

The background image shows a close-up, low-angle view of a large array of solar panels. The panels are dark blue with a grid of white lines. In the distance, a high-voltage power line tower is visible against a bright blue sky with scattered white clouds. The overall scene suggests a focus on renewable energy and power infrastructure.

# Zukunft der Systemdienstleistungen

Tagung EFZN / BNetzA 2016

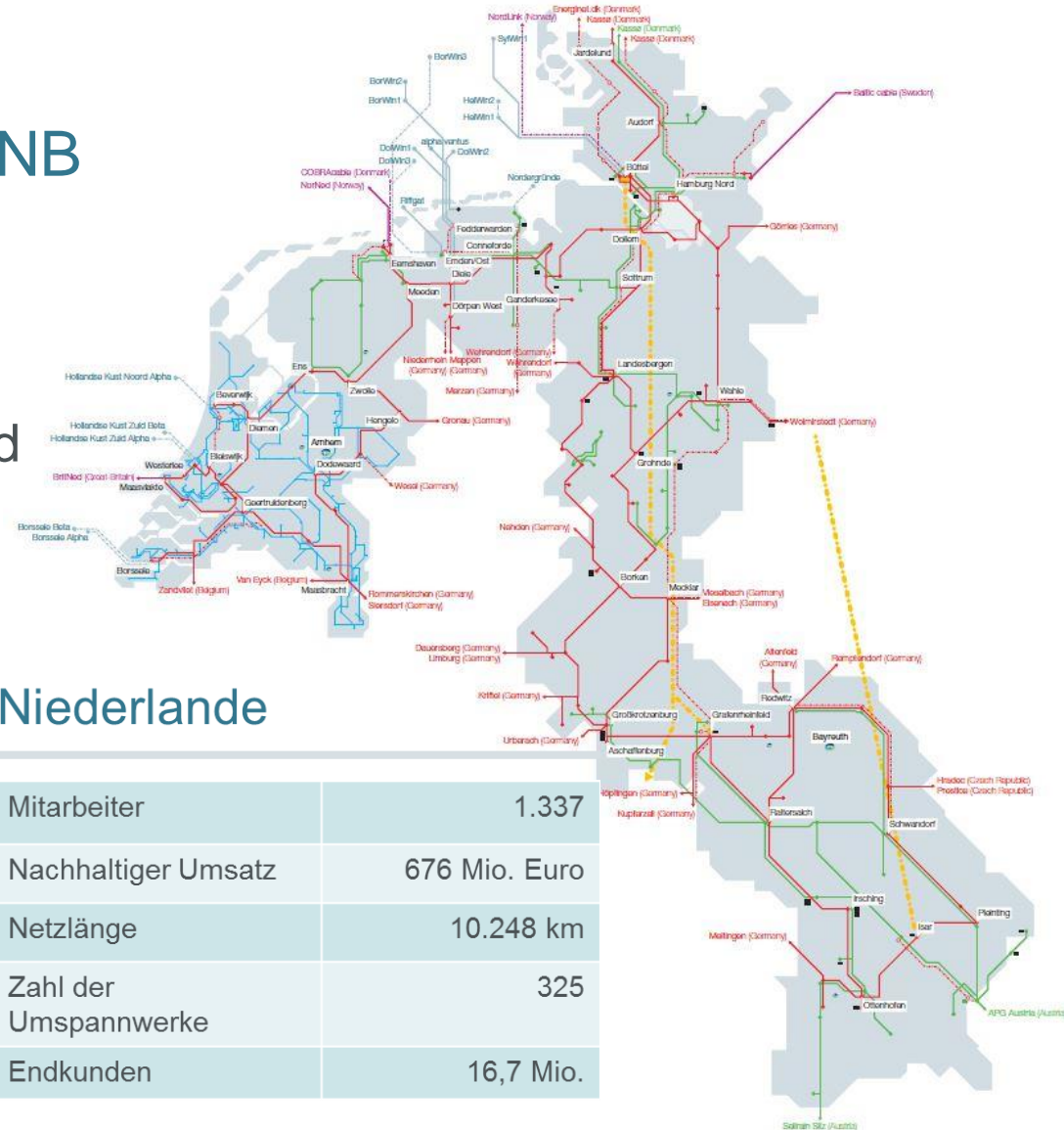
18. Mai 2016 - Göttingen  
Dr. Peter Hoffmann, Leiter Netzführung

# TenneT auf einen Blick



## Europas erster grenzüberschreitender ÜNB

- Niedergelassen in Arnheim / Niederlande und Bayreuth / Deutschland
- Zu 100 % im Besitz des niederländischen Staates



### Deutschland

Mitarbeiter	1.476
Nachhaltiger Umsatz	2.597 Mio. Euro
Netzlänge	12.127 km
Zahl der Umspannwerke	129
Endkunden	24,11 Mio.

### Niederlande

Mitarbeiter	1.337
Nachhaltiger Umsatz	676 Mio. Euro
Netzlänge	10.248 km
Zahl der Umspannwerke	325
Endkunden	16,7 Mio.

# Schlüsselaufgaben eines ÜNB



## Unsere drei Schlüsselaufgaben

**1 Übertragungsdienstleistungen**  
Bau und Wartung eines Hoch- und Höchstspannungsnetzes

**2 Systemdienstleistungen**  
Aufrechterhaltung des Gleichgewichts zwischen Stromangebot und Stromnachfrage rund um die Uhr und sieben Tage die Woche

**3 Marktförderung**  
Förderung eines reibungslos funktionierenden, liquiden und stabilen Strommarktes



# Agenda

---

- **Rahmenbedingungen der Energiewende**
- **Herausforderungen für die Systemdienstleistungen des ÜNB**
- **Zukunft der Systemdienstleistungen**
- **Zusammenfassung**



# Rahmenbedingungen der Energiewende



# Kernenergieausstieg

## Etappen des Atomausstiegs bis 2022

### 2011:

Biblis A 1.167 MW  
Unterweser 1.345 MW  
Philippsburg 1890 MW  
Biblis B 1.240 MW

Neckarwestheim 1 785 MW  
Isar 1 878 MW  
Brunsbüttel 771 MW  
Krümmel 1.346 MW

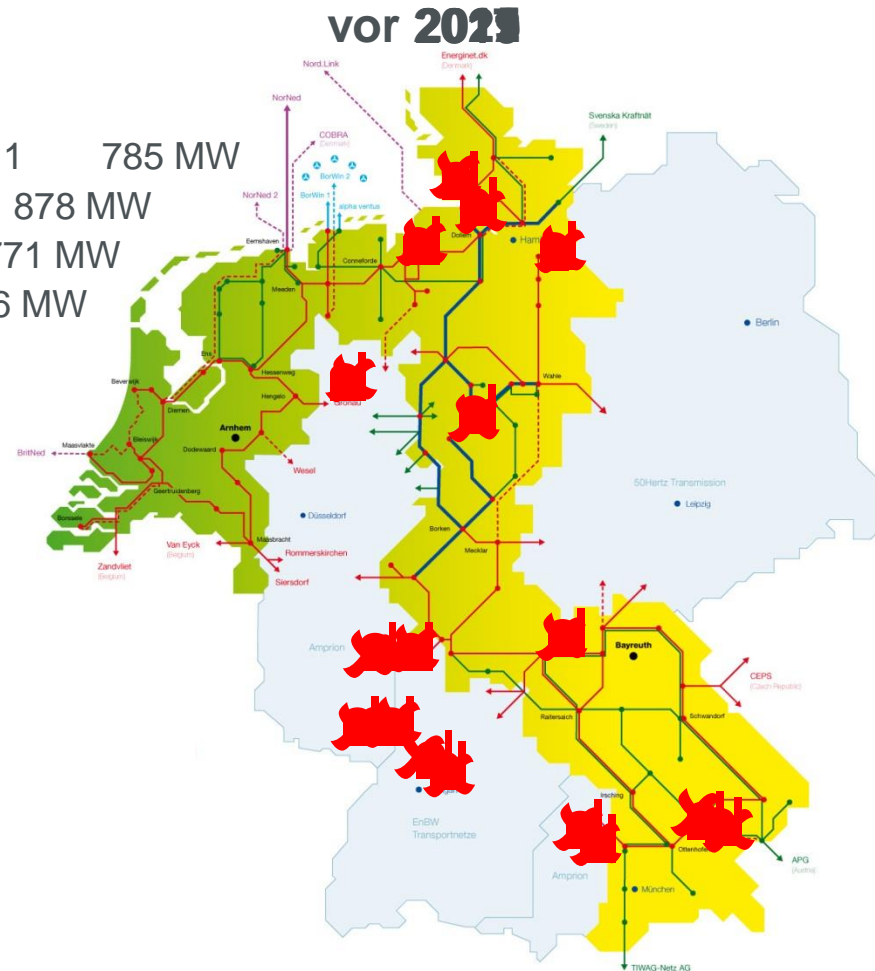
**2015:** Grafenrheinfeld 1.275 MW

**2017:** Gundremmingen B 1.284 MW

**2019:** Philippsburg 2 1.392 MW

**2021:** Brokdorf 1.410 MW  
Gundremmingen C 1.288 MW  
Grohnde 1.360 MW

**2022:** Isar 2 1.400 MW  
Neckarwestheim 2 1.310 MW  
Emsland 1.329 MW

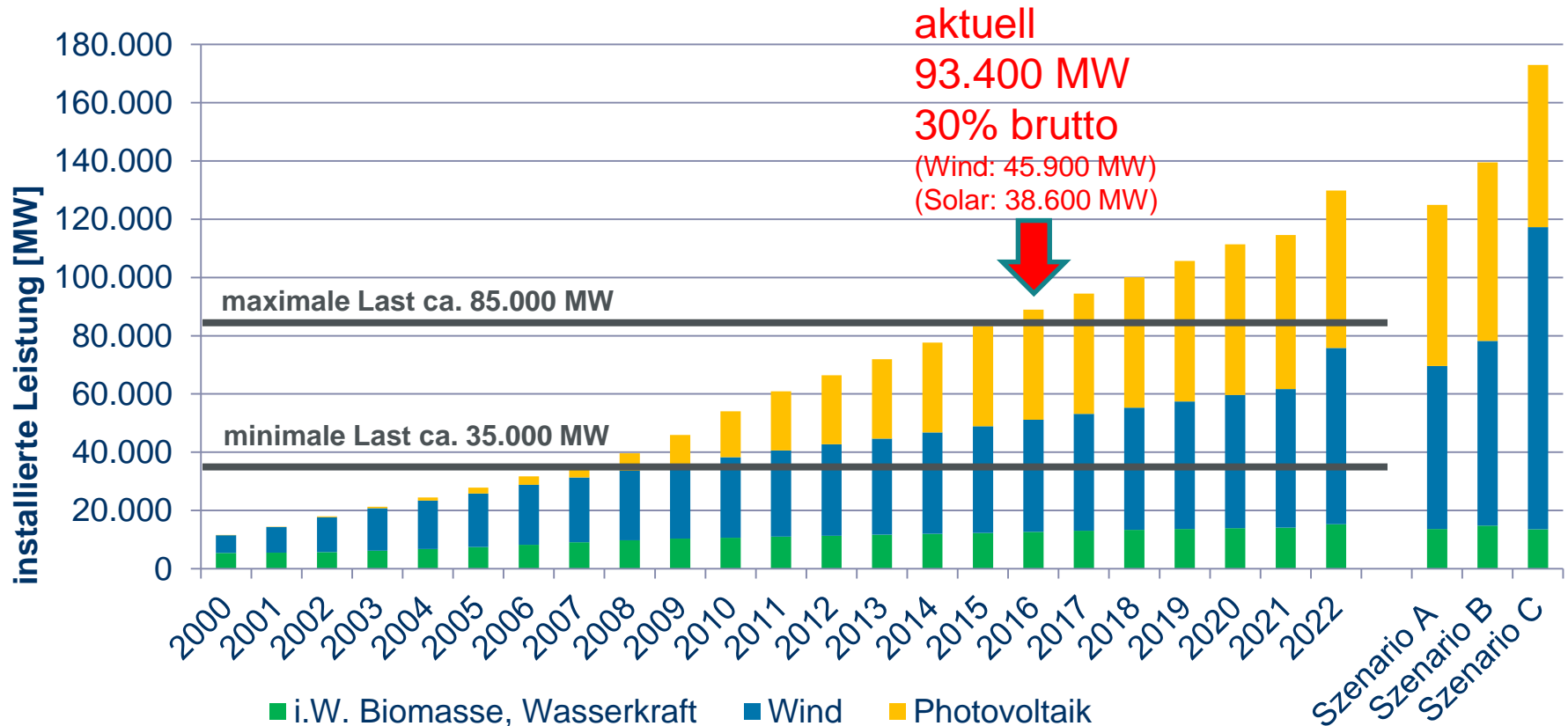


- ~~20.470~~ **20.470** MW Nettoleistung Kernenergie



# Entwicklung Erneuerbare Energien bis 2020

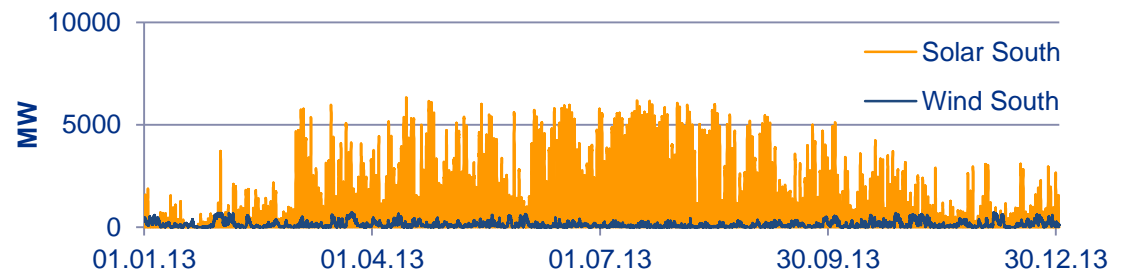
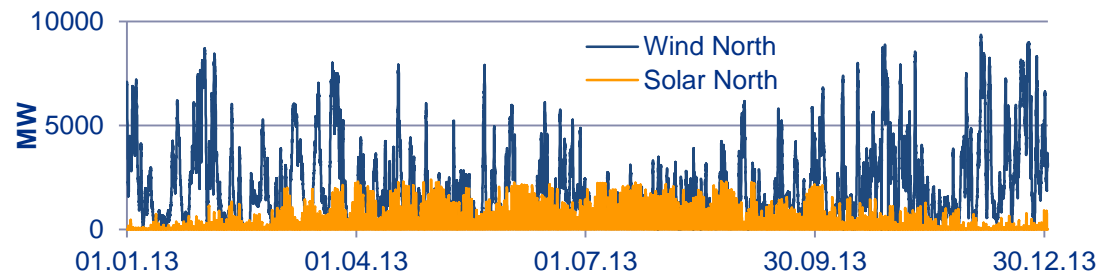
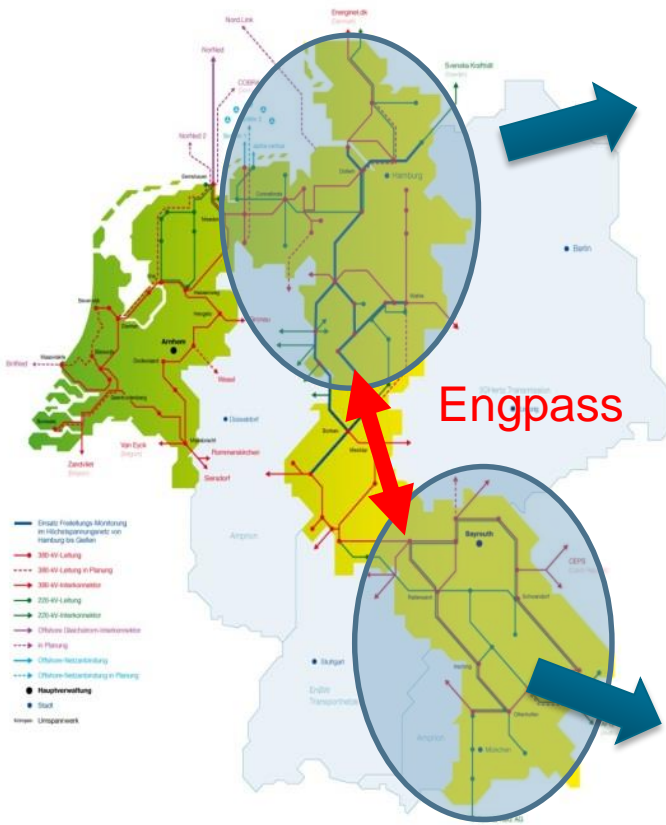
Quelle: BMU, Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland, 2009



**Weitere Steigerung von 35% EE-Anteil am Bruttostromverbrauch in 2020 bis auf 55-60% in 2035 und 80% in 2050.**

# Konzentration dezentraler Erzeugungsstruktur

Wind und PV, Regelzone TenneT, regionale Verteilung



Netzausbauplanung auf Basis weiträumiger Leistungstransporte



# Netzausbau gemäß NEP 2025

## Netze für die Energiewende



NETZ  
ENTWICKLUNGS  
PLAN STROM



**Grundlage für Versorgungssicherheit und stabilen Netzbetrieb in zehn Jahren. Öffentlich konsultiert und jährlich aktualisiert**

### DC-Übertragungskorridore Neubau in Deutschland

- Länge: 3.200 km
- Übertragungskapazität: 10 GW
- nach Belgien, Dänemark, Norwegen und Schweden: 330 km

### AC-Netz Neubau

- Länge: 1.100 km

### DC/AC-Netz Verstärkung

- Länge: 5.300 km

### Abgeschätztes Investitionsvolumen

- DC-Verbindungen (außer DC2) zu 100 % als Erdkabel: 33 Mrd. €

# Offshore-Netzausbau gemäß O-NEP 2025

## Start-Offshorenetz Nordsee

Das Startnetz besteht aus:

- Ist-Netz (Stand 31.12.2015)
- in der Umsetzung befindliche Netzausbaumaßnahmen (planfestgestellt bzw. in Bau)

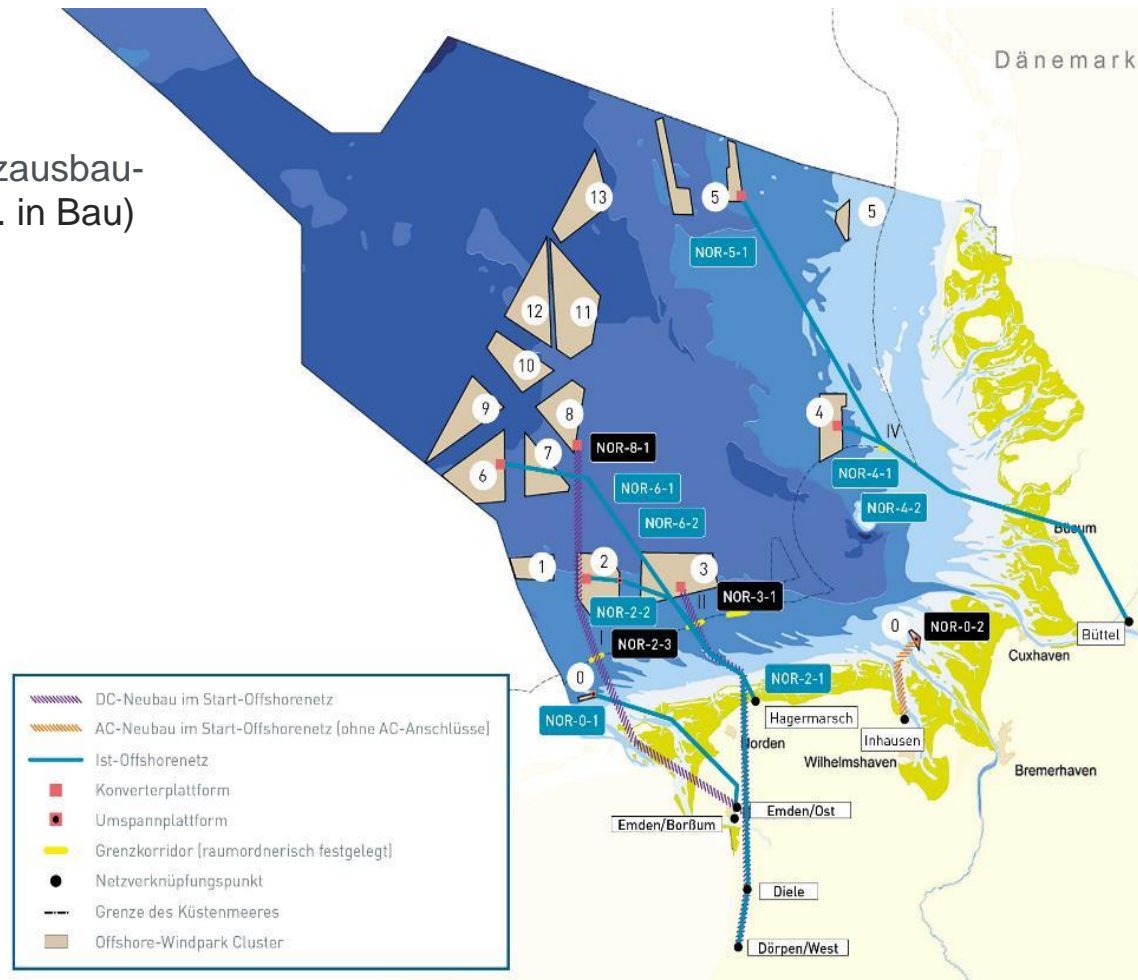
**Übertragungskapazität  
Start-Offshorenetz**

**8,2 GW + 3,2 GW Zubau**

➤ **davon Nordsee**

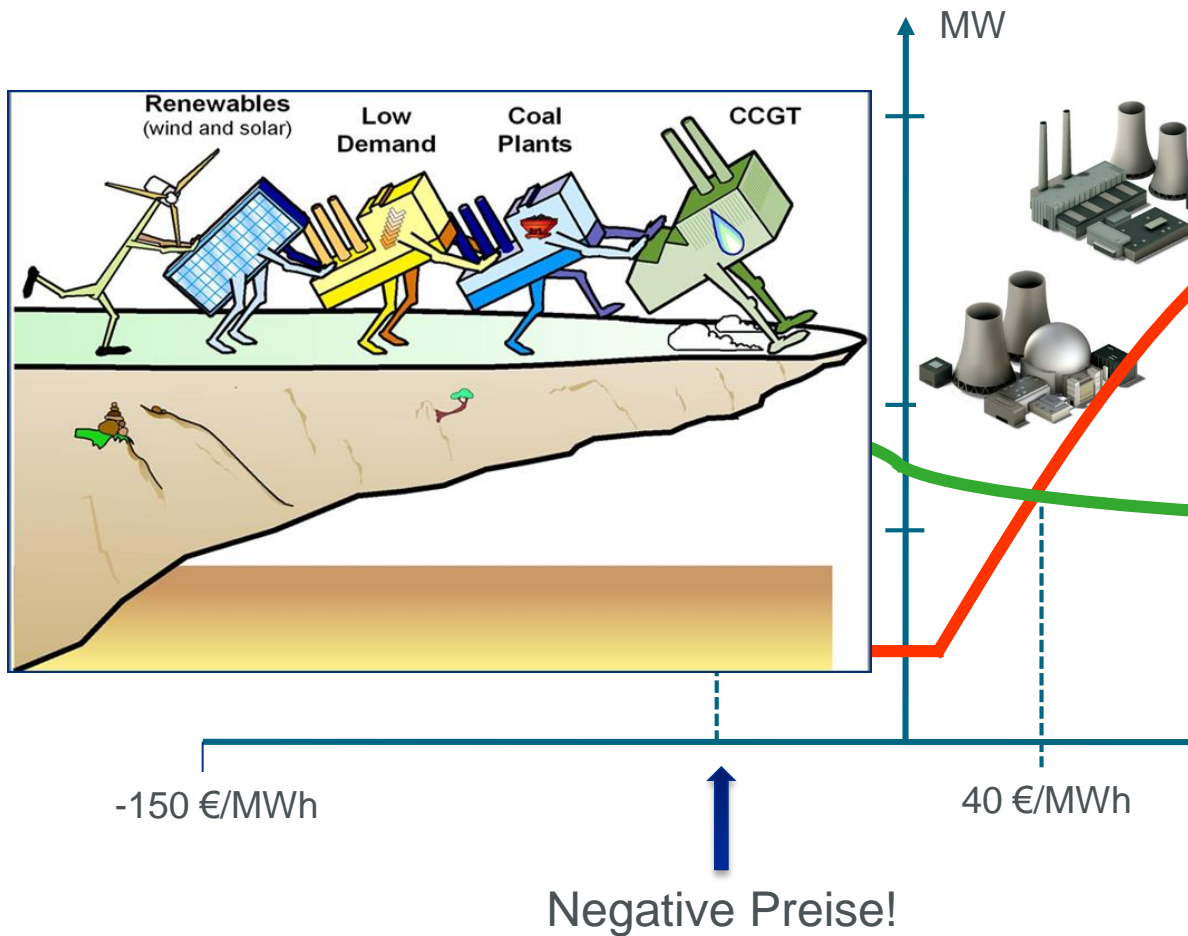
**7,1 GW + 2,7 GW Zubau**

**Gesamtinvest: + ca. 5 Mrd. €**



# Merit-Order Effekt

## Einsatzreihenfolge der Kraftwerke



13.08.14

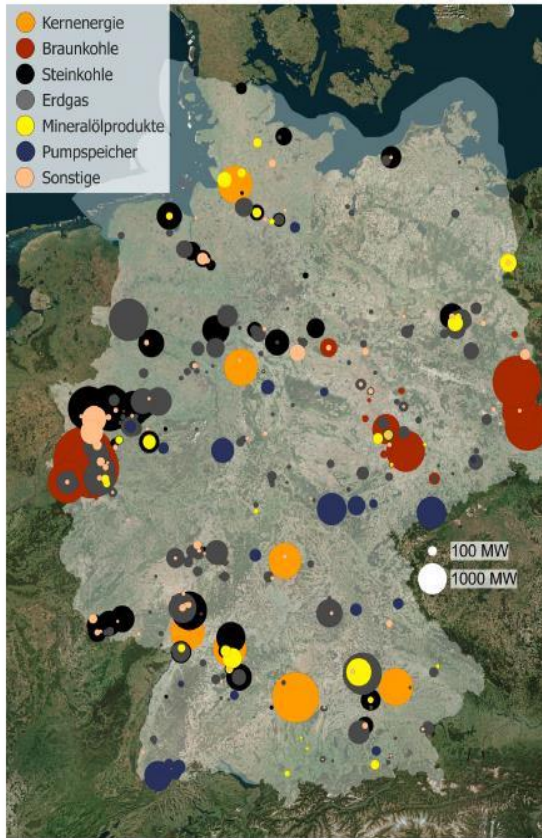
**RWE schaltet drei Meiler ab**

Berlin – Deutschlands zweitgrößter Energiekonzern RWE hat am Dienstag Pläne bestätigt, weitere Kraftwerke vom Netz zu nehmen. Zwischen 2015 und Anfang 2017 sollten Kapazitäten von rund 1000 Megawatt vom Netz genommen werden, falls sich die Marktbedingungen nicht änderten, sagte ein RWE-Sprecher am Dienstag. Im ersten Quartal waren die Ergebnisse der RWE-Kraftwerkssparte wegen der niedrigen Börsenstrompreise erneut stark um 25 Prozent auf 559 Millionen Euro zurückgegangen. Im Einzelnen geht es um 110 Megawatt Kraftwerkskapazität eines Braunkohlekraftwerkes in Hürth ab dem dritten Quartal 2015, den Block C des Steinkohlekraftwerkes Westfalen in Hamm mit 285 Megawatt ab Anfang 2016 und den Steinkohleanteil des Gersteinwerkes in Werne, nordöstlich von Dortmund mit 610 Megawatt. Das Werner Kraftwerk soll ab dem ersten Quartal 2017 vom Netz gehen. MBAL

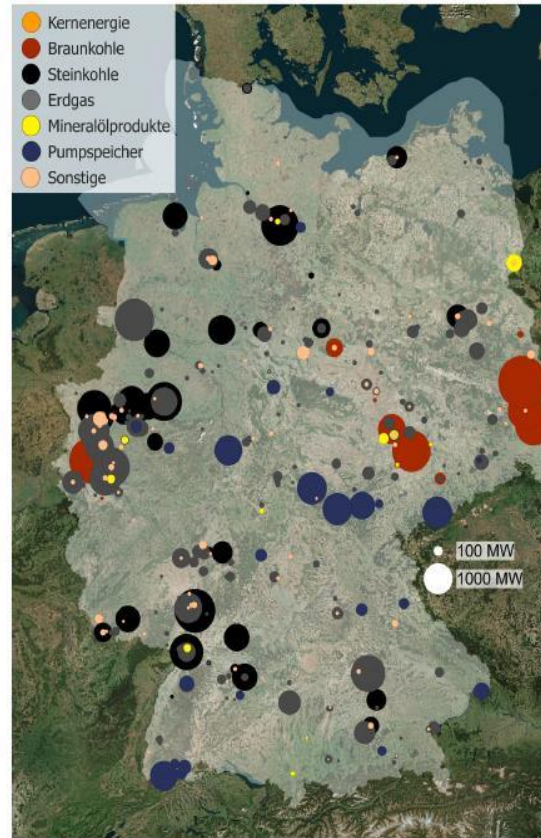
EE-Anlagen drängen konventionelle Kraftwerke aus dem Markt.

# Entwicklung der konventionellen Erzeugungskapazitäten

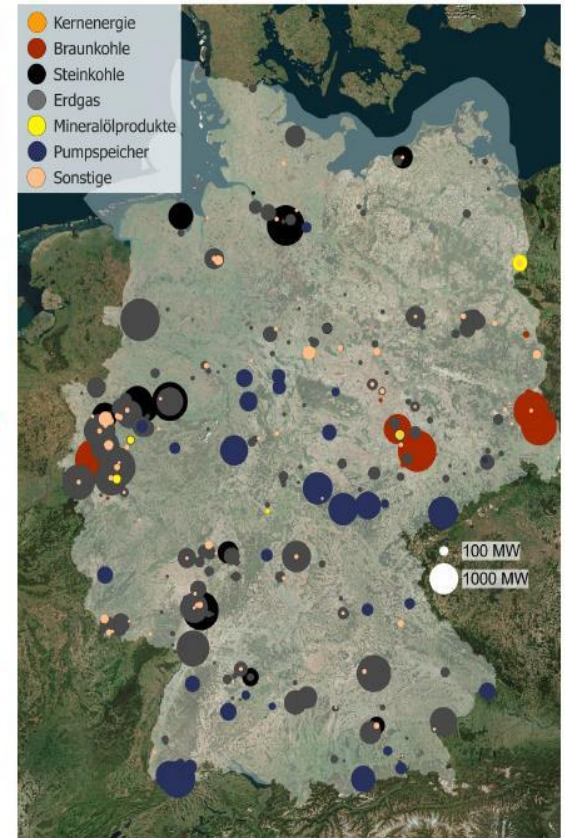
Referenzjahr 2013



B1 2025/B2 2025



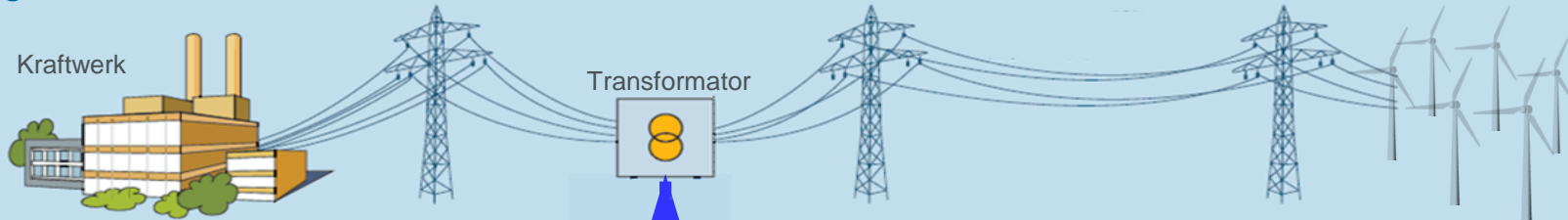
B1 2035/B2 2035



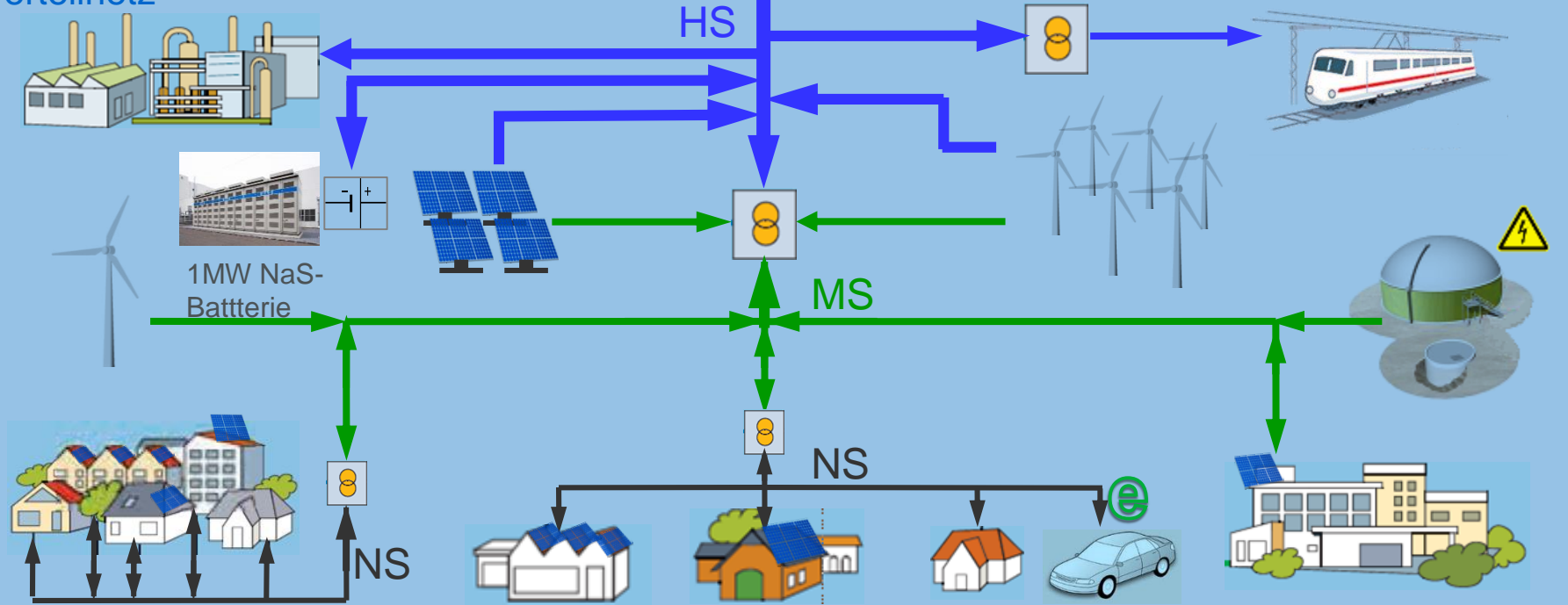


# Strukturwandel der Energieversorgung

## Übertragungsnetz



## Verteilnetz

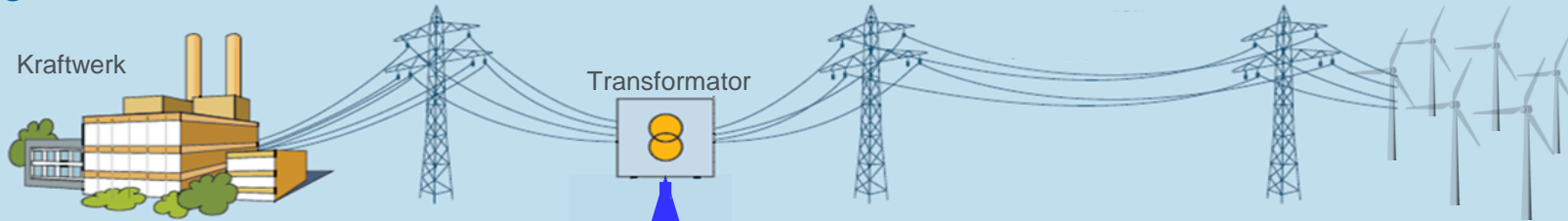


Strukturwandel von Top-Down, Erzeugung folgt Verbrauch  
zu Bottom-Up, Verbrauch folgt „smart“ der Erzeugung

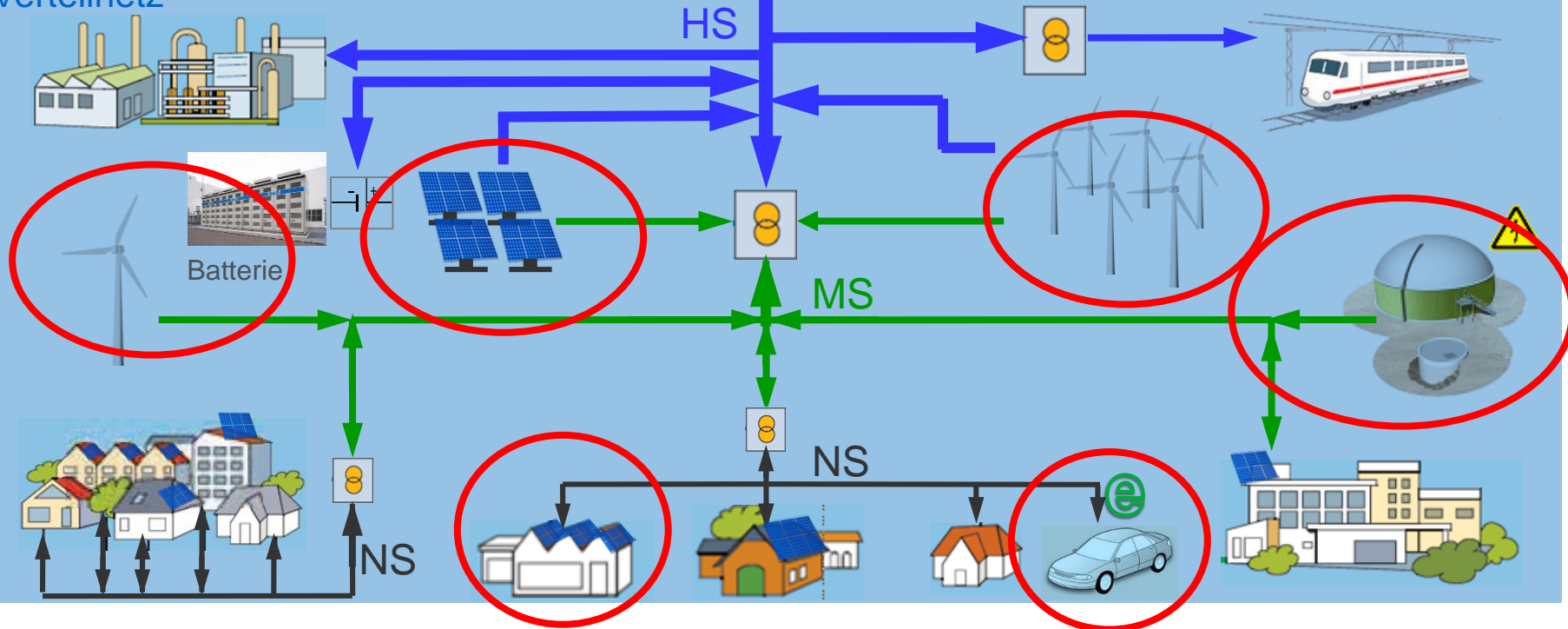


# Strukturwandel der Energieversorgung

## Übertragungsnetz



## Verteilnetz



Die Zukunft ist von dezentralen Erzeugungs-/Speicherstrukturen geprägt

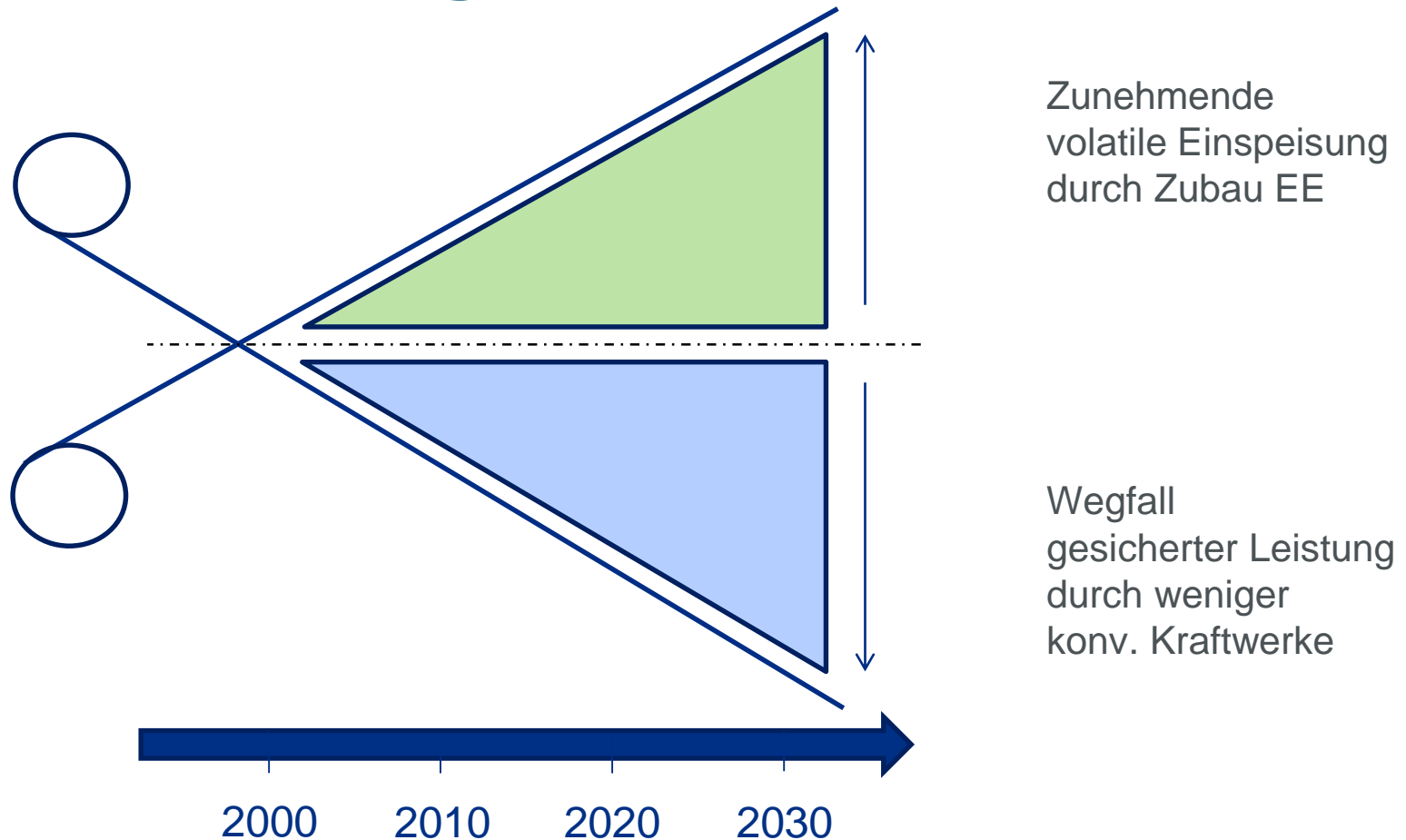
# Herausforderungen für die Systemdienstleistungen des ÜNB



Tennet  
Energy



# Schere zwischen Erzeugung aus EE und konv. Energie öffnet sich weiter



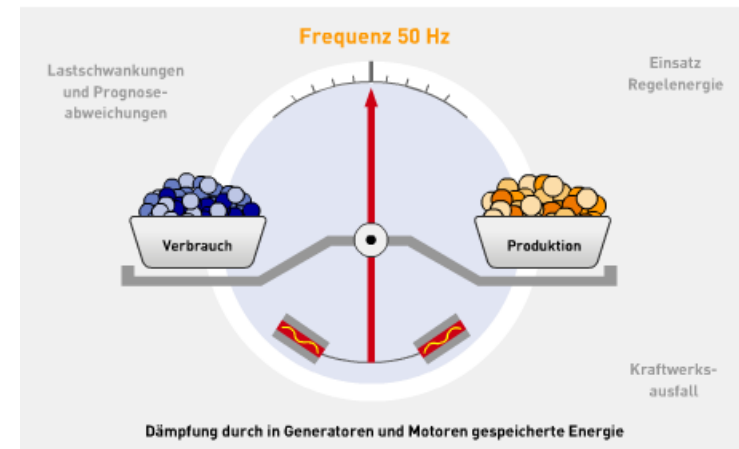
Wie können zukünftig die Systemdienstleistungen sichergestellt werden ?



# Systemdienstleistungen des ÜNB



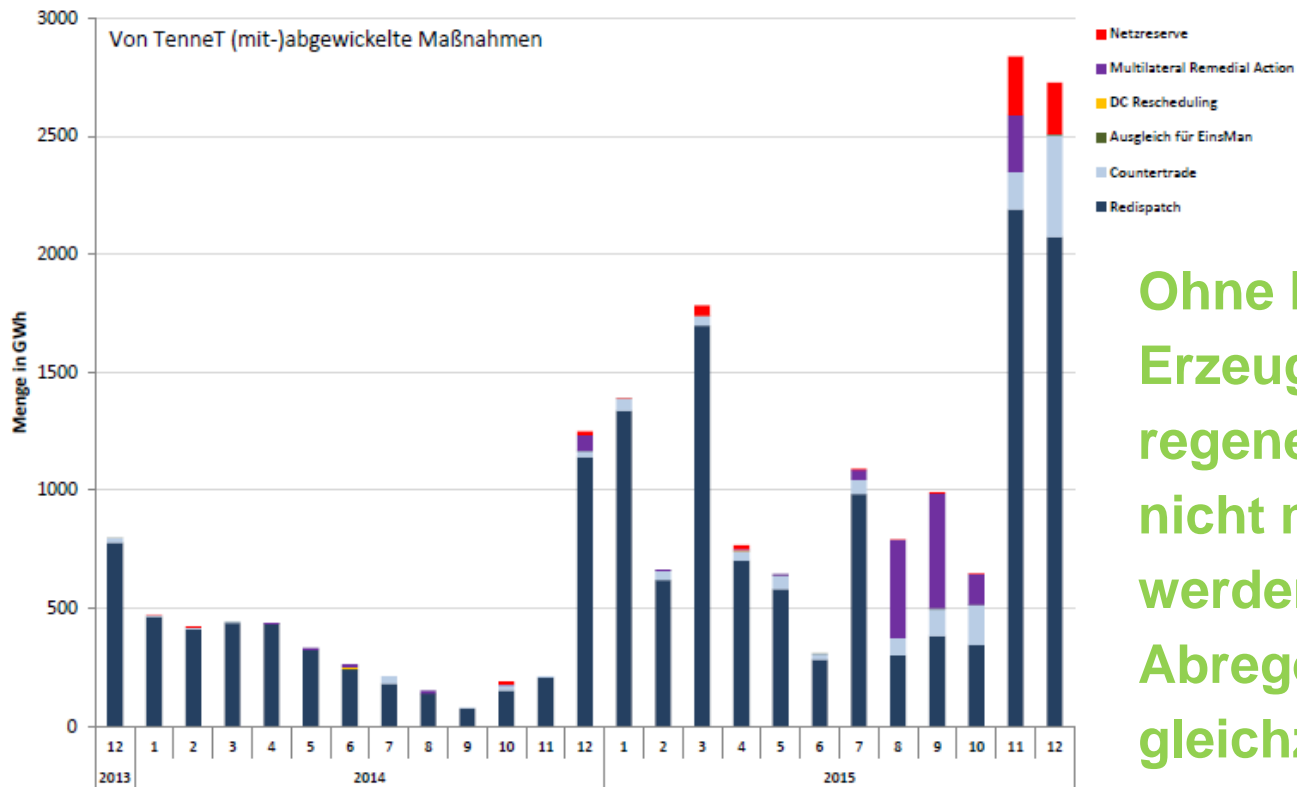
- **Gewährleistung des sicheren Stromtransports (I)** vor dem Hintergrund einer erhöhten Belastung der Nord-Süd- und Ost-West-Leitungstrassen, insbesondere in Zeiten hoher Windeinspeisung
- **Gewährleistung der Spannungshaltung (U)** vor dem Hintergrund des Wegfalls konventioneller Kraftwerke als substantielle Blindleistungs-Einspeiser:
  - Problem **niedrige** Spannungen **im Winter**
  - Problem **hohe** Spannungen **im Sommer**
- **Sicherstellung der Systembilanz (f)** mit zunehmend schrumpfenden Regelenergieangeboten durch konventionelle Kraftwerke
- **Netzwiederaufbau** bei dezentraler Erzeugungsstruktur





# Entwicklung der (n-1) Gefährdungen

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ereignisse*	2	15	51	172	387	228	312	290	998	970	1009	977	1407
Tage	2	14	51	105	185	144	156	161	308	344	356	361	349

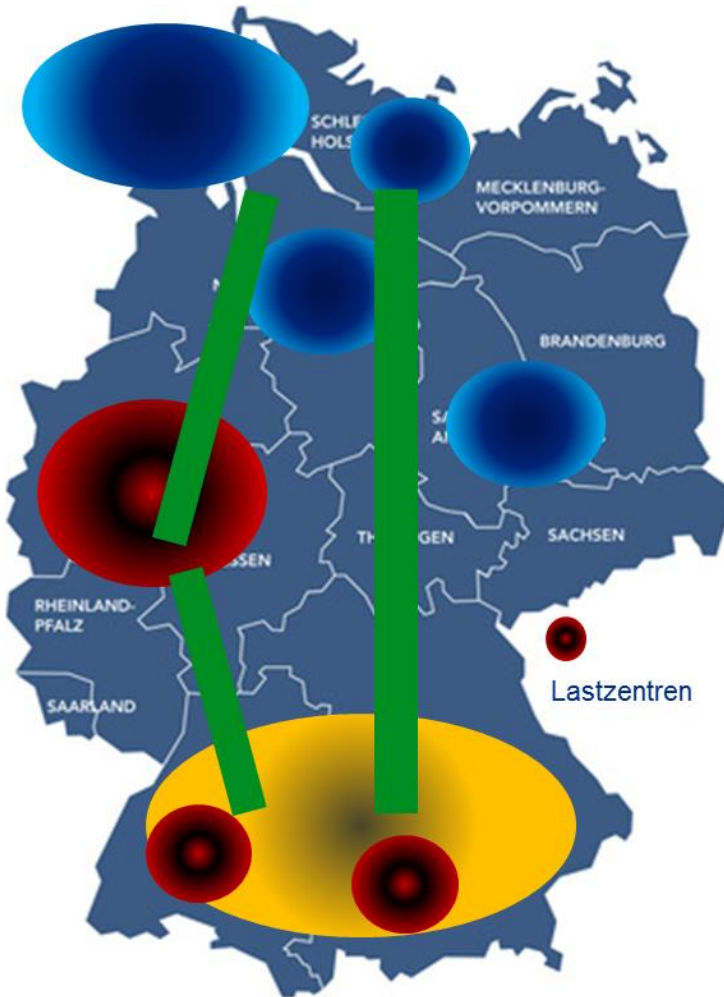


Ohne Netzausbau können Erzeugungsspitzen aus regenerativen Quellen nicht mehr aufgenommen werden und es muss eine Abregelung erfolgen bei gleichzeitigem Redispatch mit konv. Kraftwerken

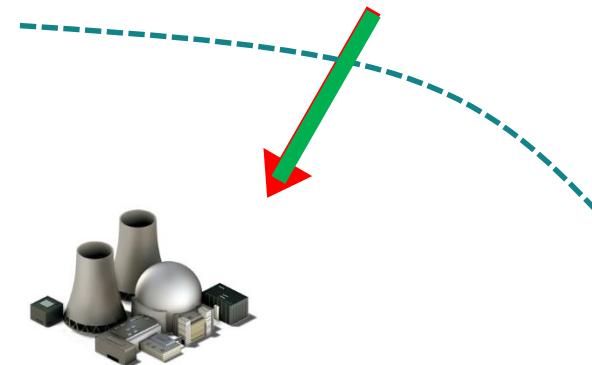


# Sicherer Energietransport (I)

Netz ist gefährdet = (n-1) Gefährdung



- ➔ korrektive Netzschaltung
- ➔ Redispatch
- ➔ Einspeisemanagement



**In 2015 ca. 1 Mrd. € Kosten für EinsMan und Redispatch in D**

# Herausforderung Onshore- Netzausbau



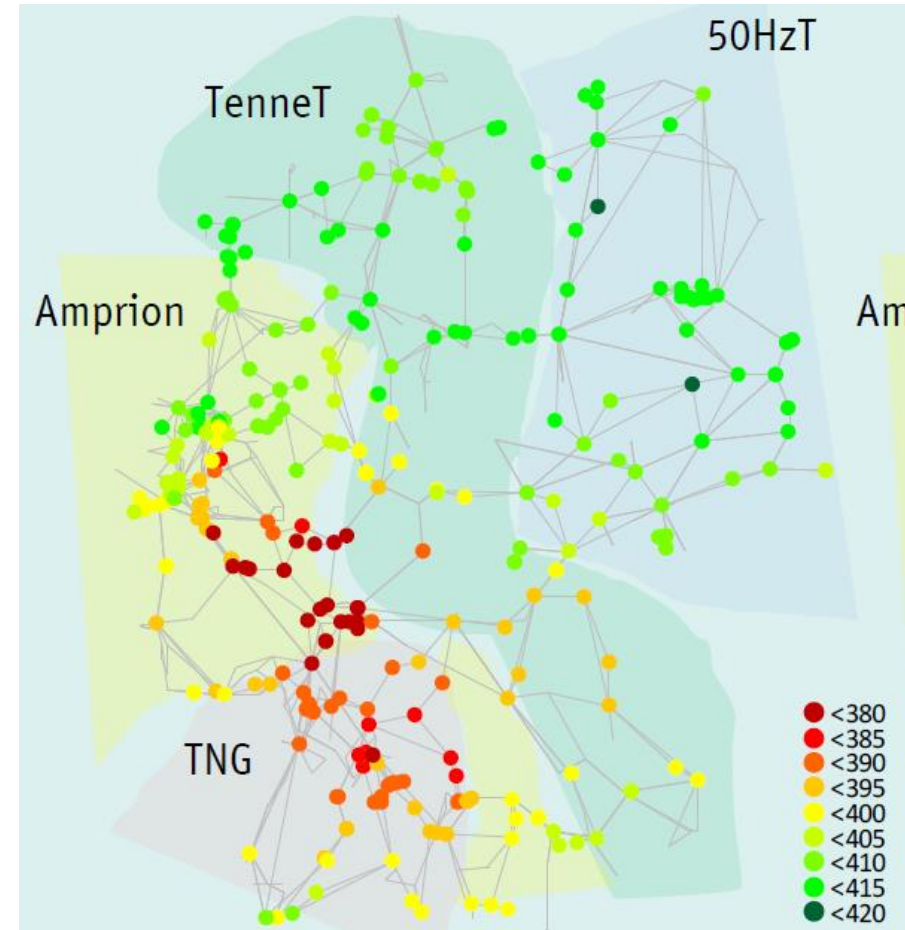
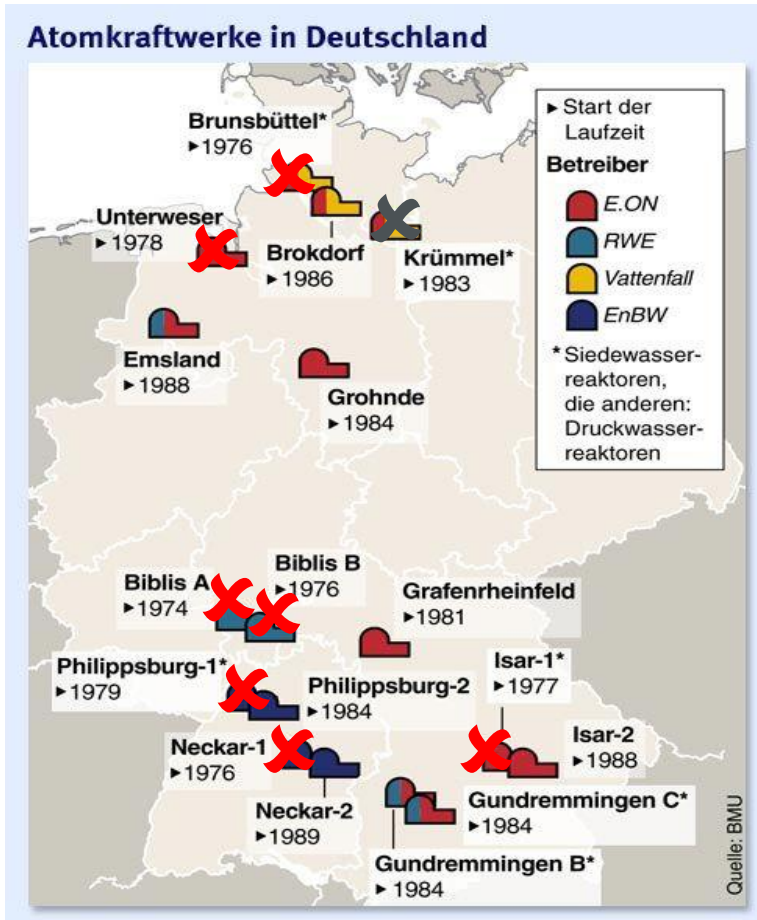
Gelingt es rechtzeitig den NEP umzusetzen ?

oder besteht dauerhaft Bedarf an Netzreserve für Redispatch ?

# Herausforderung Spannungshaltung



Lastflüsse in Nord-Süd Richtung verstärken das Spannungsgefälle



Wegfall konventioneller Erzeugung erzwingt den Zubau von Kompensationseinrichtungen bzw. Abruf aus reg. Quellen

# Wetterbedingte Herausforderungen Wind

Wettersituation	Wichtig für ÜNB
Sturmfront (Zeitpunkt)	Zeitpunkt des Auftreffens der Sturmfront
Sturmabschaltungen	Informationsfluss seitens Parkbetreiber/Direktvermarkter, Rampen
Verhalten der Marktteilnehmer (DV)	Informationsfluss (Zeitpunkt, Höhe) über An-/Abschaltungen
Vereisung an Rotorblättern	Turbinen werden angehalten. Kann derzeit nicht vorhergesagt werden.





# Wetterbedingte Herausforderungen Solar

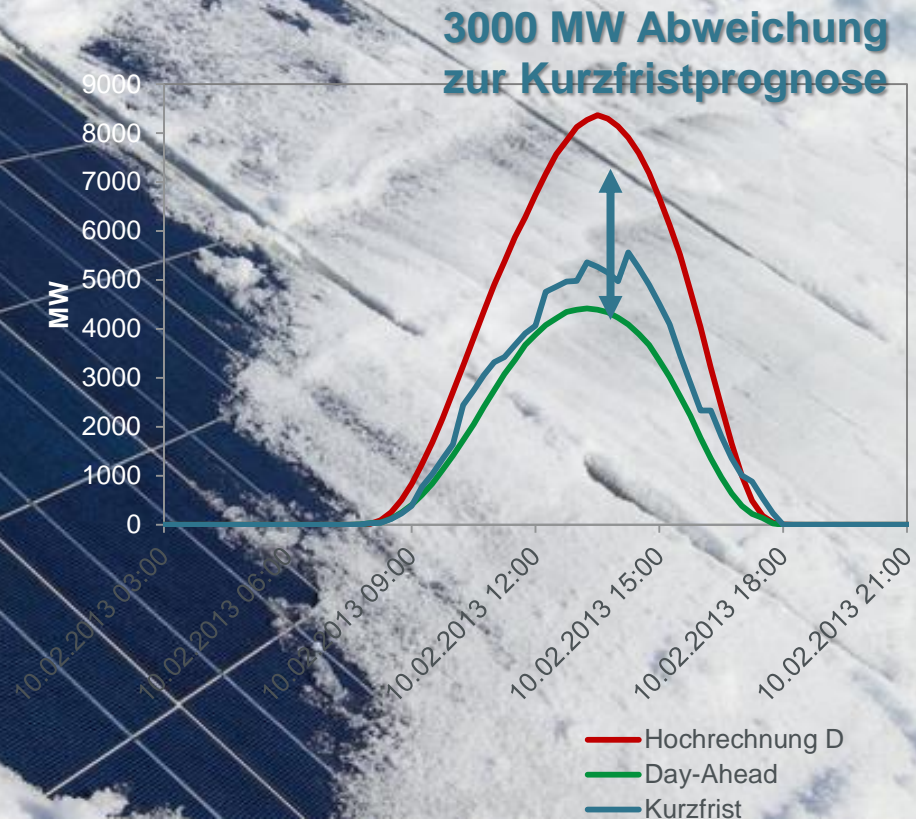
Wettersituation	Wichtig für ÜNB
Schnee	Schneebedeckung der Solaranlagen
Nebel	Moment der Bildung und Auflösung
Wolken / Gewitter	Schnelle Wolkenbewegungen erschweren Vorhersage
Staub (Sahara)	Bildung von Wolken durch Staubteilchen



# Herausforderung Frequenzhaltung



## Schneebedeckung



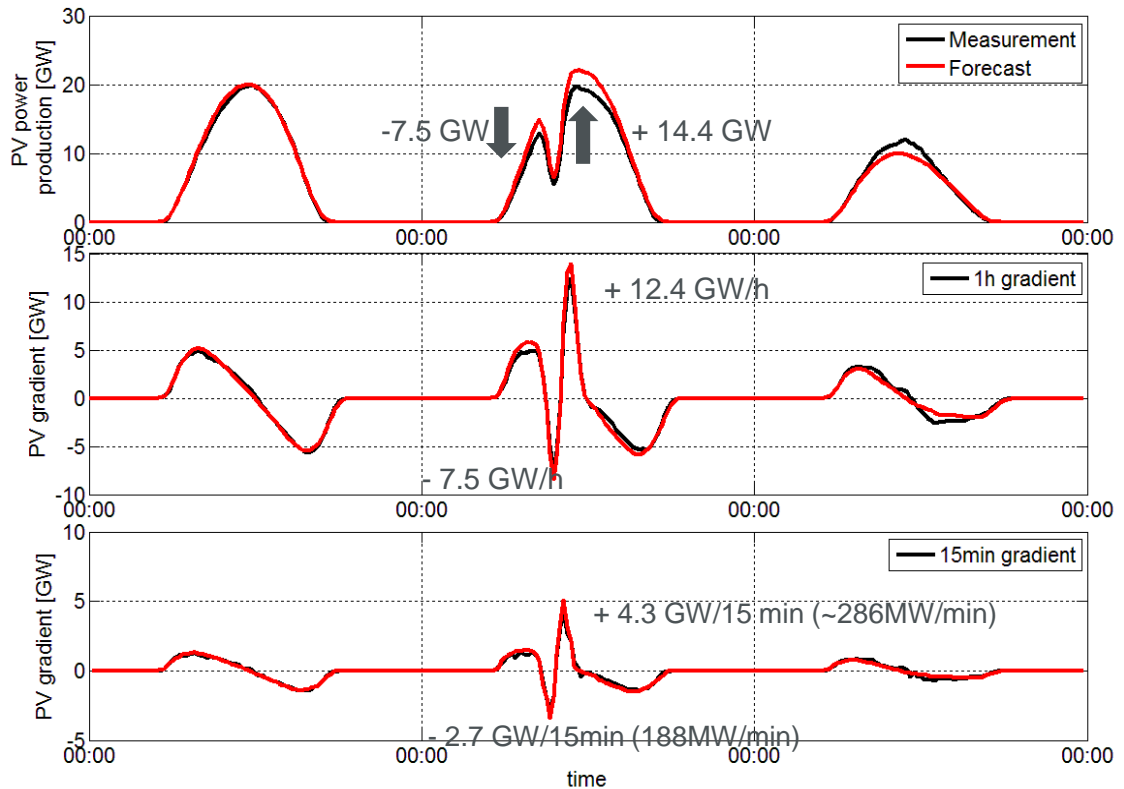
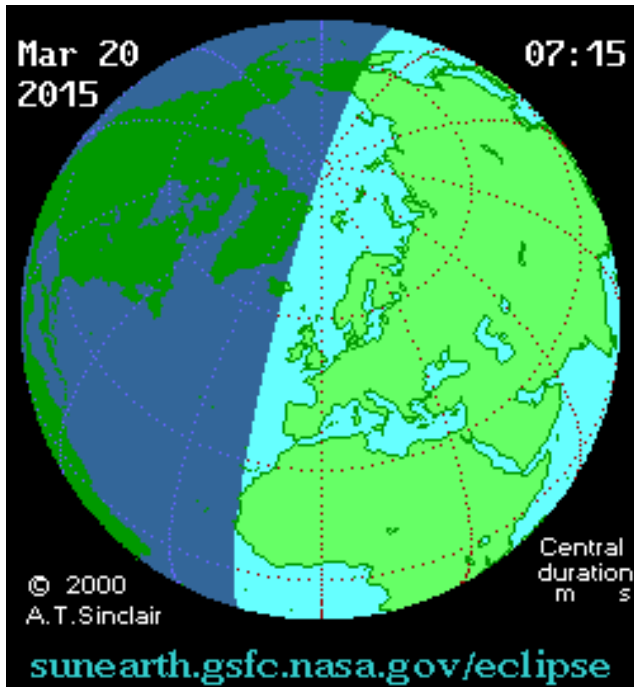
Bedarf an Regelreserve wird ansteigen



# Sonnenfinsternis am 20.März 2015



Fraunhofer  
IWES



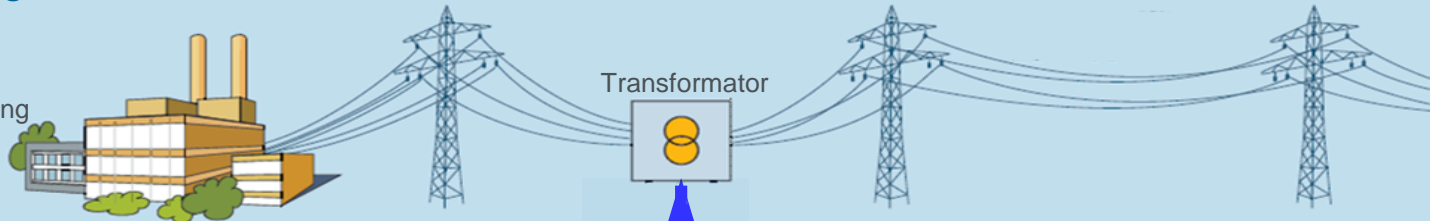
In 10 Jahren könnten wir die gleichen Gradienten bei jedem Sonnenaufgang haben.

# Schrittweiser Netzwiederaufbau durch ÜNB



## Übertragungsnetz

PSW 0-375 MW  
mit Drehzahlregelung



## Verteilnetz



zu Anfang nur Lasten mit 5-10 MW

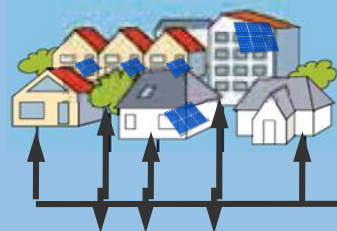
HS



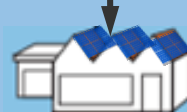
später Inseln mit 10-50 MW  
und u.U. mehr als 200 MW PV



MS



NS



NS

Das Netz ist noch hochgradig sensibel auf Laständerungen,  
Wolkenzug usw. – derzeit bei 50,2 Hz zurück zum Start

# Zukunft der Systemdienstleistungen





# Entwicklung der benötigten Unterstützungsleistungen

KW Beiträge	Entwicklung	Erläuterungen
Momentanreserve	=	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bedarf für Systemträgheit bleibt konstant</li><li>• reduzierter Beitrag durch konventionelle Erzeuger</li><li>• <b>Alternative Quellen müssen erschlossen werden</b></li></ul>
Regelenergie	↑	<ul style="list-style-type: none"><li>• steigender Effekt der Prognose Fehler und Orkanböen steigern den Bedarf</li><li>• Optimierungspotential ist noch zu erschließen</li><li>• <b>Alternative Quellen müssen erschlossen werden</b></li></ul>
Blindleistung	↑	<ul style="list-style-type: none"><li>• ÜNB: steigender Bedarf durch höhere Transportentfernung und Transite</li><li>• VNB: steigender Bedarf durch fluktuierenden Einspeisung und Verkabelung</li><li>• <b>Alternative Quellen müssen erschlossen werden</b></li></ul>
Schwarzstart	=	<ul style="list-style-type: none"><li>• es sind ausreichend schwarzstartfähige konventionelle Großkraftwerke bis 2025 identifiziert (NEP Horizont)</li><li>• Voraussetzung: wirtschaftlicher Betrieb noch immer möglich</li></ul>
Kurzschlussleistung	↓	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduzierter Beitrag durch konventionelle Erzeuger</li><li>• Digitale Schutzeinrichtungen erkennen Kurzschluss mit kleinem Fehlerstrom</li><li>• Netzausbau erhöht die Kurzschlussleistung</li></ul>

Quelle: Stephan Kohler (DENA) - „Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien.“ (18.02.2014)

**ggf. sind Momentanreserve / Kurzschlussleistung in Zukunft als Systemdienstleistungsprodukte zu vergüten !**



# DENA Studie „Systemdienstleistungen 2030“




Biomasse und Wasserkraftwerke haben gleiche Möglichkeiten wie konventionelle Kraftwerke

Systemdienstleistung	Derzeitige Erbringung	Zukünftige Erbringung von Erneuerbaren*
f-task: Momentanreserve	Konventionelle Kraftwerke im Betrieb und elektrische Motoren	Nutzung der Trägheit von Windrädern – neues Konverter-Setup, Einspeisung limitiert auf $I_N$ max
f-task: Primärregelleistung	Konventionelle Kraftwerke im Betrieb	Bei täglichen Auktionen könnten Solaranlagen aufgrund von schnellen Convertern beitragen (aber permanente Produktionsbegrenzung führt zu Energieverlusten)
f-task: Sekundärregelleistung	Konventionelle Kraftwerke im Betrieb	Bei täglichen Auktionen könnten Erneuerbare beitragen (aber permanente Produktionsbegrenzung führt zu Energieverlusten)
f-task: Minutenreserveleistung	Konventionelle Kraftwerke im Betrieb oder schnell startende Einheiten	Negative und positive Minutenreserveleistung (tägliche Auktion): Windräder (pitch-control); PV (Konvertersteuerung) (permanente Produktionsbegrenzung für positive Minutenreserve führt zu Energieverlusten)
U-task: Blindleistung	Konventionelle Kraftwerke, Phasenschieber, HGÜ and Kompensationseinheiten	Direkter Einfluss nur auf Mittel- und Hochspannungslevel - Koordination mit Verteilnetzbetreibern notwendig
U-task: Kurzschlussleistung	Konventionelle Kraftwerke, Phasenschieber	Konverter limitiert Einspeisung auf $I_N$ max - neue digitale Schutzseinheiten können Kurzschlüsse ohne hohe Leistungsflüsse detektieren
Schwarzstarteinheiten für Netzwiederaufbau	Konventionelle Kraftwerke, DC link mit VSC* Technologie * voltage source converter	Möglichkeiten zur Steuerung von Erneuerbaren während eines Wiederaufbaus sind wichtig, bei Dunkel-Flaute nicht verfügbar

# Neue Technologien



## Zusammenfassung der bisherigen Entwicklung in der TenneT Regelzone

Technologie	Entwicklung
Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bisher keine Präqualifikationsanforderungen definiert                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Präqualifikation noch nicht möglich</li> </ul> </li> </ul>
Power2Heat	 <p>Summe der aktuell präqualifizierten Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SRL: ca. 157 MW (pos.) &amp; 129 MW (neg.)</li> <li>MRL: ca. 205 MW (pos.) &amp; 99 MW (neg.)</li> </ul>
Power2Gas	 <p>Summe der aktuell präqualifizierten Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SRL: 6 MW (pos. &amp; neg.)</li> </ul>
Großbatterien	 <p>Summe der aktuell präqualifizierten Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PRL: ca. 4 MW</li> <li>68 Technische Einheiten</li> </ul>
Wind	<ul style="list-style-type: none"> <li>2016 Veröffentlichung Präqualifikationsanforderungen</li> <li>2016 Eingang des ersten Antrags auf Präqualifikation</li> </ul> <p>Beantragte Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>MRL: 60 MW (neg.)</li> </ul>
Biomasse-BHKW	<p>Summe der aktuell präqualifizierten Leistung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PRL: beantragte Leistung ca. 1 MW</li> <li>SRL: 344 MW (pos.) &amp; 506 MW (neg.)</li> <li>MRL: 522 MW (pos.) &amp; 797 MW (neg.)</li> </ul>

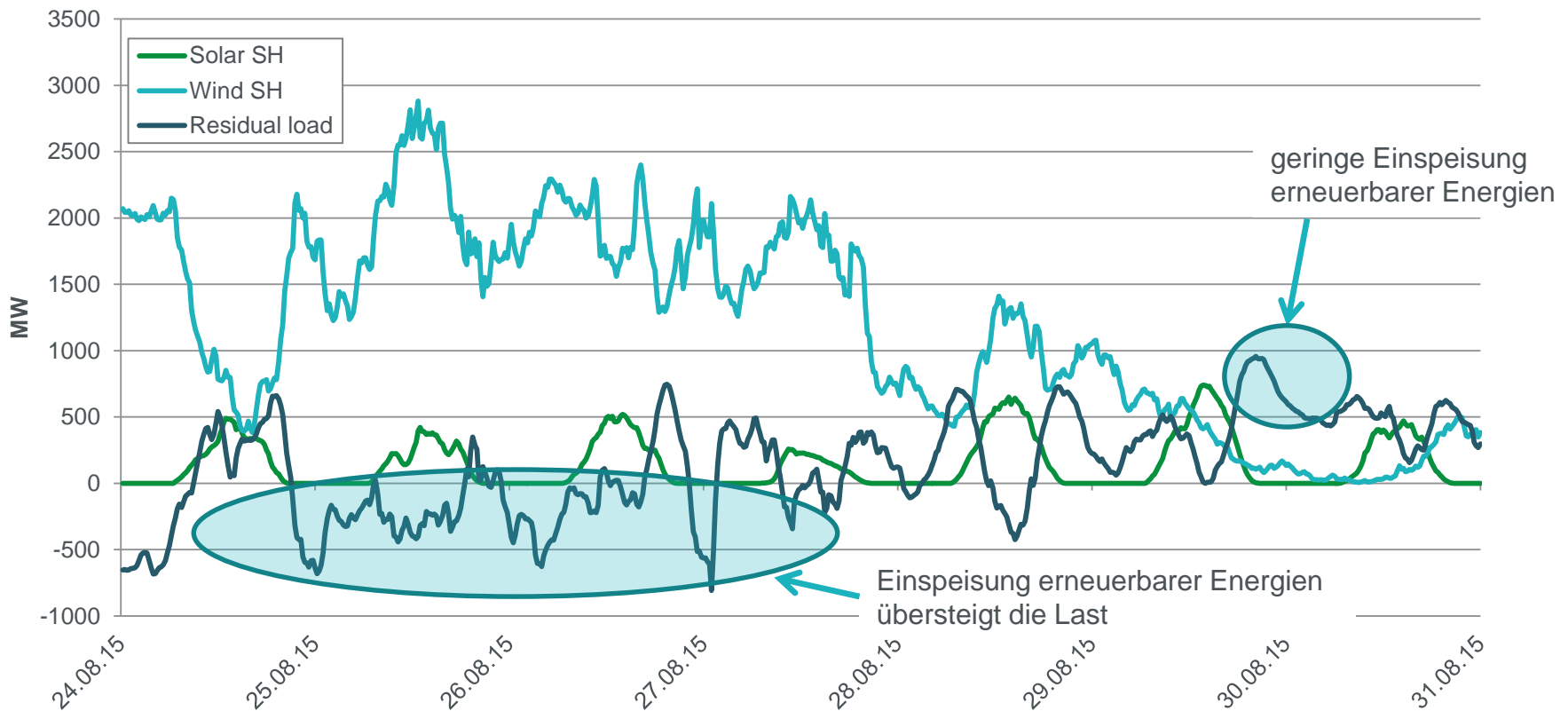
**ggf. Wechsel zu unsymmetrischem Ausgleichsenergiepreissystem um Überspeisung anzureizen**



# Volatilität der Residuallast

## Verbrauchsregionen werden zu Erzeugungsregionen

Wind und PV Schleswig-Holstein 24.08.15 – 30.08.15



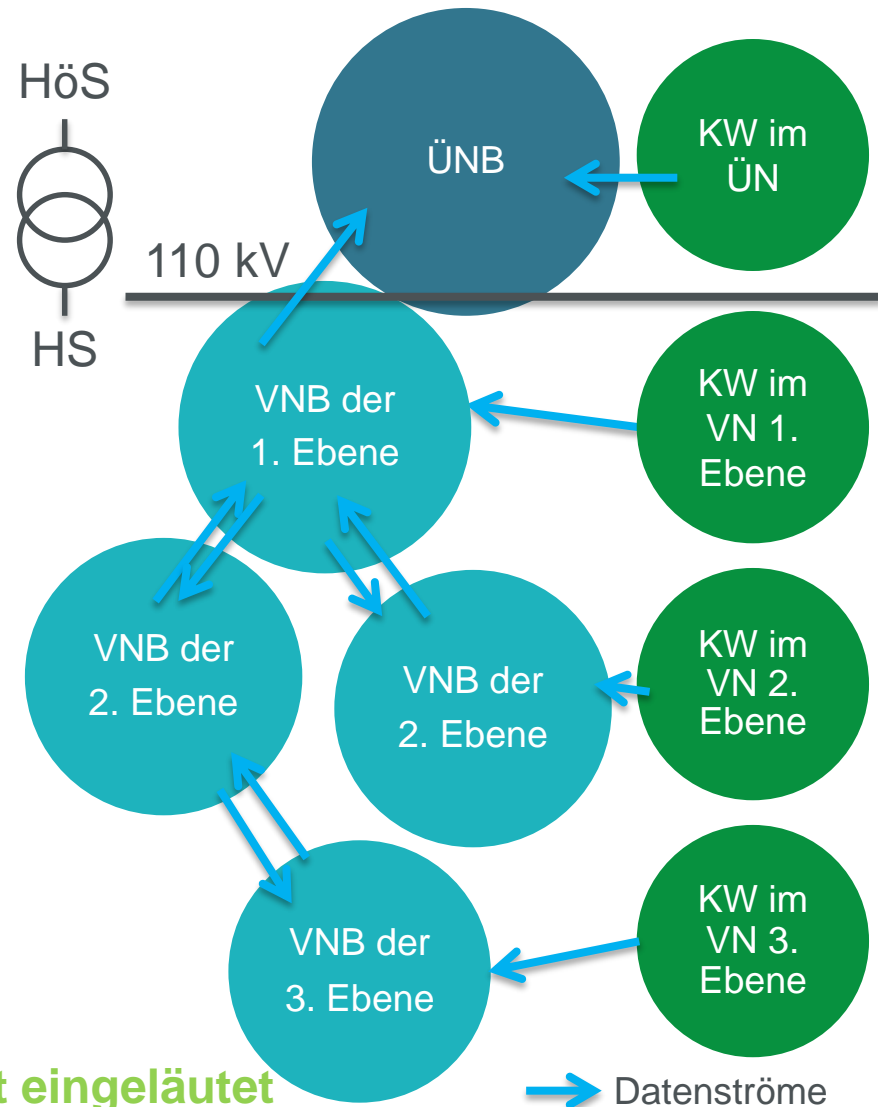
Regionalversorger werden zu Flächenkraftwerken

# Neue Flexibilitäten nutzen



Der Direktkuppler des ÜNB wird zum virtuellen Kraftwerk mit gebündelten Flexibilitäten von dezentraler Erzeugung und SMART gesteuerten Prosumern.

- Wie werden die Datenströme der Zukunft organisiert - zentraler Data Hub des ÜNB oder dezentrale Bündelung durch VNB ?
- Wie werden die Befehlsströme zukünftig organisiert – direkte Anweisung durch den ÜNB oder Befehlskaskade durch VNB ?
- Welche Rolle übernehmen die VNB zur Absicherung der Systemverantwortung des ÜNB?



**Die Digitalisierung der Energiewende ist eingeläutet**



# Wie kann der ÜNB auch in Zukunft Systemdienstleistungen erbringen?



ist technisch komplex und damit volkswirtschaftlich unsinnig.

# Disclaimer

## Haftung und Urheberrechte TenneTs

Diese PowerPoint-Präsentation wird Ihnen von der TenneT TSO GmbH („TenneT“) angeboten. Ihr Inhalt, d.h. sämtliche Texte, Bilder und Töne, sind urheberrechtlich geschützt. Sofern TenneT nicht ausdrücklich entsprechende Möglichkeiten bietet, darf nichts aus dem Inhalt dieser PowerPoint-Präsentation kopiert werden, und nichts am Inhalt darf geändert werden. TenneT bemüht sich um die Bereitstellung korrekter und aktueller Informationen, gewährt jedoch keine Garantie für ihre Korrektheit, Genauigkeit und Vollständigkeit.

TenneT übernimmt keinerlei Haftung für (vermeintliche) Schäden, die sich aus dieser PowerPoint-Präsentation ergeben, beziehungsweise für Auswirkungen von Aktivitäten, die auf der Grundlage der Angaben und Informationen in dieser PowerPoint-Präsentation entfaltet werden.



[www.tennet.eu](http://www.tennet.eu)

TenneT ist der erste grenzüberschreitende Übertragungsnetzbetreiber für Strom in Europa. Mit rund 21.000 Kilometern an Hoch- und Höchstspannungsleitungen und 41 Millionen Endverbrauchern in den Niederlanden und in Deutschland gehören wir zu den Top 5 der Netzbetreiber in Europa. Unser Fokus richtet sich auf die Entwicklung eines nordwesteuropäischen Energiemarktes und auf die Integration erneuerbarer Energie.

**Taking power further**

