

8. Ingenieurtag Baden-Württemberg

# NETZSTABILITÄT UND ERNEUERBARE ENERGIEN – EIN WIDERSPRUCH?

DIPL.-ING. MICHAEL JESBERGER  
Stuttgart, 28. Juni 2023

TransnetBW

# AUF EINEN BLICK



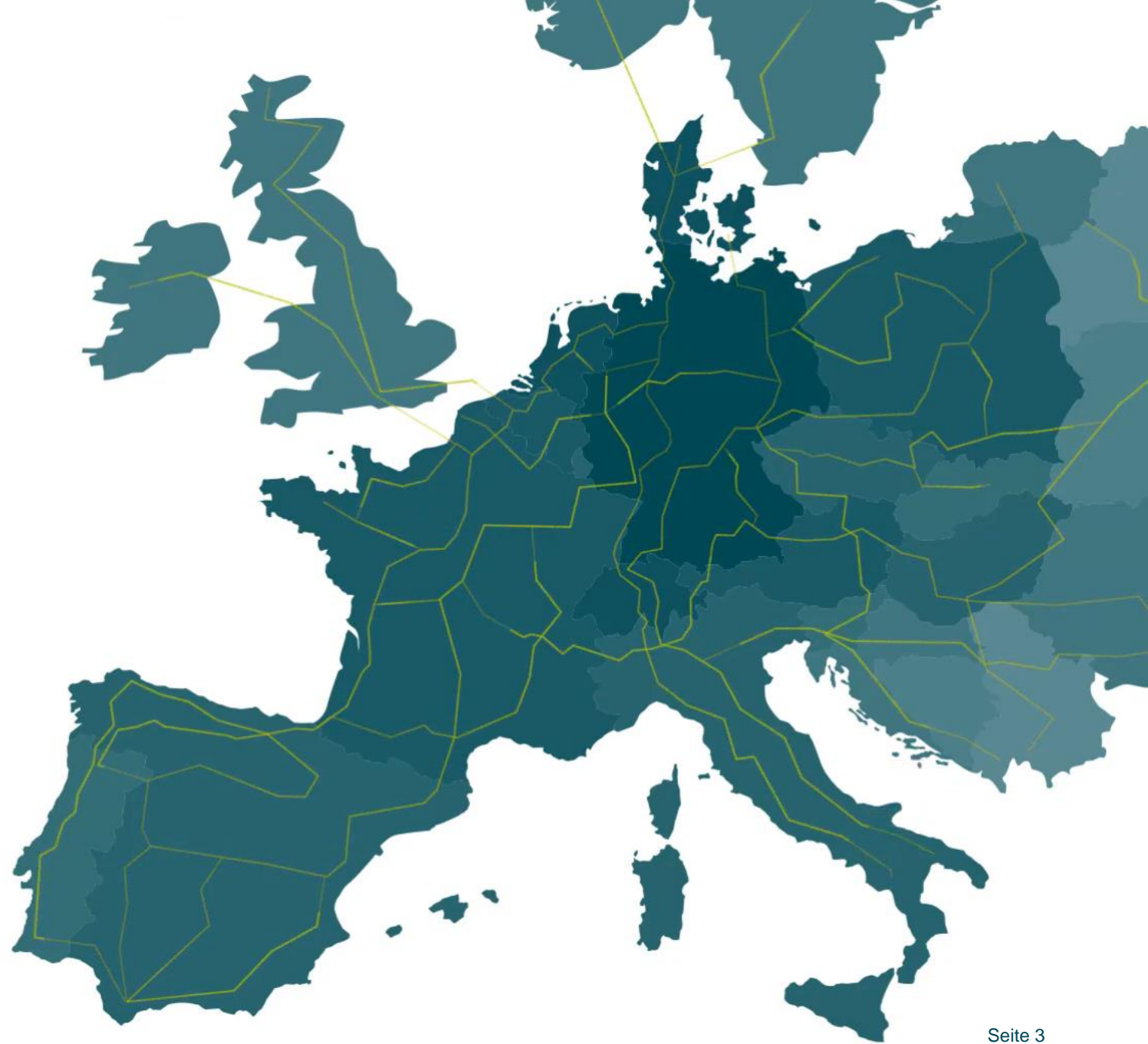
- / Zertifizierter unabhängiger Transportnetzbetreiber
- / Mitarbeitende 1.249 (2022)
- / Bilanzsumme (HGB) 5 Mrd. € (2021)
- / Umsatzerlöse (HGB) 9 Mrd. € (2021)

- / 100-prozentiges Tochterunternehmen der EnBW
- / 34.600 km<sup>2</sup> versorgtes Gebiet
- / 3.114 km Stromkreislänge (220 und 380 kV)
- / 50 Umspannwerke

Unternehmen

# IM HERZEN DES EUROPÄISCHEN VERBUNDNETZES

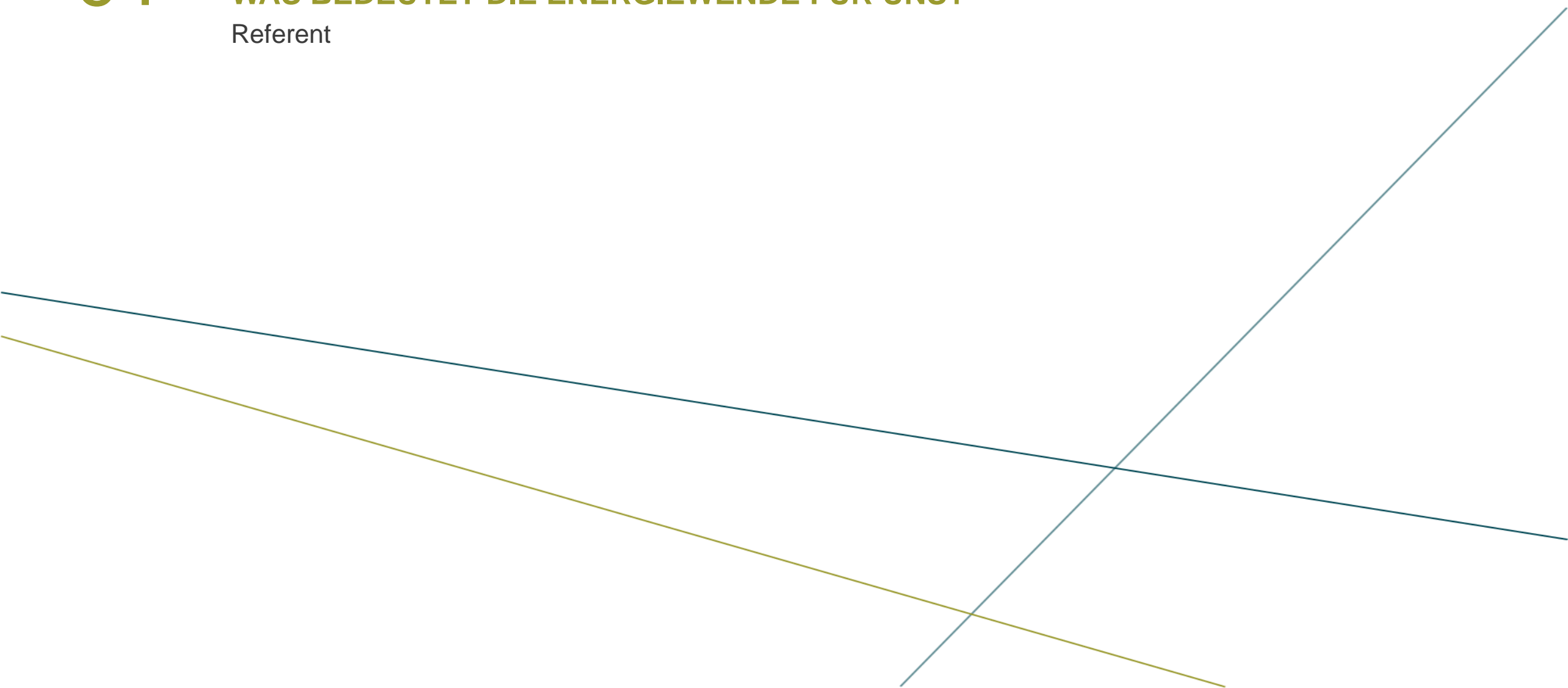
- / Als Übertragungsnetzbetreiber für Baden-Württemberg sorgen wir für den **Transport von Energie über Landesgrenzen hinweg**.
- / Wir **integrieren die erneuerbaren Energien** in das Stromsystem.
- / Zahlreiche Kuppelstellen integrieren das Netz von TransnetBW in das **nationale und europäische Verbundnetz**.



# 01

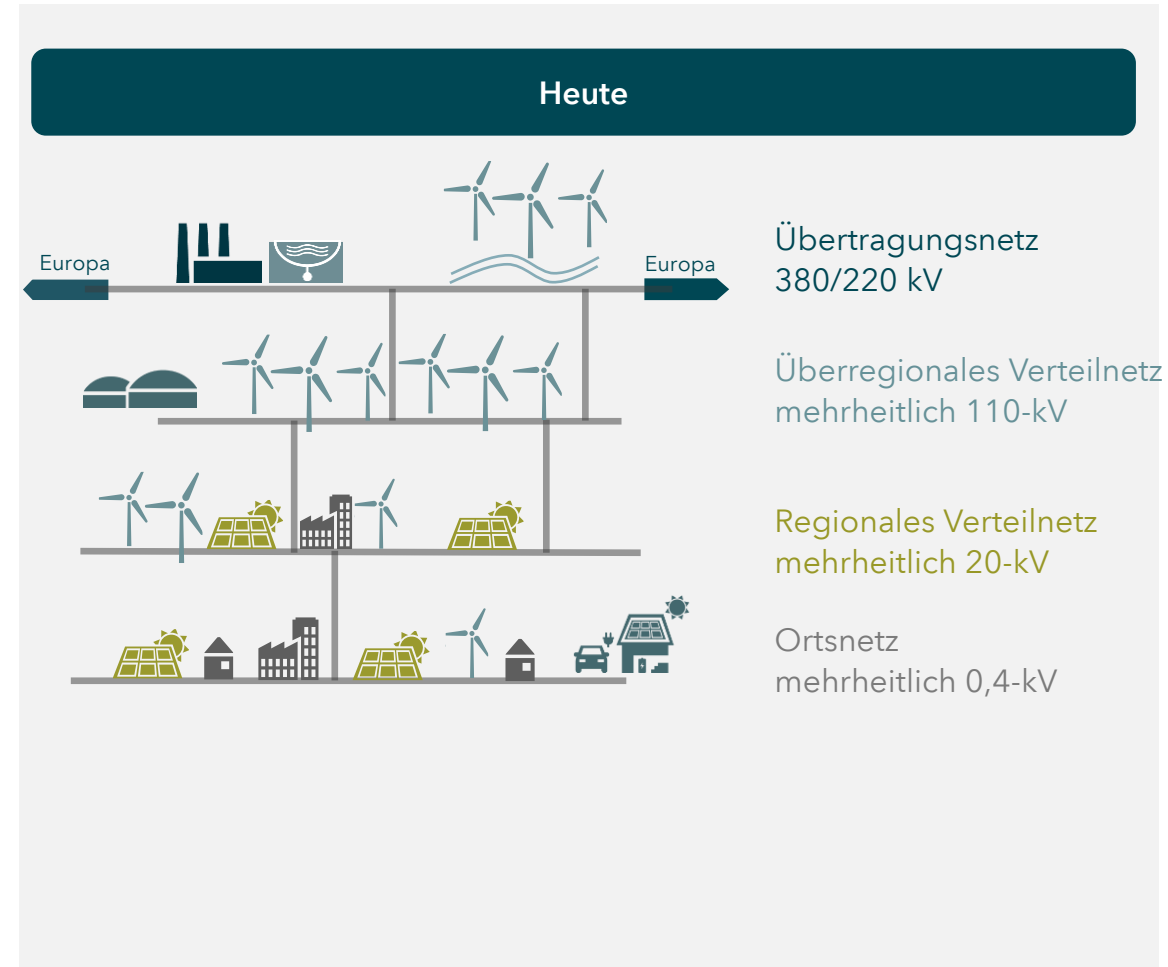
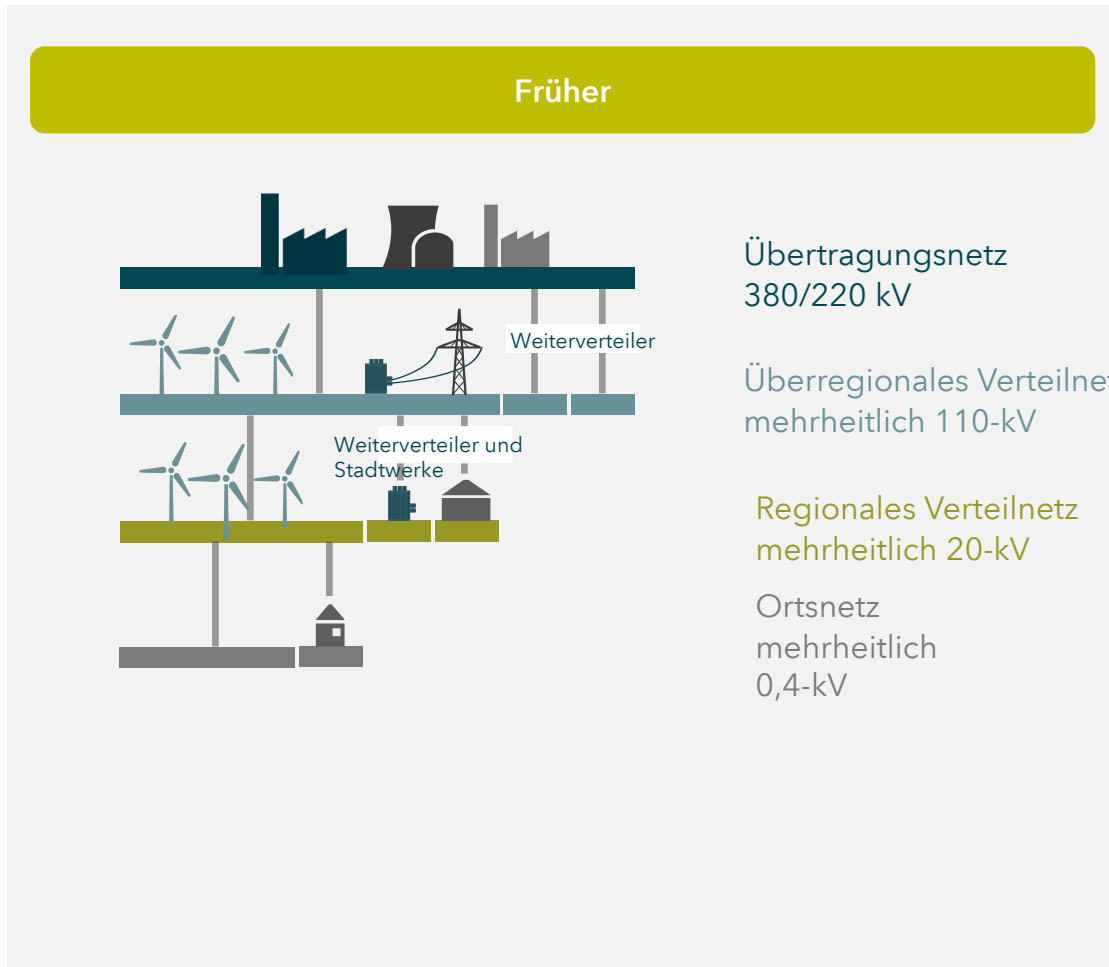
## WAS BEDEUTET DIE ENERGIEWENDE FÜR UNS?

Referent







01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# STRUKTUR DES VERSORGUNGSSYSTEMS



01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# ANSTIEG DER ERNEUERBARE ENERGIEN

		Bestand	2037	2045
	<p><b>Photovoltaik</b> (Faktor 8)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>/ Starker Zuwachs, Verdopplung des Ausbauziels nach Koalitionsvertrag</li> <li>/ Gleiche Anteile Freiflächen-/Gebäude-PV beim Zubau</li> </ul>	59 GW	345 GW	400 GW - 445 GW
	<p><b>Offshore-Windenergie</b> (Faktor 9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>/ Anhebung des Ausbaupfads unter Berücksichtigung des Koalitionsvertrags</li> <li>/ Schwerpunkt auf Nordsee, Anlagen auch außerhalb der dt. AWZ</li> </ul>	8 GW	50,5GW - 58,5GW	70 GW
	<p><b>Onshore-Windenergie</b> (Faktor 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>/ Anhebung des Ausbaupfads im Vergleich zum vorherigen Szenariorahmen</li> <li>/ Orientierung des regionalen Zubaus überwiegend an Flächenpotentialen</li> </ul>	56 GW	158 GW - 162 GW	160 GW - 180 GW
	<p><b>Biomasse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>/ Rückgang der Erzeugungsleistung</li> <li>/ Nutzung der Biomasse vorzugsweise in anderen Sektoren</li> </ul>	9 GW	4,5 GW	2 GW

## 01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# ÄNDERUNG DER ERZEUGUNG

### Szenariorahmen Netzentwicklungsplan 2023

- / Von Bundesnetzagentur genehmigt
- / Basis für den Netzentwicklungsplan

Faktor 3 →  
 Faktor 9 →  
 Faktor 8 →

Faktor 2 →

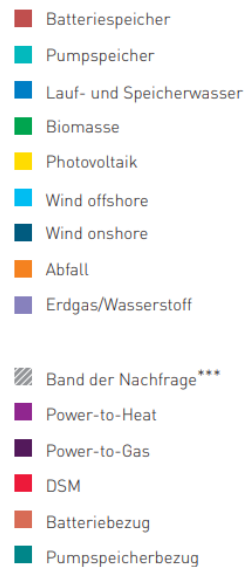
Installierte Leistung [GW]							
Energieträger	Referenz 2020*/2021	Szenario A 2037	Szenario B 2037	Szenario C 2037	Szenario A 2045	Szenario B 2045	Szenario C 2045
Kernenergie	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohle	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gaskraftwerke (zzgl. endogenem Zubau)	32,1	> 38,4	> 38,4	> 38,4	> 34,6	> 34,6	> 34,6
Öl	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pumpspeicher	9,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
sonstige konv. Erzeugung	4,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Summe konventionelle Erzeugung</b>	<b>92,9</b>	<b>&gt; 50,5</b>	<b>&gt; 50,5</b>	<b>&gt; 50,5</b>	<b>&gt; 46,7</b>	<b>&gt; 46,7</b>	<b>&gt; 46,7</b>
Wind Onshore	56,1	158,2	158,2	161,6	160,0	160,0	180,0
Wind Offshore	7,8	50,5	58,5	58,5	70,0	70,0	70,0
Photovoltaik	59,3	345,4	345,4	345,4	400,0	400,0	445,0
Biomasse	9,5	4,5	4,5	4,5	2,0	2,0	2,0
Wasserkraft	4,9	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
sonstige regenerative Erzeugung	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Summe regenerative Erzeugung</b>	<b>138,7</b>	<b>564,9</b>	<b>572,9</b>	<b>576,3</b>	<b>638,3</b>	<b>638,3</b>	<b>703,3</b>
<b>Summe Erzeugung</b>	<b>231,6</b>	<b>615,7</b>	<b>623,7</b>	<b>627,1</b>	<b>685,3</b>	<b>685,3</b>	<b>750,3</b>
Stromverbrauch [TWh]							
Nettostromverbrauch	478*	828	891	982	999	1025	1222
Bruttostromverbrauch	533*	899	961	1053	1079	1106	1303
Treiber Sektorenkopplung							
Elektromobilität [Anzahl in Mio.]	1,2	25,2	31,7	31,7	34,8	37,3	37,3
Power-to-Heat [GW]	0,8*	12,6	16,1	22,0	14,9	20,4	27,0
Wärmepumpen (HH und GHD) [Anzahl in Mio.]	1,2	14,3	14,3	14,3	16,3	16,3	16,3
Elektrolyse [GW]	<0,1*	40,0	26,0	28,0	80,0	50,0	55,0
Weitere Speicher und nachfrageseitige Flexibilitäten [GW]							
PV-Batteriespeicher	1,3*	67,4	67,4	67,4	97,7	97,7	113,4
Großbatteriespeicher	0,5*	23,7	23,7	24,2	43,3	43,3	54,5
DSM (Industrie und GHD)	1,2*	5,0	7,2	7,2	8,9	12,0	12,0



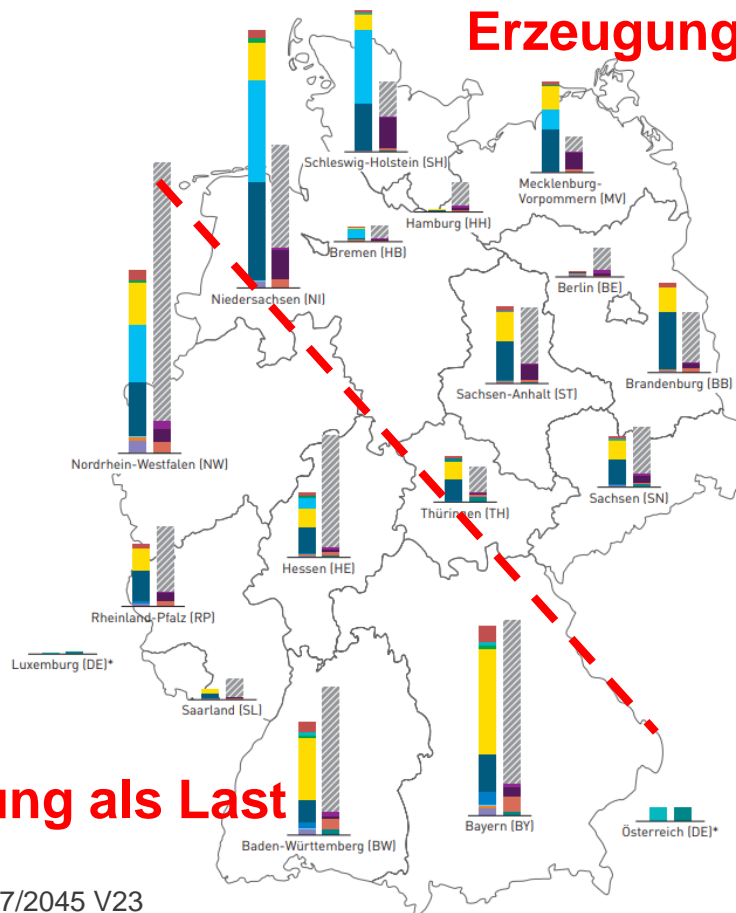
01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# NORD-SÜD-GEFÄLLE ERZEUGUNG UND VERBRAUCH ...

Energiebilanz im Szenario B 2037



Skala  
I 10 TWh



**mehr  
Erzeugung als Last**

**weniger  
Erzeugung als Last**

rechte Spalte Verbrauch  
linke Spalte Erzeugungsmix

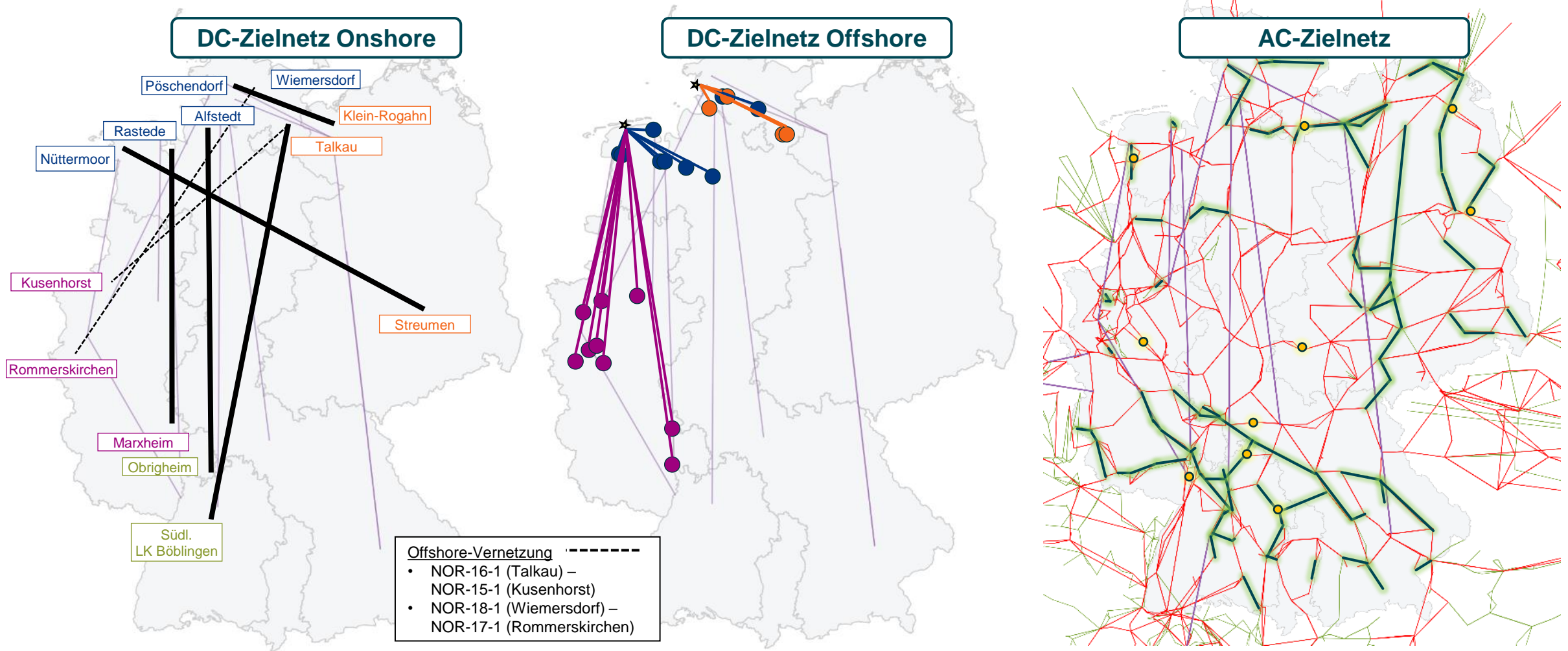
## Situation in Deutschland:

- steigendes Nord-Süd Gefälle
- Süddeutschland ist Abhängig von Importen
- Norddeutschland muss Leistung abführen können



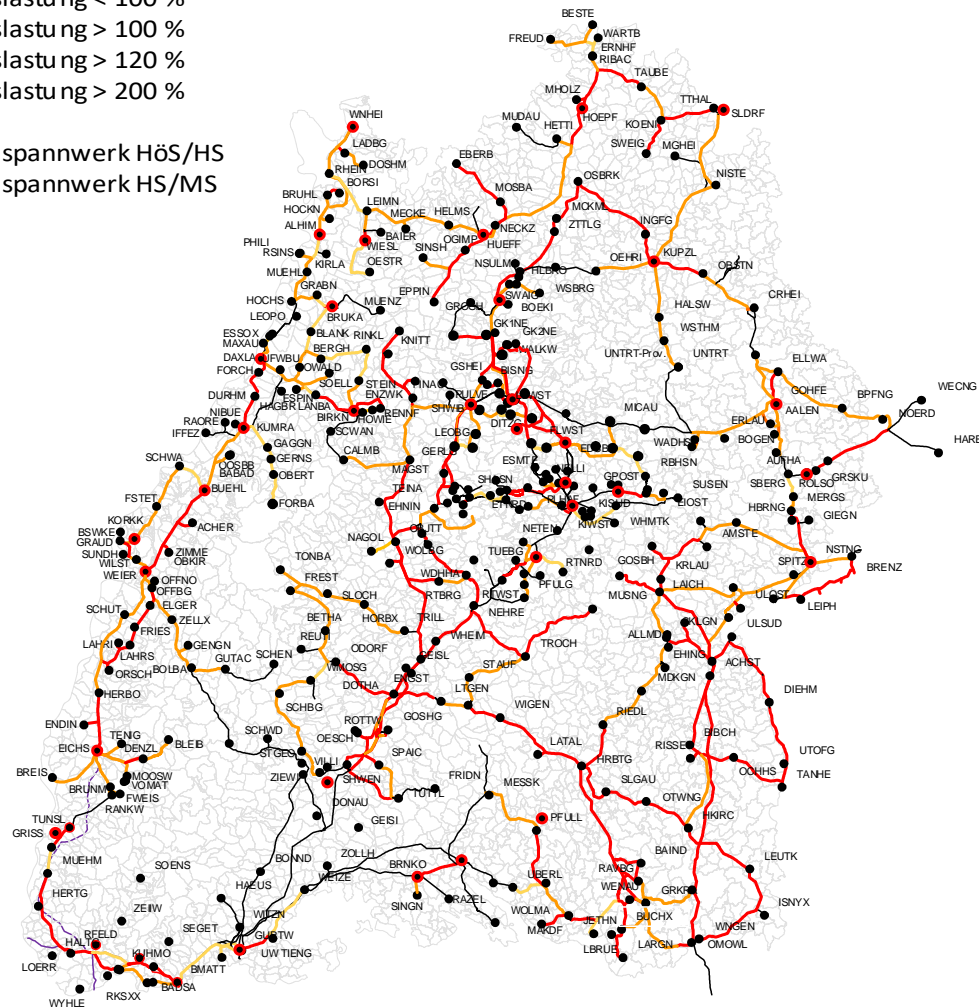
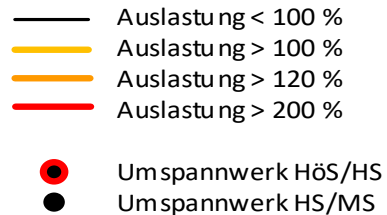
01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# ... FÜHRT ZU WEITEREM NETZAUSBAU GEMÄSS NEP 2023



01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

# HERAUSFORDERUNGEN AUCH IM VERTEILNETZ

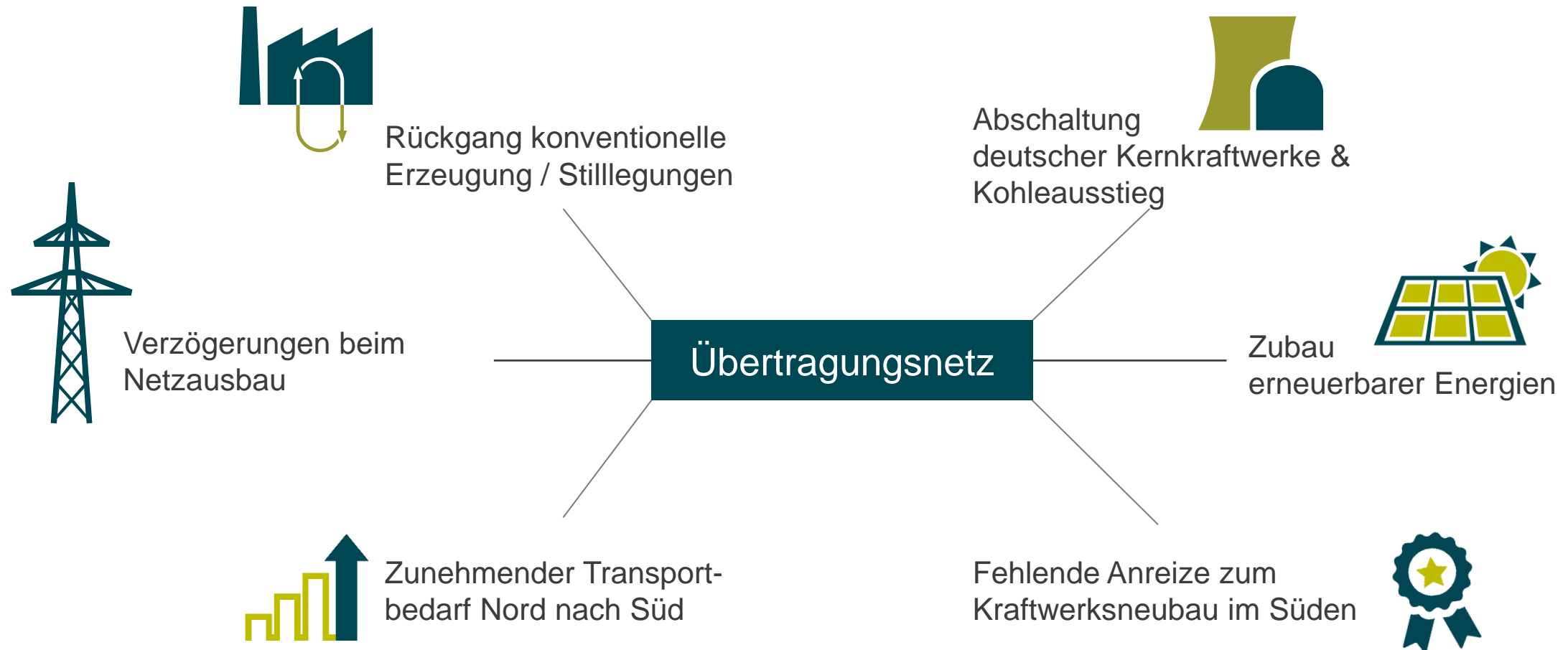


## Beispielhaft Situation in Baden-Württemberg:

- Basierend auf den Szenarien des Netzentwicklungsplans 2023 muss auch das Verteilnetz massiv ausgebaut werden
- Führt wiederum zu Ausbau der Netzanschlüsse Verteilnetz-Übertragungsnetz

01 Was bedeutet die Energiewende für uns?

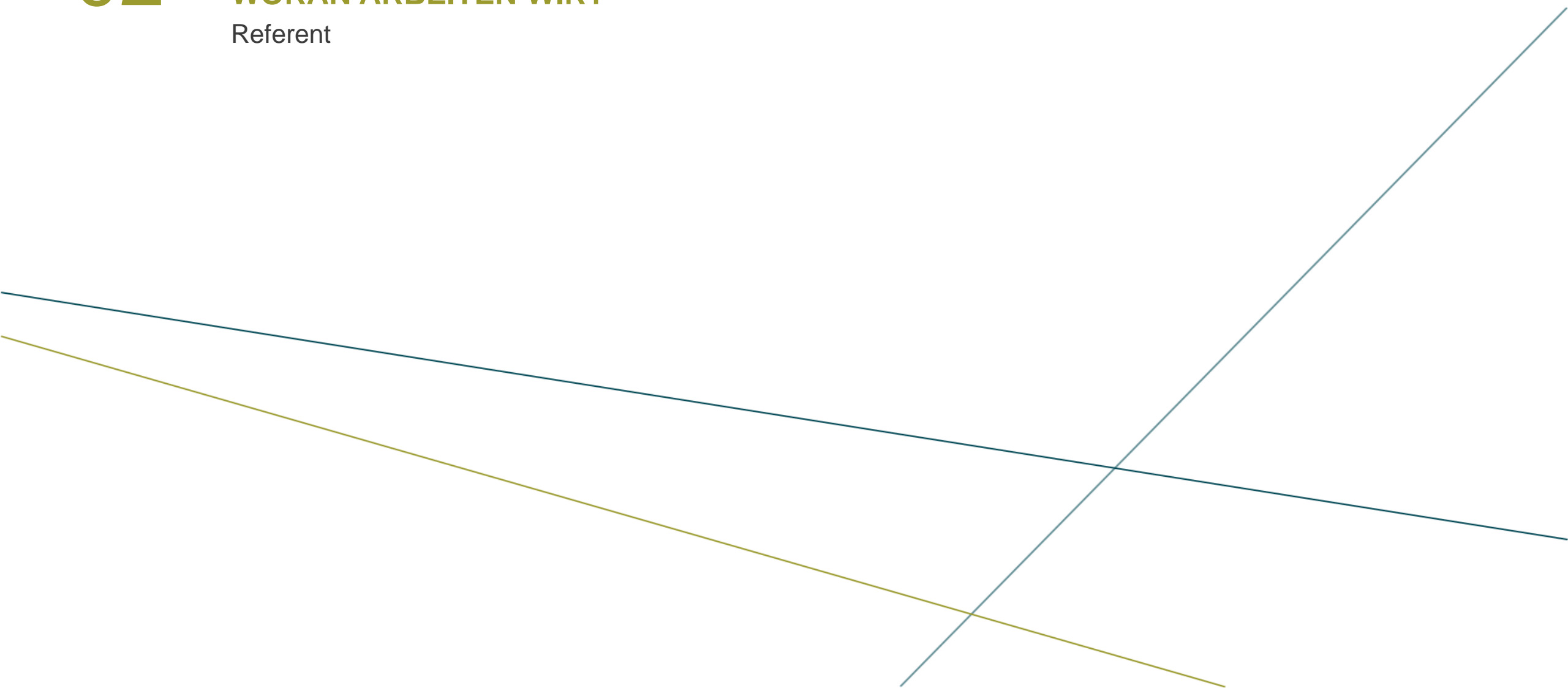
# KRAFTAKT ENERGIEWENDE!



# 02

## WORAN ARBEITEN WIR?

Referent



02 Woran arbeiten wir?

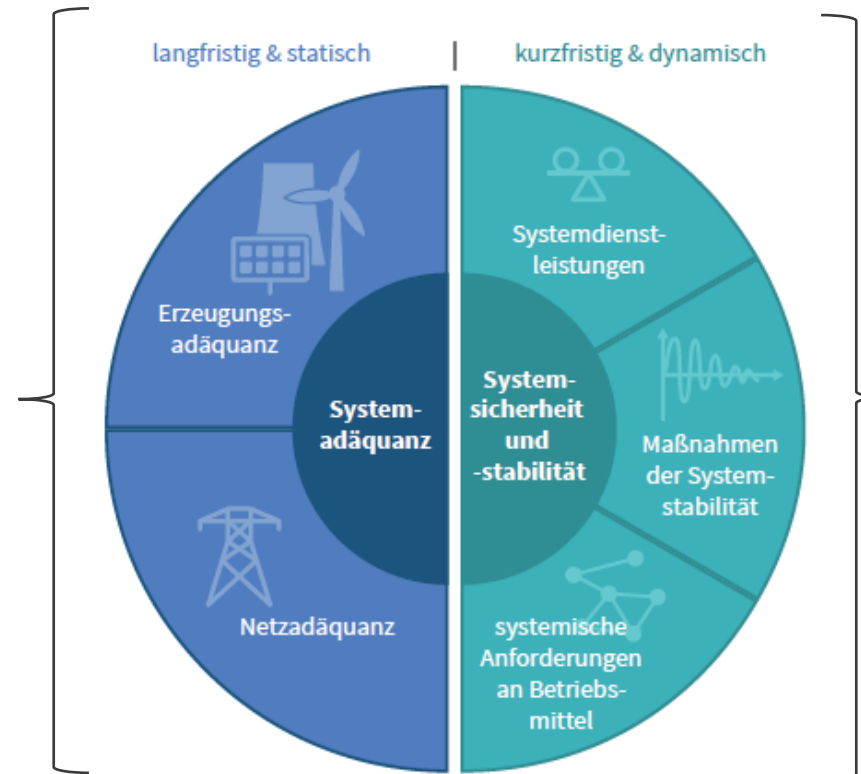
# HERAUSFORDERUNG VERSORGUNGSSICHERHEIT

## Erzeugungsadäquanz

- ausreichend gesicherte Leistung aus thermischen und erneuerbaren Erzeugungstechnologien, um die elektrische Nachfrage zu decken
- kritisch: kalte Dunkelflaute und Extremwetterereignisse
- vorbeugend: Kapazitätsreserve

## Netzadäquanz

- ausreichende Übertragungskapazitäten zwischen gesicherter Leistung und Verbrauchern
- Kritisch: Starkwind- / Starklast
- Maßnahmen: Netzausbau /-verstärkung, lastflussoptimierende Betriebsmittel (Phasenschiebertransformatoren, HGÜs), Redispatch (Netzreservekraftwerke, besondere netztechnische Betriebsmittel) und Flexibilitäten (Netzbooster)

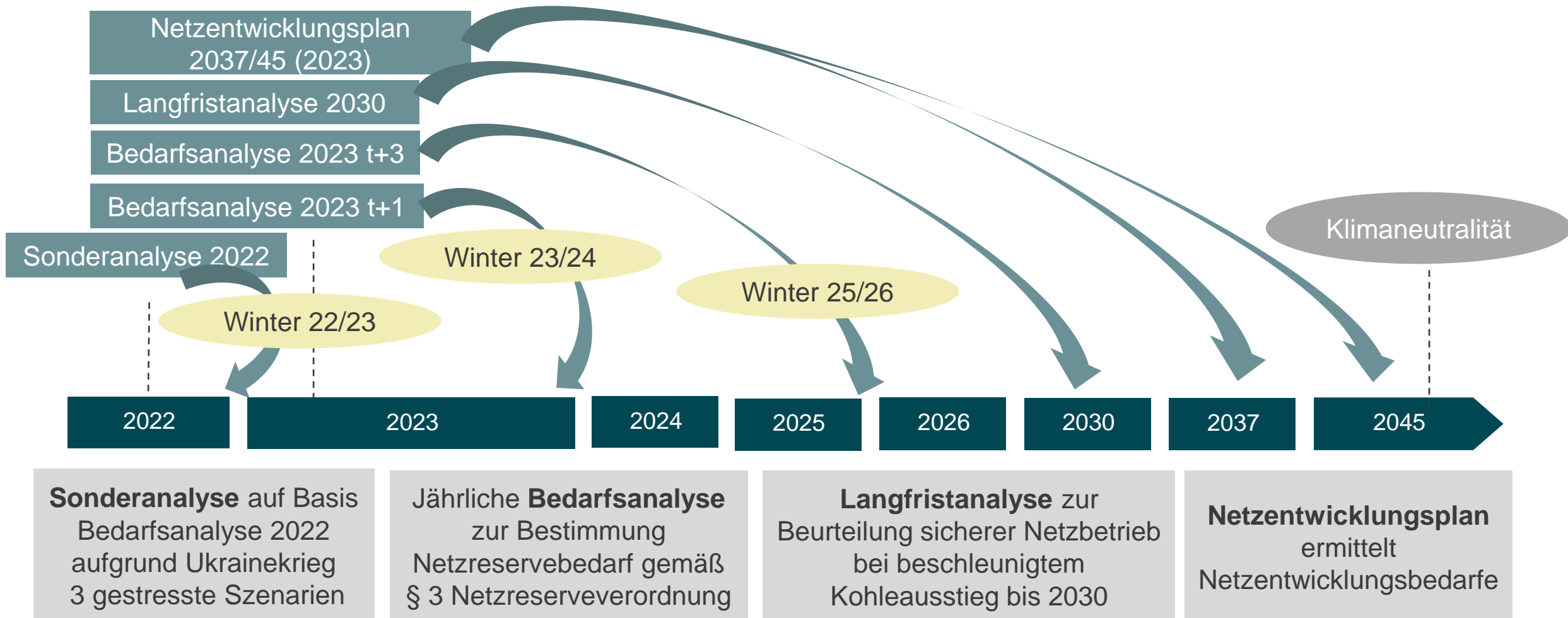


## Laufender Betrieb

- Systemführung
- Regelenergie
- Redispatch
- Blindleistungshaushalt
- ...

02 Woran arbeiten wir?

# AKTUELLE ANALYSEN ZUR NETZADÄQUANZ



# 03

## VERSORGUNGSSICHERHEIT

Referent












03 Versorgungssicherheit

# RÜCKBLICK SONDERANALYSE WINTER 22/23

## ANNAHMEN

Geprüfte Maßnahme:  
Szenario (++) mit  
KKW -Streckbetrieb

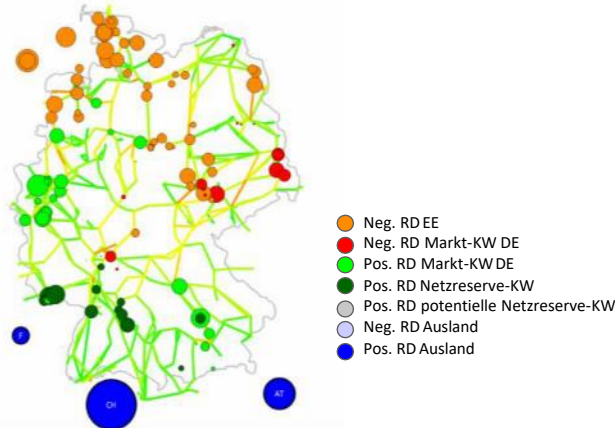
Annahmen	Bedarfsanalyse 2022	Sonderanalyse 1	Sonderanalyse 2 Szenario (+)	Sonderanalyse 2 Szenario (++)	Sonderanalyse 2 Szenario (+++)
 Max. KKW Verfügbarkeit in FR:	61 GW	51 GW	45 GW	45 GW	40 GW
 Marktrückkehrer aus Netzreserve und Sicherheitsbereitschaft: Verfügbarkeit	-	-	6,1 GW	5,0 GW	4,6 GW
 Steinkohlekraftwerke: Leistungsreduktion aufgrund der Niedrigwassersituation	-	-	- 2 GW	- 3 GW	- 3,75 GW
 Netzreserve Verfügbarkeit:	6 GW ( 100 %)	6 GW (100 %)	4,5 GW (75 %)	4 GW (67 %)	3 GW (50 %)
 Gasverfügbarkeit Süd-DE und AT:	100 %	100 %	100 %	75 %	50 %
 Lasterhöhung Heizlüfter:	-	-	1,5 GW / 2,5 TWh	1,5 GW / 2,5 TWh	2,5 GW / 5,0 TWh
 Gaspreis:	68 €/MWh	200 €/MWh	300 €/MWh	300 €/MWh	300 €/MWh

Zusätzlich Importbeschränkungen aus Polen angenommen

03 Versorgungssicherheit

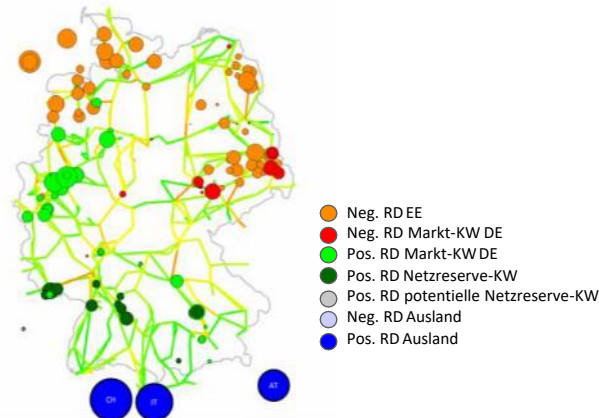
# RÜCKBLICK SONDERANALYSE WINTER 22/23 NETZSITUATION IN DER KRITISCHSTEN STUNDE

Szenario (+)



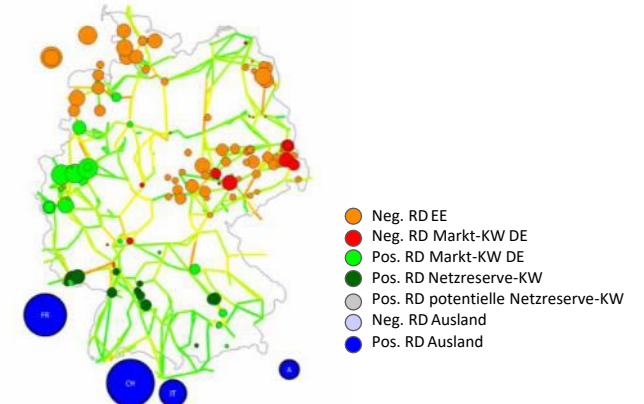
- / **Gesamt-Redispatch-Bedarf: 17,5 GW**
- / In AT werden vertraglich gesicherte 1,5 GW zum Redispatch eingesetzt.
- / **Zusätzlicher positiver Redispatch-Bedarf im Ausland von 4,3 GW**

Szenario (++)/KKW



- / **Gesamt-Redispatch-Bedarf: 18,2 GW (mit KKW 16,8 GW)**
- / In AT werden vertraglich gesicherte 1,5 GW zum Redispatch eingesetzt.
- / **Zusätzlicher positiver Redispatch-Bedarf im Ausland von 5,1 GW (mit KKW 4,6 GW)**

Szenario (+++)



- / **Gesamt-Redispatch-Bedarf: 18,8 GW**
- / In AT stehen nach Lastdeckung nur noch 0,3 GW zum Redispatch in DE zur Verfügung.
- / **Zusätzlicher positiver Redispatch-Bedarf im Ausland von 8,6 GW**

### 03 Versorgungssicherheit

# BEDARFSANALYSE WINTER 23/24 PRÄMISSEN

	Annahmen	BA22 (t+1) * Winter 22/23	BA23 (t+1) Winter 23/24	Sonderanalyse Szenario (++) Winter 22/23
	Max. KKW Verfügbarkeit in Frankreich	61 GW	45 GW	45 GW
	Marktrückkehrer aus Netzreserve und Sicherheitsbereitschaft	-	5,4 GW	5,0 GW
	Leistungsreduktion von Steinkohlekraftwerken aufgrund von Niedrigwassersituation	-	- 0,75 GW	- 3 GW
	Netzreserve Verfügbarkeit **	6 GW ( 100 %)	Mehrere Varianten	4 GW (67 %)
	Gasverfügbarkeit Süd-DE und AT	100 %	100 %	75 %
	Stromnachfrage	555 TWh	575 TWh	555 TWh + 2,5TWh Heizlüfter

\* BP-Sensi: Brennstoffpreis-Sensitivität die für die Bedarfsermittlung des Zeitraums 2022/23 zugrunde gelegt wurde

\*\* In der Grenzsituation werden zus. Nichtverfügbarkeitsfälle berücksichtigt

#### Sondermaßnahmen:

Sondermaßnahmen aus dem Winter 22/23, die im Winter 23/24 noch bestehen bleiben:

- Rückkehr von Reservekraftwerken in den Markt
- Flexiblerer Einsatz diverser Reserveinstrumente
- Duldungsverfügung zur höheren Leistungsübertragung

Maßnahme aus dem Winter 22/23, die entfällt:

- Kernkraftwerke im Streckbetrieb gemäß Atomgesetz

Neu im Winter 23/24:

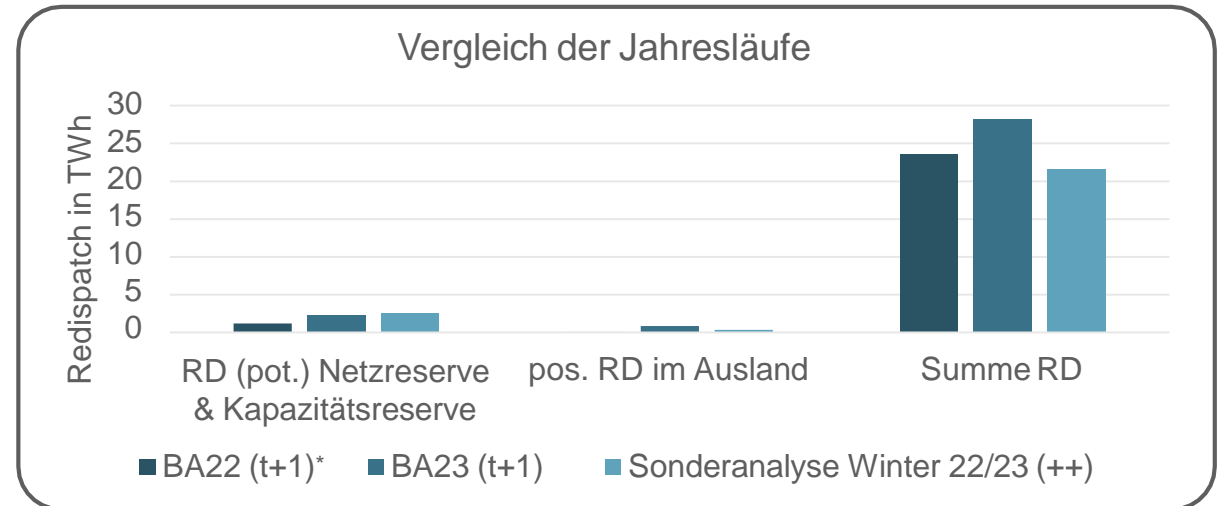
- Zusätzlich 1200 MW durch besondere netztechnische Betriebsmittel (bnBm) am Netz
- Aktionsplan Höherauslastung Stromnetze

03 Versorgungssicherheit

# BEDARFSANALYSE WINTER 23/24 JAHRESLAUF ÜBER 8760 STUNDEN

## Übersicht Jahresläufe

Analysen	BA22 (t+1)*	BA23 (t+1)	Sonderanalyse Winter 22/23 (++)
Betrachtungsjahr	22/23	23/24	22/23
	TWh		
Neg. RD Windeinspeisung (Onshore)	7,4	9,9	6,4
Neg. RD Windeinspeisung (Offshore)	4,9	4,8	4,6
Neg. RD PV-Einspeisung	0,4	1,0	0,1
Neg. RD marktbasierter KW in DE	10,9	12,3	10,6
Neg. RD im Ausland	0,01	0,09	0,0
<b>Summe negativer RD<sup>1</sup></b>	<b>23,6</b>	<b>28,2</b>	<b>21,6</b>
Pos. RD marktbasierter KW in DE	22,0	22,0	16,7
Pos. RD Netzreserve in DE <sup>3</sup>	1,19	2,3	2,6
Pos. RD mit bnBm in DE <sup>2</sup>	-	0,1	-
Pos. RD in AT (P <sub>max</sub> = 1,5GW)	0,5	2,9	1,9
Pos. RD im Ausland	0,01	0,89	0,4
<b>Summe positiver RD<sup>1</sup></b>	<b>23,6</b>	<b>28,2</b>	<b>21,6</b>



### Vergleich zur BA22 (t+1)\*

- Der Redispatchbedarf steigt an aufgrund
  - der höheren Nord-Süd-Transportaufgabe
  - methodischer Verbesserungen, die das Netzgeschehen realitätsnäher abbilden

<sup>1</sup> Aufgrund von Rundung kann die Summe der Einzelwerte von der angegebenen Summe abweichen

<sup>2</sup> Einsatz besondere netztechnische Betriebsmittel als letzte Maßnahme zur Wahrung der Netzstabilität gemäß EnWG §13 (1)

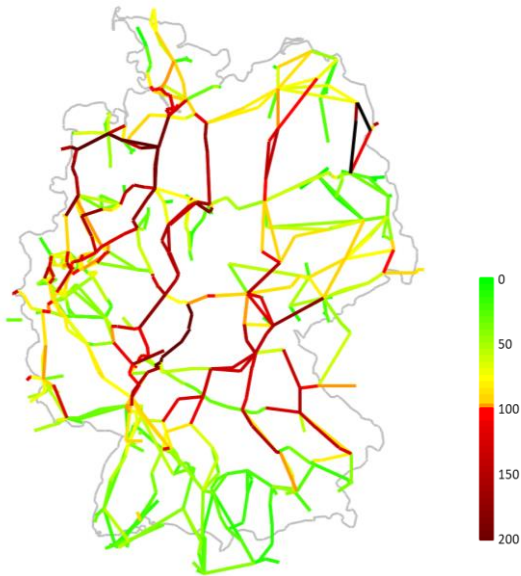
<sup>3</sup> Enthält auch pot. Netzreserve und kap. Reserve

\* BP-Sensi: Brennstoffpreis-Sensitivität die für die Bedarfsermittlung des Zeitraums 2022/23 zugrunde gelegt wurde

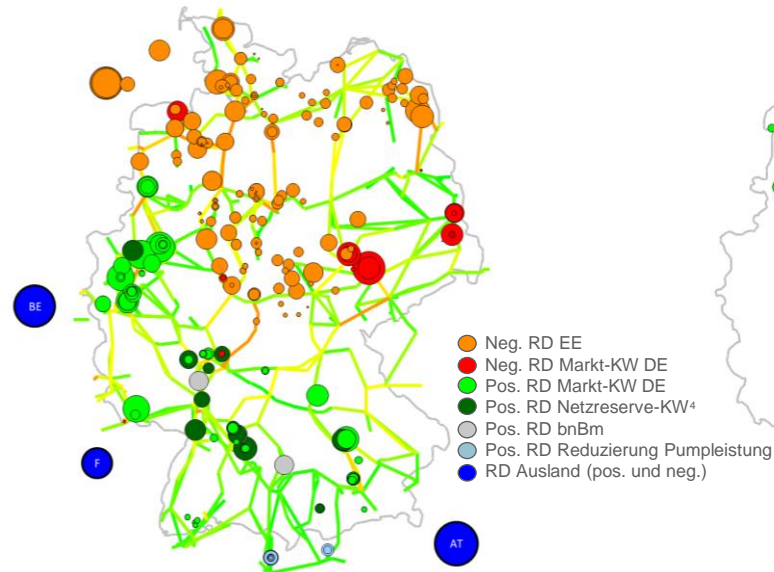
03 Versorgungssicherheit

# BEDARFSANALYSE WINTER 23/24 GRENZSITUATION (STUNDE MIT HÖCHSTEM AUSLANDSREDISPATCH)

Auslastung vor RD



RD & Auslastung nach RD



Hochfahrpotenzial nach RD



	GW
Neg. RD Windeinspeisung (Onshore)	14,2
Neg. RD Windeinspeisung (Offshore)	2,9
Neg. RD PV-Einspeisung	0,0
Neg. RD KWK & Biomasse (RD 2.0)	0,0
Neg. RD marktbasierter KW in DE	3,7
Neg. RD im Ausland	0,0
<b>Summe negativer RD<sup>1</sup></b>	<b>20,7</b>
Pos. RD marktbasierter KW in DE <sup>3</sup>	12,1
<b>Pos. RD mit Netzreservekraftwerken in DE</b>	<b>3,6</b>
Pos. RD mit potenziellen Netzreserve KW in DE	0,0
Pos. RD mit Kapazitätsreserve KW	0,5
Pos. RD KWK & Biomasse (RD 2.0)	-
Pos. RD mit bnBm in DE <sup>2</sup>	0,9
Pos. RD in AT	1,5
<b>Pos. RD im Ausland</b>	<b>2,1</b>
<b>Summe positiver RD<sup>1</sup></b>	<b>20,7</b>

- Stunde 306 ist ebenfalls eine Starkwind-Starklast-Situation
- Aufgrund der Engpässe im Frankfurter Raum kann die dortige Netzreserve nicht vollständig hochgefahren werden
- Geringeres Redispatchpotential von Marktkraftwerken im Süden und Westen Deutschlands → Einsatz der Netzreserve in Höhe von 3,6 GW und zusätzlich 2,1 GW Redispatchbedarf im Ausland (BE & FR)

<sup>1</sup> Aufgrund von Rundung kann die Summe der Einzelwerte von der angegebenen Summe abweichen <sup>2</sup> Einsatz besondere netztechnische Betriebsmittel als letzte Maßnahme zur Wahrung der Netzstabilität gemäß EnWG §13 (1)

<sup>3</sup> Enthält auch reduzierte Pumpleistung

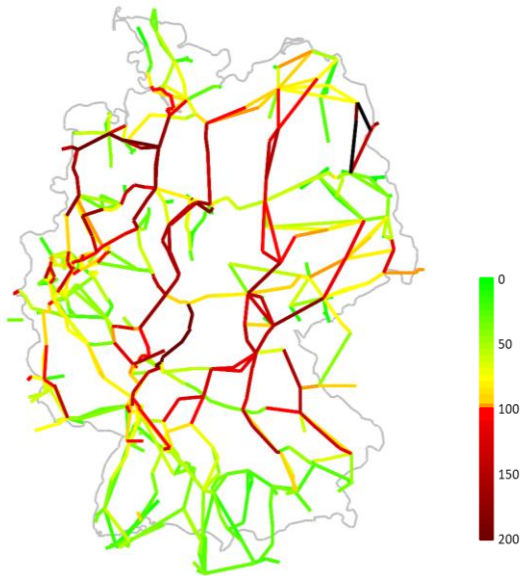
<sup>4</sup> Enthält auch pot. Netzreserve und kap. Reserve



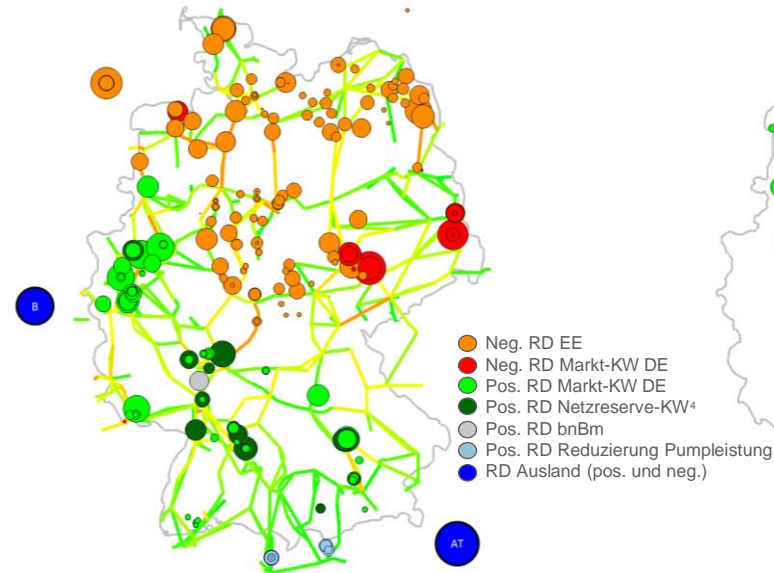
03 Versorgungssicherheit

# BEDARFSANALYSE WINTER 23/24 GRENZSITUATION (STUNDE MIT HÖCHSTEM DE-REDISPATCH)

Auslastung vor RD



RD & Auslastung nach RD



Hochfahrpotenzial nach RD



	GW
Neg. RD Windeinspeisung (Onshore)	14,3
Neg. RD Windeinspeisung (Offshore)	1,2
Neg. RD PV-Einspeisung	0,0
Neg. RD KWK & Biomasse (RD 2.0)	0,0
Neg. RD marktbasierter KW in DE	4,0
Neg. RD im Ausland	0,0
<b>Summe negativer RD<sup>1</sup></b>	<b>19,5</b>
Pos. RD marktbasierter KW in DE <sup>3</sup>	11,9
<b>Pos. RD mit Netzreservekraftwerken in DE</b>	<b>4,4</b>
Pos. RD mit potenziellen Netzreserve KW in DE	0,0
Pos. RD mit Kapazitätsreserve KW	0,0
Pos. RD KWK & Biomasse (RD 2.0)	-
Pos. RD mit bnBm in DE <sup>2</sup>	0,6
Pos. RD in AT	1,5
<b>Pos. RD im Ausland</b>	<b>1,1</b>
<b>Summe positiver RD<sup>1</sup></b>	<b>19,5</b>

- Stunde 282 ist eine typische Starkwind-Starklast-Situation, geprägt durch vergleichsweise geringen konventionellen Anteil (33%) bei gleichzeitig hohem EE-Anteil (67%) an der Gesamterzeugung sowie hoher Stromnachfrage
- Geringeres Redispatchpotential von Marktkraftwerken im Süden und Westen Deutschlands → Einsatz der Netzreserve in Höhe von 4,4 GW und zusätzlich 1,1 GW Redispatchbedarf im Ausland (BE)

<sup>1</sup> Aufgrund von Rundung kann die Summe der Einzelwerte von der angegebenen Summe abweichen <sup>2</sup> Einsatz besondere netztechnische Betriebsmittel als letzte Maßnahme zur Wahrung der Netzstabilität gemäß EnWG §13 (1)

<sup>3</sup> Enthält auch reduzierte Pumpleistung

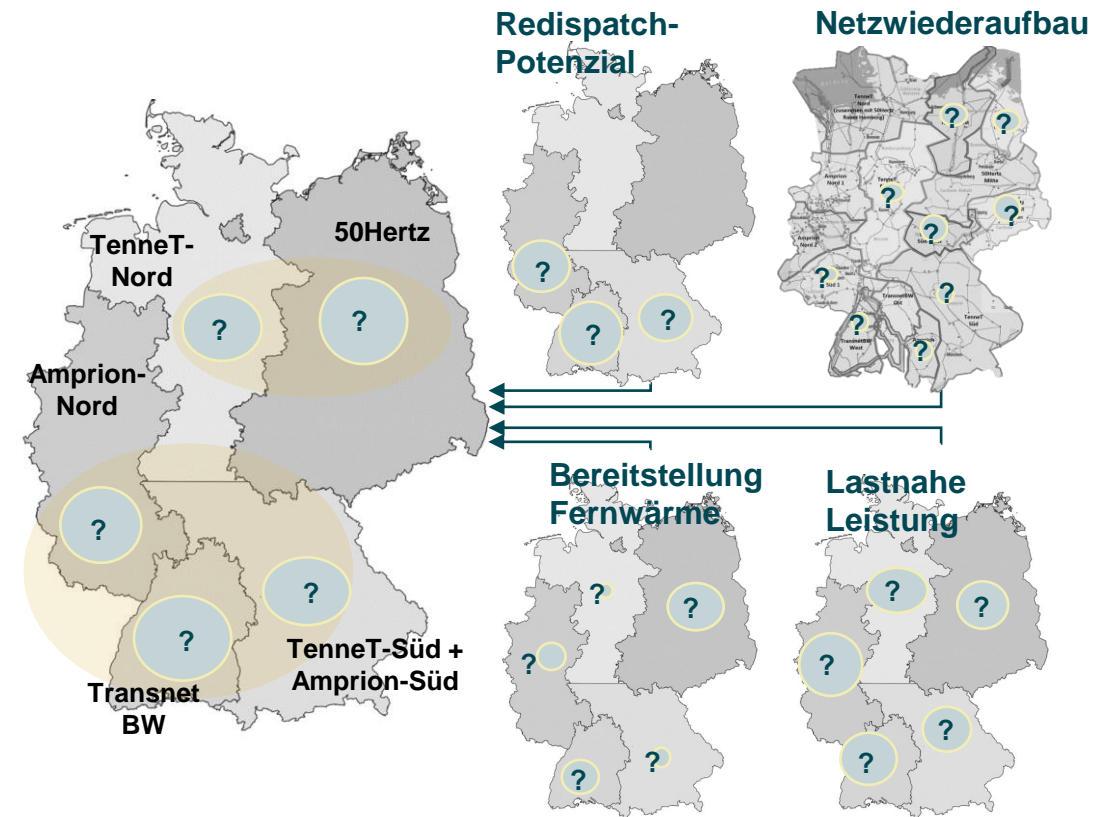
<sup>4</sup> Enthält auch pot. Netzreserve und kap. Reserve

03 Versorgungssicherheit

# AKTUELLE DISKUSSION KRAFTWERKSVERORTUNG

## KONTEXT

- / Die Bundesnetzagentur hat in ihrem Versorgungssicherheitsmonitoring von 2022 einen Kraftwerkszubaubedarf von bis zu 21 GW ausgewiesen.
- / Die Übertragungsnetzbetreiber halten diese Größenordnung für plausibel.
- / Die Bundesregierung denkt an Ausschreibungen von Kraftwerksleistungen.
- / Wo sollen diese Kraftwerke sinnvoll und netzdienlich verortet werden?





# 04

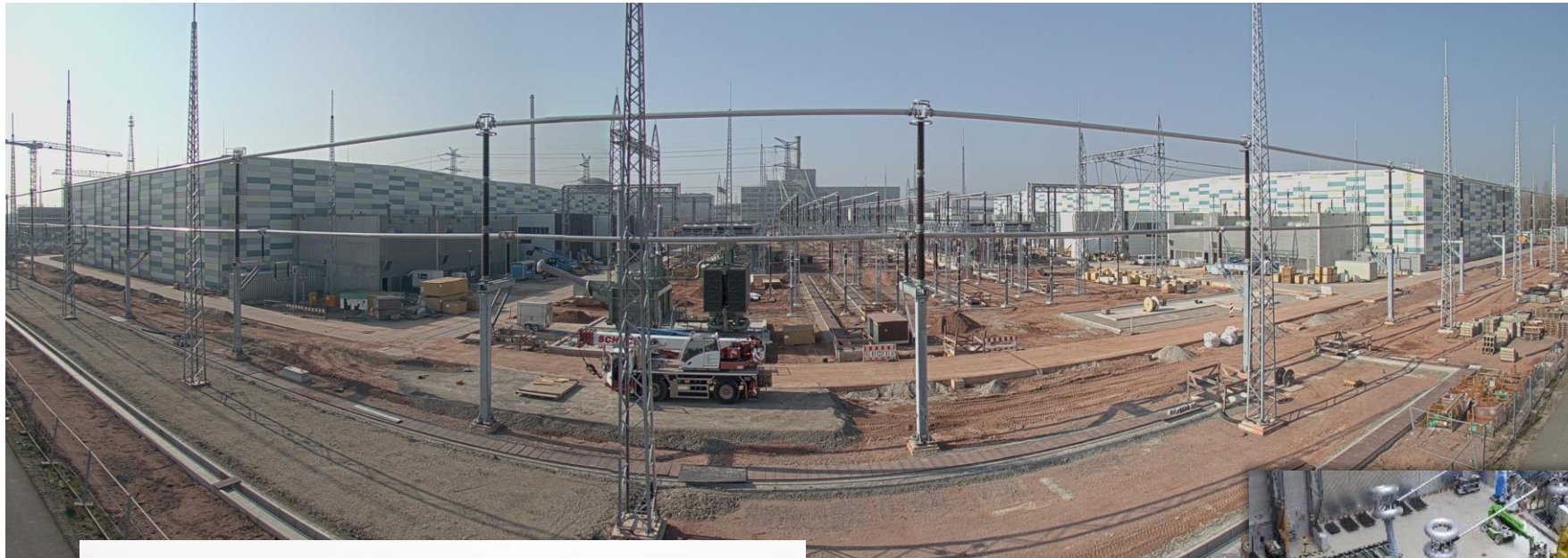
## Fazit Energiewende und Versorgungssicherheit – ein Widerspruch?

Referent



04 Fazit - Energiewende und Versorgungssicherheit – ein Widerspruch?

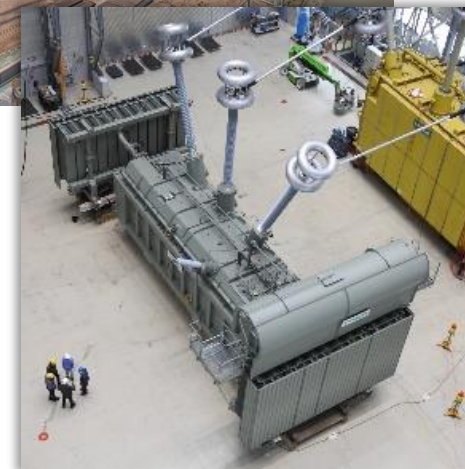
# BETRIEBSMITTEL FÜR DIE SYSTEMSTABILITÄT



AC/DC-Konverter  
Philippsburg  
(Panoramafoto)



Kompensationskondensator  
(Umspannwerk Engstlatt)



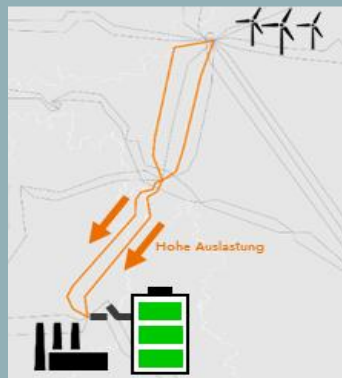
Kompensationsdrosselspule  
(Werksabnahme)

04 Fazit - Energiewende und Versorgungssicherheit – ein Widerspruch?

# INNOVATION NETZBOOSTER (1/2)

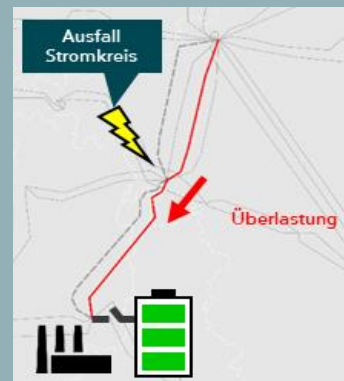
## FUNKTIONALITÄT

### Ausgangszustand



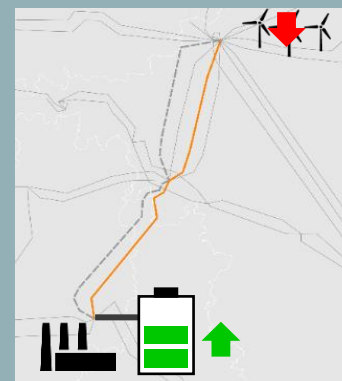
- / Stromkreisauslastung im (n-1)-Fall > 100% (im Vergleich zur Auslastung ohne Netzstabilisierungsanlage)
- / Speicher im Süden geladen

### Fehlereintritt



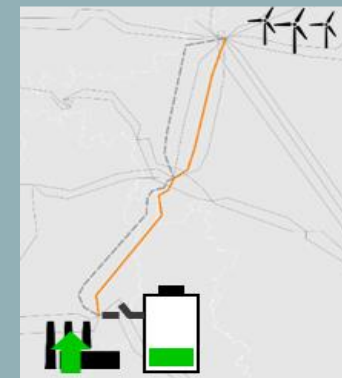
- / Ausfall eines Stromkreises führt zu höherer Auslastung noch verbliebener Stromkreise

### Einsatz NB



- / Reduktion Erzeugung im Norden
- / Einsatz Speicher im Süden
- / Einhaltung der thermischen Grenzen der Stromkreise

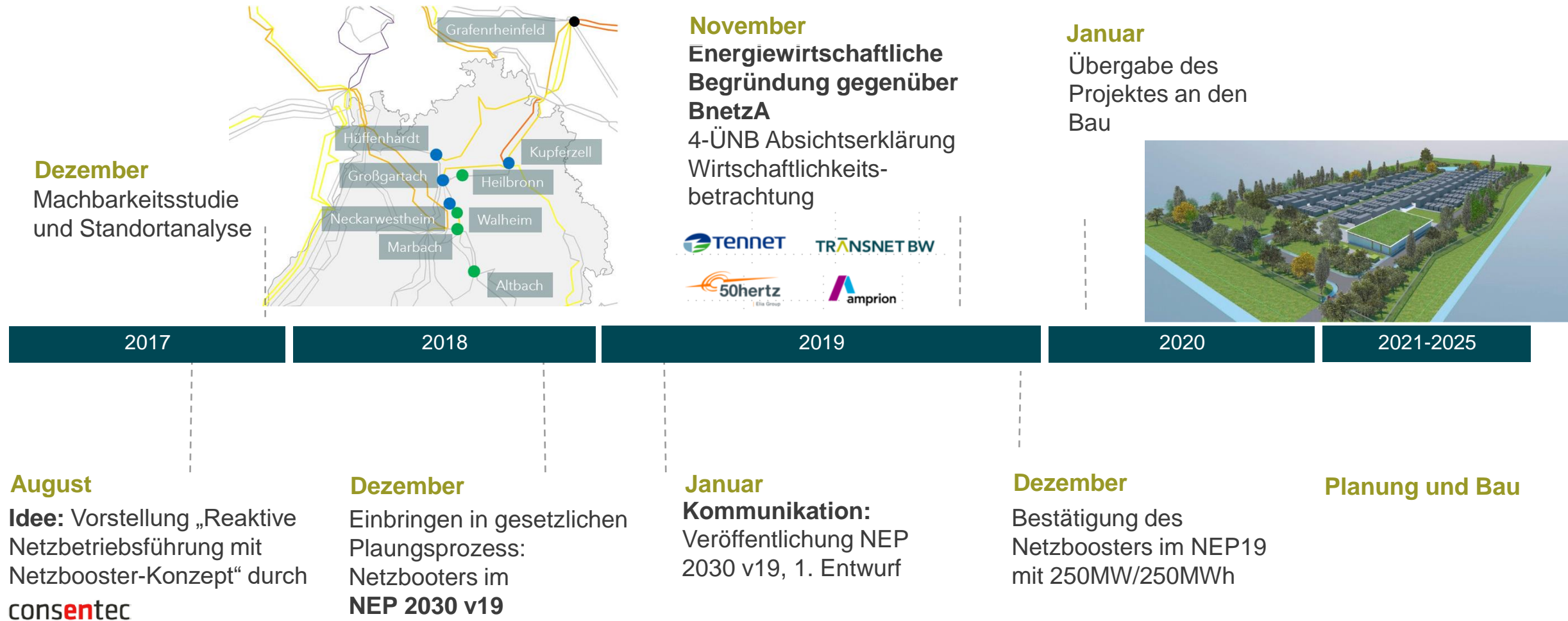
### Kurative Maßnahmen



- / Ablösung des Speichers durch Schaltmaßnahmen, Einspeisemanagement oder konventioneller Redispatch

04 Fazit - Energiewende und Versorgungssicherheit – ein Widerspruch?

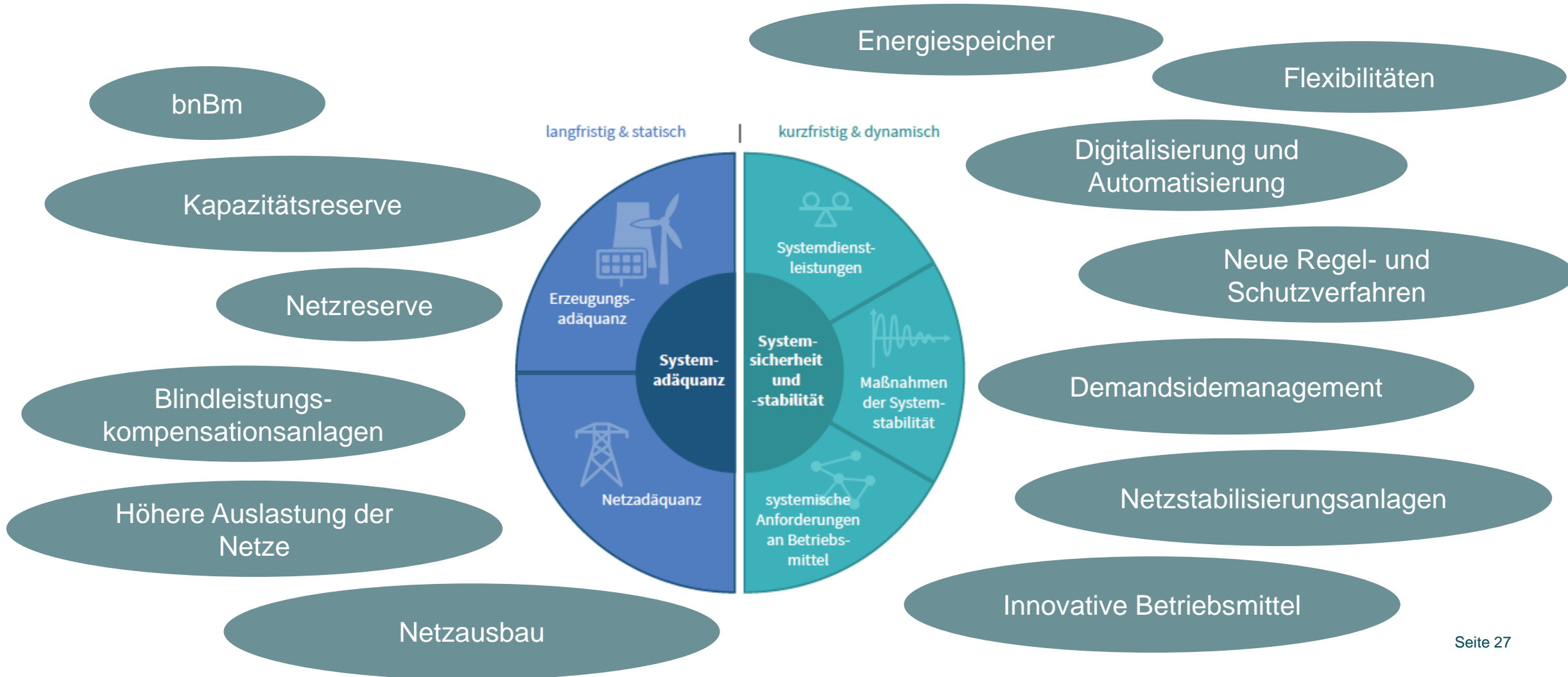
**NETZBOOSTER: VOM KONZEPT ZUM PROJEKT**





04 Fazit - Energiewende und Versorgungssicherheit – ein Widerspruch?

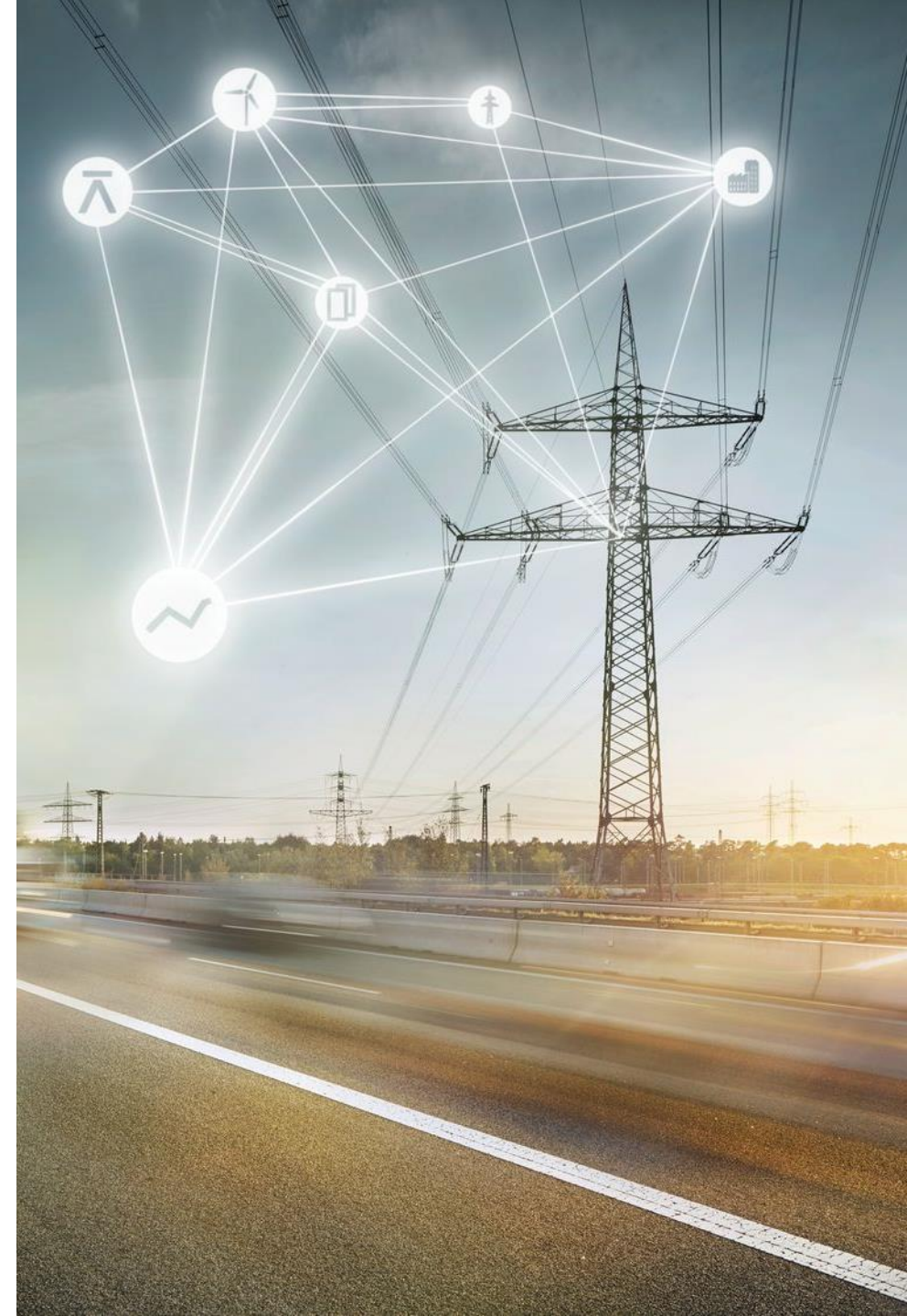
# VERSORGUNGSSICHERHEIT DURCH MAßNAHMEN



## 04 FAZIT

# ENERGIEWENDE & VERSORGUNGSSICHERHEIT – KEIN WIDERSPRUCH WENN ...

- ... der Umbau unseres Energieversorgungssystems in der richtigen Sequenz erfolgt
- ... wenn die Netzinfrastruktur ausgebaut ist, sowohl im Übertragungsnetz wie auch im Verteilnetz
- ... wenn ausreichend Flexibilitäten, sowohl auf der Erzeugungs- als auch auf der Verbraucherseite für herausfordernde Situationen (Z.B. Dunkelflauten, Netzengpässe) vorhanden sind
- .. wenn politischer und regulatorischer Rahmen an die Bedürfnisse der Energiewende angepasst sind
- ...wenn die Lieferketten hinsichtlich Material, Dienstleistungen, Personal gewährleistet sind



# HINWEIS ZUR NUTZUNG VON PRÄSENTATIONEN:

## Urheberrechte:

- / Diese Unterlage ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, Weitergabe oder anderweitige Nutzung der Unterlage ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der TransnetBW GmbH gestattet.

## Haftung:

- / Diese Unterlage wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Die TransnetBW GmbH übernimmt keine Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Unterlage.