10 kWh/l)
- Hydrogenious Technologies GmbH gewinnt den “Nordbayerischen Hochschulgründerpreis 2013”, “Bayerischen Gründerpreis 2014”, “Science4Life Venture Cup 2014” ...



Examples for Second Generation Fuels:

Substitute Natural Gas (SNG)

1. Step:
Thermal
gasification



CO



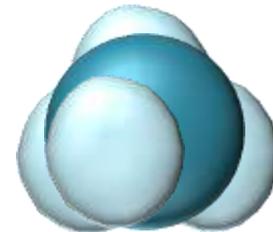
+ 3



hydrogen

hydrogenation

CH₄



+

H₂O,
CO₂, ...
heat

2. Step:
Methanation

- Production of synthetic „natural gas“ from biomass ("**Methanation**")

Forschungsschwerpunkte am EnCN

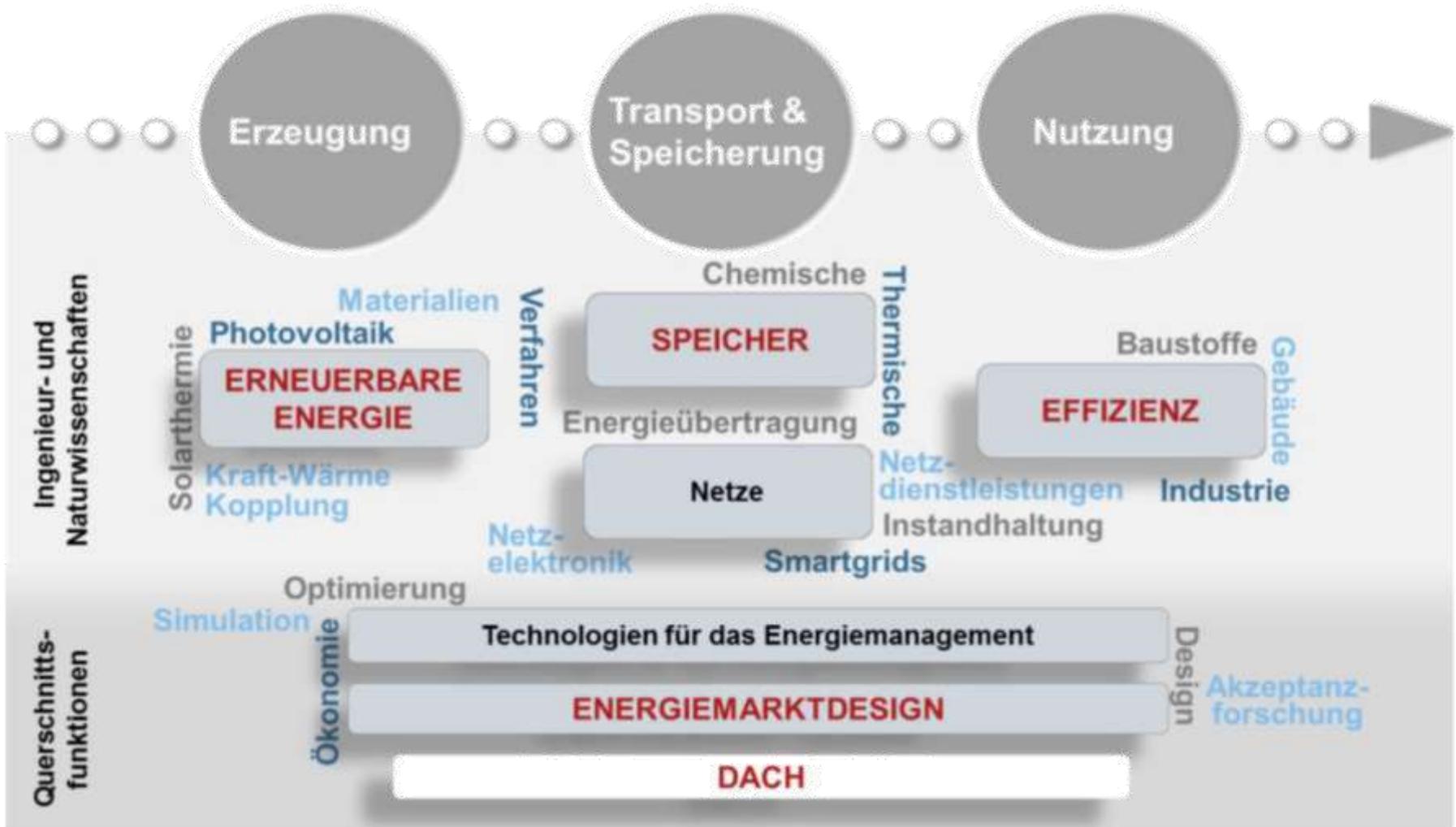
EnCN² – Teilprojekt Speicher A

Gründungspartner



Forschungsschwerpunkte am EnCN

DENKEN.
FORSCHEN.
HANDELN.



Teilprojekt Speicher A

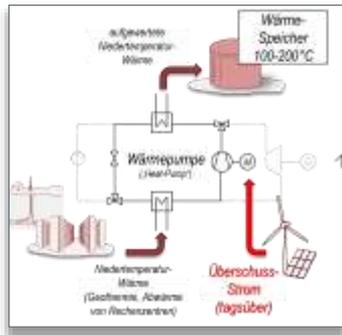
DENKEN.
FORSCHEN.
HANDELN.



Projekt „Speicher“ A adressiert Speichertechnologien mit Systemrelevanz bis 2022

- Grundlastfähige Speichersysteme (Niedertemperatur-Speicher)
- Spitzenlastfähige Speichersysteme (Hochtemperatur-Speicher)
- Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels)

Teilprojekt Speicher A

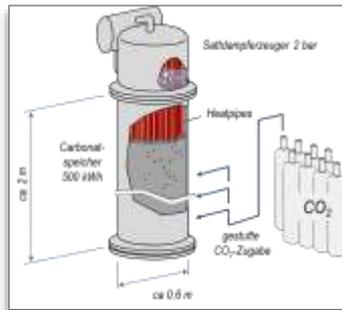


SP1-1

Aufwertung von Niedertemperaturwärme mit reversiblen HP-ORC-Systemen

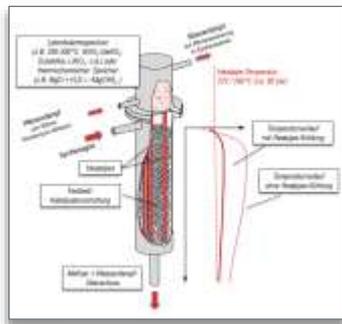
SP1-2

Große Niedertemperatur-Speicher für Temperaturen bis 150°C



SP 2

Spitzenlastfähige Hochtemperatur-Speicher



SP-3

Dynamisches Verhalten von Power-to-Gas und Power-to-Liquid Synthesen

Fazit

1.

Die Erneuerbaren Energien kosten, schaffen aber Arbeitsplätze und Versorgungssicherheit

2.

Die Energiewende ist nicht teurer als uns die Alternativen gekommen wären!

3.

Die Erneuerbaren Energien erhöhen die Versorgungssicherheit!

4.

Mit **Speichertechnologien** werden Erneuerbare Energien (global) transportier- und handelbar

und: