

Wie gelingt die Energiewende?

Herausforderungen und Aufgaben für das deutsche Stromnetz in der Zukunft

Franziska Flachsbarth

Staufen 22.03.2019

Agenda

1. Zusammenhänge
2. Was definiert den Netzausbaubedarf?
3. Probleme bei der Bedarfsermittlung
4. Nächste Schritte: Sektorkopplung
5. Nächste Schritte: Energiewende und Akzeptanz
6. Nächste Schritte: Dezentrale Energiewende
7. Nächste Schritte: Power-to-Gas
8. Nächste Schritte: Digitalisierung
9. Effizienz und Suffizienz
10. Fazit

1

Zusammenhänge

Warum das Stromnetz mit der Energiewende und die Energiewende mit dem Klimaschutz zusammenhängt



Klimawandel als zugrundeliegendes Problem

- Ursache: CO₂-Emissionen
- Folgen des Klimawandels in IPCC-Berichten

Mehrheit der Bevölkerung betrachtet Klimawandel als eine Gefahr!

Klimaschutz

- Pariser Klimaabkommen: 1,5°
- Klimaschutzplan 2050
- Ausstieg aus der Kohle
- Klimaschutzgesetz
- Energiewende in allen Sektoren

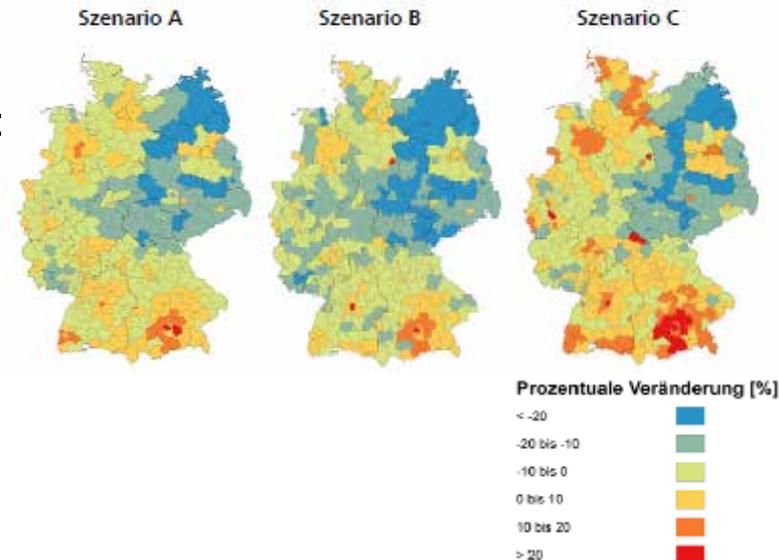
Warum das Stromnetz mit der Energiewende und die Energiewende mit dem Klimaschutz zusammenhängt

Energiewende im Stromsektor: Transformation des Stromsystems auf 100% erneuerbare Energieträger

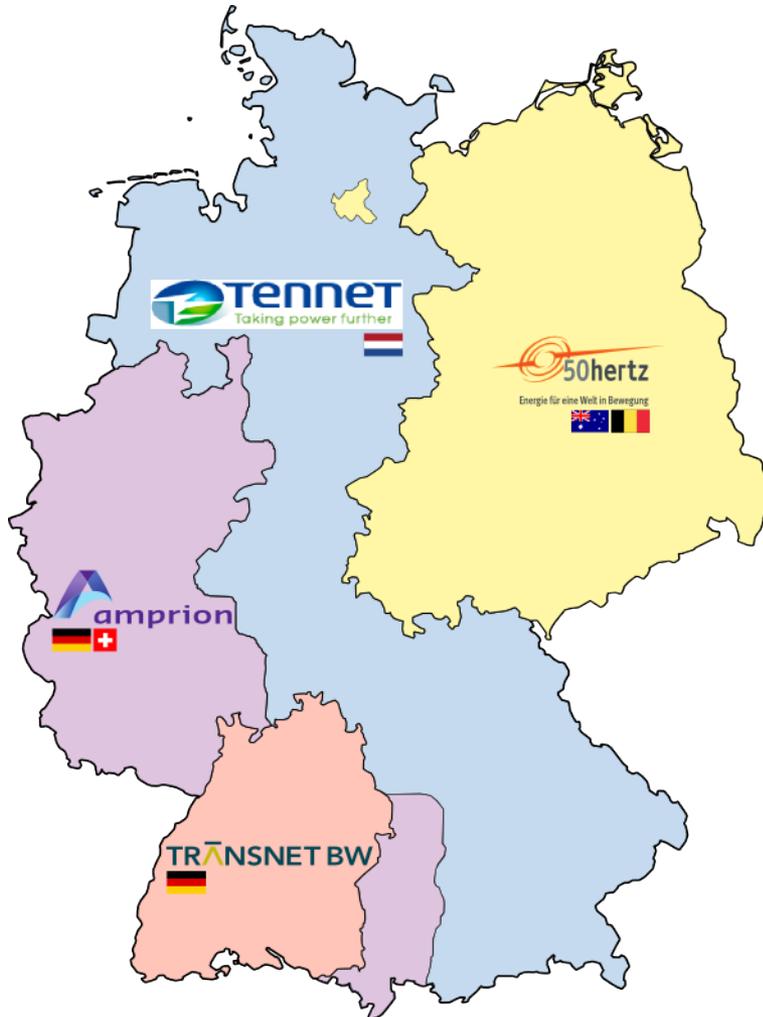
Die Herausforderung:

- Veränderung der regionalen Erzeugungsstruktur:
 - Wahl von ertragsmaximierenden Standorten
 - Ausstieg aus der Atomkraft
 - Ausstieg aus der Kohlestromerzeugung
 - Veränderung der regionalen Verbrauchsstruktur:
 - Zusätzliche Stromnachfrage aus anderen Sektoren (Sektorkopplung)
 - Bevölkerungsentwicklung, Verstädterung
- è Durch die Energiewende entsteht ein anderer, ggf. höherer Stromübertragungsbedarf

Veränderung der Nachfrage zwischen 2013-2030 nach dem NEP 2030 (2019) für die 3 Szenarien:



Warum das Stromnetz mit der Energiewende und die Energiewende mit dem Klimaschutz zusammenhängt



Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB):

- TenneT: SH, NI, HE, HB, BY
- 50Hertz: Neue Bundesländer, B, HH
- Amprion: NI, NRW, RP, SL, HE, BY
- TransnetBW: BW

Aufgaben:

- Versorgungssicherheit
- Wirtschaftlichkeit
- è Netzausbau

Quelle: Francis McLloyd [CC BY-SA 3.0]

Warum das Stromnetz mit der Energiewende und die Energiewende mit dem Klimaschutz zusammenhängt

Koalitionsvertrag der Bundesregierung:

- EE-Anteil am Bruttostromverbrauch in Höhe von 65% bis 2030
 - Kopplung des Voranschreitens des Netzausbaus an die Verfolgung der EE-Ausbauziele
 - Vermeidung von hohen EE-Abregelungsmengen (und -kosten)
- è Netzausbau wird zu einer Prämisse der Zielerreichung hoher EE-Anteile

Problematisch:

- Wird der Netzausbaubedarf (ggf. auch berechtigt) hinterfragt, behindert das dennoch das Voranschreiten der Energiewende
- Klimaschutz ist zeitkritisch

Lösung Öko-Institut:

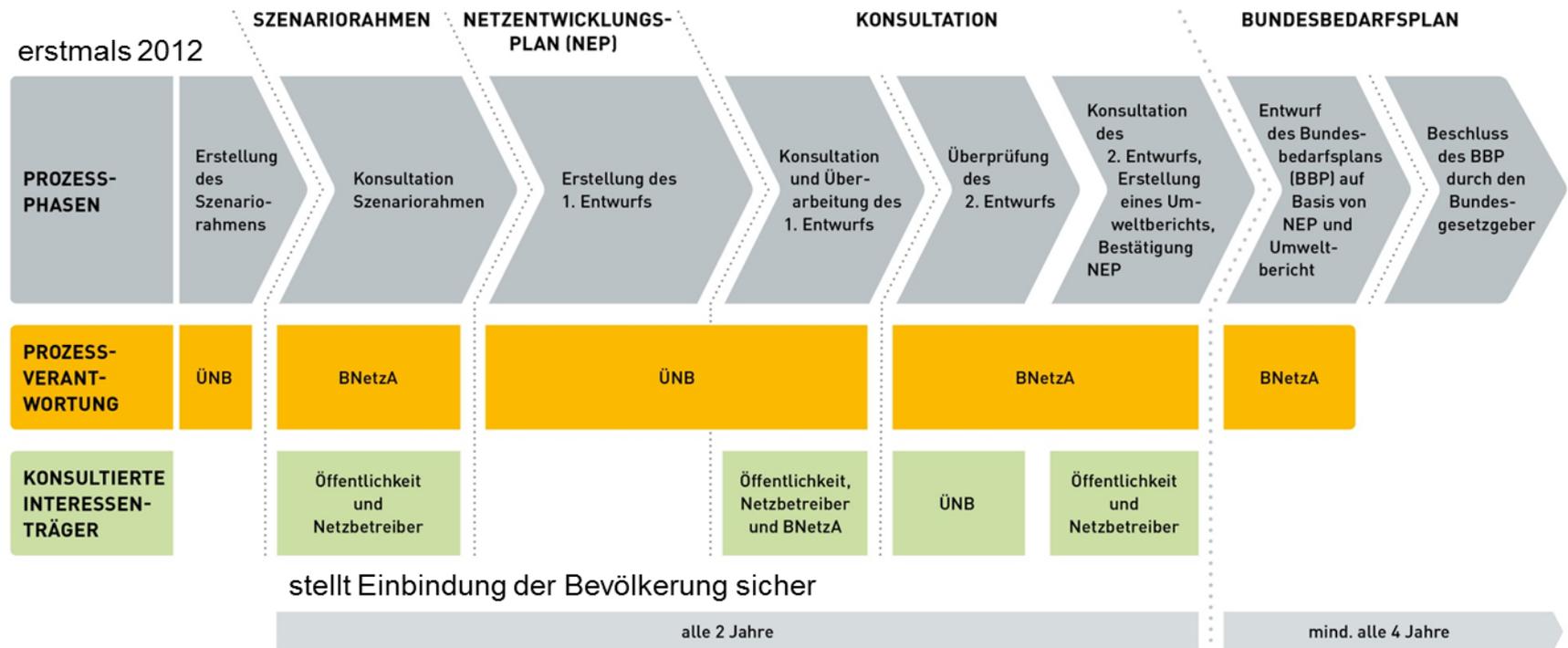
- Sprachfähigkeit bezüglich der Netzausbaubedarfe erwerben
- Beteiligung an den Kommentierungsprozessen
- Teilnahme am „Bürgerdialog Stromnetze“

2

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Was definiert den Netzausbaubedarf? Der Netzentwicklungsplan als Prozess

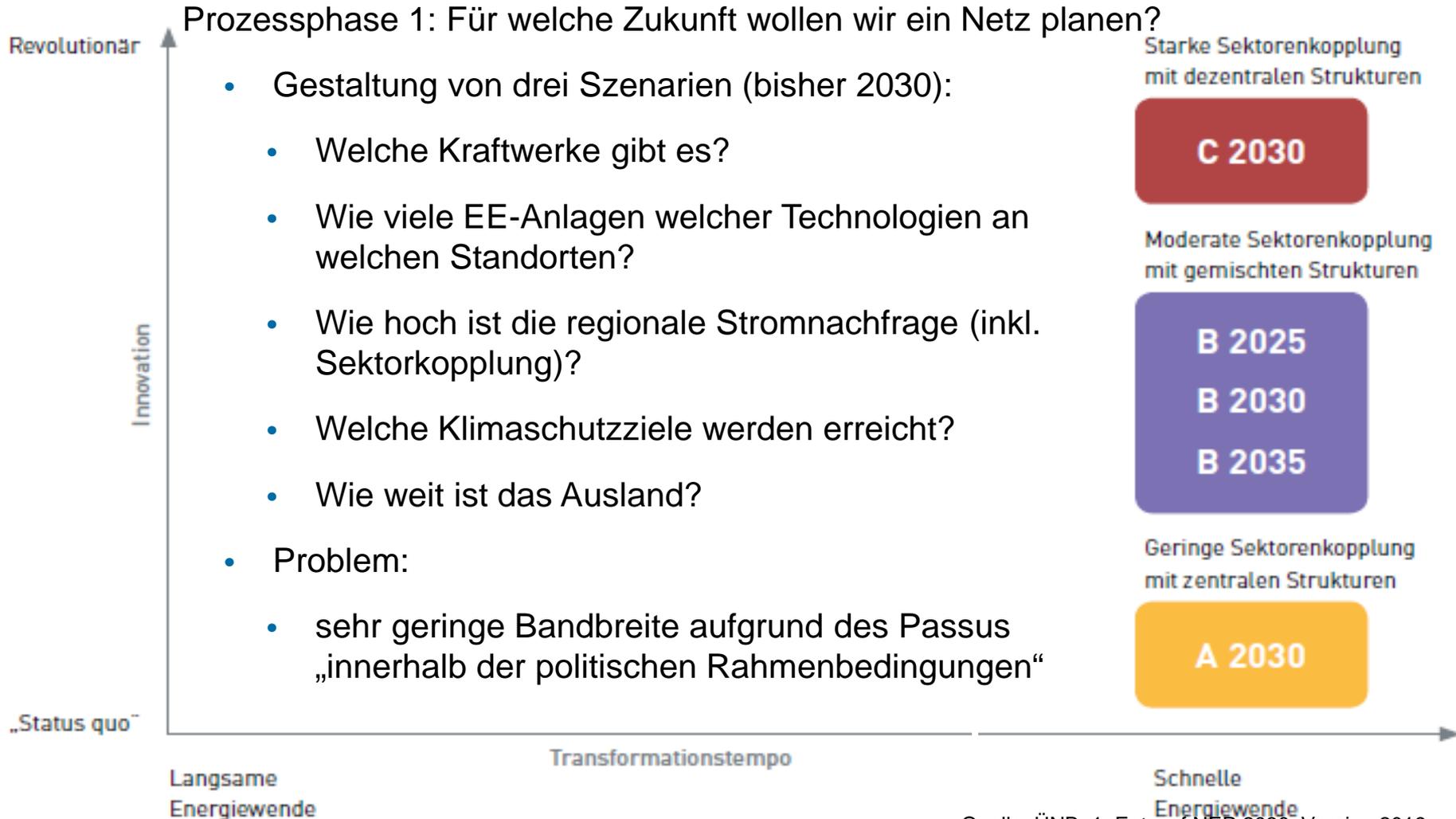
Ein gesetzlich festgelegter Rahmen:



stellt Einbindung der Bevölkerung sicher

Quelle: <https://www.netzentwicklungsplan.de/de/netzentwicklung/prozessphasen>

Was definiert den Netzausbaubedarf? Der Szenariorahmen



Quelle: ÜNB: 1. Entwurf NEP 2030, Version 2019

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Der Szenariorahmen

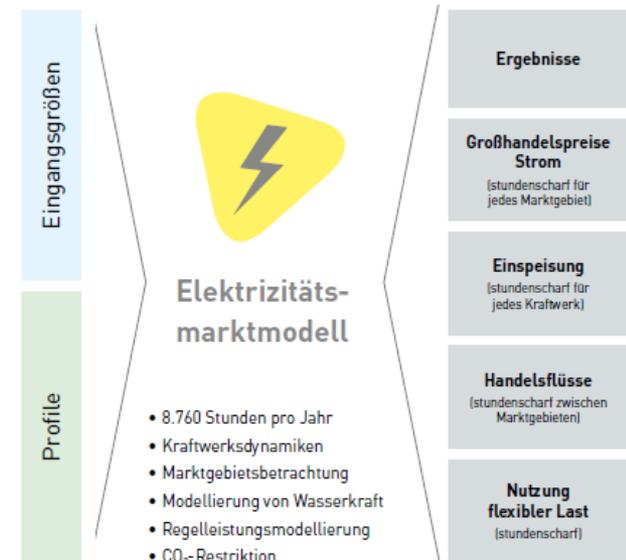
- Wichtigste Kommentierung:
 - Szenariendefinition bestimmt die Ergebnisse des Netzausbaubedarfs
- Erfolge der Kommentierung, insbesondere seit Zusammenarbeit von „NGOs“:
 - Berücksichtigung einer CO₂-Emissionsobergrenze
 - Reduktion der konventionellen Erzeugungsleistung

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Der 1. und 2. Entwurf des Netzentwicklungsplans

Prozessphase 2: Marktmodellierung und Netzmodellierung

- Berechnung der Szenarien mit einem Marktmodell:
 - Optimierungsmodell: Minimierung der variablen Stromerzeugungskosten von
 - Thermischen Kraftwerken
 - Fluktuierenden erneuerbaren Energien
 - Speichern und Flexibilitätsoptionen
 - Zeithorizont: ein Jahr in stündlicher Auflösung



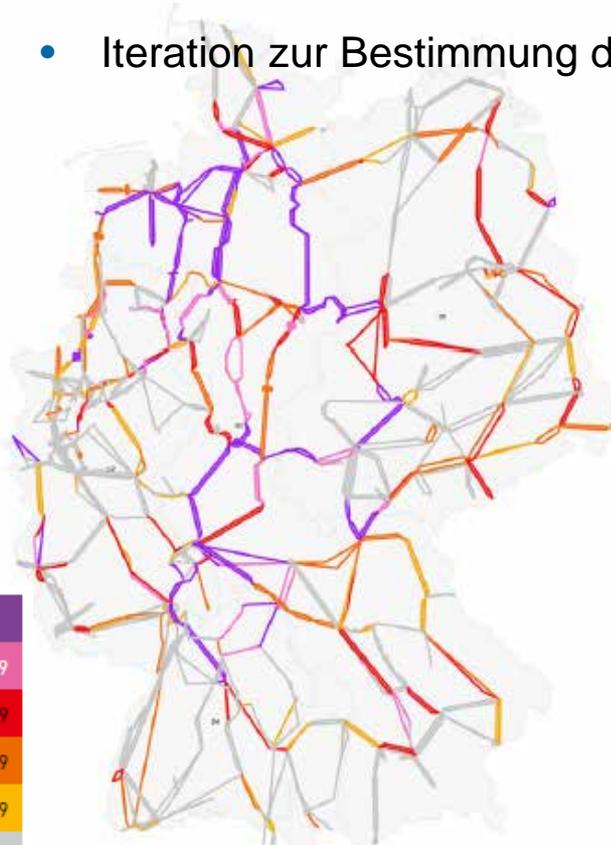
Quelle: auf der Basis von ÜNB: 1. Entwurf NEP 2030, Version 2019

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Der 1. und 2. Entwurf des Netzentwicklungsplans

Netzmodellierung:

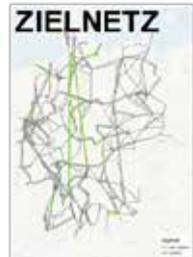
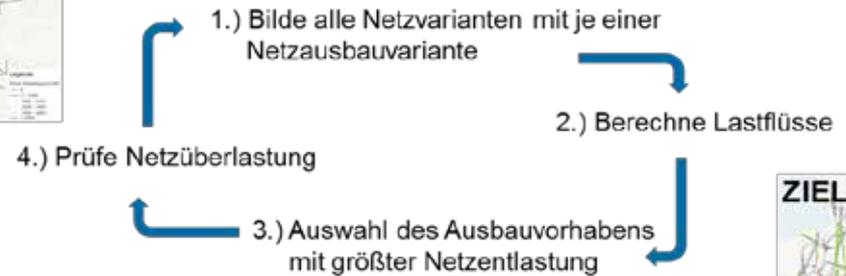
- Berechnung der Netzüberlastungen des Startnetzes mit einem Lastflussmodell
- Iteration zur Bestimmung der Netzausbaumaßnahmen



Quelle: ÜNB: 1. Entwurf NEP 2030, Version 2019



Netzzubau:

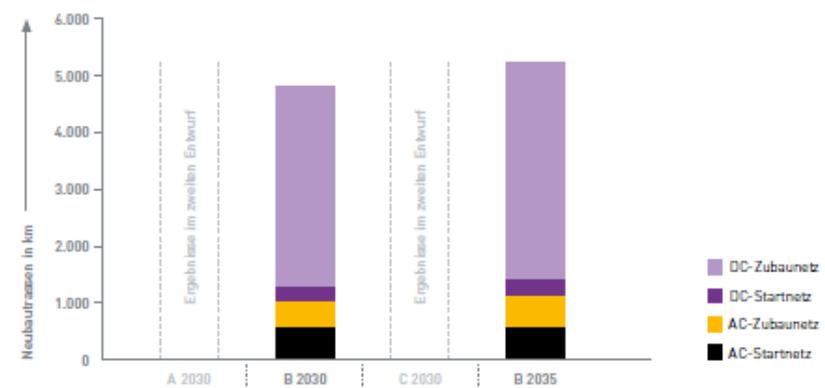
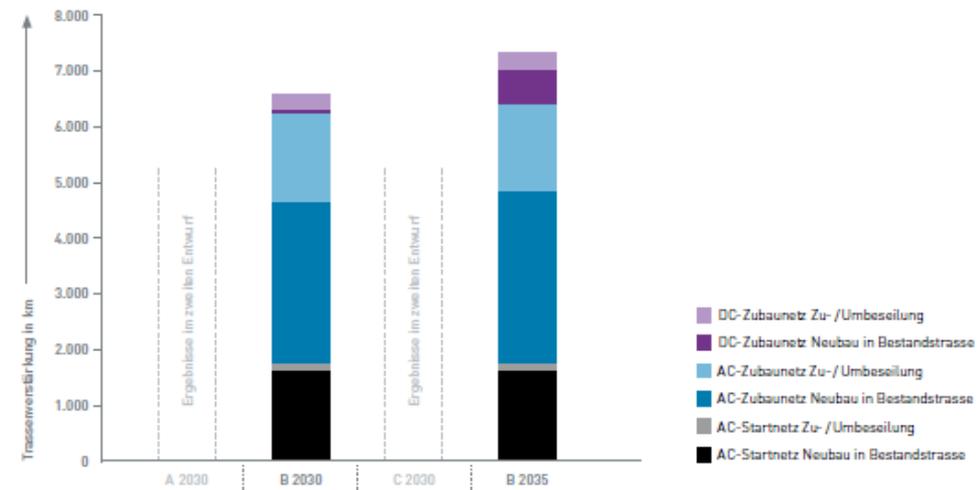
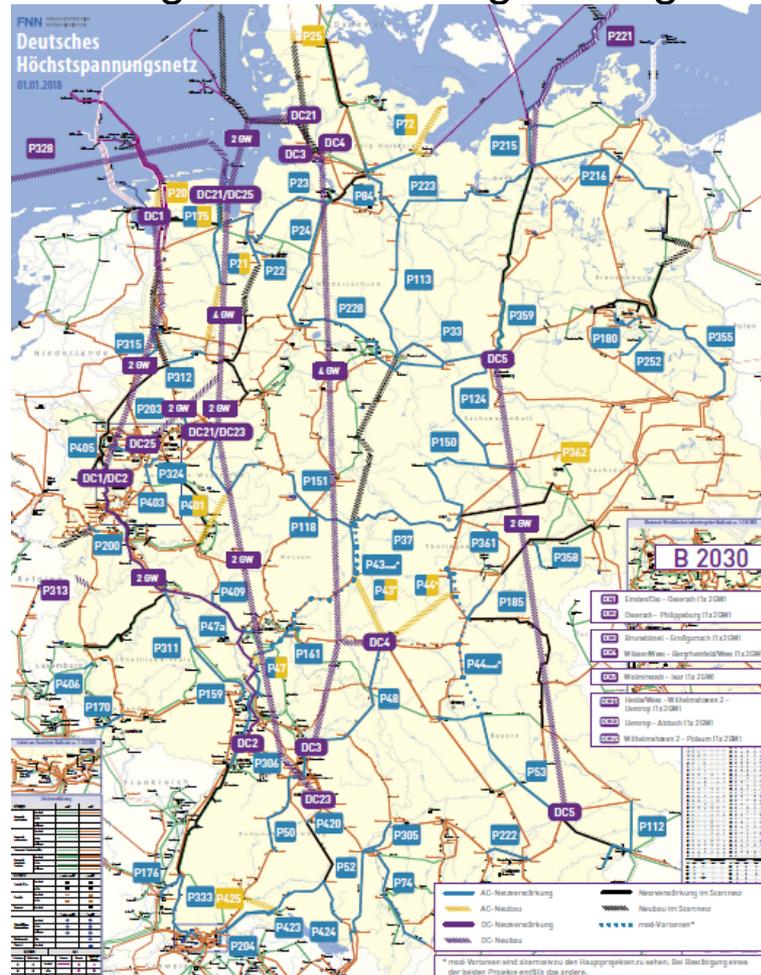


Quelle: Öko-Institut e.V.

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Der 1. und 2. Entwurf des Netzentwicklungsplans

Das Ergebnis: Der vorgeschlagene Netzausbaubedarf durch die ÜNB:



Quelle: ÜNB: 1. Entwurf NEP 2030, Version 2019

Was definiert den Netzausbaubedarf?

Kommentierung, Bestätigung, Bundesbedarfsplan

- Kommentierungsmöglichkeiten auf Modellierungsaspekte beschränkt, z.B.:
 - Fehlende methodische Beschreibungen, um den NEP nachzurechnen
 - Fehlende Wirkungsgradabsenkung der Kraftwerke bei der KWK-Modellierung unterschätzt CO₂-Emissionen
- Erfolge der Kommentierung:
 - Bilanzierung der KWK-Strommengen nach AGFW-Regelwerk
- **Prüfung und Bestätigung des NEP durch die BNetzA**
 - Reduzierter Umfang der Netzausbauvorhaben
- **Entwurf des Bundesbedarfsplans (BNetzA)**
- **Beschluss des Bundesbedarfsplans**

Kommentierung des 1. Entwurfs des NEP Strom 2019-2030



Inhaltsverzeichnis

1.	Überblick über den NEP Strom 2019-2030	5
1.1.	EE-Anteil von 65%	5
1.2.	CO ₂ -Emissionsminderungsziele	5
1.3.	Reduktion der Kraftwerksleistung	5
1.4.	Spannweite zwischen den Szenarien	6
2.	Marktsimulation	6
2.1.	Nähere methodische Beschreibung der Eingangsdatenerstellung	6
2.1.1.	Erläuterung des Flow based market couplings	7
2.1.2.	Erläuterung der Abbildung neuer Flexibilitätsoptionen	7
2.1.3.	Erläuterung der KWK- Modellierung	8
2.1.4.	Erläuterung der Regionalisierung der Erneuerbaren Energien	8
2.2.	Modellierungsansatz zur Einhaltung der CO ₂ -Emissionsobergrenze	8
2.2.1.	Vorbemerkung zu den brennstoffspezifischen CO ₂ -Emissionen im NEP	8
2.2.2.	Wahl des Modellierungsansatzes zur Einhaltung der CO ₂ -Emissionsobergrenze	9
2.2.3.	Beschreibung des Modellierungsansatzes zur Einhaltung der CO ₂ -Emissionsobergrenze	9
2.2.4.	Zur grundsätzlichen Interpretation der Ergebnisse nach Erhebung eines nationalen CO ₂ -Preisaufschlags	10
2.2.5.	Zur Interpretation der europaweiten Wirkung der Erhebung eines nationalen CO ₂ -Preisaufschlags in Deutschland	11
2.3.	Regionalisierung der Erneuerbaren Energien	11
2.4.	KWK- Modellierung	11
2.5.	Einbettung in den europäischen Kontext	12
2.5.1.	Import- und Exportbilanz Deutschlands	12
2.6.	Interpretation der Dumped Energy	13
3.	Netzausbaubedarf	13
4.	Übergeordnete Anregungen	14
4.1.	Prozessphasen des Netzentwicklungsplans	14
4.2.	Open Data	15
4.3.	Langfristszenario	15

Quelle: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/kommentierung-des-1-entwurfs-des-nep-strom-2030-version-2019/>

3

Probleme bei der Bedarfsermittlung: Das Vertrauen in die Akteure

Probleme bei der Bedarfsermittlung: Das Vertrauen in die Akteure

Können wir den ÜNB bei der Bedarfsermittlung vertrauen?

Können wir der BNetzA bei der Prüfung des NEP vertrauen?

Ist jede Neubauleitung erforderlich?

Sinkt der Netzausbaubedarf in einem Dezentralen Szenario?

Woher weiß ich, dass der Netzausbaubedarf des NEP nachhaltig ist?

Die ÜNB lösen jeden Engpass mit Netzausbau. Was ist, wenn andere Optionen mal netzdienlich eingesetzt werden?

- BMBF-Projekt „Transparenz Stromnetze“: Partizipative Modellierung
 - Entwicklung des Netzmodells
 - Anpassung und Kalibrierung des Strommarktmodells auf den NEP
 - Berechnung von gemeinsam entwickelten alternativen Szenarien (85% EE in 2035; Dezentral)

Alternativen zum Netzausbau: Zulassen von Redispatch

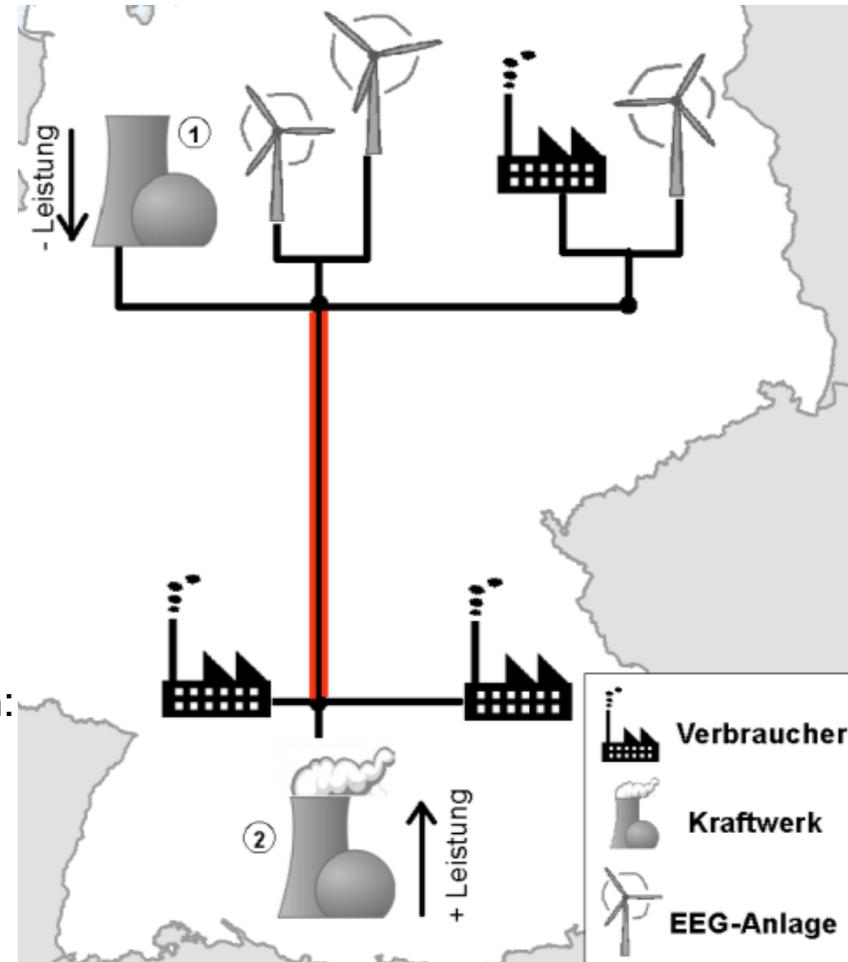
Definition Redispatch:

- **Eingriffe in die geplante Erzeugungsleistung von Kraftwerken, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen.**
- Droht an einer bestimmten Stelle im Netz ein Engpass, so werden Kraftwerke diesseits des Engpasses angewiesen, ihre Einspeisung zu drosseln, während Anlagen jenseits des Engpasses ihre Einspeiseleistung erhöhen müssen.

Kosten des Verzichts auf ein Netzausbauvorhaben:

- Jährliche Redispatchkosten
- zusätzliche EE-Abregelungen
- Bedarf an Neubau von Gasturbinen?

è gesellschaftlicher Aushandlungsprozess

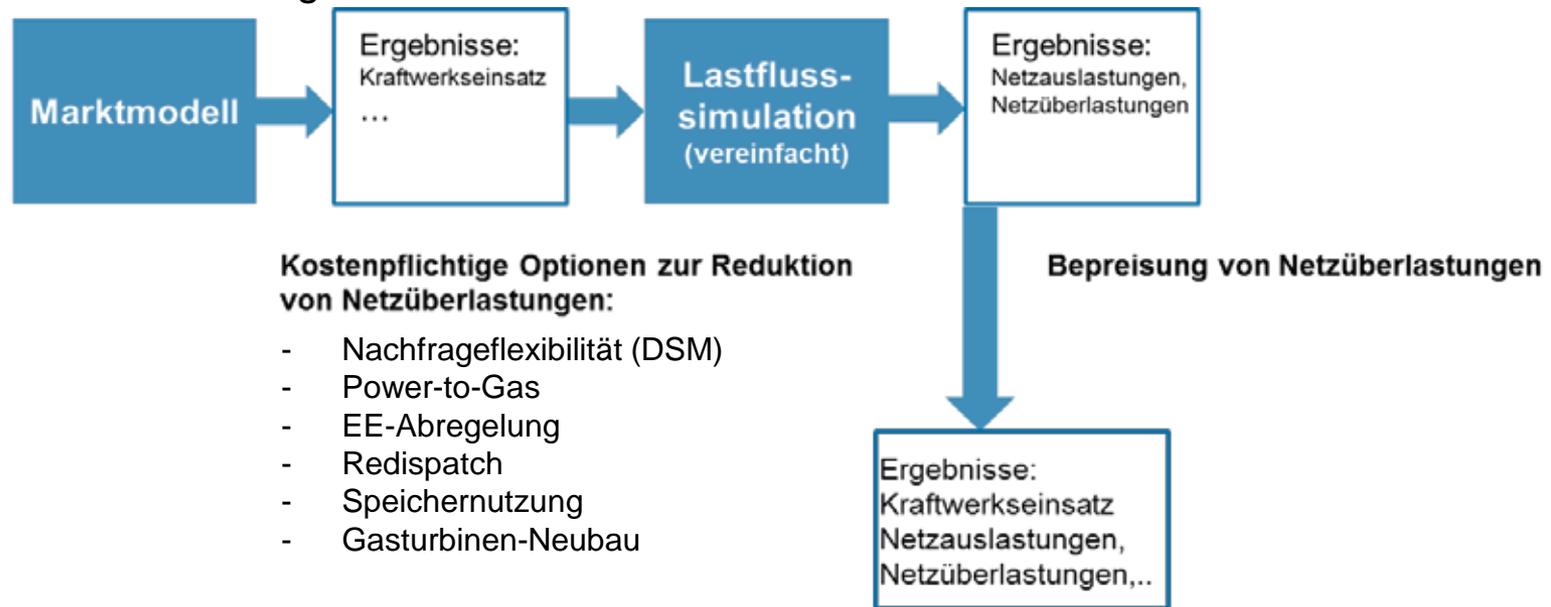


Quelle: FfE, abrufbar unter <https://docplayer.org/docs-images/25/5173783/images/16-0.png>

Alternativen zum Netzausbau: Zulassen von DSM, PTG, Speicher,...

Erprobung von alternativen Modellierungslogiken:

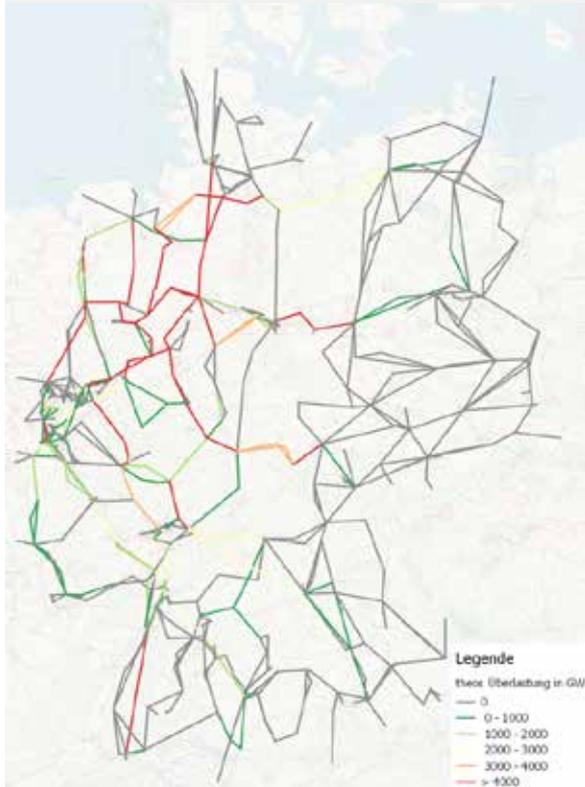
- Verschiedene Alternativen konkurrieren mit dem Netzausbau um die Senkung der Netzüberlastungen:



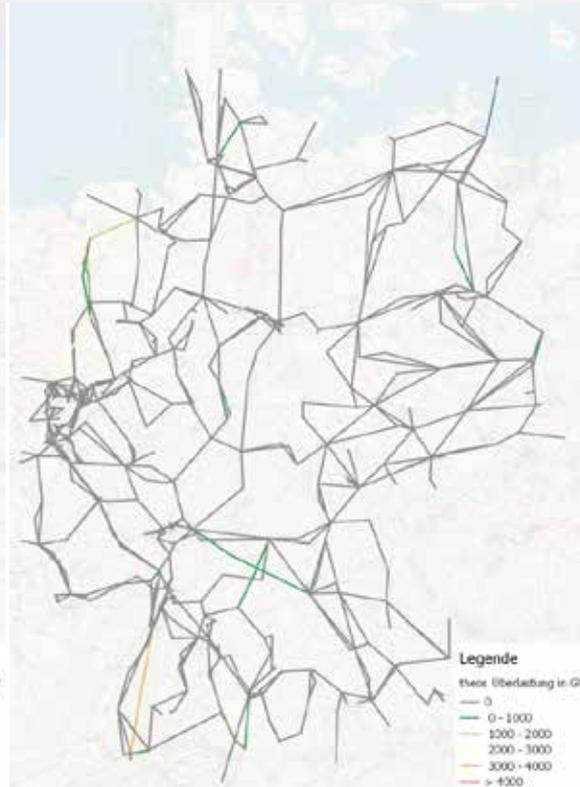
- Ermöglicht die Diskussion um ein ausgewogenes Mischverhältnis zwischen den zur Verfügung stehenden Optionen
- Bisher schwierig: Bepreisung der verschiedenen Optionen

Probleme bei der Bedarfsermittlung: Einbeziehung von mehreren Alternativen zum Netzausbau

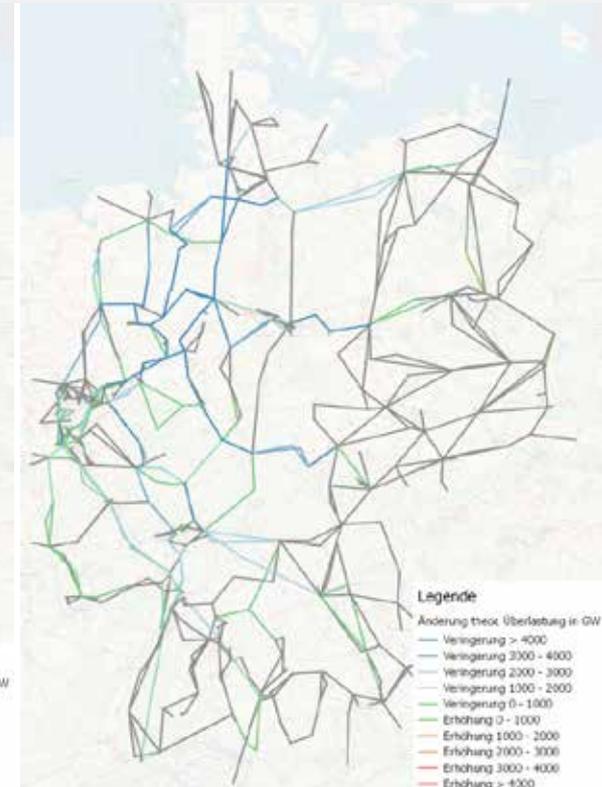
Leitungsüberlastungen 2030:
Markt



Netz



Differenz



Könnte die Flexibilität im NEP nicht ebenfalls erst in einer nachgelagerten Stufe zur Senkung der Netzüberlastung eingesetzt werden?

Probleme bei der Bedarfsermittlung: Neue Erfolge bei der Einbeziehung von Alternativen

- Bestimmung von „**Ad-hoc-Maßnahmen**“ in einem Szenario 2025:
 - Maßnahmen, die den erforderlichen Netzausbaubedarf zwischenzeitlich ersetzen
 - Phasenschieber, weitere Maßnahmen (=Phasenschieber) und „Netzbooster“
- „**Netzbooster**“:
 - Ziel: Höherauslastung von Bestandsleitungen
 - Idee: kurativer statt präventiver Redispatch:
 - vor dem Engpass greifen sofort aktivierbare zusätzliche Lasten / Erzeuger, hinter dem Engpass große Batteriespeicher so lange, bis der klassische Redispatch greift
 - Voraussetzung: Teilautomatisierung und Existenz von Netz und „Booster“-Anlagen
- „Implizite Berücksichtigung von **Potentialen zukünftiger innovativer Technologien**“ durch Akzeptanz von **Redispatch** dar (B2030: 1,6 TWh)

è **Grundsätzlich: Umdenken bei den ÜNB**

4

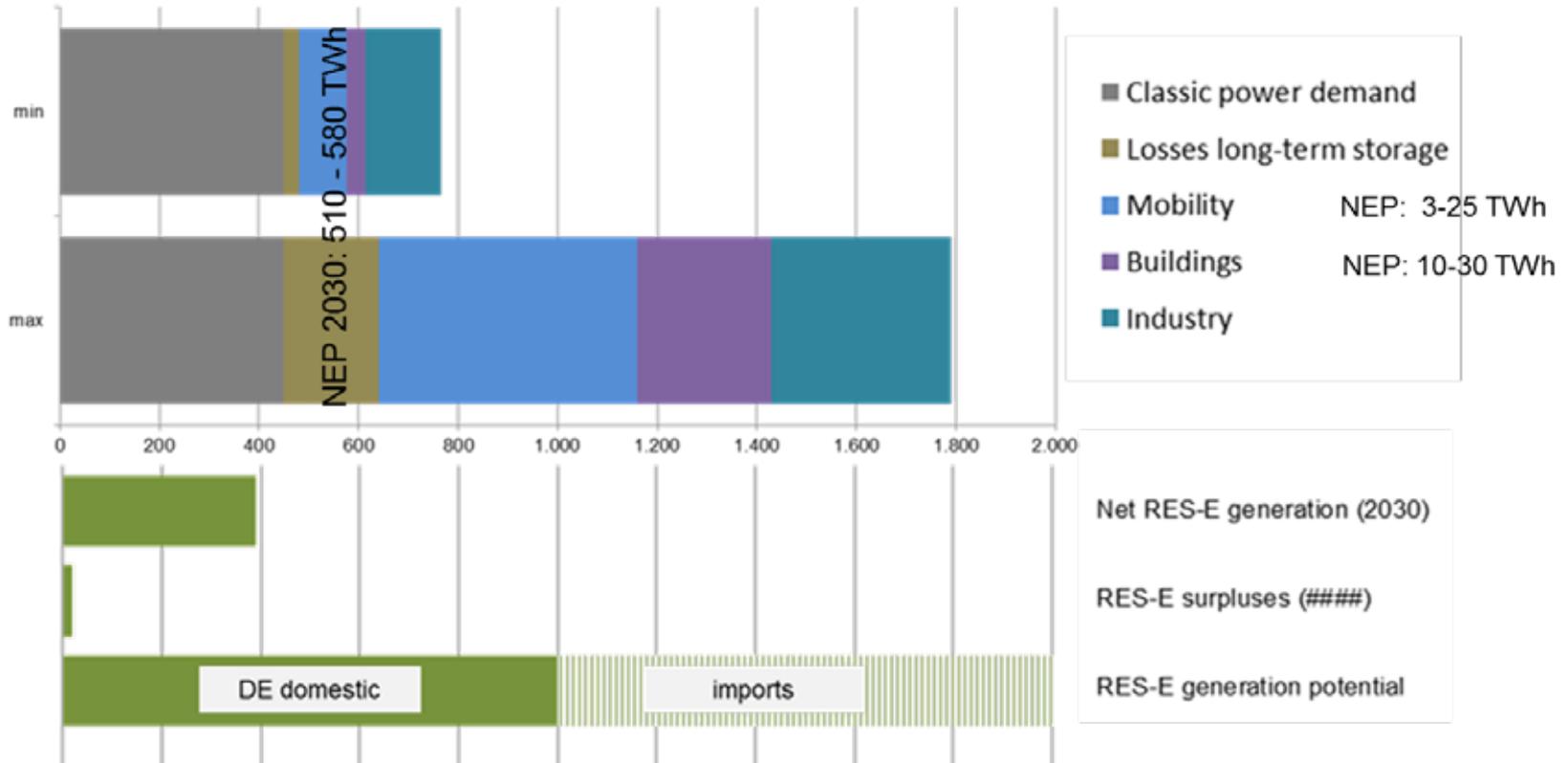
Nächste Schritte: Sektorkopplung

Nächste Schritte: Sektorkopplung

Nettostromnachfrage nach Sektoren [TWh]		B 2025	A 2030	B 2030	C 2030	B 2035
Konventionelle Stromanwendungen	Verarbeitendes Gewerbe	218	215	215	215	214
	Haushalt	122	119	119	119	116
	GHD und übrige Verbraucher	128	125	125	125	123
	Verkehr (ohne E-PKW)	12	12	12	12	11
	Umwandlungssektor (Kohle, Erdgas, Öl)	5	5	5	5	5
Summe konv. Stromanwendungen		486	477	477	477	470
Verteilernetzverluste	Netzverluste im Verteilernetz*	18	18	18	18	18
Summe inkl. Verteilernetzverluste		503	495	495	495	487
Sektorenkopplung	Elektromobilität	5	3	15	25	20
	Wärmepumpen	12	8	18	29	20
Summe inkl. Sektorenkopplung		520	505	528	548	528
Flexibilitätsoptionen** (Marktsimulation)	Power-to-Heat	6	3	9	19	13
	Power-to-Gas	2	5	7	9	9
Summe gesamt***		528	512	544	576	549

Nächste Schritte: Sektorkopplung

Analysis of a range of decarbonisation scenarios (TWh_{el})



- Zukünftig deutlich höhere Stromnachfrage durch Sektorkopplung
- è höherer Bedarf an regenerativen Erzeugungsanlagen
- è Flächennutzungskonflikte zunehmend von Bedeutung

5

Nächste Schritte: Energiewende und Akzeptanz

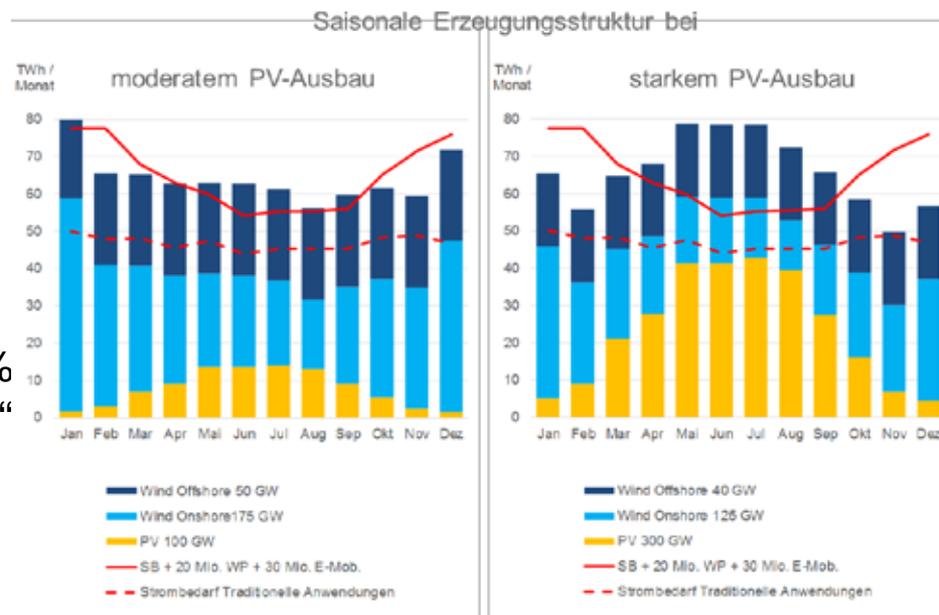
Energiewende und Akzeptanz: Im Spannungsfeld zwischen Netz- und EE-Ausbau

Zunehmende EE-Anteile

- EE-Anlagen werden sichtbarer
- Widerstand gegen Windkraft an Land
- Begrenzte Flächenpotentiale führen zu Flächennutzungskonflikten

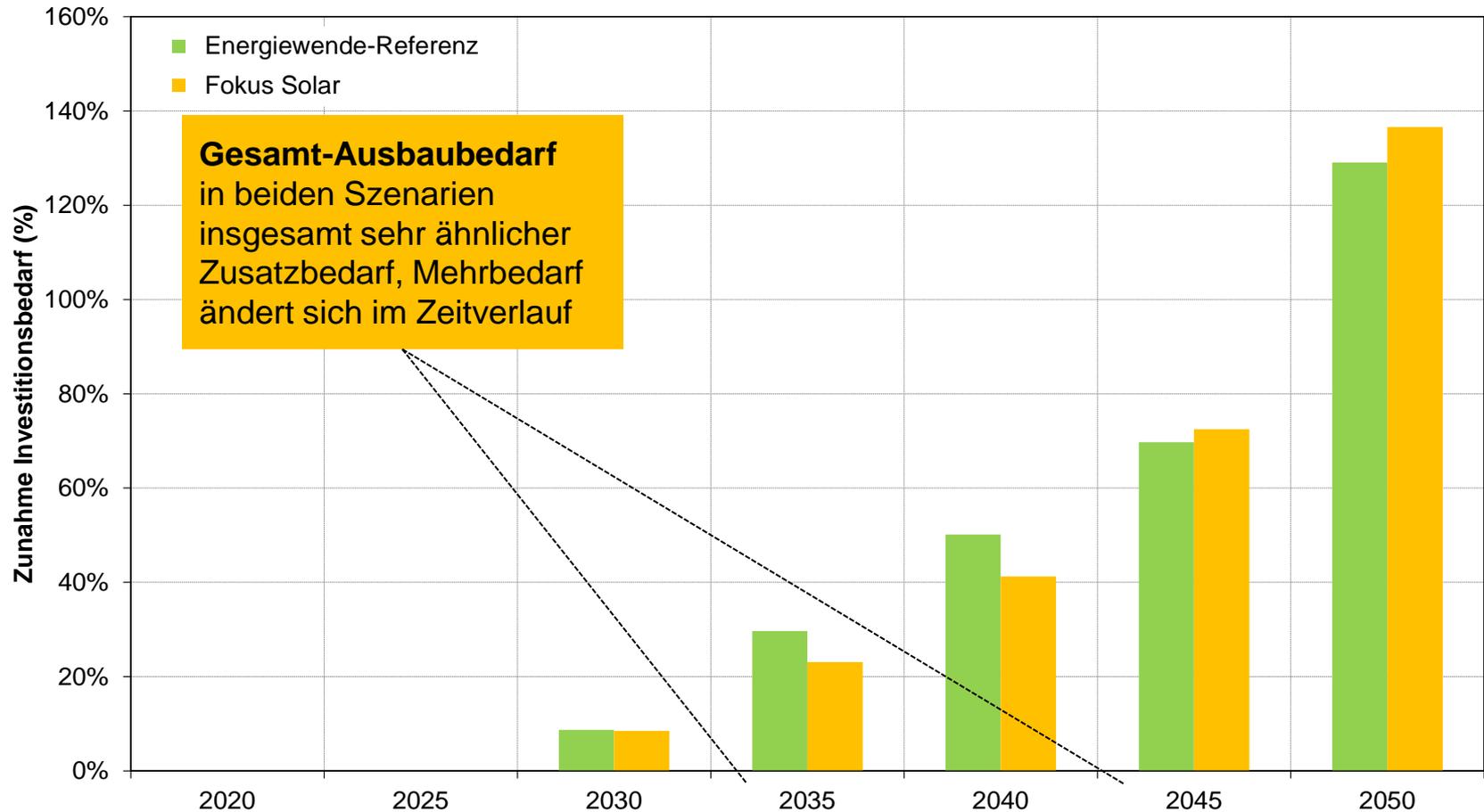
Warum machen wir die Energiewende nicht nur mit Gebäude-PV?

- Projekt WWF Stromsystem 2035 – Regionalisierung der EE
- Kombination der Erzeugungsprofile von Wind und PV nützlich
- Obergrenze eines PV-Anteils an der fluktuierenden Stromerzeugung bei 40% bzw. 300 GW im Szenario „Fokus Solar“
- Nutzbares Dachflächenpotential bei 210 GW ausgeschöpft?



Energiewende und Akzeptanz: Im Spannungsfeld zwischen Netz- und EE-Ausbau

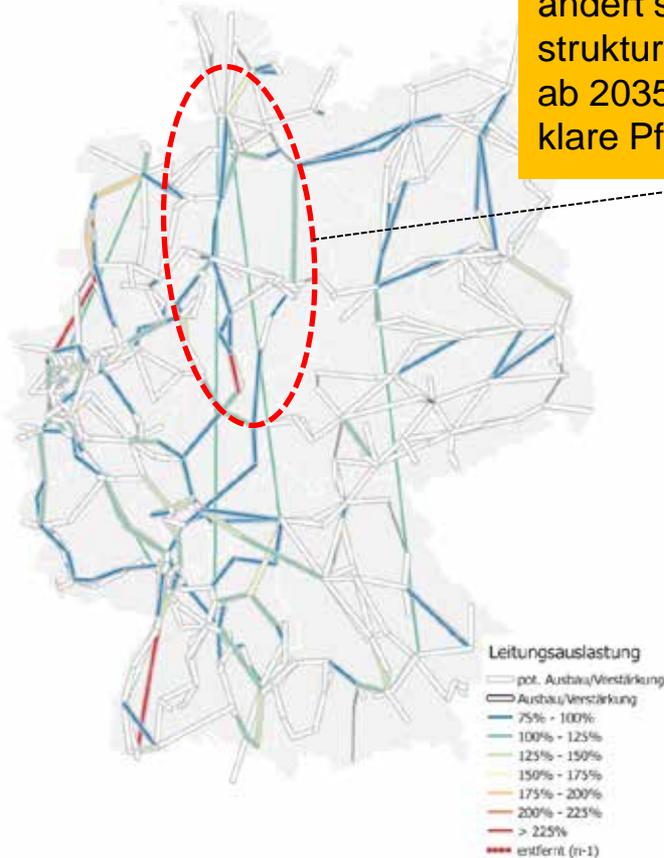
Kann Netzausbau durch Fokus auf Photovoltaik eingespart werden?



Energiewende und Akzeptanz: Im Spannungsfeld zwischen Netz- und EE-Ausbau

Energiewende-Referenz

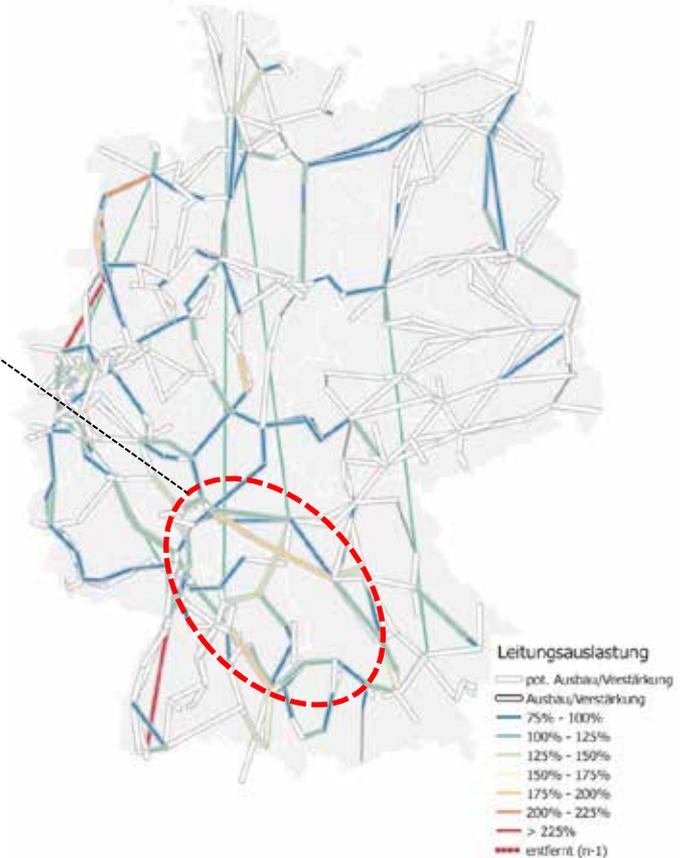
Leitungsauslastung (Max)



Konkreter Netzbedarf ändert sich hinsichtlich der strukturellen Schwerpunkte ab 2035/40: es entstehen klare Pfadabhängigkeiten

Fokus Solar

Leitungsauslastung (Max)



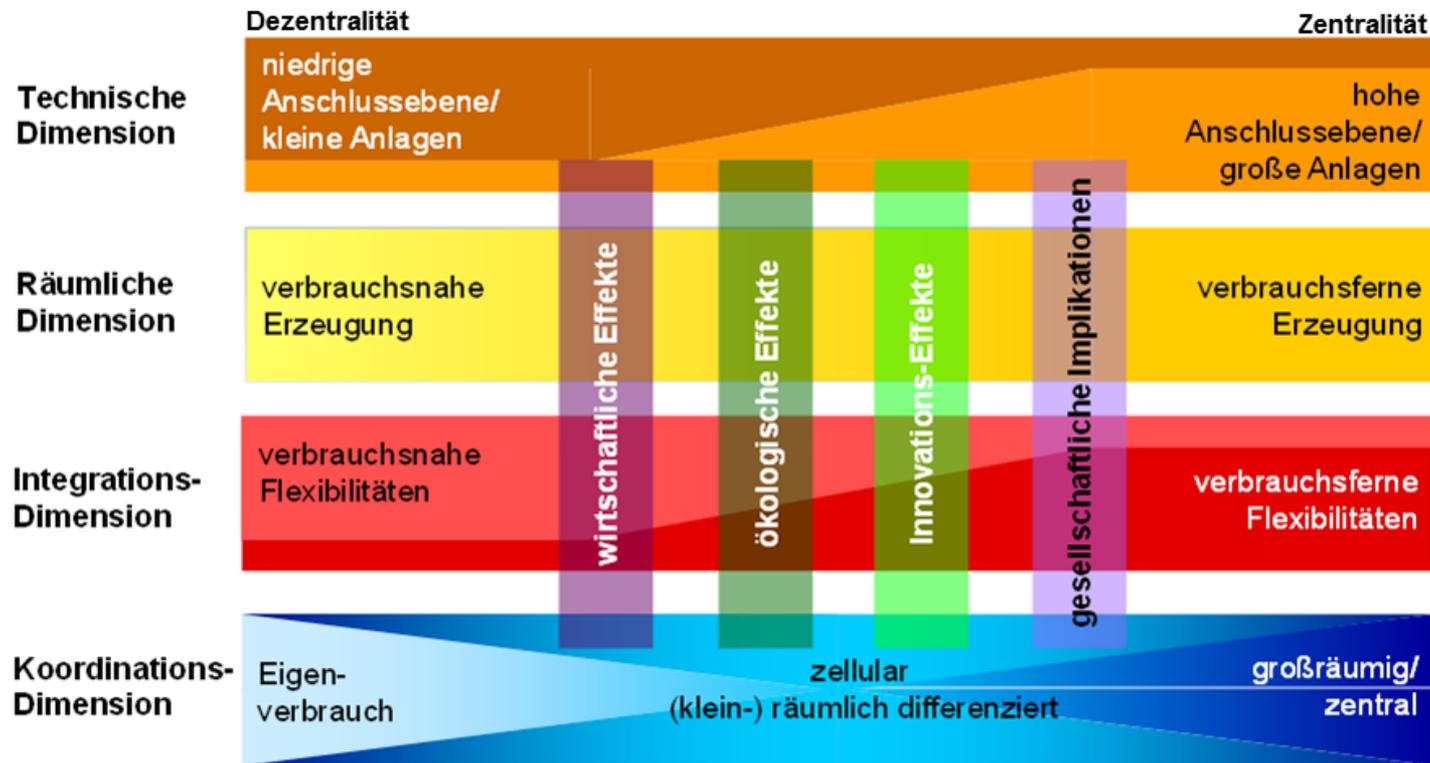
6

Nächste Schritte:
Dezentrale Energiewende?

Ein Ausweg aus dem Spannungsfeld? Dezentrale Energiewende

„Hoffnungen“ / Narrative: Analyse in „Metastudie Dezentral“

- Höhere Akzeptanz innerhalb der Gesellschaft durch höhere Beteiligung
- Geringerer Netzausbaubedarf



Ein Ausweg aus dem Spannungsfeld?

Dezentrale Energiewende

Erkenntnisse EE-Ausbau:

- Ein lastnäherer EE-Ausbau bedeutet auch geringere energetische Erträge pro Anlage
- Priorität auf regionale Nachfragedeckung anstelle eines Austausches bedeutet mehr Speicherbedarf \Rightarrow höhere Speicherverluste
- \Rightarrow Je dezentraler, desto mehr EE-Anlagen werden benötigt

Erkenntnisse Netzausbaubedarf:

- Zusätzlicher Netzausbaubedarf trotz Dezentralität
- lastnähere Platzierung von Wind-Onshore-Anlagen reduziert den Netzausbaubedarf
- Dezentraler Erzeugungsvorrang wirkt netzentlastend
- PV-Eigenverbrauch reduziert den Netzausbaubedarf nicht notwendig:
 - (-) Zwischenspeicherung statt regionaler Nutzung
 - (-) keine Synchronizität mit netzdienlichen Zeitpunkten der Speichernutzung / Netzeinspeisung

7

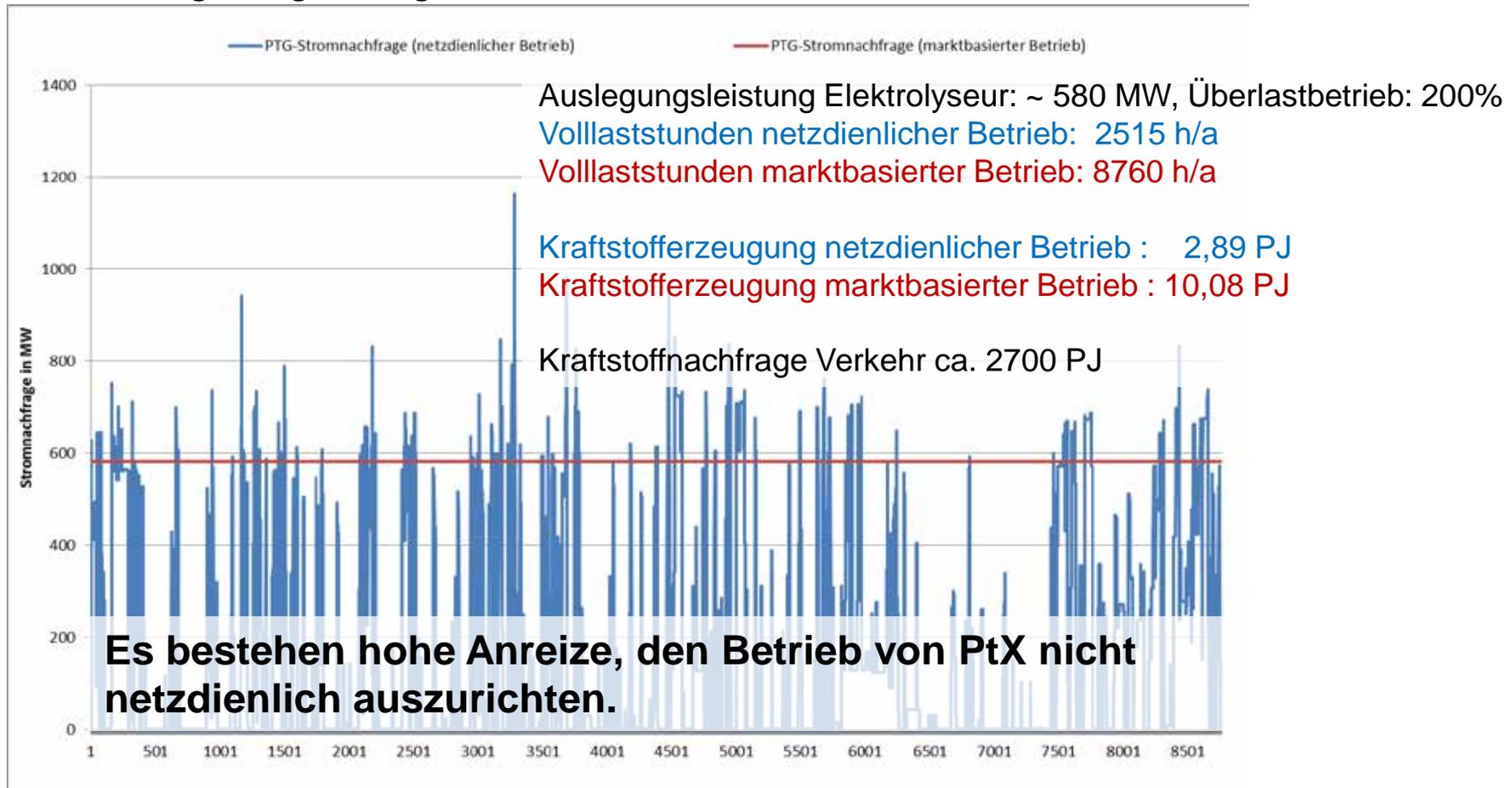
Nächste Schritte: Power-to-Gas?

Nächste Schritte: Power-to-Gas

- Eigenschaften EE-Überschüsse:
 - Fluktuierend
 - Regional (Netzknoten)
 - Zeitlich begrenzt (Netzausbau)
- Wahrscheinliche Eigenschaften der PtX-Anlagen:
 - (wirtschaftlicher) Grundlastbetrieb
 - Investition für ca. 20 Jahre (regional fixiert)
- Probleme:
 - Wirtschaftliche Anlagendimensionierung UND Ausnutzung der EE-Überschüsse:
 - Bei Dimensionierung auf 3000 Volllaststunden bleiben bereits 65% der EE-Überschüsse ungenutzt
 - Gewährleistung, dass ausschließlich EE-Überschüsse verwertet werden?
 - Gewährleistung hoher EE-Abregelungsmengen über einen Zeitraum von 20a?

Nächste Schritte: Power-to-Gas

EE-Abregelungsmengen 2015 am Netzknoten Brunsbüttel:



Nächste Schritte: Power-to-Gas

- Chancen:
 - Weiterbetrieb von EE-Anlagen, die aus dem EEG herausfallen (Stromproduktion wäre dennoch von Vorteil)
 - Wasserstoffherzeugung bei gleichzeitiger Abwärmenutzung (Bsp. e-farm mit Wirkungsgrad von 95%)
- Fazit:
 - Power-to-Gas wird von der Industrie stark befürwortet
 - Technologie wird kommen
 - Wichtig ist, dass sich ihr Einsatz auf erneuerbaren Strom beschränkt

8

Nächste Schritte: Digitalisierung?

Ein Ausweg aus dem Spannungsfeld? Digitalisierung

„Hoffnung“ / Narrativ: Intelligenz führt zu

- Stromverbräuchen in nachfrageschwachen Stunden
- geringere Stromverbräuchen bei gleichem Verbraucherverhalten (Effizienz)

Mittel:

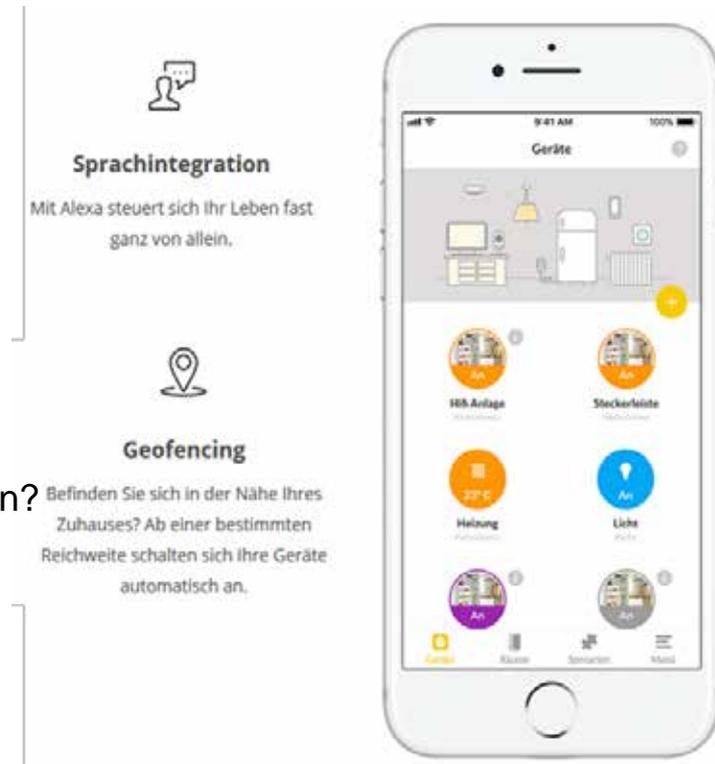
- Einführung von Smart Metering in den Haushalten
- Steuerung durch das Energieversorgungsunternehmen

Bisherige Erkenntnisse / Bedenken:

- Rebound-Effekten („Strom-Flatrates“)
- Datenschutz („Alexa“)
- Warum nicht mit „Intelligenz“ in den Ortsnetztrafos beginnen?

Empfehlungen:

- Literatur: „Smarte grüne Welt“
- Video: Digitalisierungskonferenz Bits & Bäume
- Event: Jahrestagung 2019 des Öko-Instituts zum Thema „Digitalisierung“



Quelle: <https://smarhome.ewe.de/>

9

Nächste Schritte:
Effizienz und Suffizienz!

Ein Ausweg aus dem Spannungsfeld?

Effizienz und Suffizienz

Energieeffizienz:

- Geringere Stromnachfrage bei gleichem Nutzen (einfach!)
- Meist sogar ein Kostenersparnis
- Herausforderungen:
 - Wirtschaftlichen Anreize vermitteln!
 - Rebound-Effekte vermeiden!

Suffizienz:

- Geringere Stromnachfrage bei verändertem Verbraucherverhalten (schwieriger!)
- Definitiv ein Kostenersparnis

è Eine Verhaltensänderung sorgt am nachhaltigsten für ein Umdenken!

10

Fazit

Fazit

- Die Energiewende in allen Sektoren verursacht Netzausbaubedarf im Übertragungsnetz.
 - Ein zügiges Voranschreiten beim Ausbau der Erneuerbaren Energien ist an Fortschritte im Netzausbau gebunden.
 - (Wenn wir Zeit hätten,) bestehen Alternativen zum Netzausbau
 - Auch die neuen Technologien (PTG, Digitalisierung) werden unsere Probleme nicht konfliktlos lösen
 - Alle Alternativen sind mit gesellschaftlichen Kosten verbunden
 - Flächennutzungskonflikte werden zunehmen
- è Gesellschaftlicher Aushandlungsprozess

Was immer hilft, ist Suffizienz!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen?

Franziska Flachsbarth

f.flachsbarth@oeko.de

Tel.: +49-761-452 95-289

