prognos
Wir geben Orientierung.

# Wo stehen wir bei der Energiewende – eine Bestandsaufnahme

Dr. Almut Kirchner
Energiegipfel Bayern, München
13. Dezember 2018

# Agenda

prognos
Wir geben Orientierung.

| | |
|---|---|
| 01 | Energiewende auf Bundesebene |
| 02 | Das neue Stromsystem: Flächen, Infrastruktur, Flexibilität |
| 03 | Kostenaspekte |
| 04 | Energiewende in Bayern |
| 05 | Flächen- und Versorgungssicherheitsfragen |

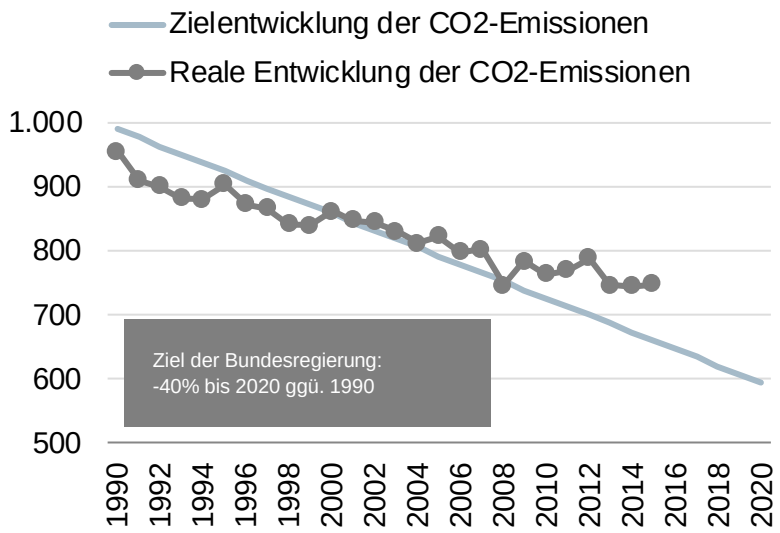
© 2018 Prognos AG

# Energiewende aktuell auf Bundesebene

© 2018 Prognos AG

# Wo stehen wir zur Zeit ? Emissionen und Energie

## Emissionsziel insgesamt wird verfehlt




Quellen: UBA Emissionsinventar (2016 vorläufig), UBA Presseinfo vom 20.03.2017, Energiekonzept der Bundesregierung

## Sektorziele:

- EE-Ziel Strom (leicht) übererfüllt
  - EE-Strom-Ziel wird erhöht (Post-Paris)
- EE-Wärme-Ziel wird leicht übererfüllt
- EE-Verkehrsziel wird deutlich verfehlt
- Effizienzziele werden verfehlt
  - EEV Verkehr: steigt, statt zu sinken
  - EEV Gebäude: knapp verfehlt
  - PEV: Absenkung um 10 % vor. deutlich verfehlt

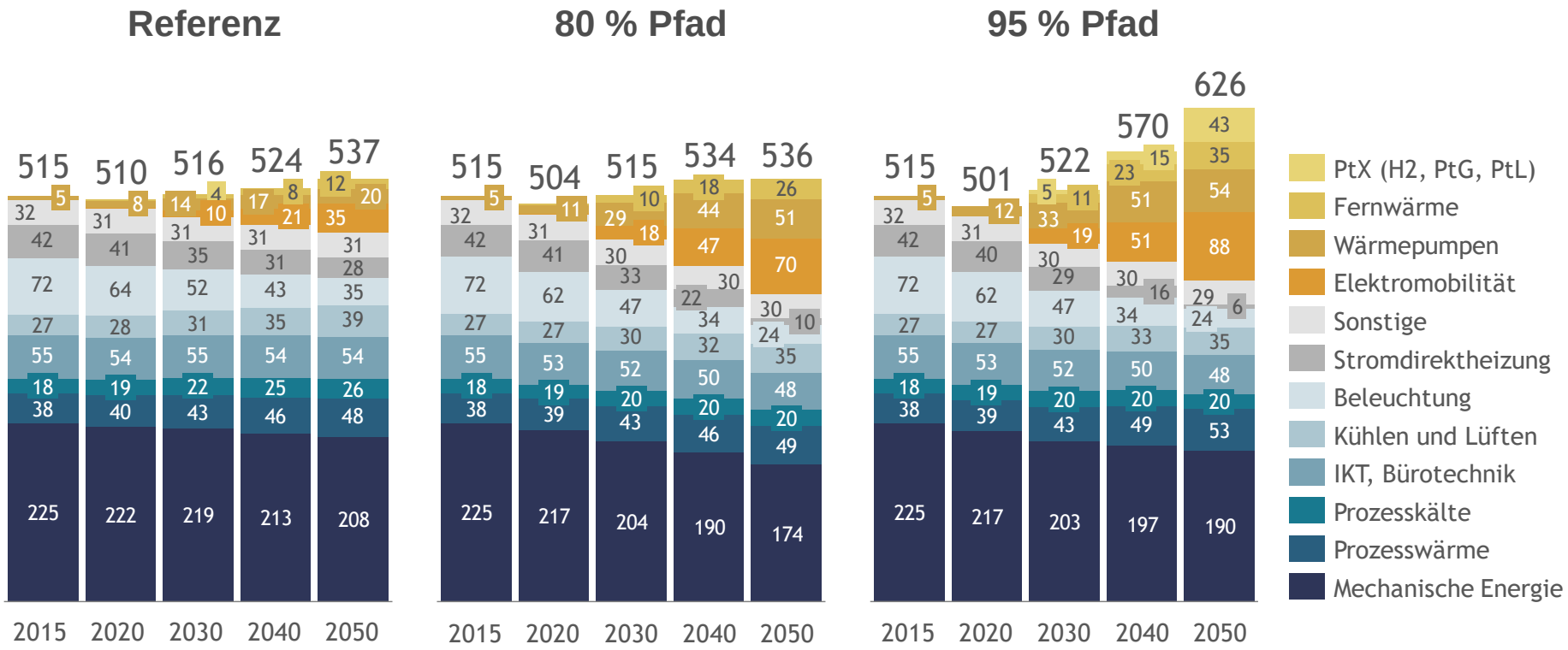
**Bei Fortführen der bisherigen Energiepolitik ist abzusehen, dass die langfristigen Ziele nicht erreicht werden (ca. -60 % werden bis 2050 erreicht)**

Quelle: aktuelles Referenzszenario der Studie «Klimapfade für Deutschland, Prognos, BCG, im Auftrag des BDI, 2018).

© 2018 Prognos AG

# Klimapfade: Entwicklung Nettostromverbrauch nach Anwendungen

- Rückgang des Stromverbrauchs in klassischen Anwendungen
- Anstieg des Gesamtstromverbrauchs durch steigende Anteile von Elektromobilität, Wärmepumpen und die Herstellung von synthetischen Energieträgern




Quelle: BCG, Prognos, „Klimapfade für Deutschland“ im Auftrag des BDI, 2018

© 2018 Prognos AG

# Das neue Stromsystem: Flächen, Infrastruktur, Flexibilität

© 2018 Prognos AG

# Erneuerbare Energien - Verfügbarkeit

prognos
Wir geben Orientierung.

## Potenziale sind bundesweit begrenzt

- EE-Strom in D: Abschätzung: ca. 800 TWh EE-Strom bis 2050 erschließbar
  - 2 % Landesfläche Wind Onshore (120 GW)
  - Aktuelle Flächenentwicklungsplanung offshore
  - Hälfte des theoretischen Potenzials für Aufdach-PV
  - Potenzial für Freiflächenanlagen schwankt enorm, Randflächenpotenzial (Autobahnen etc.) «sollte hinreichen»

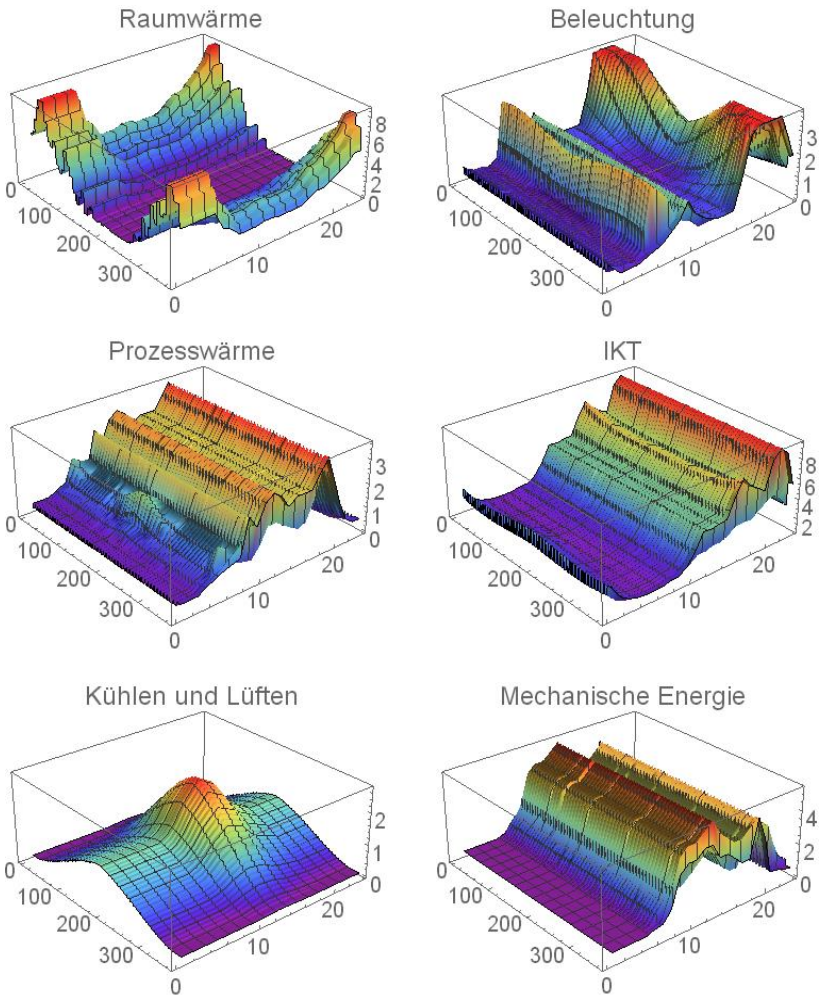
- Nachhaltig verfügbare Biomassen:
  - Potenzialbegrenzung 900 – 1300 PJ (versch. Quellen)
  - Waldresthölzer
  - Reststoffe
  - Anbaubiomassen umstritten

- ➔Biomasse ist kein «Joker», sondern muss sehr effizient und effektiv eingesetzt werden! (BDI-Studie: Prozesswärme Industrie, sehr wenig regelbare Stromerzeugung)

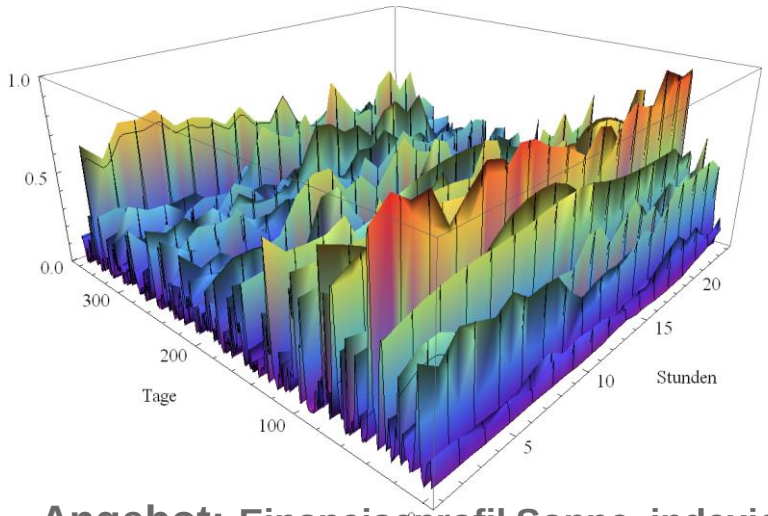
© 2018 Prognos AG

# Stromsystem: fluktuierende Einspeisung dominiert

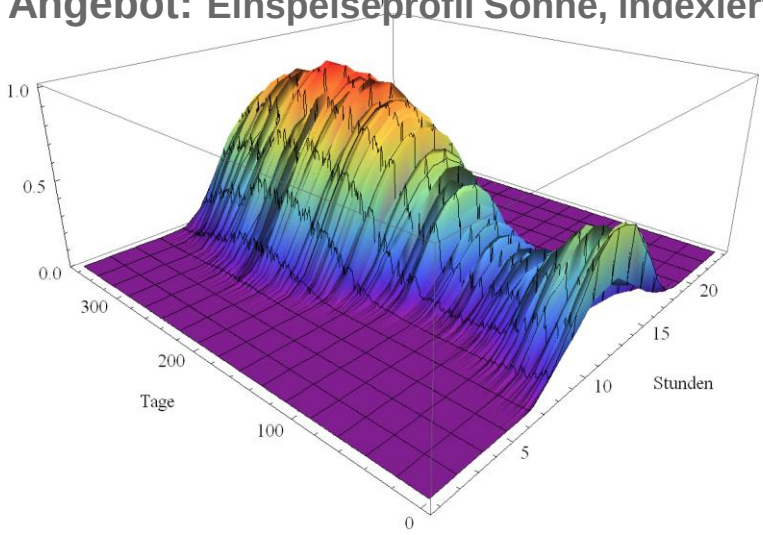
## Stromnachfrage - spezifische Lastkurven




## Angebot: Einspeiseprofil Wind, indexiert (CH-Hydrol. Jahr)

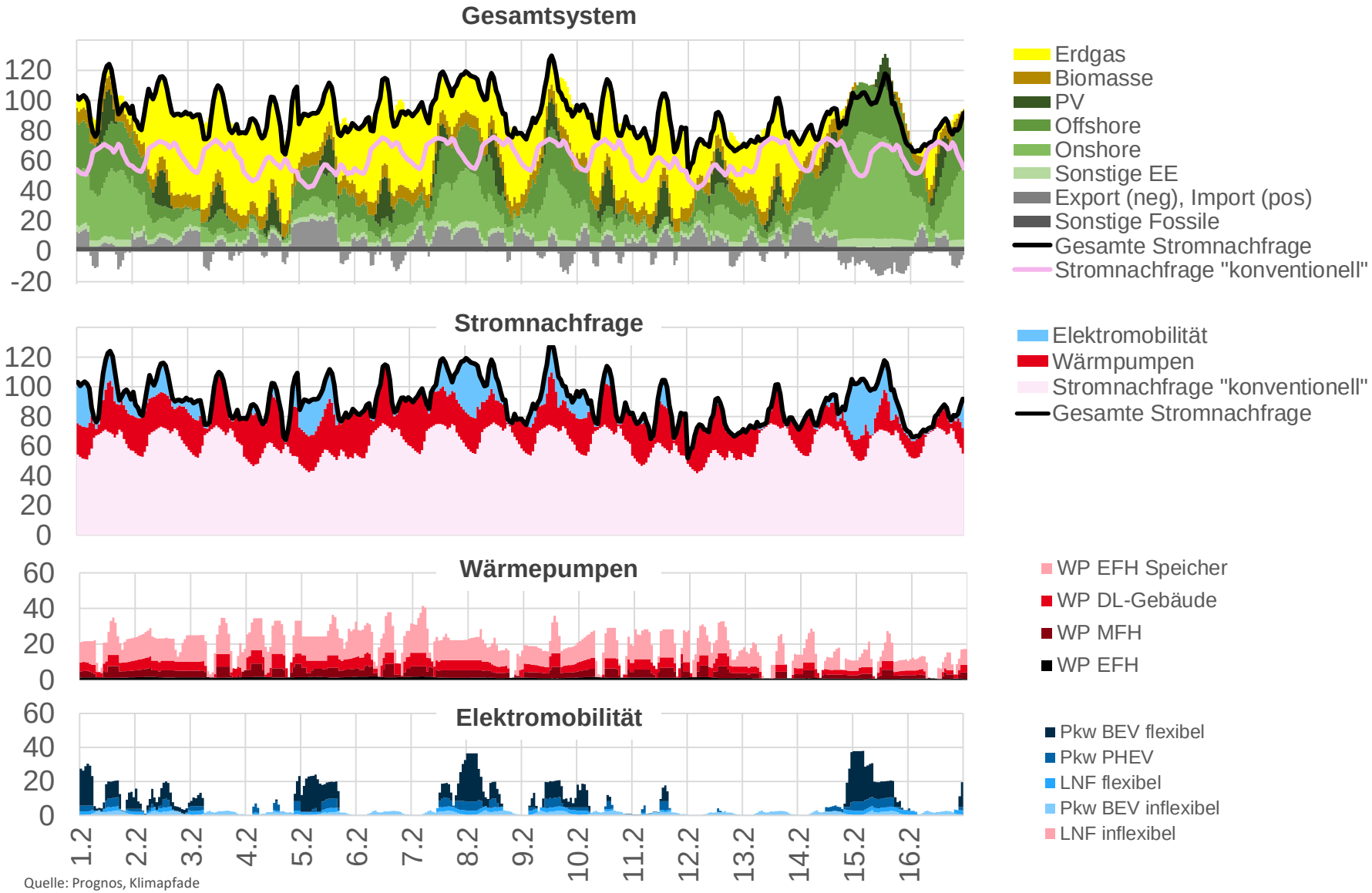



## Angebot: Einspeiseprofil Sonne, indexiert




© 2018 Prognos AG

# Stündliche Simulation des Kraftwerkseinsatz und Verbrauchs in Europa (2 kalte Feb-Wochen)




Quelle: Prognos, Klimapfade

© 2018 Prognos AG

# Kernaspekt: Flexibilitätsfragen

## Direkte Flexibilität begrenzt den Bedarf nach Speichern

- Wachsende erneuerbare Erzeugung ➔ mehr Flexibilität nötig
- Mehr Stromaustausch mit dem Ausland kann Überschüsse reduzieren
- „Direkte Flexibilität“ von Stromnachfragern > Speicherung und Umwandlung
- „Überschussstrom“ kommerziell nur begrenzt nutzbar, fällt kaum an
- Zahlreiche Anwendungsfälle für kurzfristige Speicher (z. B. Batterien)
- Power-to-X langfristig für erneuerbares Backup nötig, nicht für Überschüsse
- Zentrale Weichenstellungen nötig: Netzausbau, IKT, Anreize für Flexibilität

Quelle: BCG, Prognos (Klimapfade)

Copyright © 2017 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

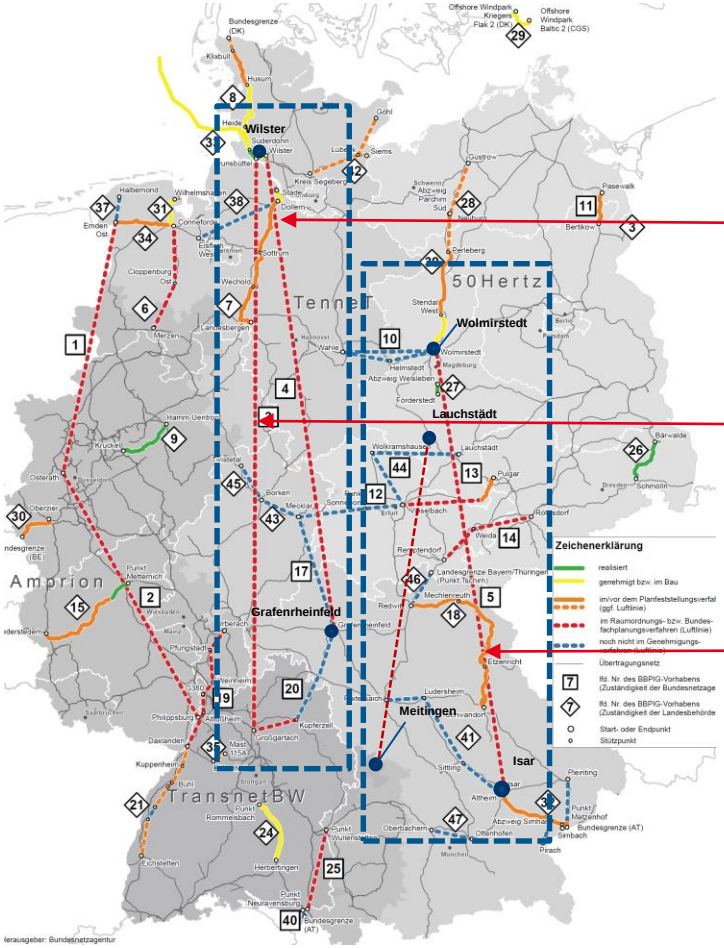
# Der Stand der Netzausbauplanung in Deutschland

prognos
Wir geben Orientierung.

- Regionaler Ausgleich Wind (Norden) – PV (Süden)
- Ermöglichung Direktnutzung EE – so verlustarm wie möglich.
- Der Netzausbau wird von der Bundesregierung als **zentraler Baustein** der Energiewende betrachtet.
- Fehlende **gesellschaftliche Akzeptanz** verzögert den Netzausbau zum Teil erheblich.
- Die zunehmende Teilverkabelung **steigert die Kosten** des Netzausbaus deutlich.
- **Verzögerungen beim Netzausbau** werden als Argument für die notwendige Verlangsamung des Ausbaus der erneuerbaren Energien herangezogen.
- Zur Erreichung der Klimaziele entsprechend der **Beschlüsse von Paris** müsste der Ausbau der erneuerbaren Energien jedoch eher beschleunigt als verlangsamt werden.
- Der verzögerte Netzausbau ist aus Sicht des Bundes im Moment ein **Risiko für das Gelingen der Energiewende.**

© 2018 Prognos AG

## SuedLink und SuedOstLink (Bundesbedarfsplangesetz, 31.12.2015)




Quelle: BNetzA (www.netzausbau.de)

| Vorhaben | Status |
|---|---|
| **Wilster - Grafenrheinfeld (SuedLink), 2 GW**<br>▪ Inbetriebnahme nach BBPIG: 2025<br>▪ Vorrang von Erdverkabelung gegenüber der Freileitung | Vorhaben BBPlG Bundesfachplanung |
| **Brunsbüttel - Großgartach (SuedLink), 2 GW**<br>▪ Inbetriebnahme nach BBPIG: 2025<br>▪ Vorrang von Erdverkabelung gegenüber der Freileitung | Vorhaben BBPlG Bundesfachplanung |
| **Wolmirstedt - Isar (SuedOstLink), 2 GW**<br>▪ Inbetriebnahme nach BBPIG: 2025<br>▪ Vorrang von Erdverkabelung gegenüber der Freileitung<br>▪ Startpunkt und Endpunkt mehrfach geändert (früher Lauchstädt – Meitingen) | Vorhaben BBPlG Bundesfachplanung |

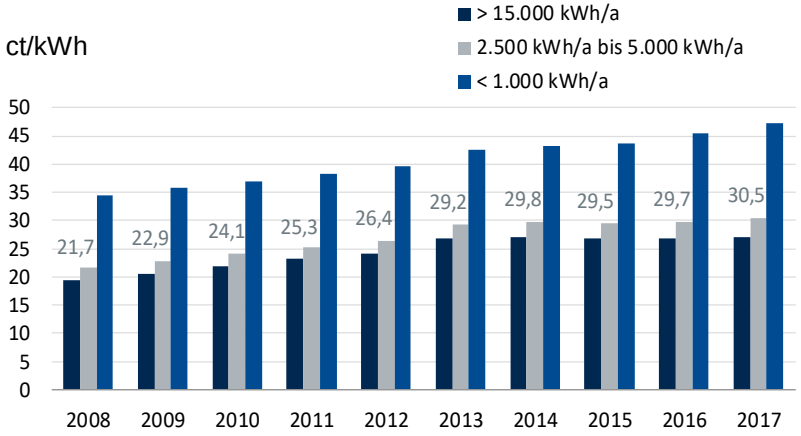
© 2018 Prognos AG

# Kostenaspekte

© 2018 Prognos AG

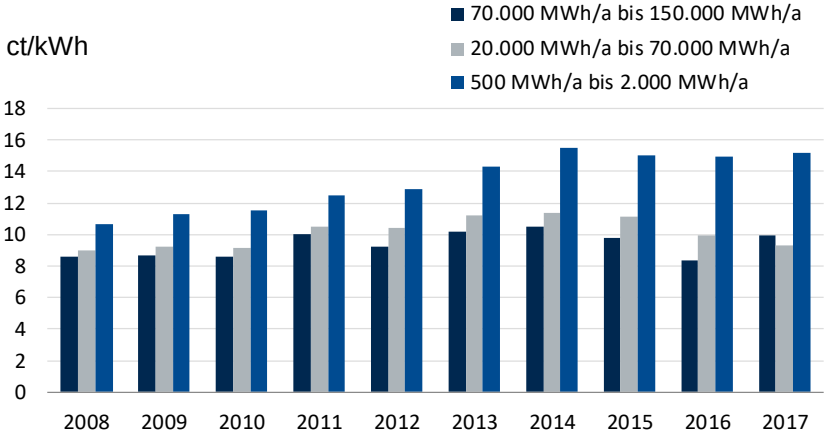
# Status quo: Strompreise Haushalte, Industrie, EU

## Haushaltsstrompreis nach Stromabnahmeklassen



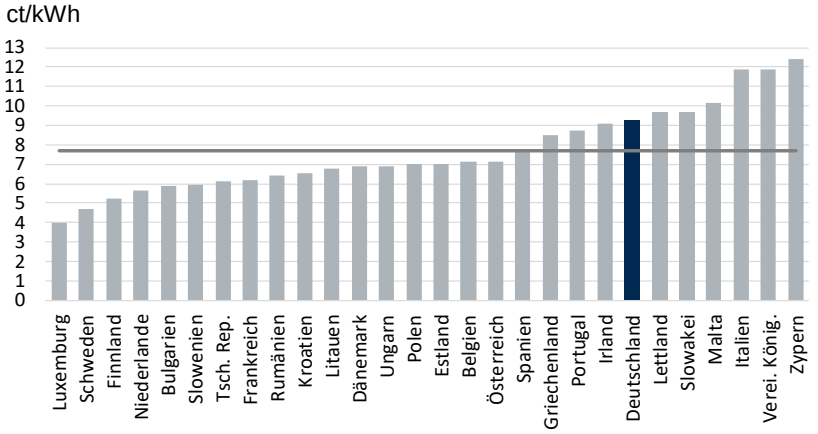

Beschriftungen: Abnahmefall 2.500 bis 5.000 kWh im Jahr, mengengewichtet über alle Tarife
Quelle: Eurostat (alle Steuern und Abgaben inbegriffen, auf Jahresbasis errechnete Mittelwerte)

## Industriestrompreis nach Stromabnahmeklassen




Quelle: Eurostat (ohne MwSt. und erstattungsfähige Steuern und Abgaben)

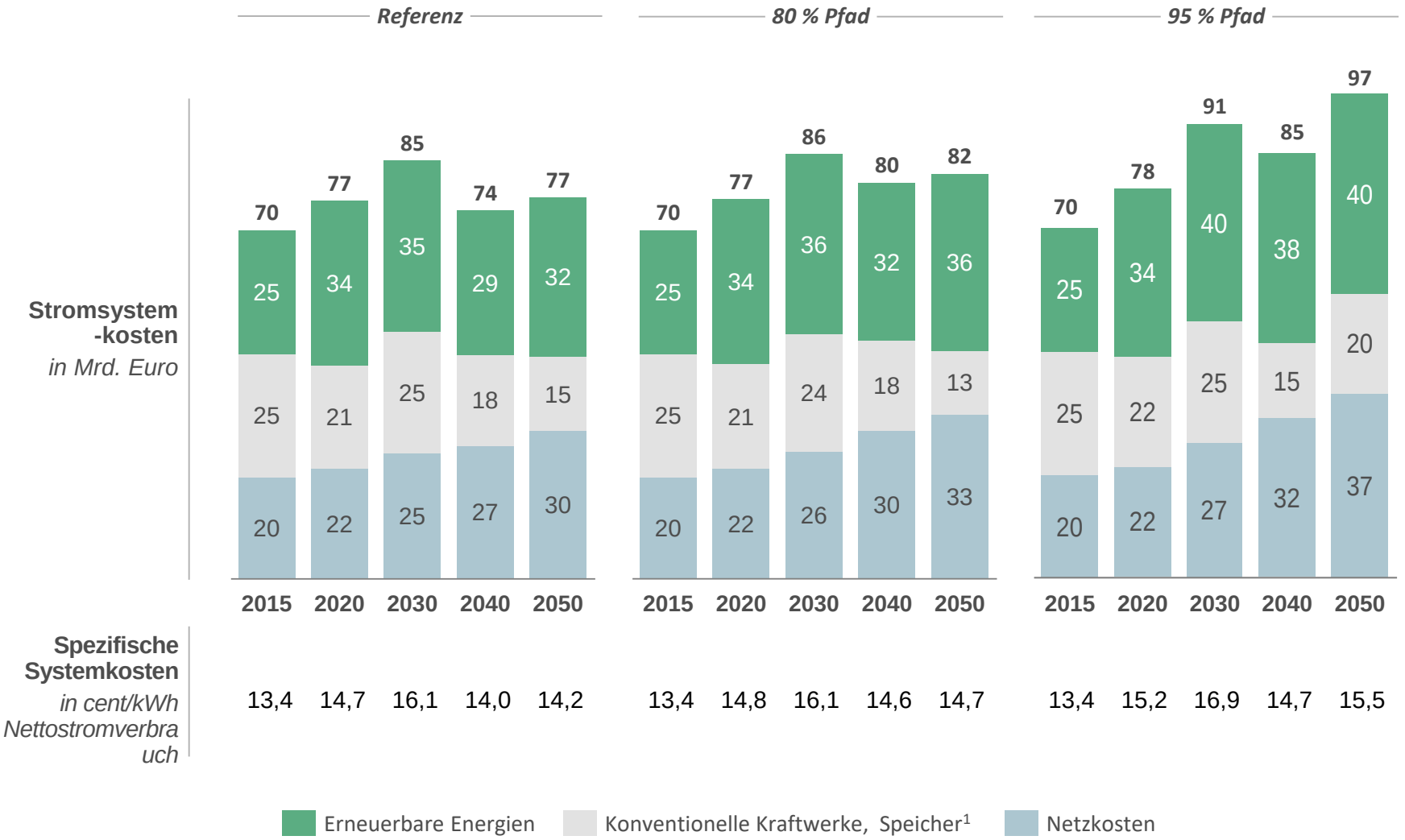
## Position Deutschlands in der EU-28 (2017)




- Systemkosten werden weiterhin (leicht) steigen – 5-12 % real bis 2050
- Anteil Netzkosten an den Systemkosten steigt deutlich, Erzeugung weniger stark
- Verteilungsfragen stellen sich neu!

© 2018 Prognos AG

# Ergebnisse Klimapfade – Kostenentwicklungen des Stromsystems



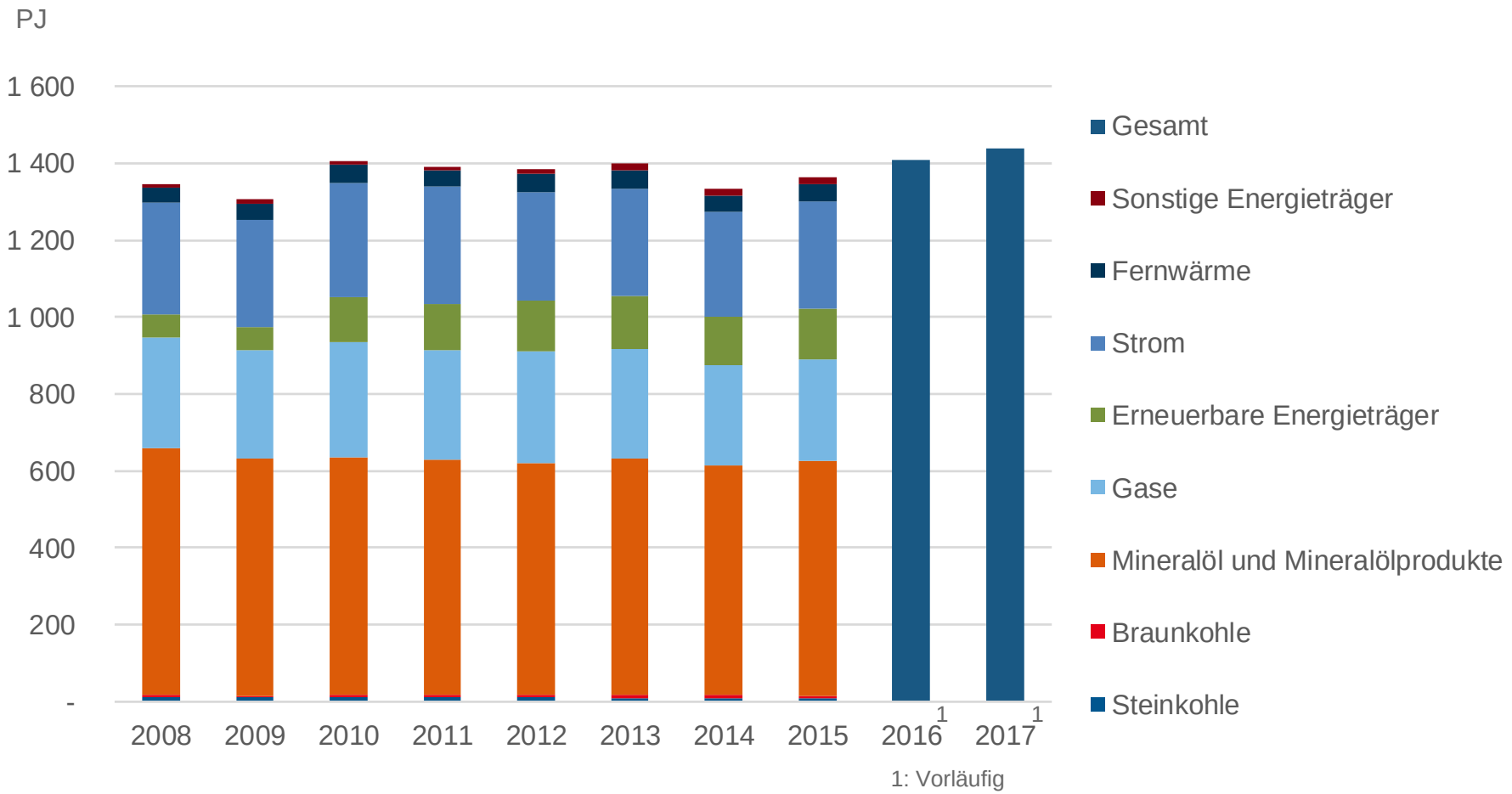

1. Enthält Kapital- , Betriebs-, CO2- Kosten inkl. Kosten für CCS. Die Brennstoff- und CO2-Kosten wurden im 95% Pfad mit den Preisen des "Globalen Klimaschutz" – Szenarios berechnet.
Anmerkung: Der Nettostromverbrauch im 95% Klimapfad wurde abzüglich des Stromverbrauchs für die Erzeugung von synthetischem Gas zur Rückverstromung gerechnet (analog der anderen Stromspeicher)
Quelle: Prognos, BCG (Klimapfade)

© 2018 Prognos AG

# Energiewende in Bayern

© 2018 Prognos AG

## Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Bayern



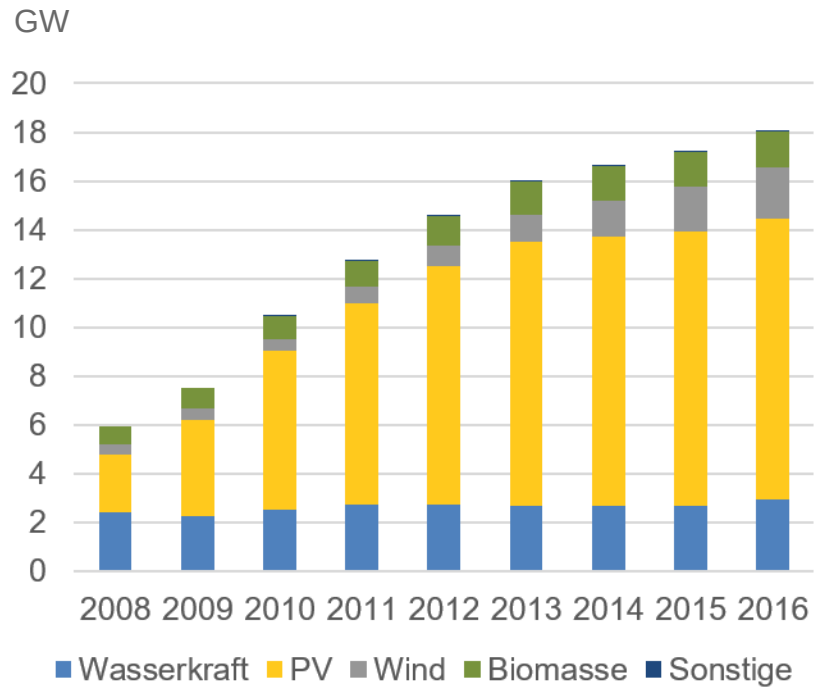

1: Vorläufig

Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

© 2018 Prognos AG

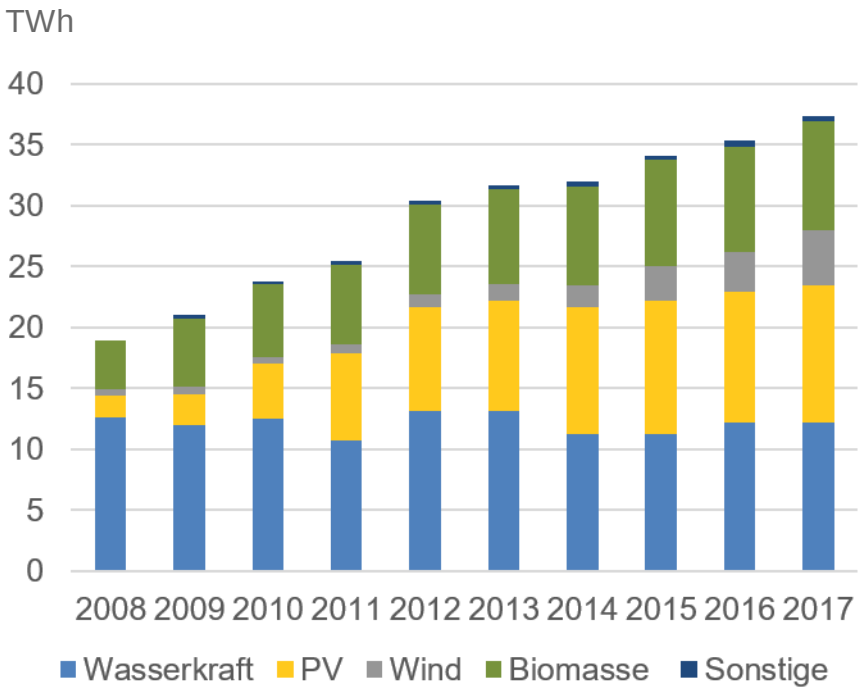
# Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Bayern

## Installierte Netto-Kraftwerkskapazitäten erneuerbarer Energien




Quellen: Föderal erneuerbar, Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



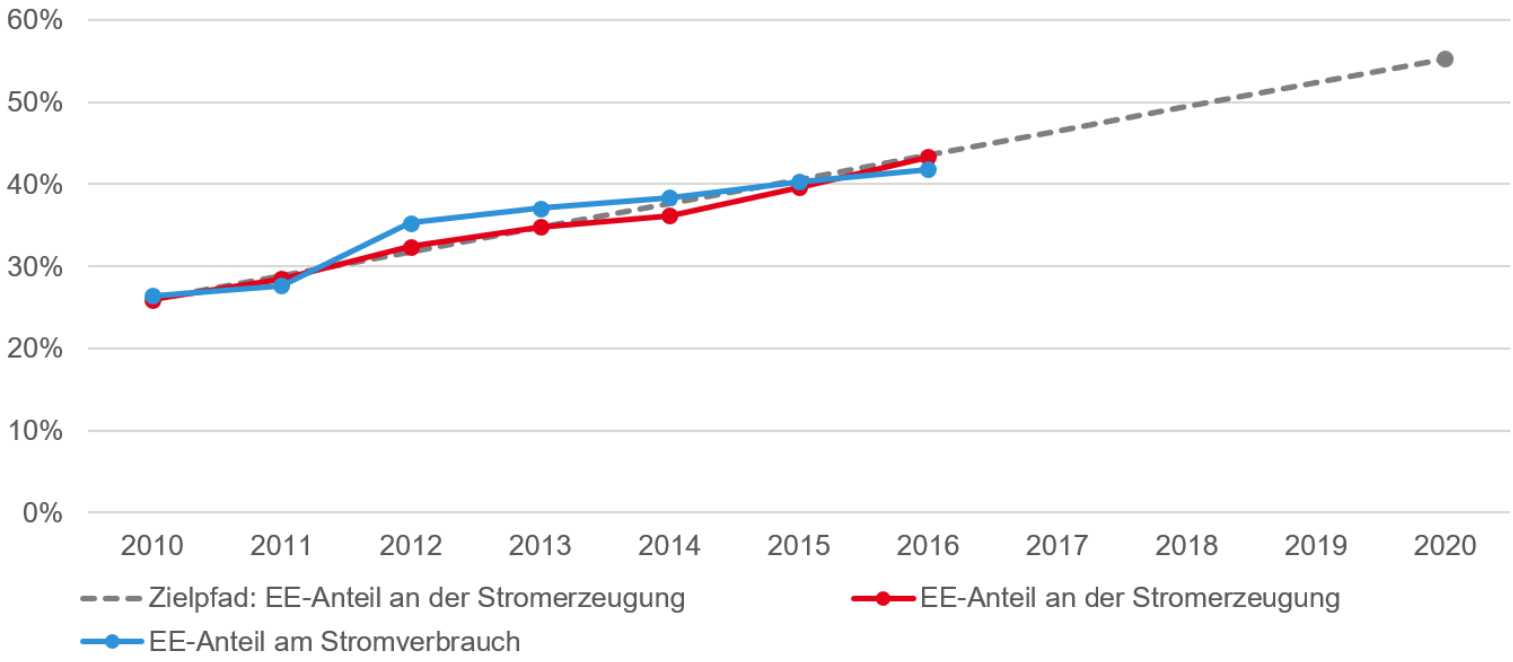

Quellen: Bayerisches Landesamt für Statistik, IE Leipzig
(2016, 2017 =vorläufig)

© 2018 Prognos AG

# Entwicklung der erneuerbaren Energien in Bayern

prognos
Wir geben Orientierung.

**Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung und am Bruttostromverbrauch in Bayern**




Quellen: Bayerisches Landesamt für Statistik, IE Leipzig (2016 = Prognose), StMWi Fortschrittsbericht 2016/2017, Berechnungen Prognos AG

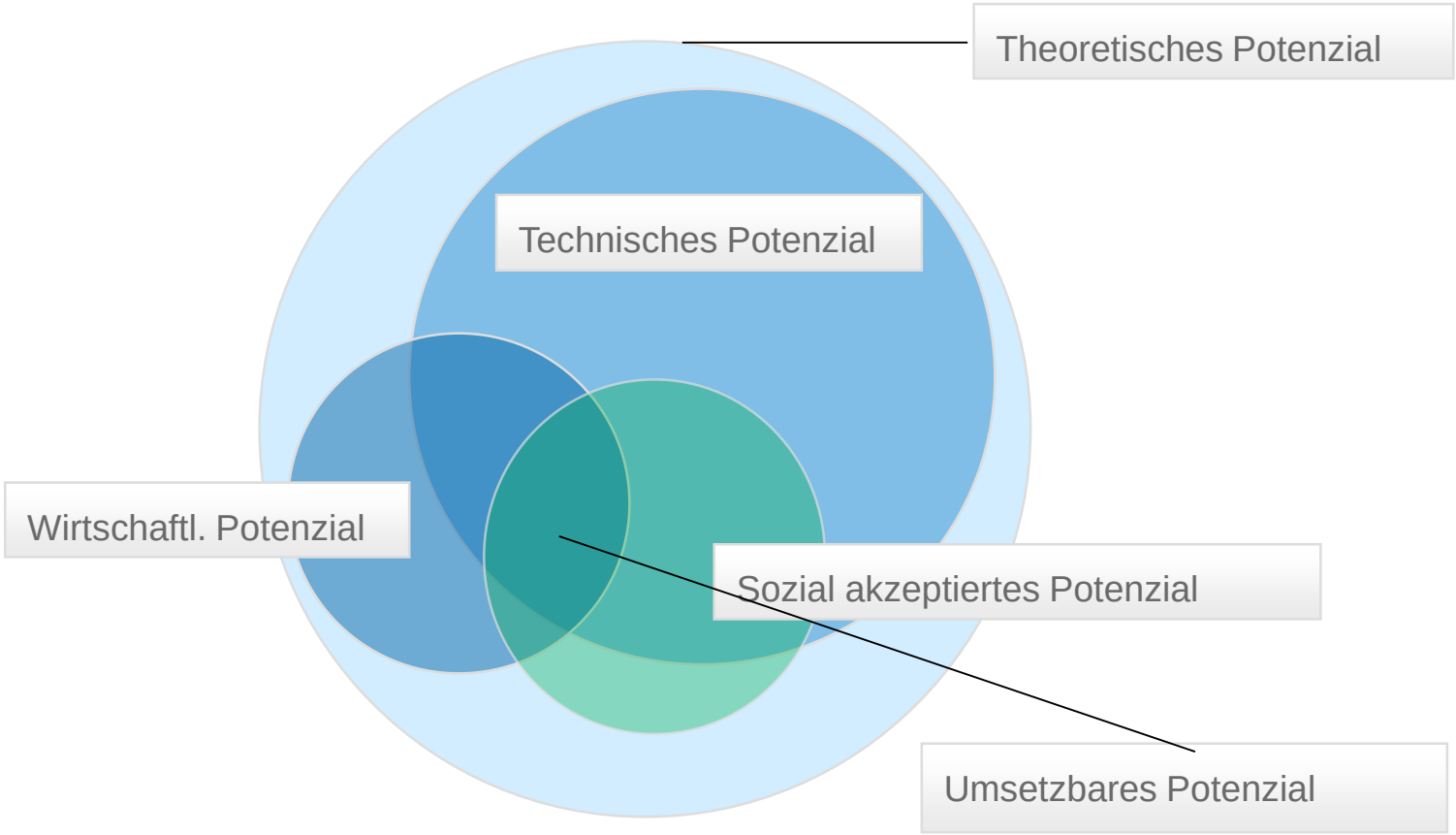
- Wenn die langfristigen Ziele ernst genommen werden, braucht es (mindestens) etwa eine Verdopplung der Produktion, eher eine Ver-2.5-fachung.

© 2018 Prognos AG

# Flächenfragen

© 2018 Prognos AG

# «Potenziale» streuen sehr stark

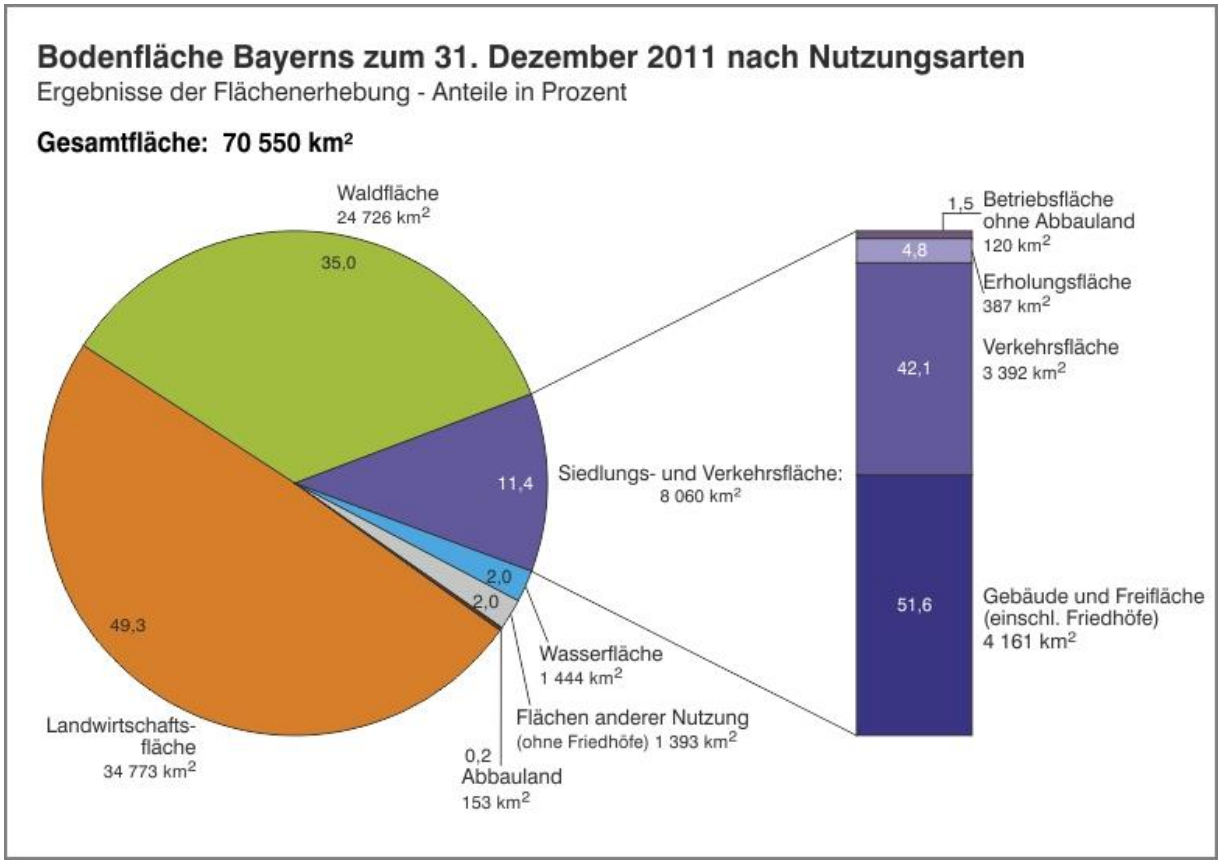



- Der Energie-Atlas Bayern weist ein technisches Potenzial von 112 TWh aus, davon über die Hälfte Windenergie
- Biomasse-Potenziale werden mit 9 TWh als sehr begrenzt eingeschätzt (Nutzungsbasis unklar), FEE: Biomasse-Potenzial (roh) 50 TWh, davon 9 TWh Stromerzeugung

© 2018 Prognos AG

# 2,5 % klingt wenig, aber…

## Flächennutzung in Bayern, nach VBEW




*Quelle: Bodenfläche Bayerns zum 31. Dezember nach Nutzungsarten. München: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2012*

Zu beachten:

Die erforderlichen Flächen für erneuerbaren Energien stehen ggf. für andere Nutzungsmöglichkeiten zur Verfügung

z.B. Photovoltaik-Anlagen auf Dächern „verbrauchen“ keine zusätzlichen Flächen

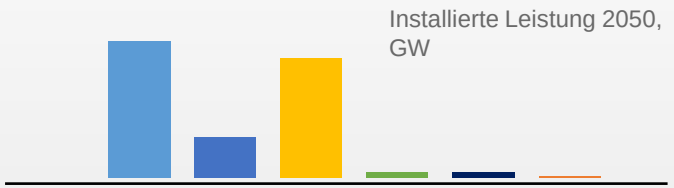
© 2018 Prognos AG

# Potenziale PV, Wind

**Studie «Stromsystem 2035 +» im Auftrag des WWF, mit Öko-Institut e.V.**

## Szenario 1: Zentrale Technologien

- Szenario mit Fokus auf den Ausbau von Windkraftanlagen gemäß den Annahmen der räumlichen Verteilung des NEP Scenario B 2035

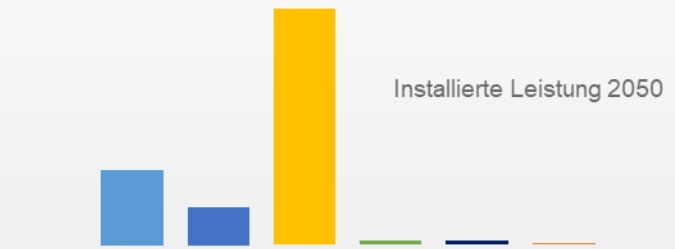



| | Wind On. | Wind Off. | PV | Biomasse | Wasser | Rest | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2050 | 173 | 51 | 150 | 6 | 6 | 1 | 387 |
| 2035 | 84 | 33 | 101 | 6 | 6 | 1 | 202 |
| 2015 | 41 | 3 | 39 | 8 | 6 | 1 | 99 |

Angaben in GW

## Szenario 2: Dezentrale Technologien

- Szenario mit Fokus auf dezentralen Ausbau von PV-Anlagen in Lastzentren und moderatem Ausbau von Windkraftanlagen



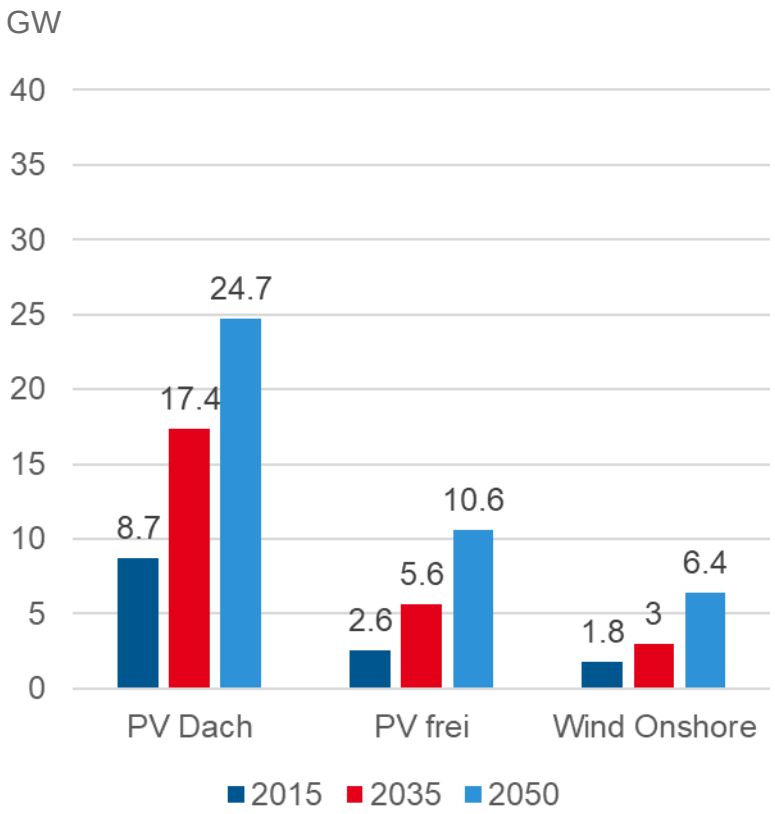

| | Wind On. | Wind Off. | PV | Biomasse | Wasser | Rest | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2050 | 109 | 51 | 312 | 6 | 6 | 1 | 472 |
| 2035 | 66 | 33 | 115 | 6 | 6 | 1 | 207 |
| 2015 | 41 | 3 | 39 | 8 | 6 | 1 | 99 |

Angaben in GW

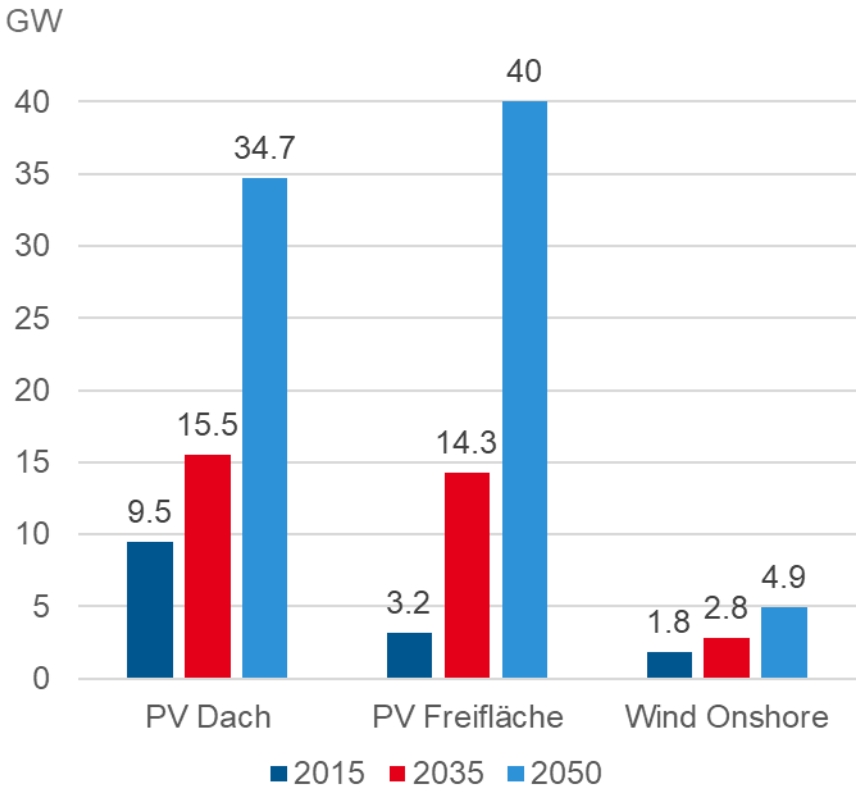
© 2018 Prognos AG

# Ergebnisse Potenziale in den Szenarien für Bayern

## Szenario 1: Zentrale Technologien




## Szenario 2: Dezentrale Technologien




Mehr installierte Leistung, mehr Flächenverbrauch in Bayern

Quelle: Prognos, «Stromsystem 2035 +, im Auftrag des WWF, mit Öko-Institut e.V.

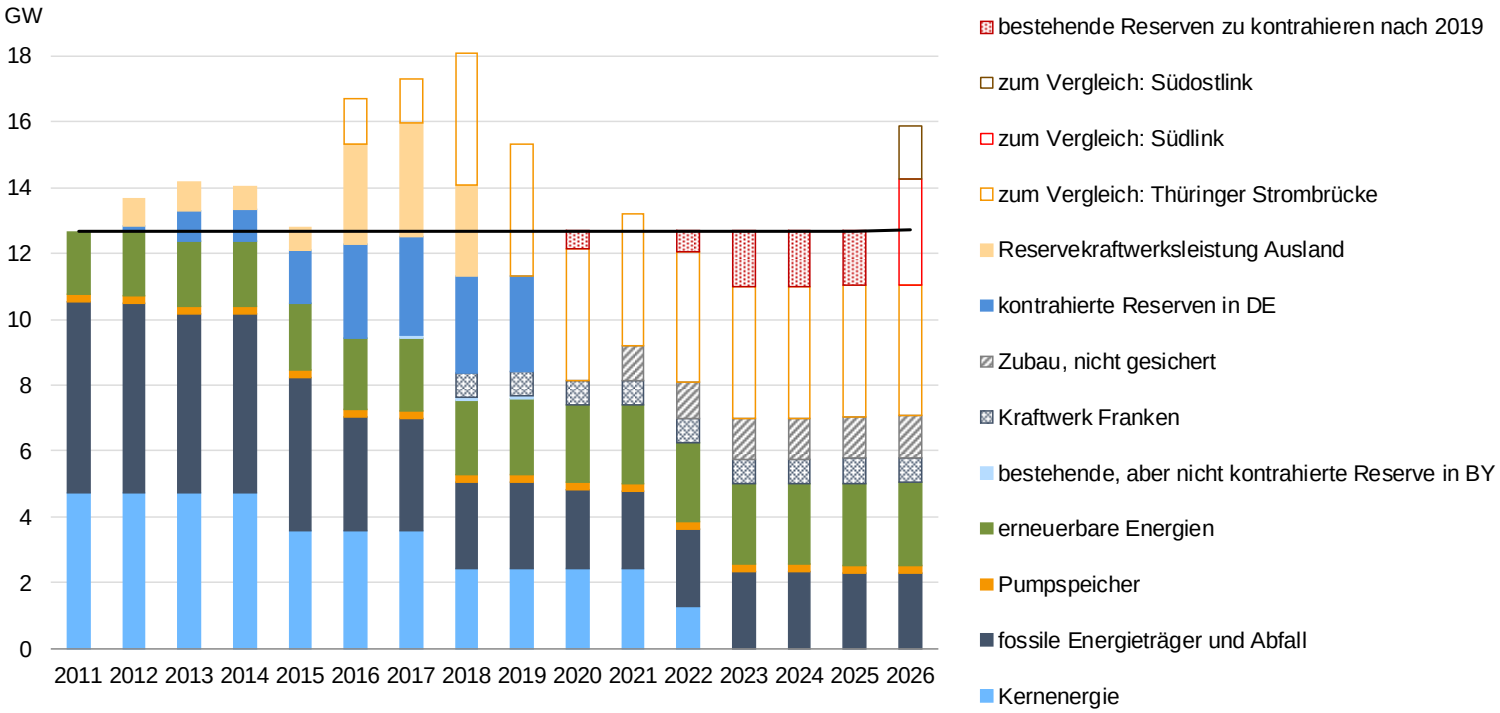
© 2018 Prognos AG

# Bayern: Versorgungssicherheitsfragen

© 2018 Prognos AG

# Woher kommt die gesicherte Leistung ab 2023 ?

## Gesicherte Leistung und Höchstlast in Bayern bis 2025



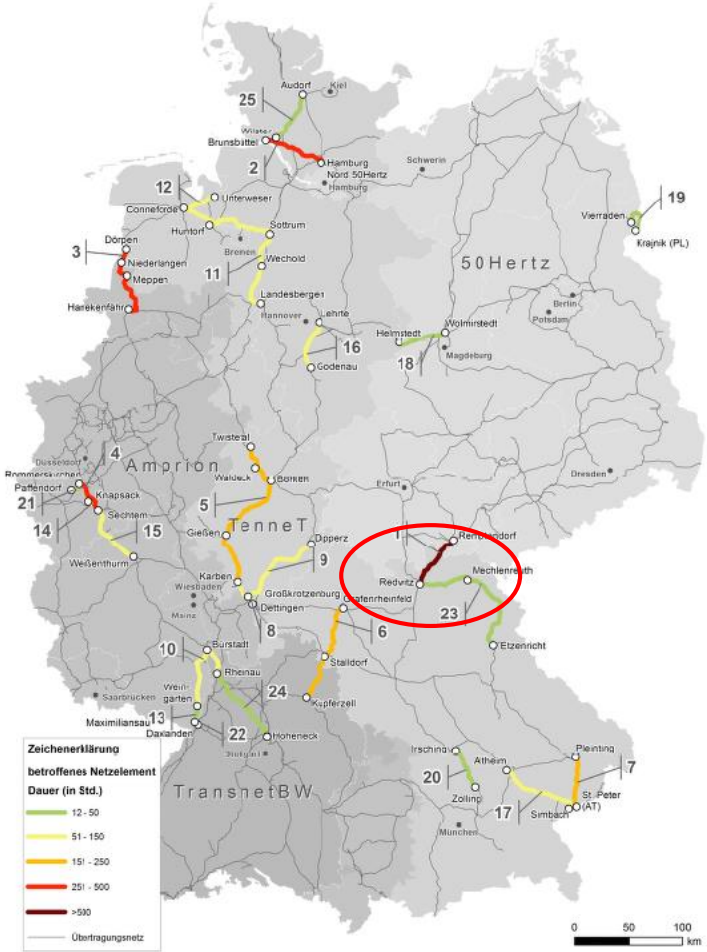

Quellen: BNetzA, BDEW-Kraftwerksliste, 50Hertz, eigene Berechnungen

© 2018 Prognos AG

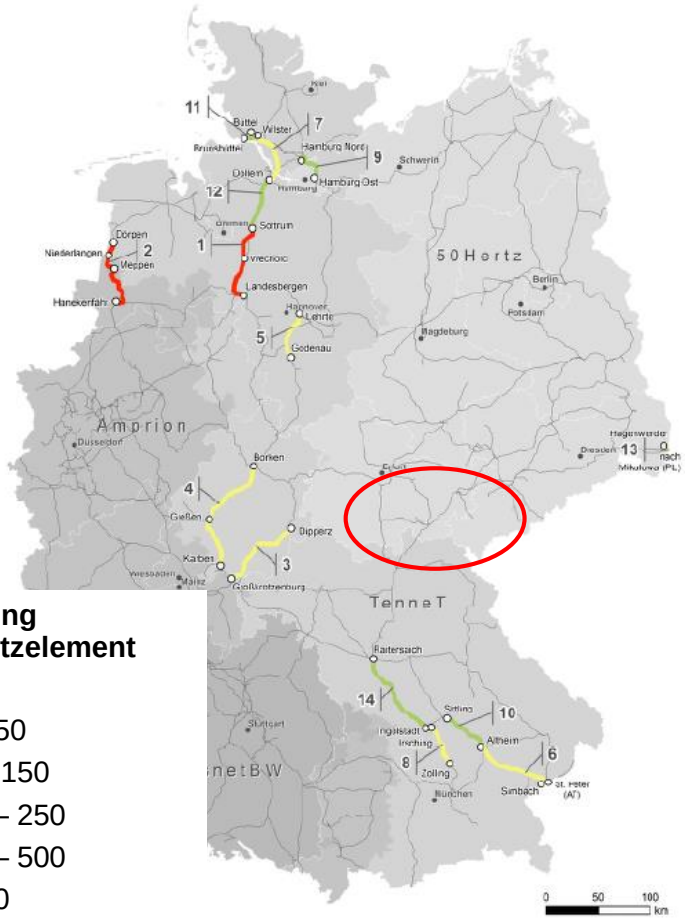
# Wirkung des Netzausbaus – Unterschied der Thüringer-Strombrücke

prognos
Wir geben Orientierung.

## 1. Quartal 2017




## 1. Quartal 2018




**Zeichenerklärung**
**Betroffenes Netzelement**
**Dauer (in Std.)**

- 12 - 50
- 51 – 150
- 151 – 250
- 251 – 500
- > 500
- Übertragungsnetz

Quelle: BNetzA

© 2017 Prognos AG

# Alternativen zum Netzausbau

**Studie Dezentralität und Zelluläre Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf – Prognos, FAU, im Auftrag von N-Energie, 2016**

- Der HGÜ-Netzausbau in Deutschland lässt sich reduzieren, wenn
  - Die räumliche Verteilung der EE-Anlagen in D verändert wird
  - Stärkerer Ausbau in Süddeutschland (systemdienlich) erfolgt
  - Stärkere Nutzung von Energiemanagement und Flexibilität erfolgt.
- D.h. mangelnder Netzausbau ist kein Hindernis für ambitionierten EE-Ausbau.

## Aber

- Das erfordert regional differenzierte Preissignale (Preiszonen – höhere Strompreise in Süddeutschland, vorsichtige Abschätzung ca. 5-10 €/MWh)
- Die Windenergienutzung ist weniger effektiv als in Norddeutschland
- Es wird mehr Redispatch benötigt – damit steigen implizit die $CO_2$-Emissionen (leicht) gegenüber der alternativen Variante mit Netzausbau.

© 2017 Prognos AG

# Alternativen zum Netzausbau II

## Mehr EE-Ausbau, mehr lokales Backup, mehr dezentrale Speicher

- Mehr EE-Ausbau
  - Mehr Abregelung oder zeitl. Verschiebung mit Speichern (Technologie unklar)
  - Dezentrale Speicher: Entlasten die Verteilnetzebene, Beitrag zur Lösung im Haushaltsbereich.
  - Industriefragen ungeklärt (Preise !)
  - Organisationsfragen und Instrumente ungeklärt

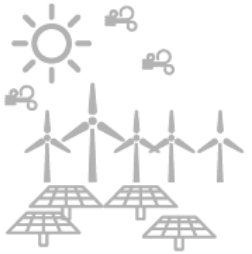
- Verschiebung über PtG, Gasnetz als Saisonalspeicher
  - 1 kWh PtG erfordert ca. 2 kWh Stromeinsatz. Bei Rückverstromung weitere Wirkungsgradverluste.
  - ➔ weiterer Druck auf Flächen und Preise
  - Vorteil: Flexibilität ist gegeben.
  - Organisationsfragen und Instrumente ungeklärt.

© 2017 Prognos AG

prognos
Wir geben Orientierung.

# Technologieauswahl entscheidend für Strombedarf

Strombedarf inkl. Kraftstoffherstellung für verschiedene Antriebs- und Kraftstoffkombinationen (im Jahr 2050; in kWh pro 100 Fahrzeugkilometer)[1]

| | Elektromotor + Batterie | Elektromotor + Brennstoffzelle | Verbrennungsmotor + Power-to-Liquid |
|---|---|---|---|
| | | |  |
| Pkw-Bestand 2050[1] | 19 kWh | 47 kWh | 102 kWh |
| Effizienzpotenzial Neufahrzeuge 2050[2] | 17 kWh | 38 kWh | 82 kWh |

Annahmen: Ladeverluste BEV: 8 %, Elektrochemische Wirkungsgrade: H2:71 %, PtG: 54 %, PtL inkl. Raffination: 47 %
1. Verbräuche: BEV 16,8 kWh/100 km, FCV 0,8 kg/H2/100 km, CNG 3,9 kg/100 km, Otto 5,5 l/100 km 2. Verbräuche: BEV 15,4 kWh/100 km, FCV 0,7 kg/H2/100 km, CNG 2,9 kg/100 km, Otto 4,1 l/100km
Quelle: Prognos, BCG

30

Copyright © 2017 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Quelle: Prognos, BCG, Studie «Klimapfade für Deutschland», Grafische Aufbereitung: BCG

# Schlussbemerkungen

© 2017 Prognos AG

# Wo steht das Projekt Energiewende?

prognos
Wir geben Orientierung.

**Chancen, Erfolge**

- Technologien zur Umsetzung sind (im Grundsatz) bekannt und nachgewiesen
- Drei Lernkurven (PV, Wind on, Wind off) erfolgt und weiter auf dem Weg, weitere Lernkurven notwendig, möglich und wahrscheinlich
  (Batterien, Speicher, PV 3rd Gen, H2-Speicher, Synfuels, SL-Leitungen).
- Kosten mittlerweile relativ robust bekannt,
  wenige Prozent des Investitionsvolumens, vw. Gesamtwirkungen „schwarze Null“ (diverse Studien, u.a. BMWI), Verteilungsfragen

**Herausforderungen**

- Von allem mehr benötigt – mehr **Effizienz**, mehr EE
- Potenzialbeschränkungen bei EE, national wie international, Flächenbezug
  ➔ gesellschaftliche Diskussion und Aushandlung ist gefragt
- Auslandsabhängigkeit wird geringer, aber neue Abhängigkeiten entstehen
- Keine „Joker“ in Sicht (PtX, importierte Biomassen, Synfuels, CCS etc.)
- Technologieentwicklung: Speicher, $H_2$-Speicher, Flexibilitätsoptionen, Werkstoffe
- Diskussionen und Konsense erforderlich:
  - Flächen und Infrastruktur
  - Instrumente (Markt, Ordnungsrecht, Förderung, andere Anreize? Was geht auf Landesebene ?)

© 2017 Prognos AG

**Dr. Almut Kirchner**
Vize-Direktor
Leitung Bereich Energie- und Klimaschutzpolitik
Leitung Kompetenzcenter Modelle

prognos | St. Alban-Vorstadt 24 | CH-4052 Basel

Tel: +41 61 3273-3 31
Fax: +41 &1 3273-300

E-Mail: almut.kirchner@prognos.com

© 2017 Prognos AG