

# Einflussgrößen auf Redispatchmengen in Deutschland

- Einleitung und Überblick
- Verfahren und Modelle
- Parametrierung und Annahmen
- Simulationsergebnisse
  - **2024:** Ultranet
  - **2025:** HGÜ, Offshore, Onshore/PV

## Identifikation von Einflussgrößen auf Redispatchmengen in Deutschland

### Simulationen und Untersuchungsprogramm

- Simulation der europäischen Strommärkte für unterschiedliche EE-Kapazitäten in Deutschland
- Simulation des Netzbetriebs und des resultierenden Redispatch für DE mit verschiedenen Netz- und HGÜ-Ausbaustufen
- Untersuchung des Einflusses auf Redispatchmengen in Deutschland für unterschiedliche Szenarien in 2024 und 2025

### Zentrale Erkenntnisse

- Bei betrachtetem Szenario führt Engpasssituation in 2024 zu leicht höherem Redispatchbedarf als in 2015
- Redispatch aufgrund von auftretenden Engpässen hauptsächlich in Nord-Süd-Richtung
- Bei Inbetriebnahme der vier geplanten HGÜs in 2025, signifikante Reduktion der Redispatchmenge auf ~2,1 TWh/a
  
- Redispatch: Leistungsanpassung (+/-) von Erzeugungseinheiten
  - Bereitstellung durch konventionelle Kraftwerke und Abregelung von Windenergieanlagen
  - Bereitstellung von Regelreserve und Wärme begrenzt Redispatchfähigkeit
- Einfluss von zusätzlicher EE-Einspeisung auf Redispatchmengen in Abhängigkeit der geografischen Verteilung
  - Geringerer Einfluss der zusätzlichen Einspeisung bei homogener Verteilung über Deutschland
  - Anstieg der Redispatchmenge bei zusätzlicher Einspeisung in Norddeutschland: In 2025 (mit geplanten HGÜs) führen 5 GW zusätzlich installierte Offshore-Kapazität (≈20 TWh/a Erzeugung) zu einem Anstieg der Redispatchmenge von bis zu 4 TWh/a
  - Auch bei Inbetriebnahme der geplanten HGÜs, Abregelung von Erzeugung im Norden Deutschlands notwendig

# Überblick über die Studie

## Ziel der Studie

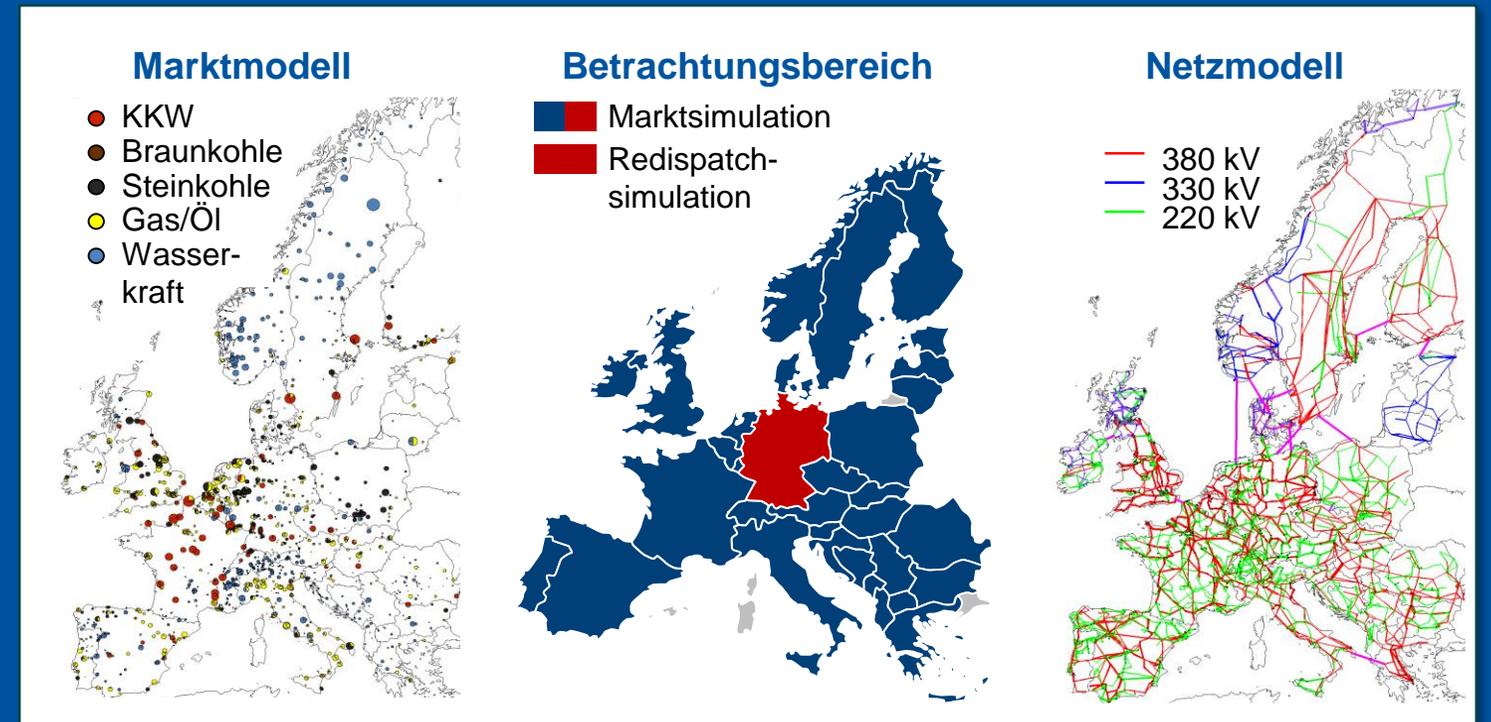
- Identifikation von Einflussgrößen auf Redispatchmengen in Deutschland
- Insbesondere Betrachtung von Offshore Netzverknüpfungspunkten in Norddeutschland
- ➔ Entsprechende Auswahl der Parameter und Untersuchungen

## Sensitivitätsanalyse

- Variation der Parameter zur Identifikation ihres Einflusses durch Vergleich mit Referenzszenario

- ➔ **Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Markt- und Netzszenarien auf Netzenspässe und Redispatchmengen mithilfe von Simulationsergebnissen**

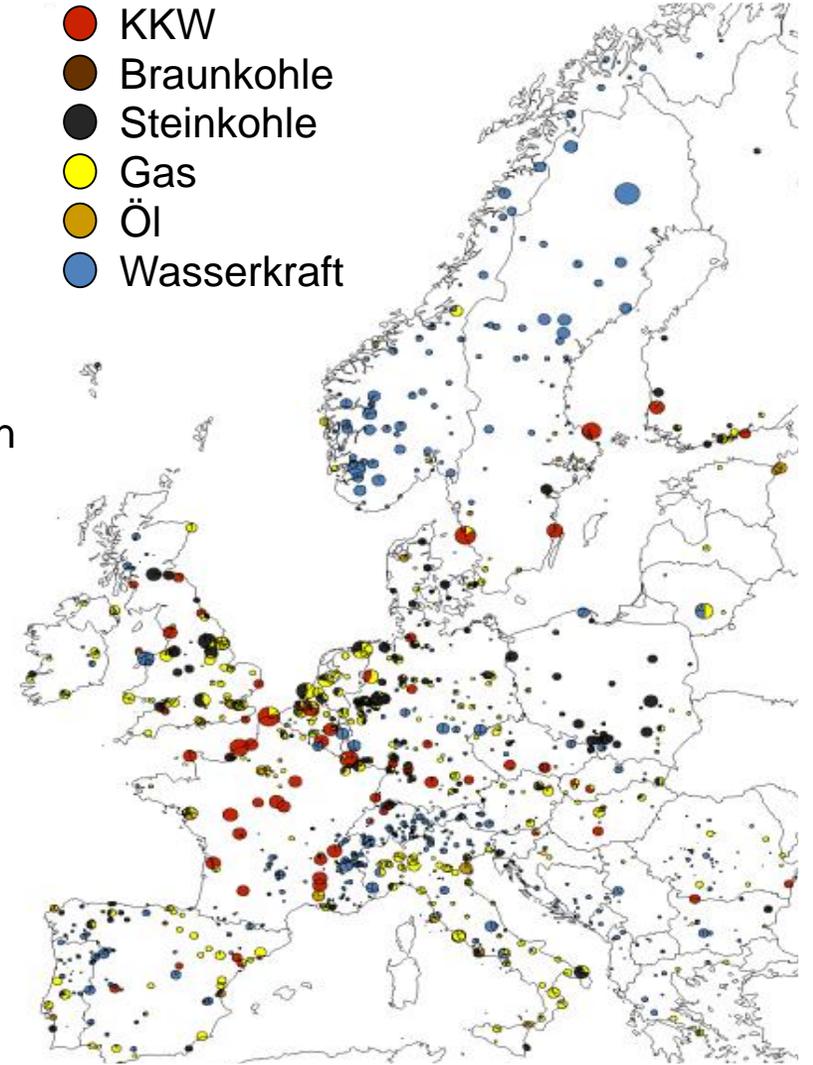
## Simulation



## Modellbeschreibung

- Minimierung der gesamten Erzeugungskosten unter Berücksichtigung technischer Randbedingungen
- Modellierung der Kraftwerke
  - Technische Randbedingungen, z.B. Leistungsgrenzen (Min./Max.), Anfahrzeiten
  - Kosten für Primärenergieträger (inkl. Transport) und Emissionszertifikate
  - Zusätzliche Kosten (z.B. Betriebsmaterial, Startkosten)
- Berücksichtigung von Net Transfer Capacities (NTCs) bei grenzüberschreitenden Leistungsflüssen
- Simulation von 8760 konsekutiven Stunden
- Ergebnis: Stündliche Einspeisung jeder modellierten Erzeugungseinheit als Eingangsdaten für Netzsimulation

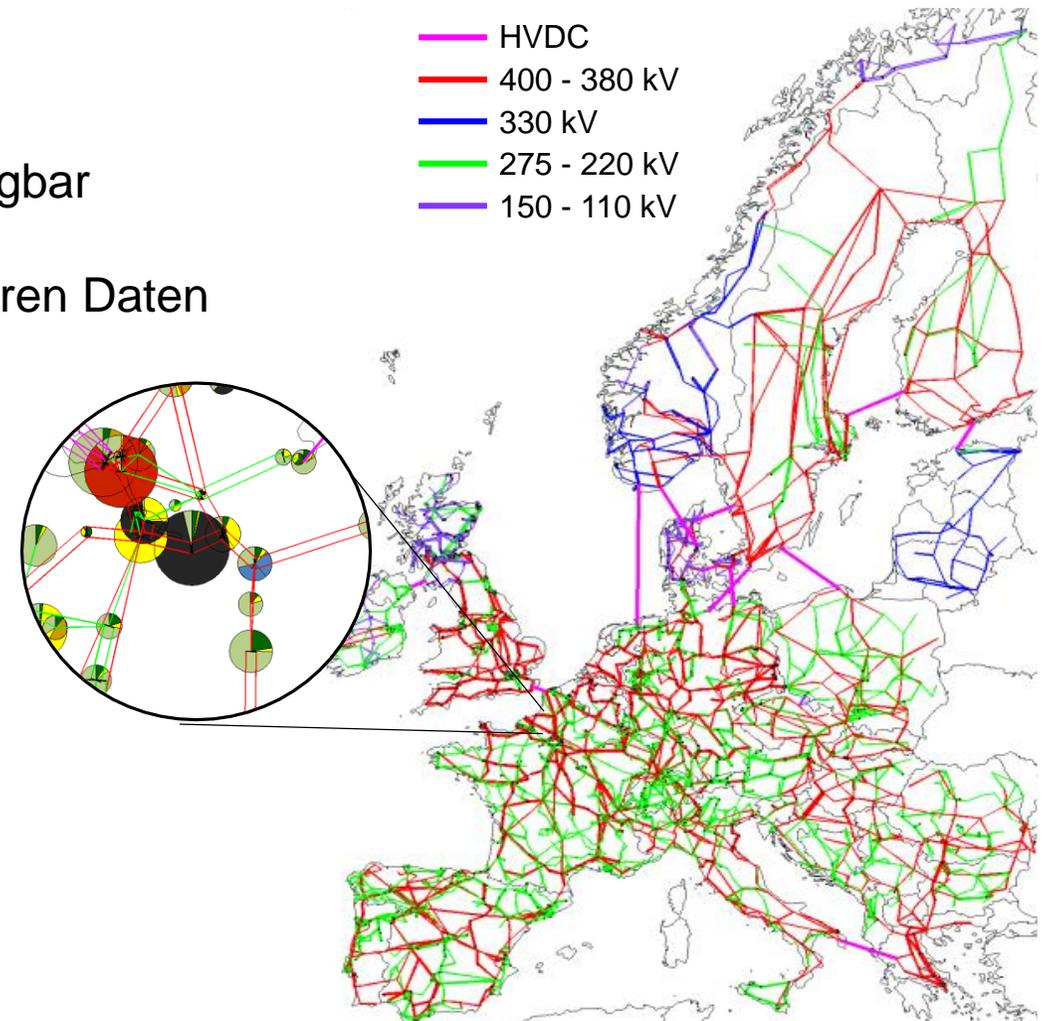
- KKW
- Braunkohle
- Steinkohle
- Gas
- Öl
- Wasserkraft



# Modell des europäischen Übertragungsnetzes

## Modellbeschreibung

- Exakte Netzdaten nur für Übertragungsnetzbetreiber verfügbar
  - Verwendetes Netzmodell basierend auf öffentlich verfügbaren Daten
  - Parametrierung der Betriebsmittel des Netzmodells anhand veröffentlichter Referenzlastflüsse
  - Keine explizite Berücksichtigung von Schaltzuständen oder Topologiemassnahmen
  - Keine explizite Modellierung der unterlagerten Netzebene
- Detailgrad (~4.000 Knoten, ~7.000 Zweige) des Netzmodells abgestimmt auf fundamentale Untersuchungen des Übertragungsnetzes



Ultraset	2025		
<b>Referenz</b> • Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024 • Parametrierung/Simulation des Szenarios für 2024 ohne die für 2025 geplanten HGÜ-Verbindungen	<b>Referenz</b> • Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025 • Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs	<b>Offshore-Szenario</b> • Anstieg der installierten Leistung für Offshore Wind in Deutschland (Netz unverändert) • Sensitivität mit neuer HGÜ	<b>Onshore/PV-Szen.</b> • Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland • Netz unverändert

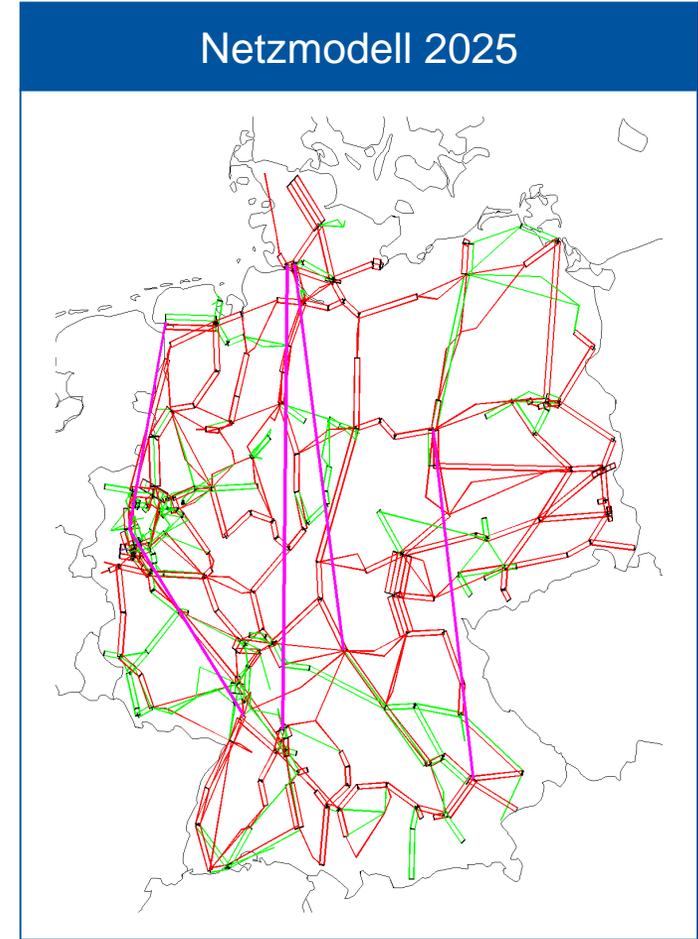
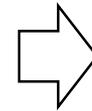
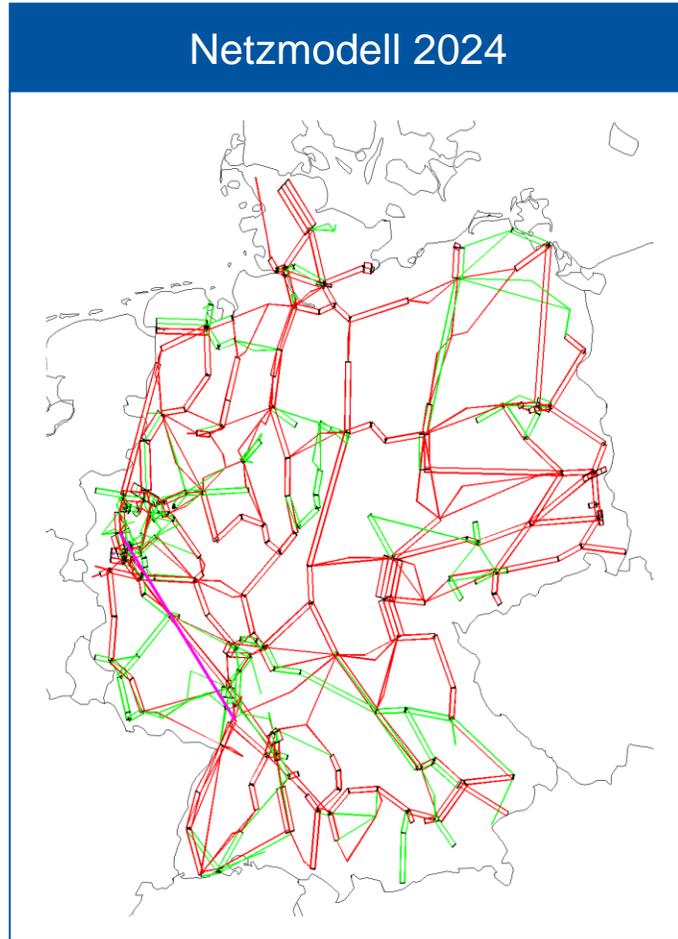
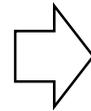
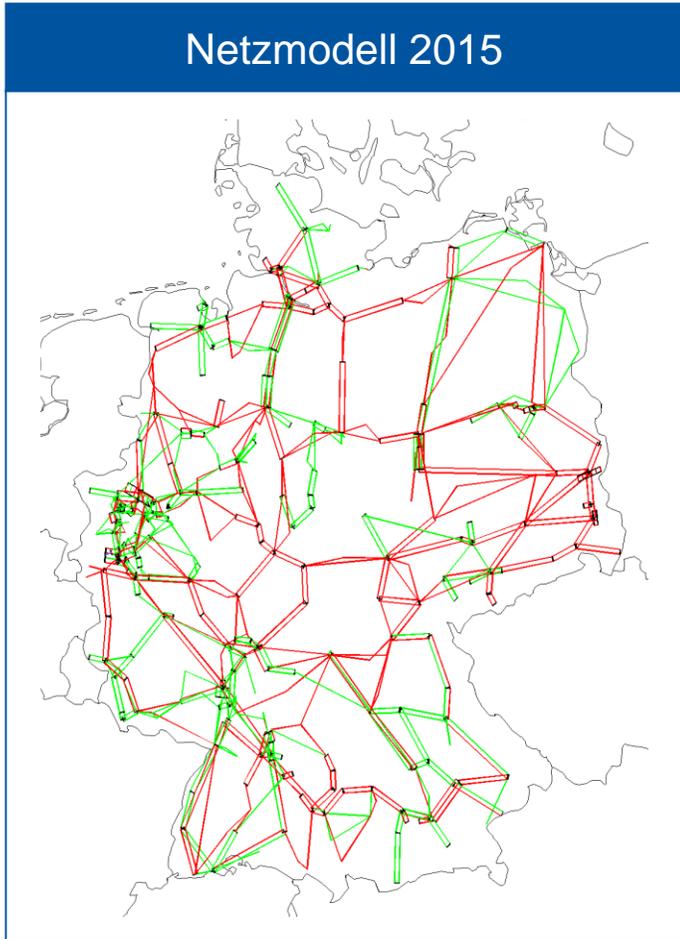
## Überblick über den Untersuchungsrahmen

- Untersuchung von zwei Basisszenarien sowie verschiedener Sensitivitäten

Ultraset	2025		
<b>Referenz</b> • Simulation mit <b>2024</b> Erzeugungsportfolio • Parametrierung/Simulation des Szenarios für 2024 <b>ohne die für 2025 geplanten HGÜ-Verbindungen</b>	<b>Referenz</b> • Angepasstes Erzeugungsportfolio für <b>2025</b> • Simulation <b>mit für 2025 geplanten HGÜs</b>	<b>Offshore-Szenario</b> • <b>Anstieg</b> der installierten Leistung für <b>Offshore</b> Wind in Deutschland (Netz unverändert) • Sensitivität mit <b>neuer HGÜ</b>	<b>Onshore/PV-Szen.</b> • <b>Anstieg</b> der installierten Leistung für <b>Onshore</b> Wind und <b>PV</b> in Deutschland • Netz unverändert

- 2024 Szenario: Untersuchung der Redispatchmengen bei Inbetriebnahme von HGÜ Ultralink (Süd)
  - 2025 Szenarien: Untersuchung des Einflusses eines Anstiegs der Einspeisung aus Offshore-Wind bzw. Onshore-Wind und PV
- ➔ Szenarien basieren auf öffentlich verfügbaren Daten (z.B. installierte Leistung Offshore aus NEP2030)

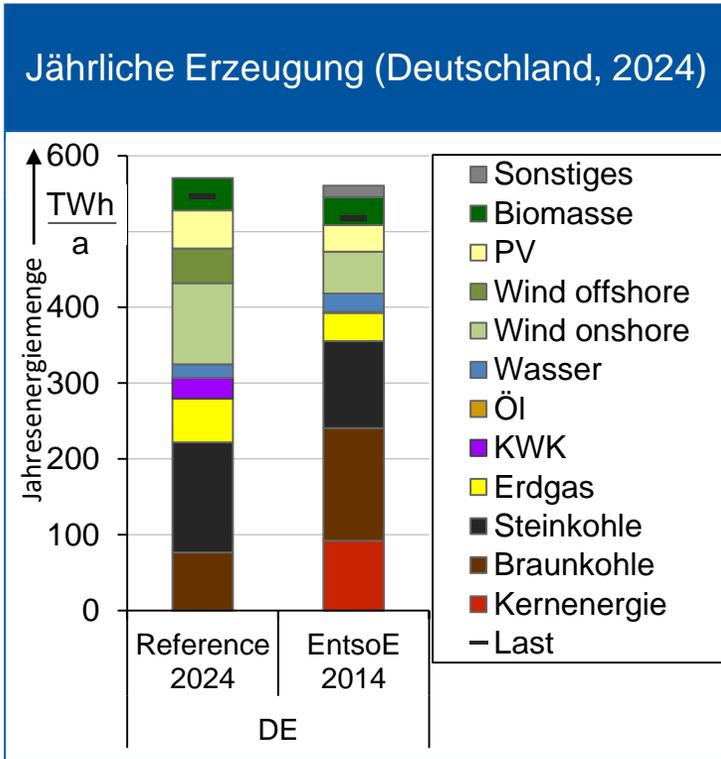
## Anpassung des Netzmodells entsprechend geplanter Projekte



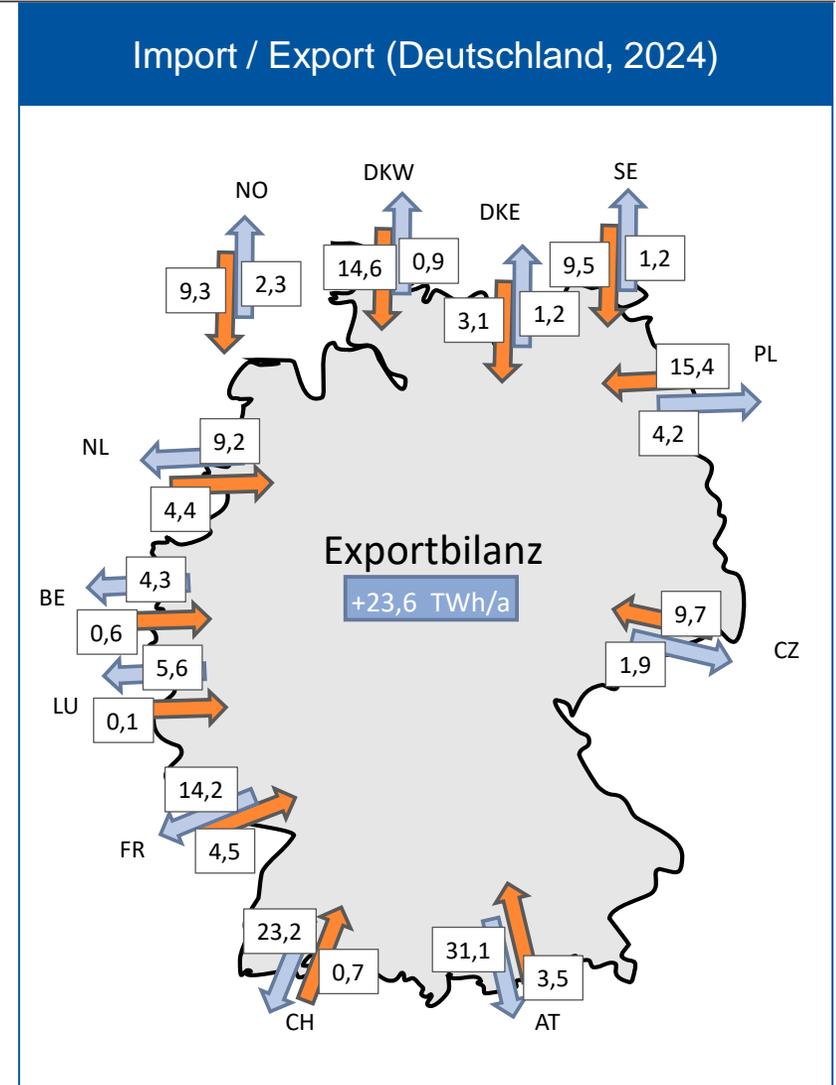
Ultranet	2025	
Referenz	Referenz	Onshore/PV-Szen.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024</li> <li>Parametrierung/Simulation des Szenarien für 2024 ohne für 2025 geplante HGÜ-Verbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025</li> <li>Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Offshore Wind und PV in Deutschland (Netz unverändert)</li> <li>Sensitivität mit neuer HGÜ</li> <li>Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland (Netz unverändert)</li> </ul>

## Import / Export

- Veränderte Einspeisung gegenüber 2014 aufgrund von Veränderungen im Erzeugungsportfolio
- Zunahme des Imports und Exports in fast allen Marktgebieten



[TWh/a]	Referenz 2024	
	Import	Export
Deutschland	75,5	99,2
Dänemark	30,5	34,8
Frankreich	57,2	92,2
Österreich	41,8	27,4
Italien	119,8	0,2
Polen	17,8	22,7
Norwegen	31,5	35,6
Schweden	9,5	60,4



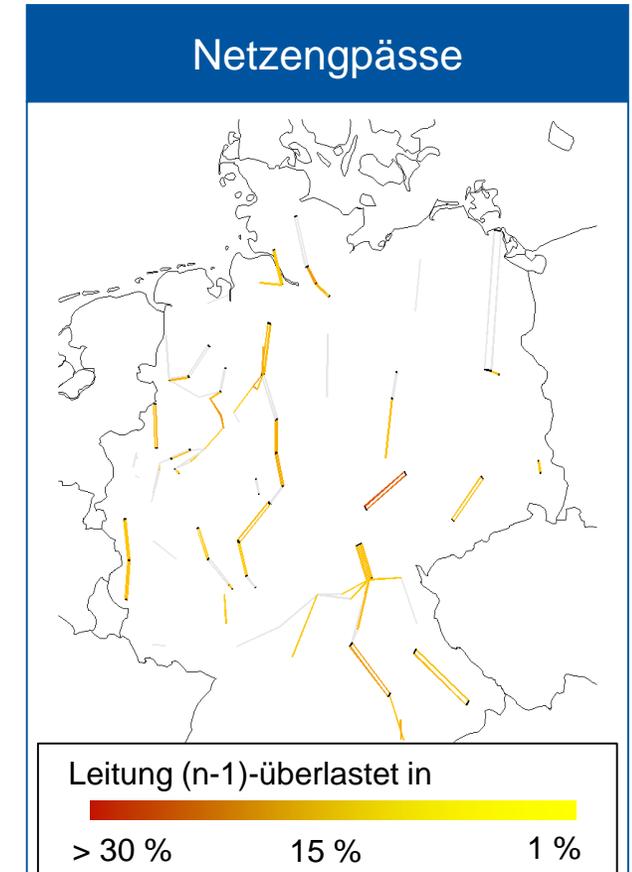
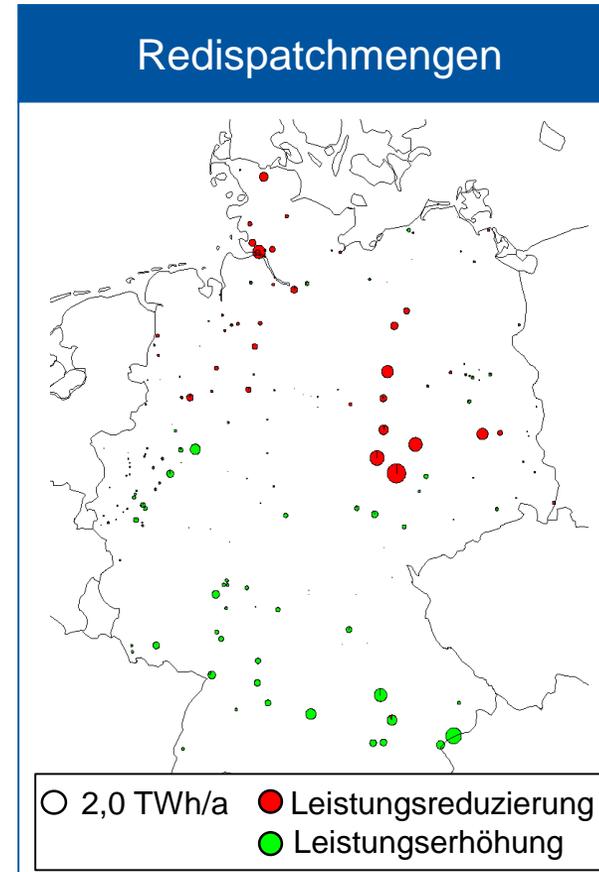
Ultranet	2025		
Referenz	Referenz	Offshore-Szenario	Onshore/PV-Szen.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024</li> <li>Parametrierung/Simulation des Szenarien für 2024 ohne für 2025 geplante HGÜ-Verbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025</li> <li>Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Offshore Wind in Deutschland (Netz unverändert)</li> <li>Sensitivität mit neuer HGÜ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland</li> <li>Netz unverändert</li> </ul>

## Redispatchmengen – Jährliche Untersuchung 2024

- Ergebnis Netzsimulation 2024: **16,4 TWh/a** inklusive Abregelung von Windenergieanlagen
- Netzengepässe insbesondere in Nord-Süd-Richtung
- Leistungserhöhung im Rahmen von Redispatch insbesondere bei Gaskraftwerken im Süden (bei gleichzeitiger Abregelung von Windenergieeinspeisung im Norden)

### Abregelung

Netzverknüpfungspunkte der Offshore-Windparks in Nord- (680 GWh) und Ostsee (24 GWh) sind betroffen



## Unterschiede in installierter Erzeugungsleistung in Deutschland für 2025 Szenarien

### Referenzszenario 2025

- Anstieg EE-Leistung in Deutschland

### Offshore Sensitivität

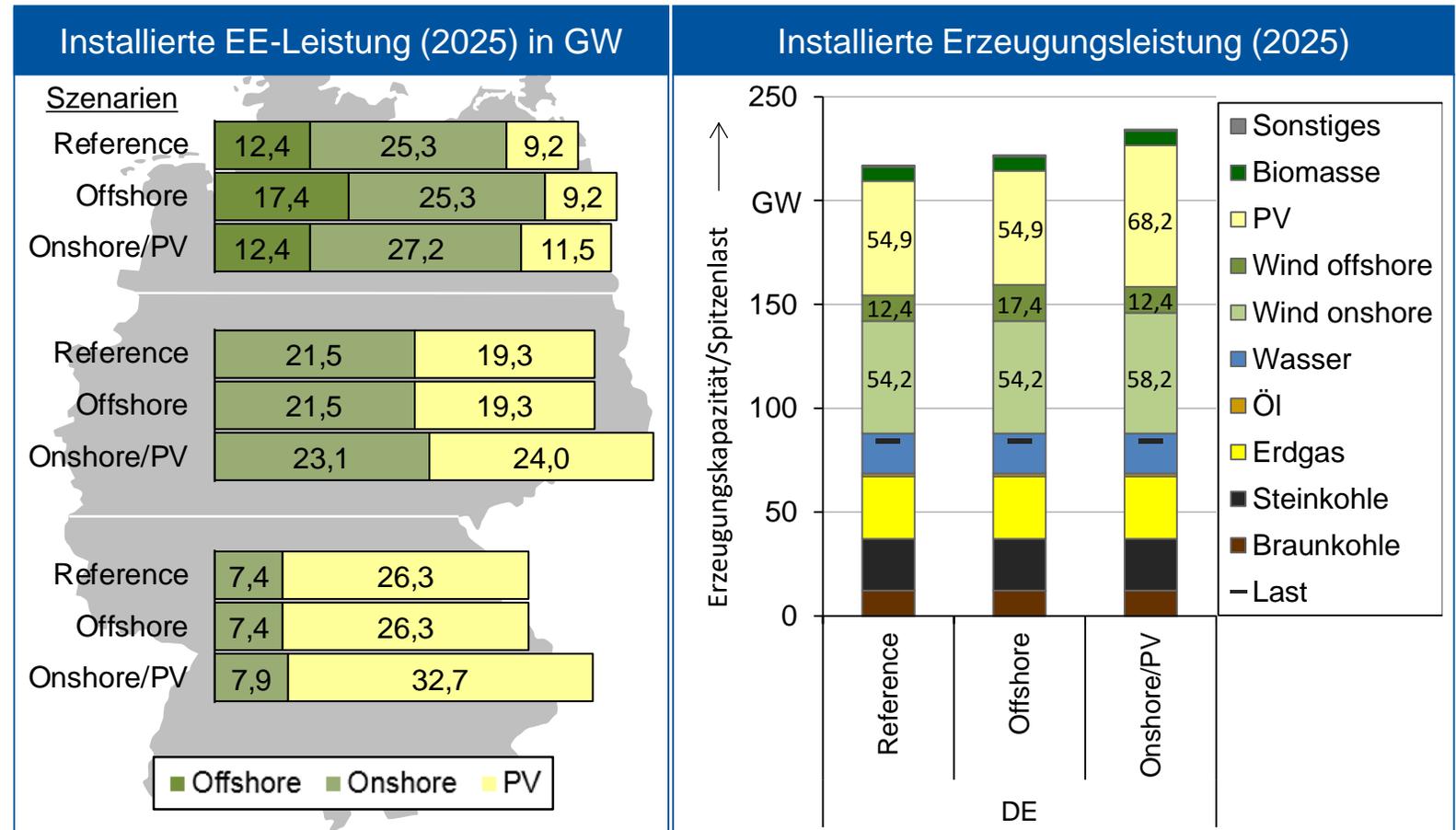
- + 5 GW installierte Leistung Offshore
- Insg. 17,4 GW Offshore-Wind-Leistung
- ➔ Zusätzliche Leistung in Norddeutschland

### Onshore-/ PV-Sensitivität

- Offshore-Kapazität wie in Referenz
- +4 GW installierte Leistung Onshore
- +13,3 GW installierte Leistung PV
- ➔ Zusätzliche Leistung hauptsächlich im Süden Deutschlands

- **Zusätzliche Einspeisung in beiden Sensitivitäten: ~20 TWh/a**

- ➔ Dazu größere installierte Kapazitäten in Onshore-/PV-Sensitivität als in Offshore-Sensitivität notwendig



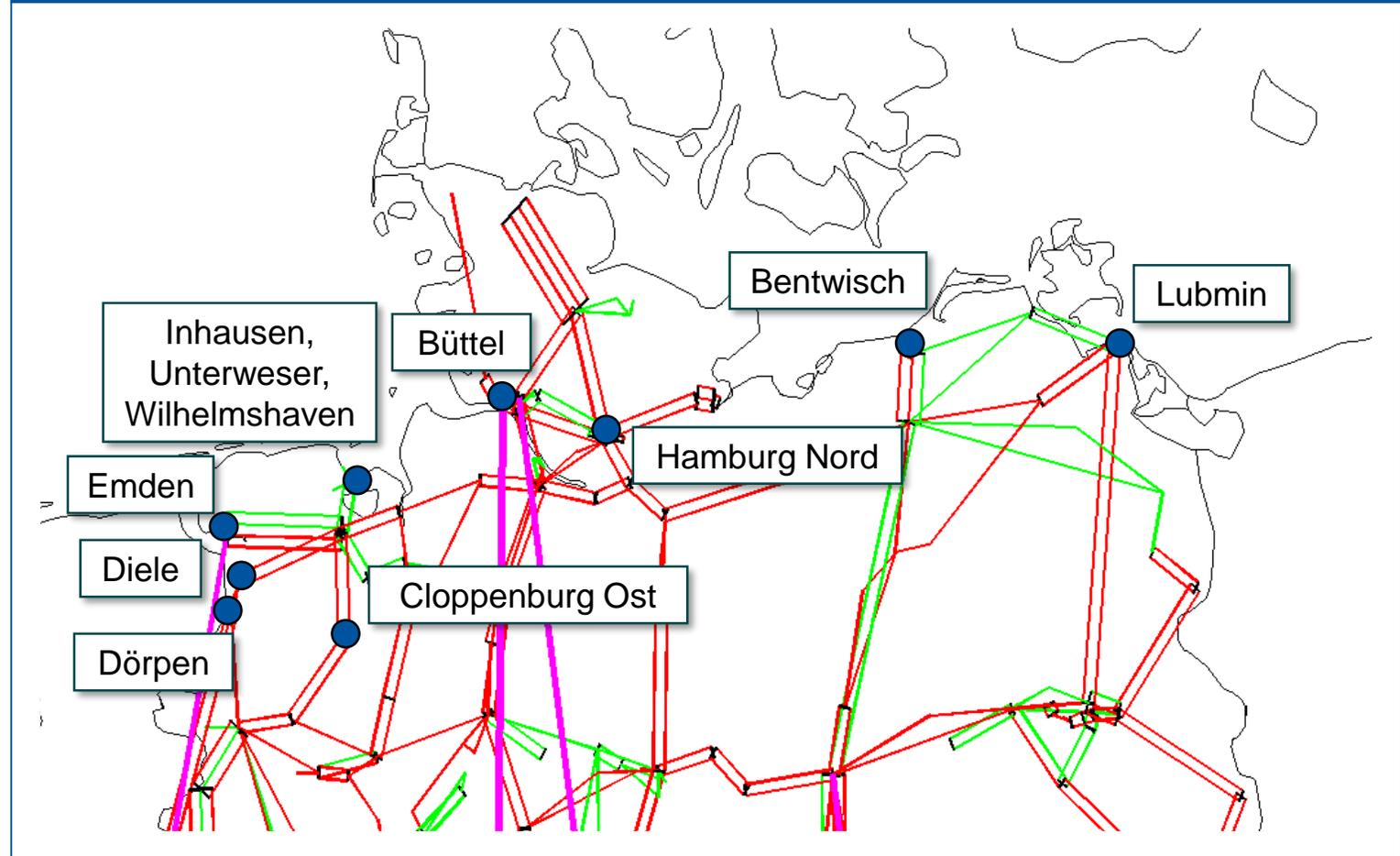
Ultranez	2025	
Referenz	Referenz	Onshore/PV-Szen.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024</li> <li>Parametrierung/Simulation des Szenarien für 2024 ohne des 2025 geplante HGÜ-Verbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025</li> <li>Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland (Netz unverändert)</li> <li>Netz unverändert</li> </ul>
	Offshore-Szenario	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Offshore Wind in Deutschland (Netz unverändert)</li> <li>Sensitivität mit neuer HGÜ</li> </ul>	

## Netzanbindung Offshore

- Zuordnung von Offshore-Windparks zu Netzverknüpfungspunkten

Netzanbindung	Referenz 2025 Leistung [MW]	Offshore Szen. Leistung [MW]
UW Emden/Borßum	1968	2873
UW Inhausen	111	111
KS Dörpen/West	2528	2616
KS Büttel	3037	3030
KS Diele	2070	1200
UW Cloppenburg Ost	900	2700
UW Lubmin	1485	1500
UW Bentwisch	336	670
UW Hamburg Nord	-	900
UW Wilhelmshaven 2	-	1800
<b>Summe</b>	<b>~ 12,4 GW</b>	<b>17,4 GW</b>

## Netzverknüpfungspunkte - Referenz 2025

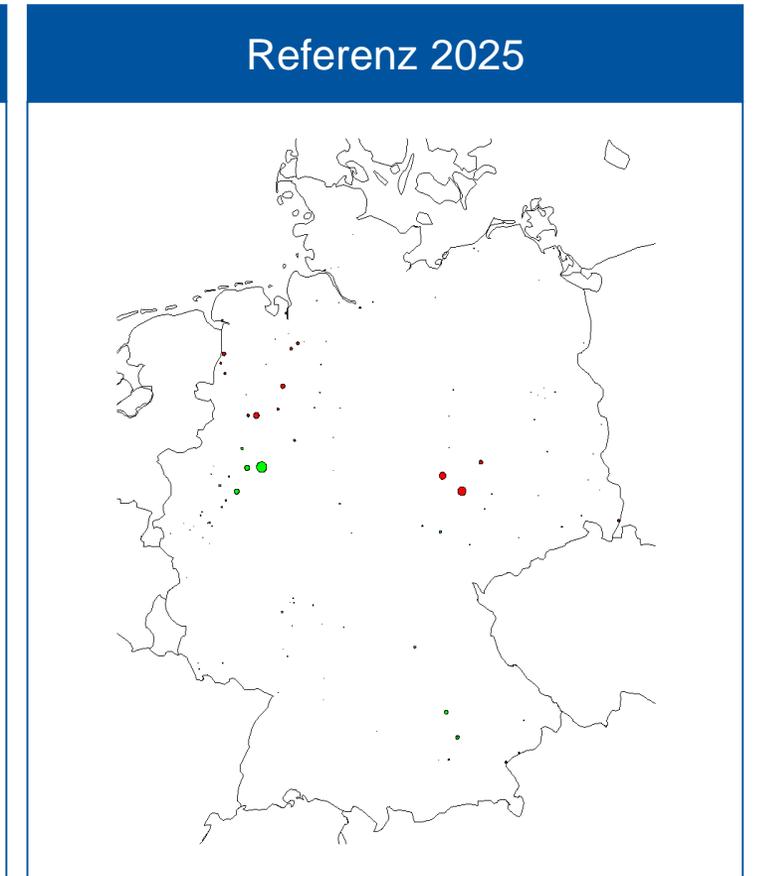
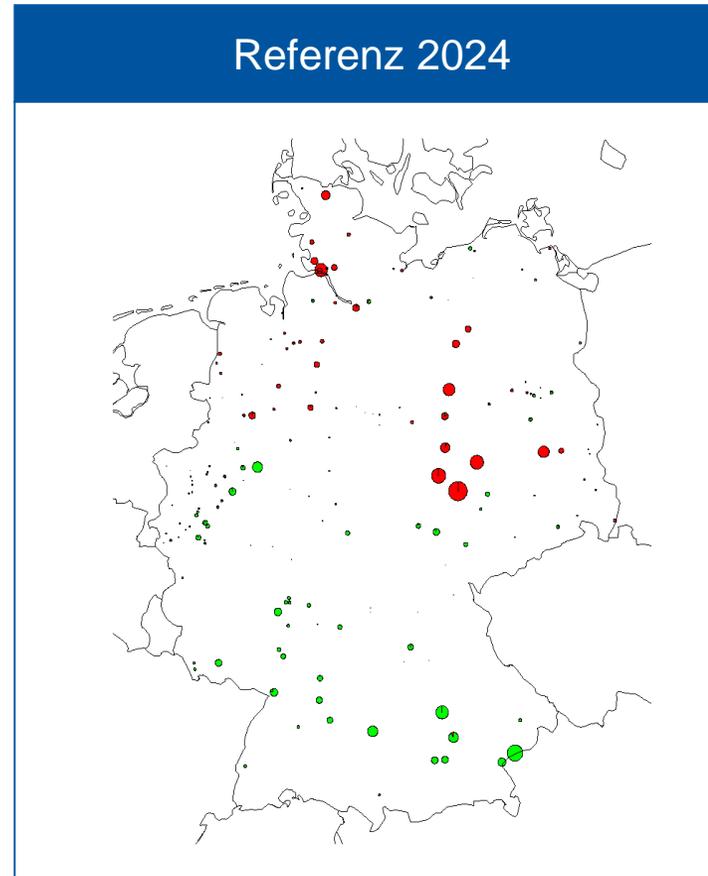


Ultramet	2025	
Referenz	Referenz	Onshore/PV-Szen.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024</li> <li>Parametrierung/Simulation des Szenarien für 2024 ohne für 2025 geplante HGÜ-Verbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025</li> <li>Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland (Netz unverändert)</li> <li>Sensitivität mit neuer HGÜ</li> </ul>

## Redispatchmengen – Jährliche Untersuchung für 2024 und 2025

○ 1,0 TWh/a ● Leistungsreduktion ● Leistungserhöhung

- Redispatch 2024: ~ **16,4 TWh/a**
- Redispatch 2025: ~ **2,1 TWh/a**
- Netzengepässe in 2024
  - Vor Redispatch: ~ 12 TWh/a
- Netzengepässe in 2025
  - Vor Redispatch: ~ 1 TWh/a
- Reduzierte Engpässe in 2025 vor Redispatchmaßnahmen, aufgrund
  - der Inbetriebnahme aller für 2025 geplanten HGÜ-Verbindungen
  - des Ausbaus des AC-Netzes



Ultramet	2025		
<b>Referenz</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Simulation des Erzeugungsportfolios für 2024</li><li>Parametrierung/Simulation des Szenarien für 2024 ohne für 2025 geplante HGÜ-Verbindungen</li></ul>	<b>Referenz</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Angepasstes Erzeugungsportfolio für 2025</li><li>Simulation mit für 2025 geplanten HGÜs</li></ul>	<b>Offshore-Szenario</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Anstieg der installierten Leistung für Offshore Wind in Deutschland (Netz unverändert)</li><li>Sensitivität mit neuer HGÜ</li></ul>	<b>Onshore/PV-Szen.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Anstieg der installierten Leistung für Onshore Wind und PV in Deutschland</li><li>Netz unverändert</li></ul>

## Jährliche Untersuchung – Redispatch

○ 1,0 TWh/a ● Leistungsreduktion ● Leistungserhöhung

### Redispatchmengen

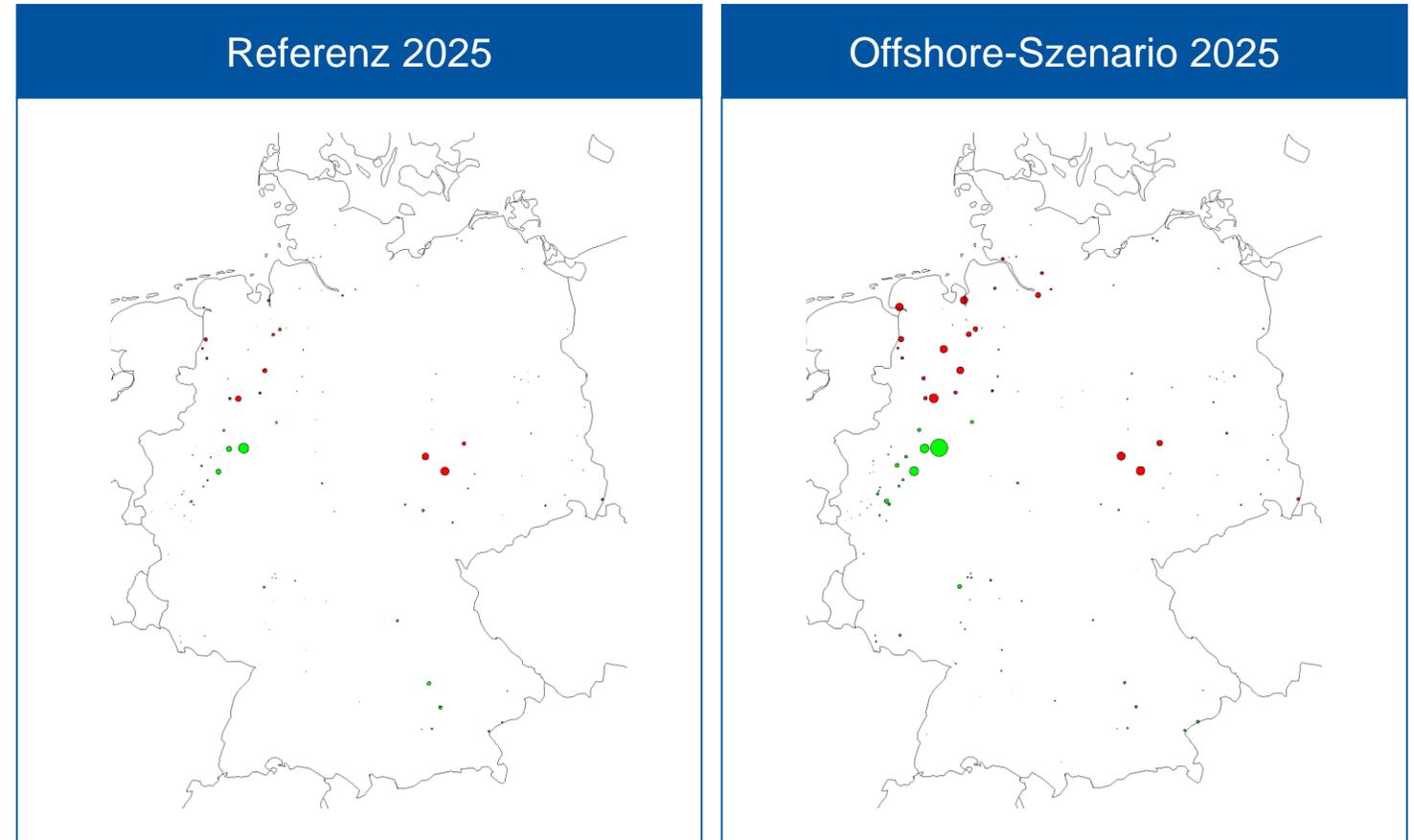
- Referenzszenario: **2,1 TWh/a**
- Onshore-/PV-Szenario: **2,6 TWh/a**
- Offshore-Szenario: **5,7 TWh/a**

### Onshore/PV-Szenario

- Geringer Einfluss auf Engpasssituation aufgrund homogener Verteilung der Kapazitäten in Deutschland
- Leichter Anstieg des Redispatchbedarfs

### Offshore-Szenario

- Anstieg der Redispatchmenge aufgrund der Konzentration der Einspeisung im Norden



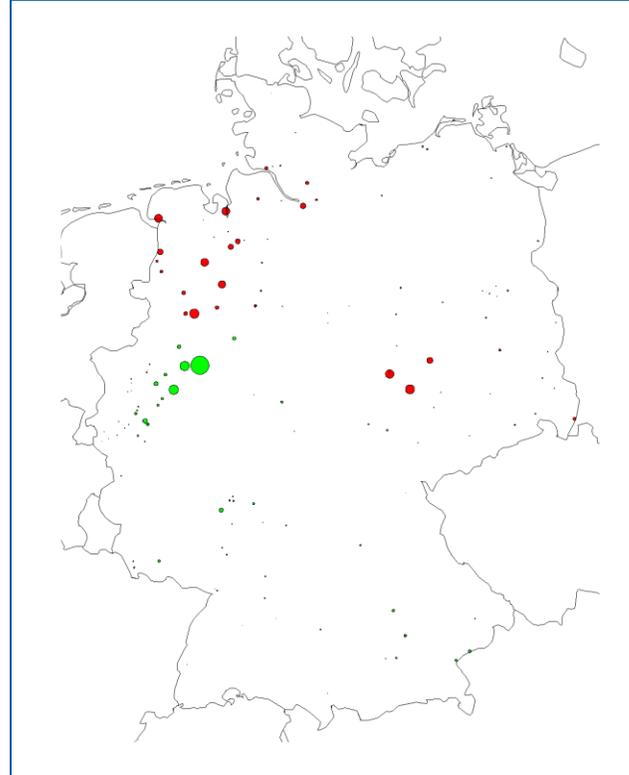
## Untersuchung des Offshore-Szenarios mit zusätzlicher HGÜ

- Redispatch ohne DCY: ~ **5,7 TWh/a**
- Redispatch mit DCY: ~ **2,7 TWh/a**
- Insbesondere in Nord-West-Richtung Verringerung der Redispatchmengen aufgrund Inbetriebnahme der HGÜ von *Cloppenburg Ost* nach *Uentrop*<sup>1</sup>
  - Bei Inbetriebnahme von DCY Redispatchmengen im Bereich des Referenzszenarios (~ 2,1 TWh/a)
  - Geringere Abregelung der Einspeisung aus Offshore-Windparks zu erwarten

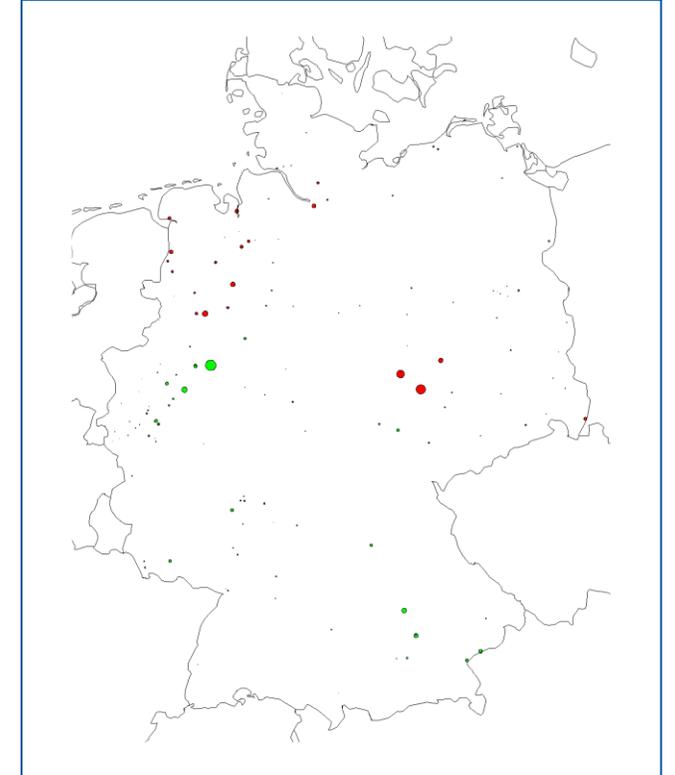
<sup>1</sup>Basierend auf erstem Entwurf des NEP 2030

○ 1,0 TWh/a ● Leistungsreduktion ● Leistungserhöhung

Offshore-Szenario ohne DCY



Offshore-Szenario mit DCY



# Kontakt

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), RWTH Aachen University

[oi@iaew.rwth-aachen.de](mailto:oi@iaew.rwth-aachen.de)

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

## Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser