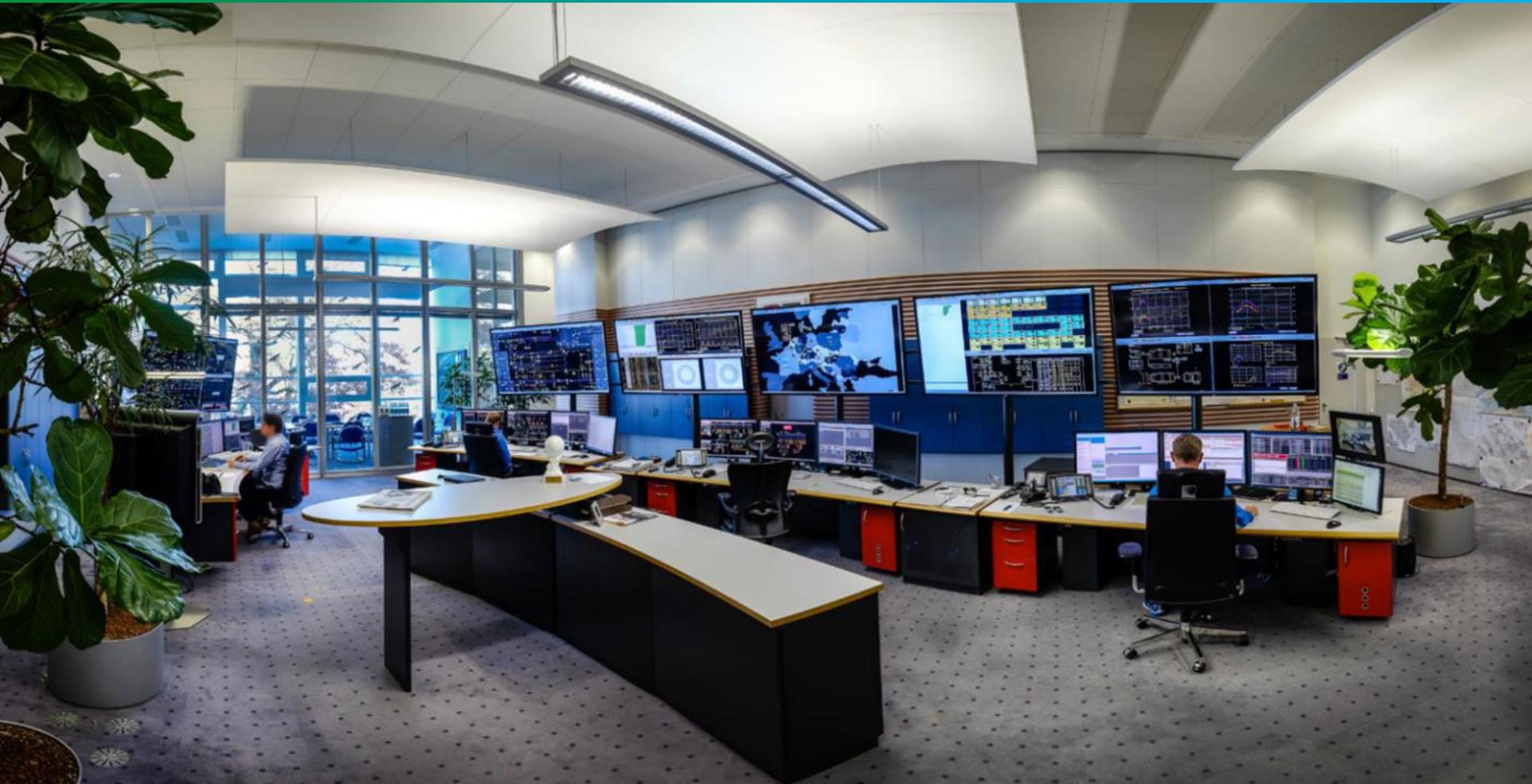


Von der Idee zur Umsetzung innovativer Systemführungskonzepte für Übertragungsnetze



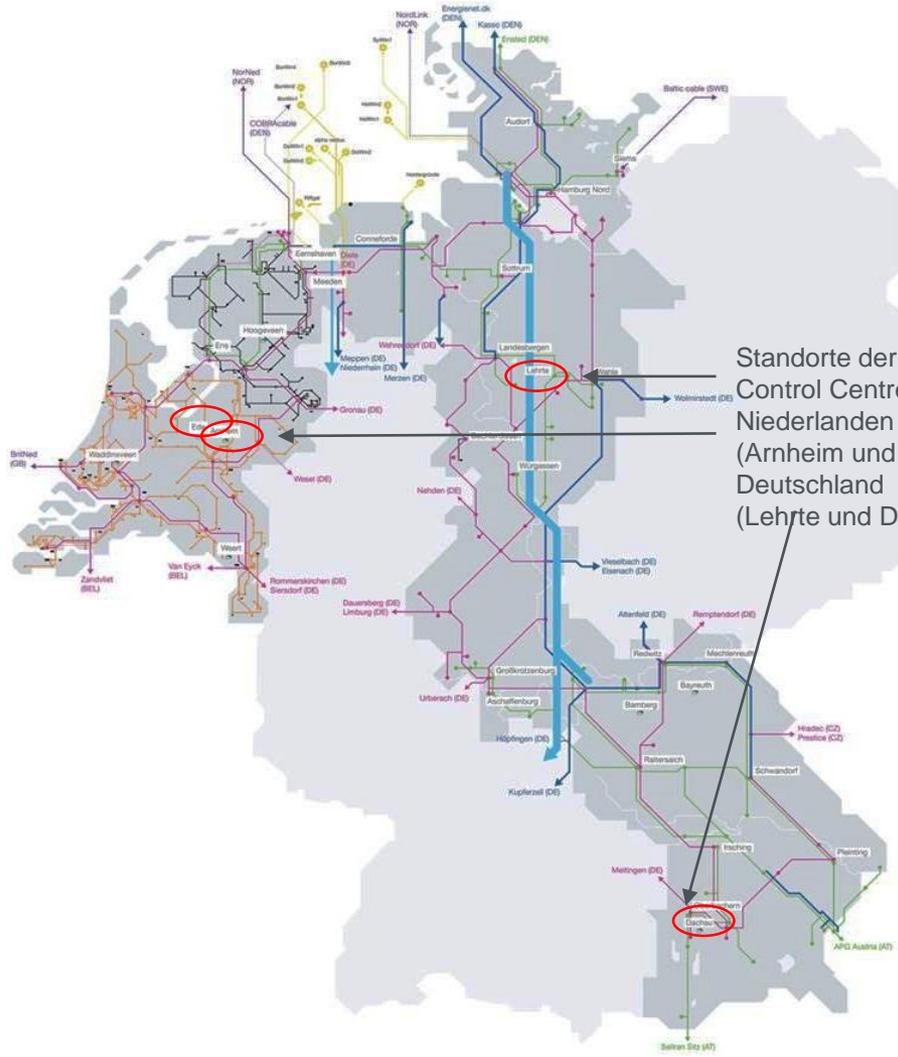
Persönliche Vorstellung



- Studium der Elektrotechnik (Dipl.-Ing.) und des Wirtschaftsingenieurwesens (Dipl.-Wirt.-Ing.)
- Promotion zum Dr.-Ing. durch Univ. Prof. K.W. Edwin an der RWTH Aachen 1993 im Themenfeld der Systemführung
- 1994 bis 2004 Bayernwerk AG / EON zur Akquisition von Beteiligungen in Ungarn/Tschechien/Slowakei
- 2004 bis 2010 bei E.ON Netz (Bayreuth) als Leiter Systemführungskonzepte
- 2010 – 2020 TenneT TSO GmbH als Direktor Systemführung in Deutschland und 2 Jahre in den Niederlanden
- Seit Juli 2020 Direktor Energiesystemplanung für Deutschland und Niederlande



Übertragungsnetzbetreiber TenneT



Standorte der TenneT Control Centre in den Niederlanden (Arnhem und EDE) und Deutschland (Lehde und Dachau)



<p>Endkunden 41 Millionen</p>	<p>Gesamtlänge Netz 24.000 km</p>	<p>7000 Mitarbeiter</p>	<p>14 Interkonnektoren</p>
<p>EBIT (2022) 1 (Mrd. Euro)</p>	<p>Investitionen (2022) 4 (Mrd. Euro)</p>		

Agenda

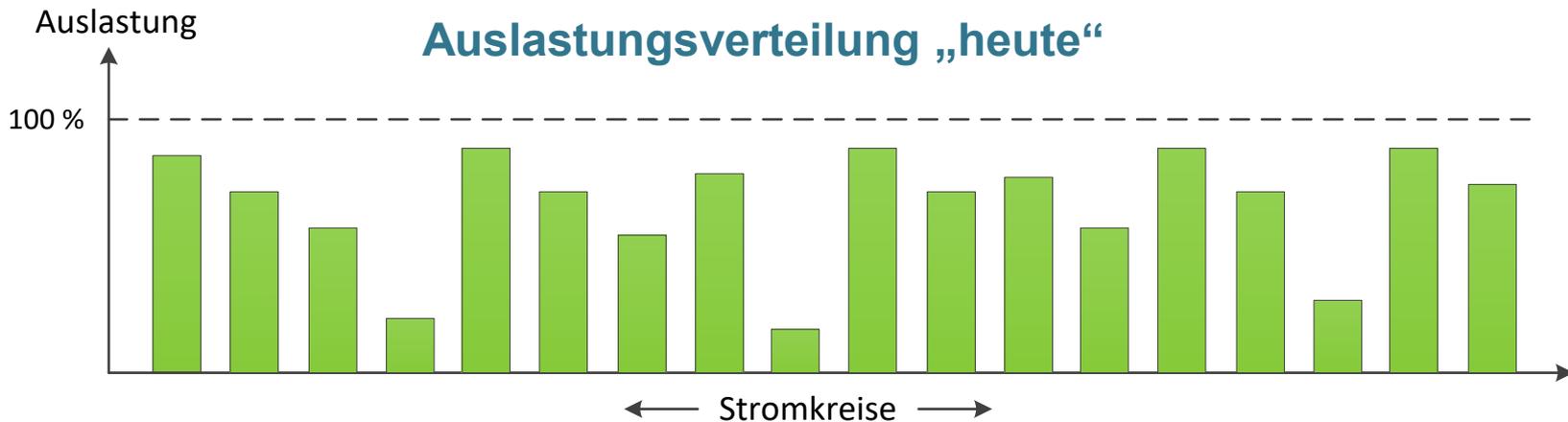
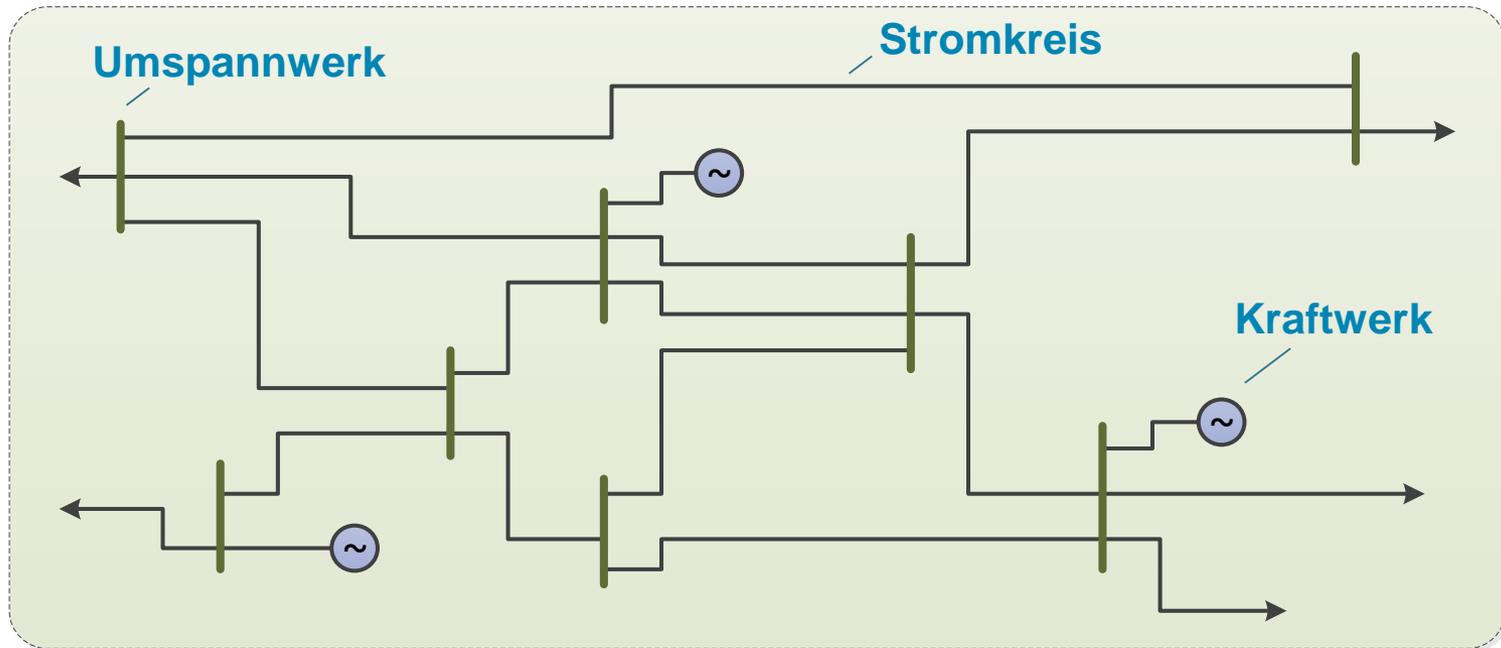


- Die Idee zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes
- Das Forschungsvorhaben InnoSys
- Umsetzung in die Praxis

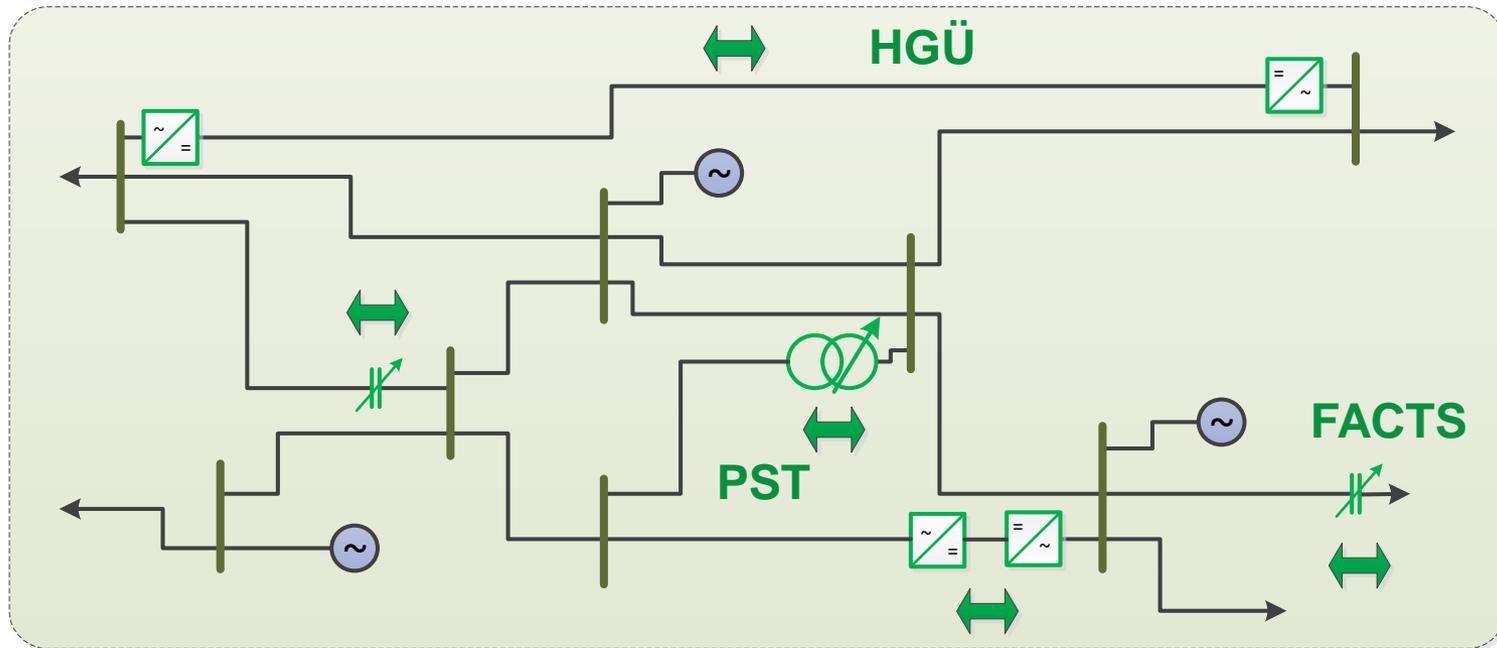
Agenda



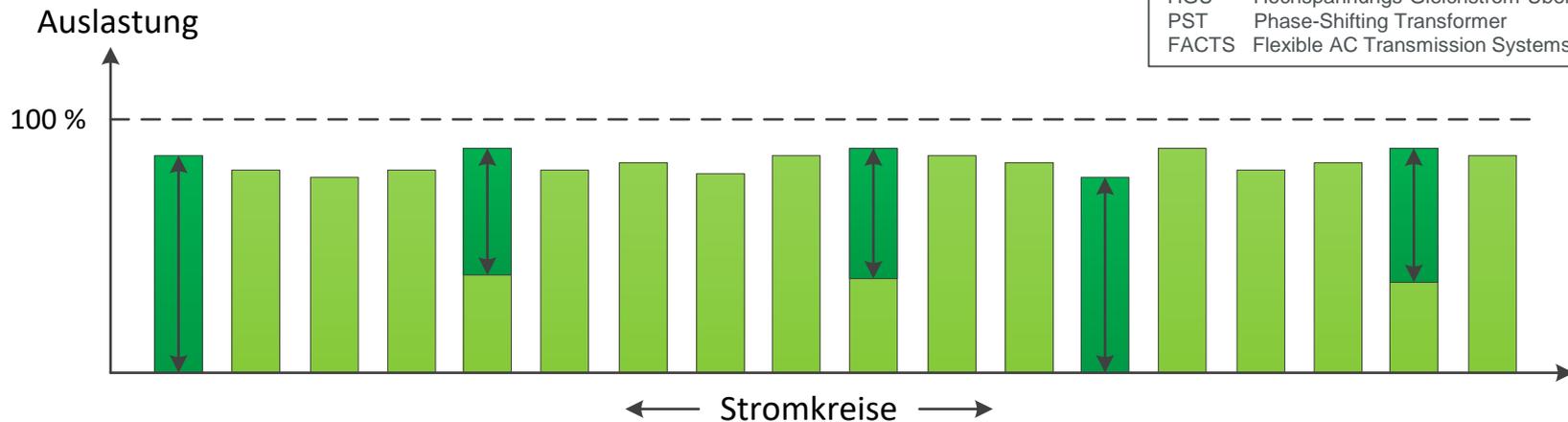
- Die Idee zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes



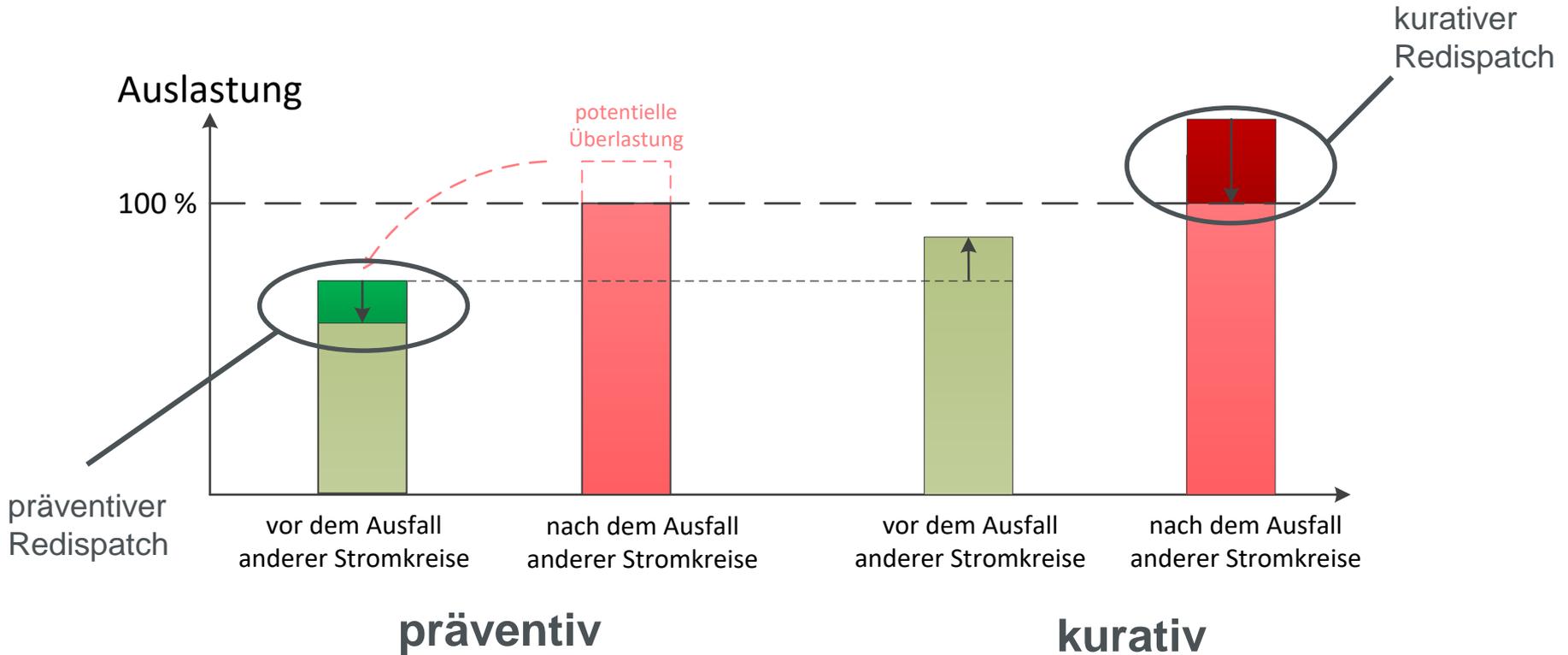
Netze gleichmäßiger auslasten – zukünftiges Potential



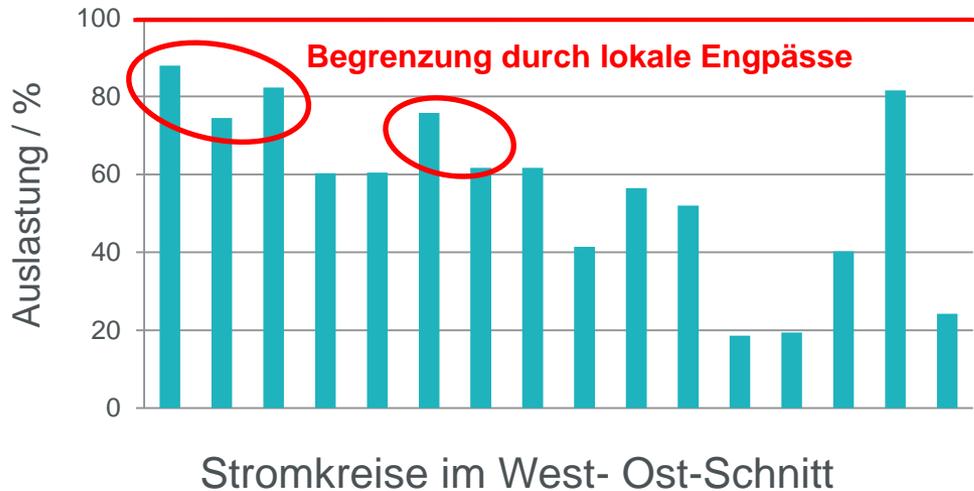
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
PST	Phase-Shifting Transformer
FACTS	Flexible AC Transmission Systems



(n-1)-Sicherheit kurativ sicherstellen



Reale (n-0)-Auslastungsverteilung

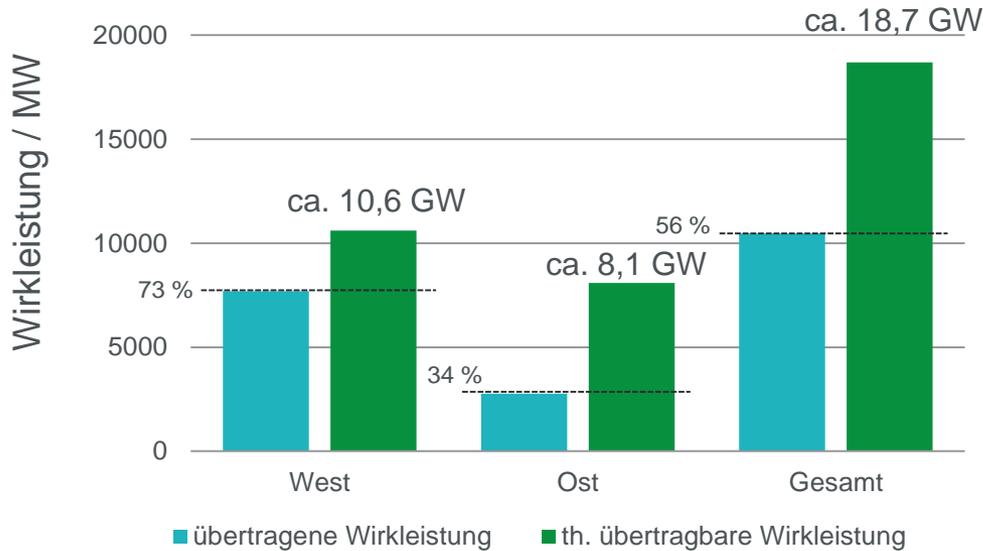


- horizontaler Schnitt durch das Nordnetz (TenneT/50Hertz)
- 18 Stromkreise (12x 380 kV, 6x 220 kV)
- hoher Nord-Süd-Transit
- Redispatch (RD) und EisMan-Maßnahmen wurden zur Wahrung der (n-1)-Sicherheit durch TenneT durchgeführt

RD: ca. -4139 MW, EisMan: ca. -2390 MW



Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018



Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018

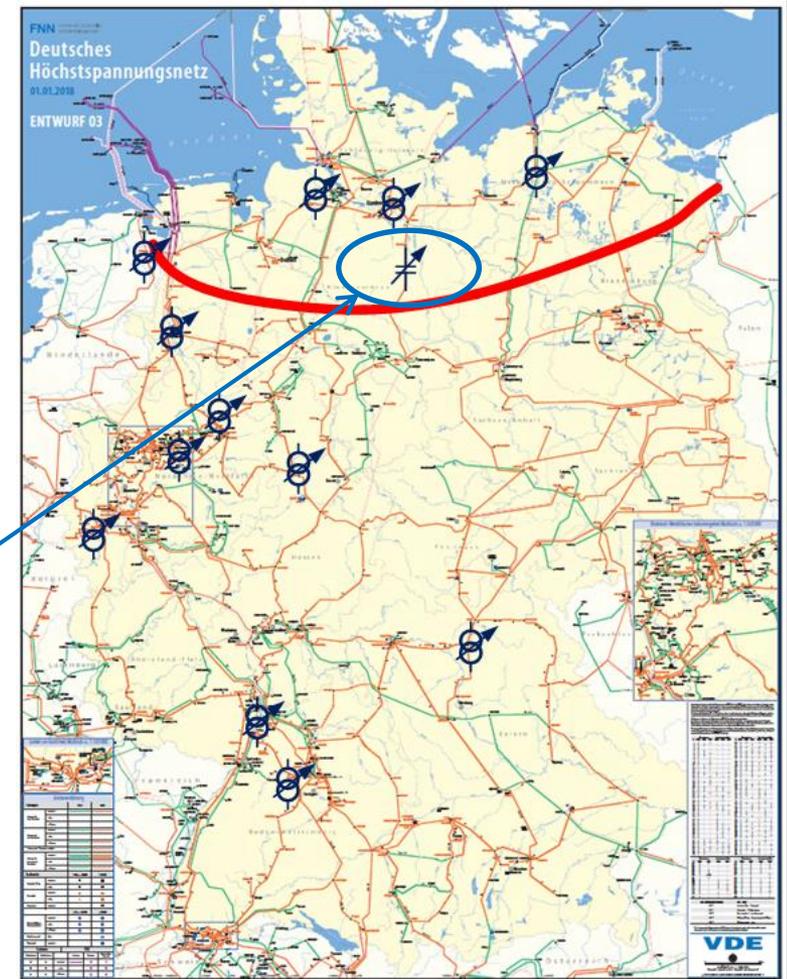
- hohe Einspeisung durch EE insbesondere im Westen (Onshore/Offshore Wind)
- geringe Ausnutzung der West-Ost-Kopplung (1 Doppelstromkreis, Auslastung 11 % von 3,14 GW)
- eingeschränkte Lastflussbeeinflussungsmöglichkeiten
- Ausnutzungsgrade von 73 % (West) und 34 % (Ost) der theoretisch übertragbaren Wirkleistung

Vergleichmäßigung durch Lastflusssteuerung



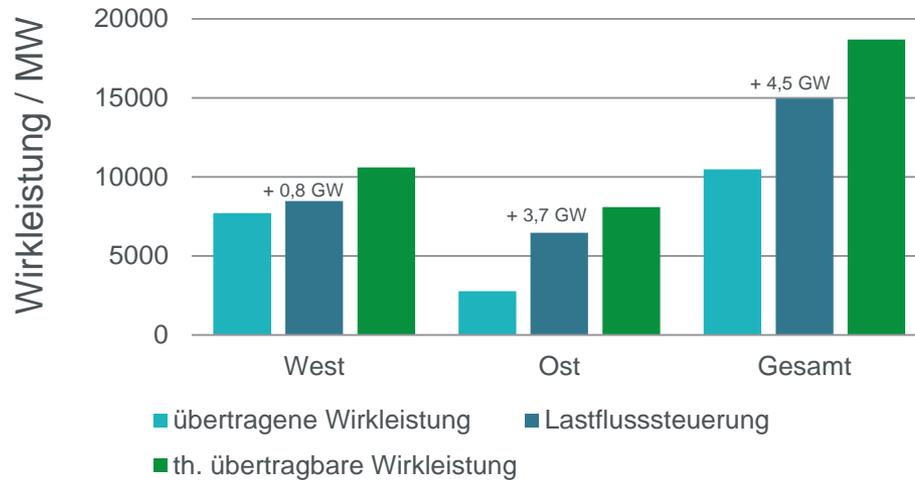
- perfekte Vergleichmäßigung (theoretische Annahme) → real wird das Potential geringer sein, da weniger Stellglieder zur Verfügung stehen werden
- Wahrung der (n-1)-Sicherheit weiterhin präventiv
- praktisches Beispiel: **TCSC*** ab 2022 in Stadorf → Vergleichmäßigung der Lastflüsse auf den Trassen Krümmel-Wahle und Sottrum-Landesbergen

*: Thyristor-Controlled Series Capacitor



Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018; durch InnoSys 2030 initiierte Ad hoc-Maßnahmen entsprechend NEP 2030 (v2019)

Vergleichmäßigung durch Lastflusssteuerung

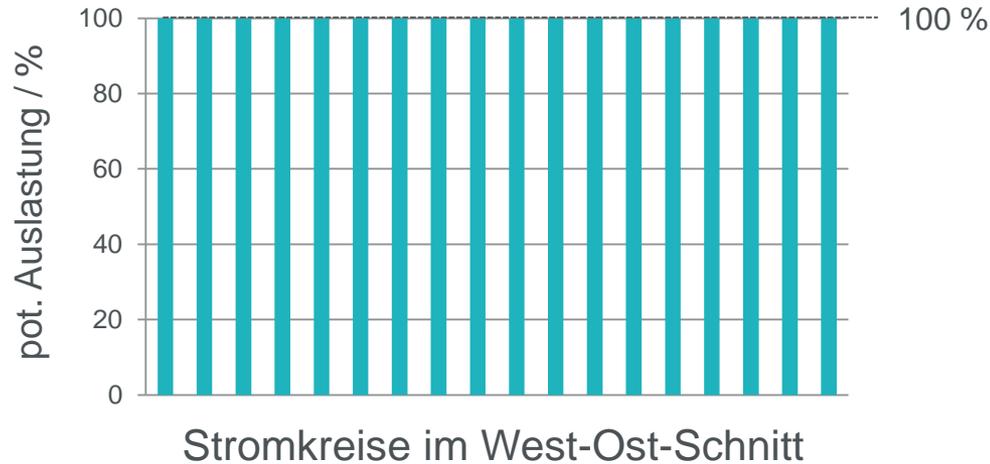


- Randbedingung:
 - ausreichend viele lastflusssteuernde Betriebsmittel vorhanden
- Potential kann teilweise höher sein; Stromkreise können vereinzelt auch >80 % (n-1)-sicher ausgelastet werden (s. a. reale Auslastung)

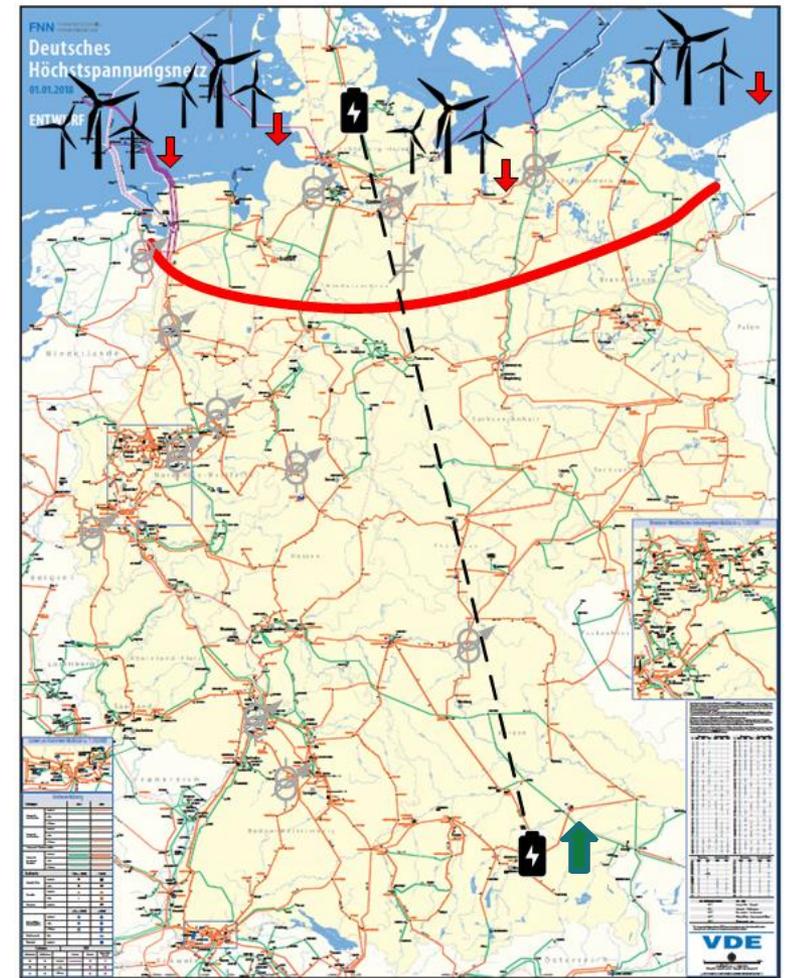


Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018; durch InnoSys 2030 initiierte Ad hoc-Maßnahmen entsprechend NEP 2030 (v2019)

Vergleichmäßigung durch Lastflusssteuerung und Höherauslastung durch kurative Maßnahmen

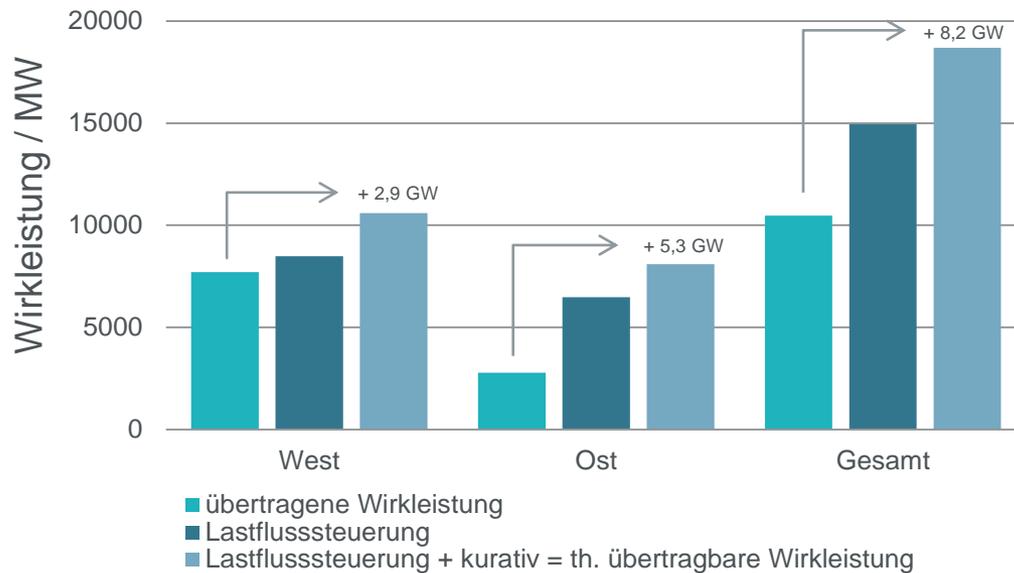


- perfekte Vergleichmäßigung durch lastflusssteuernde Betriebsmittel und Höherauslastung durch den flächendeckenden Einsatz kurativer Maßnahmen (z. B. kurative Abregelung EE, **Netzbooster etc.**)
- Wahrung der (n-1)-Sicherheit nun kurativ

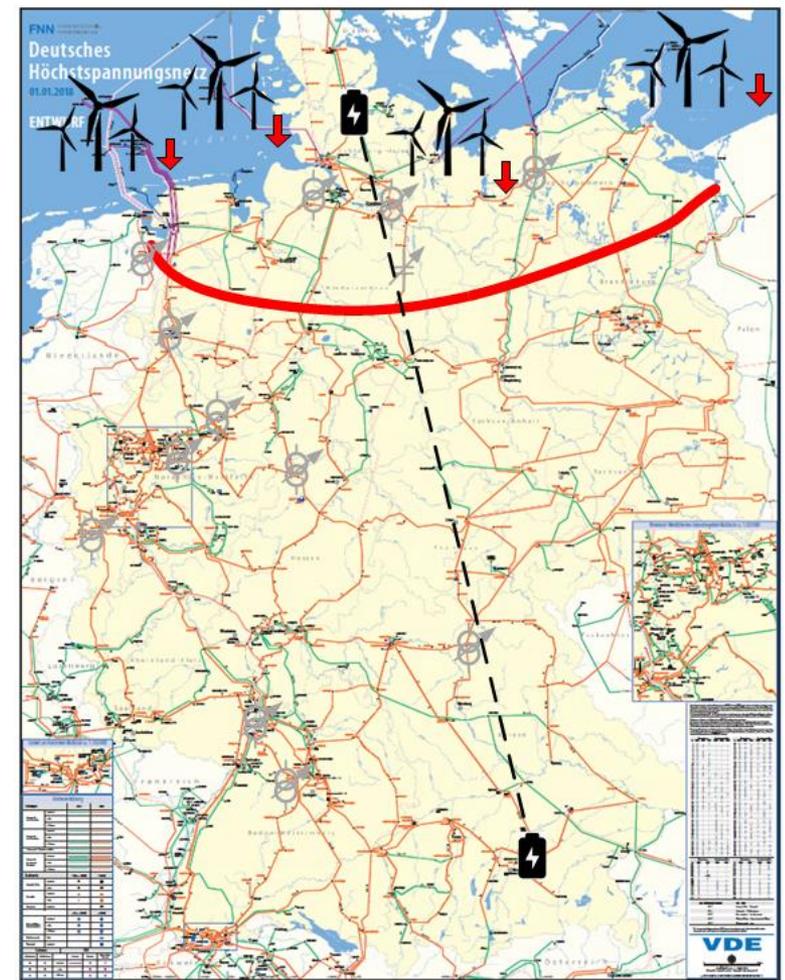


Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018;
mögliche kurative Maßnahmen (Abregelung
Offshore/Onshore Windparks, Netzbooster)

Vergleichmäßigung durch Lastflusssteuerung und Höherauslastung durch kurative Maßnahmen



- Randbedingungen:
 - ausreichend viele lastflusssteuernde Betriebsmittel vorhanden
 - ausreichend kuratives Flexibilitätspotential im Norden und Süden verfügbar

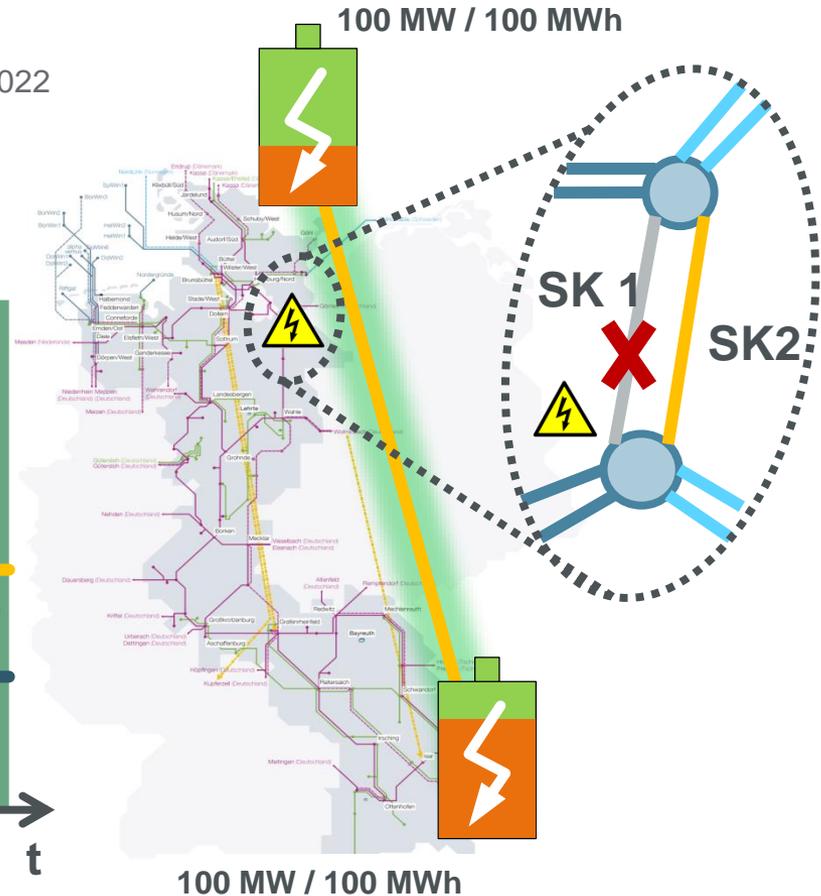
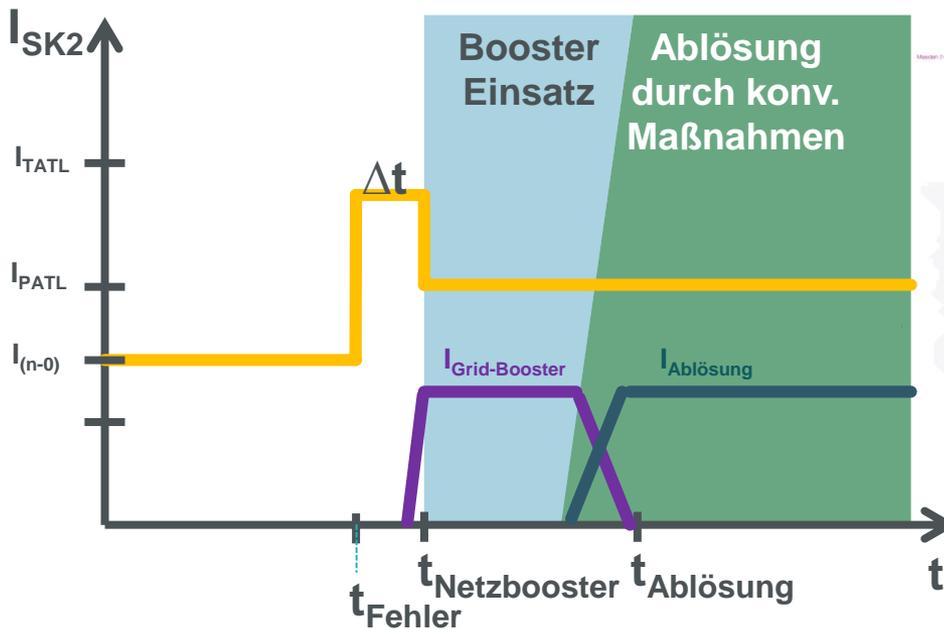


Quelle: VDE, Deutsches Höchstspannungsnetz, 2018;
mögliche kurative Maßnahmen (Abregelung
Offshore/Onshore Windparks, Netzbooster)

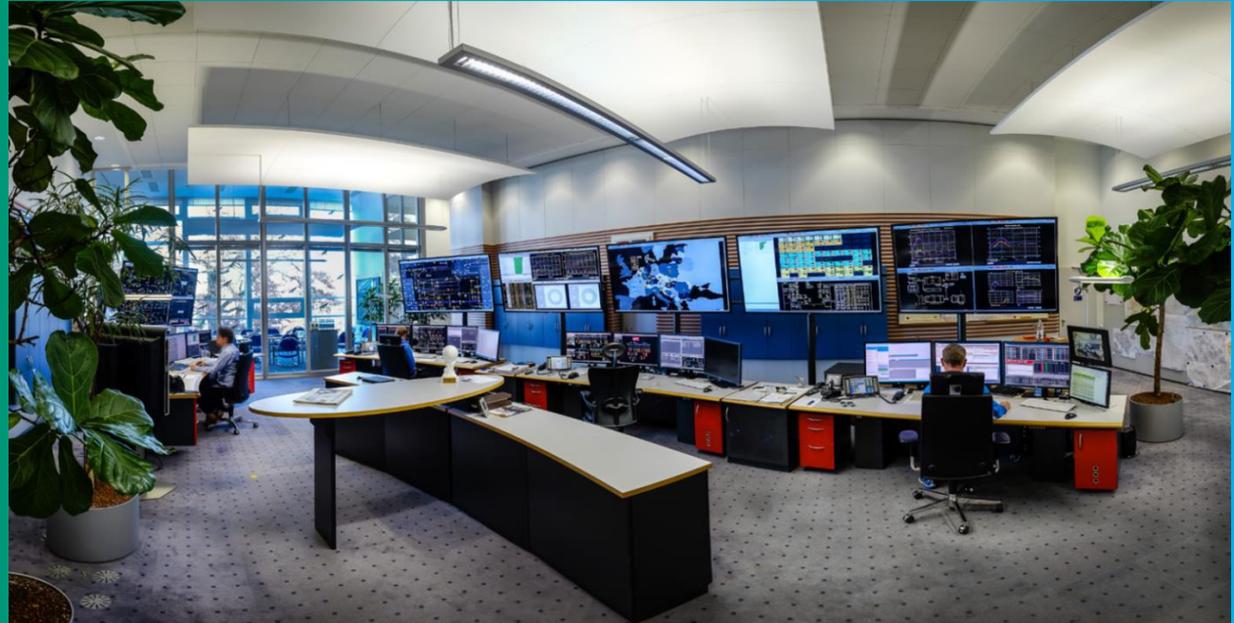
Netzboosterpilotprojekt bei TenneT



- Netzboosterpilotprojekt von BNetzA genehmigt Anfang 2022
- Kurative Maßnahme mit überregionaler Wirkung
- Zeitgleiche Auslösung der Energiespeicher → keine Auswirkung auf die Systemfrequenz



Agenda



- Das Forschungsvorhaben InnoSys

Projektsteckbrief InnoSys



Innovationen in der
Systemführung bis 2030

Forschungsziel

Höherauslastung des
Bestandsnetzes durch den
systemweiten koordinierten
Einsatz von

- leistungsflusssteuernden Betriebsmitteln
- kurativen Maßnahmen und
- einem höherem Automatisierungsgrad in der Systemführung

bei weiterhin höchster System-
und Netzsicherheit



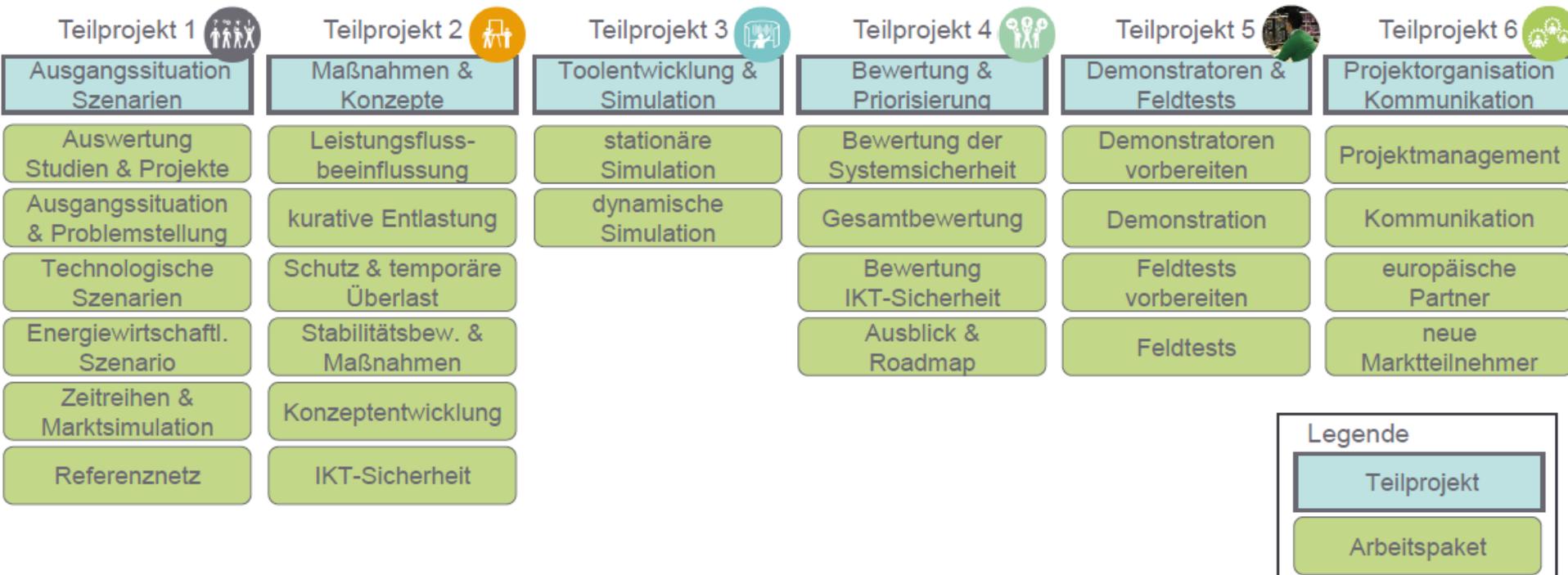
- Projektstart: 01. Oktober 2018
- Projektdauer: 3 Jahre
- Konsortialführer: TenneT TSO GmbH
- Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit 9,375 Mio. Euro, Förderkennzeichen 0350036

Gefördert durch:

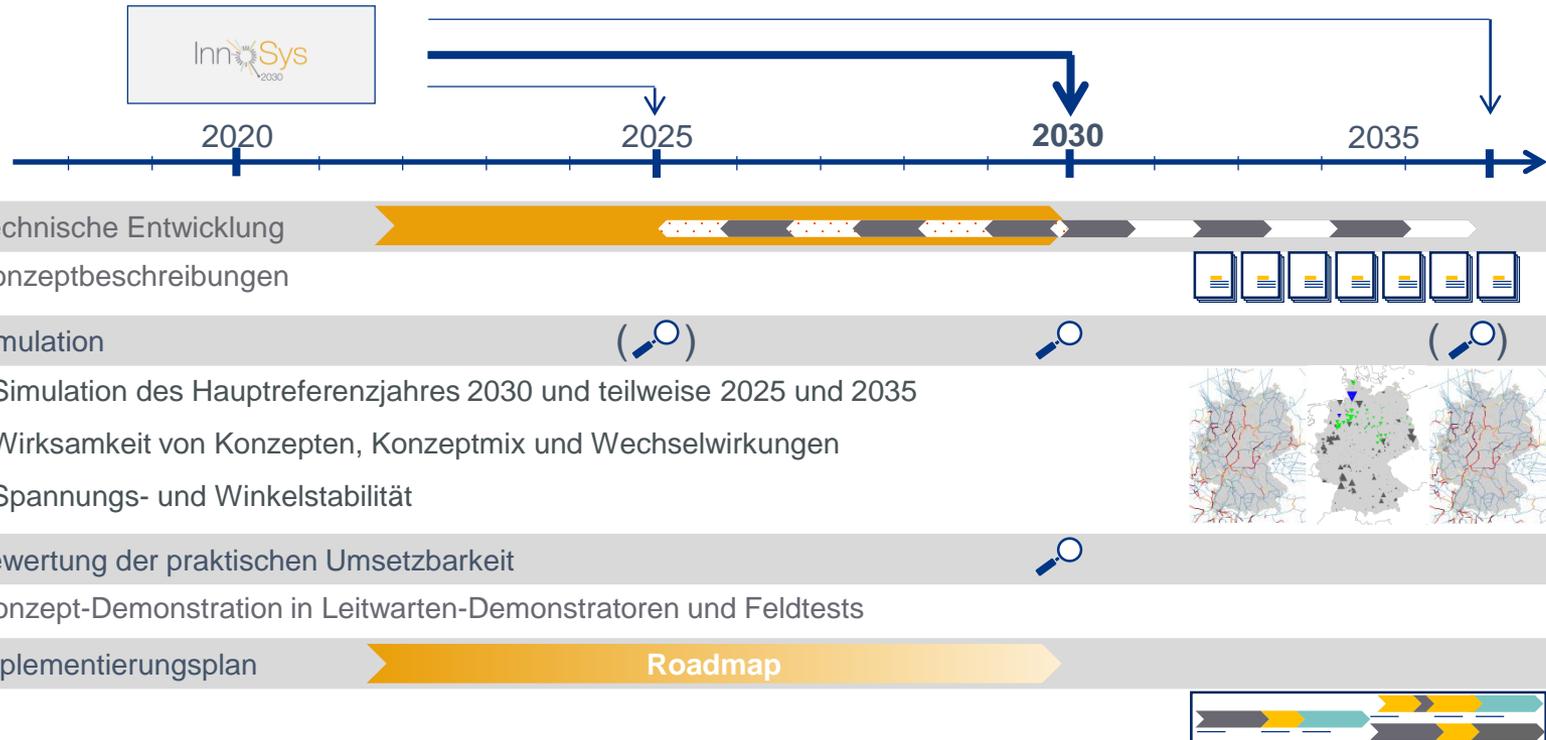


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Arbeitspakete/Projektstrukturplan



Untersuchungshorizonte in InnoSys 2030



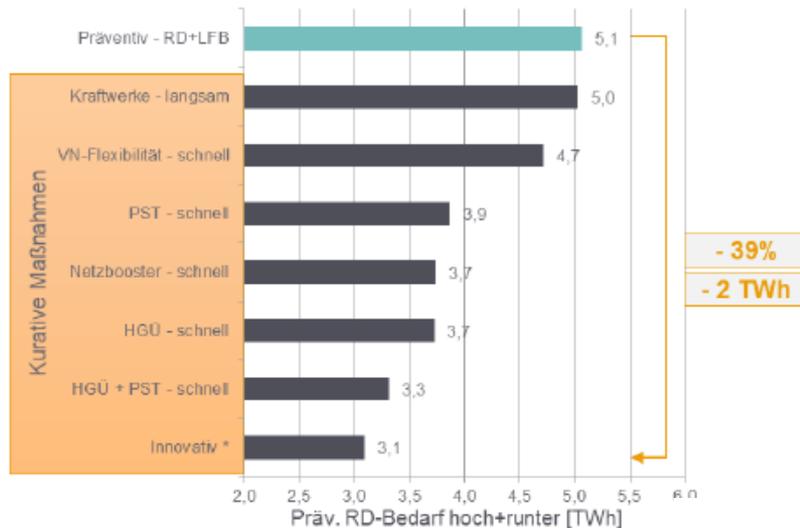
Welcher Wirkmechanismus liegt dahinter? Welche Potentiale gibt es?

Welcher Wirkmechanismus liegt dahinter?
Welche Potentiale gibt es?

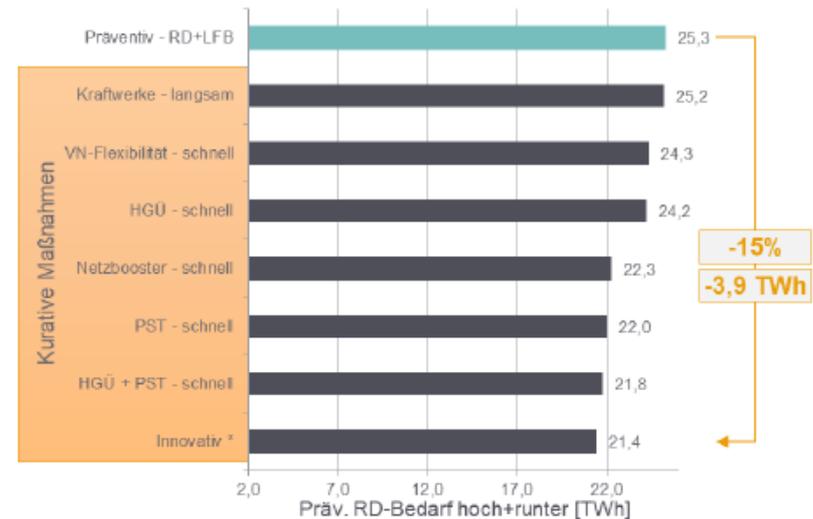
Die in InnoSys 2030 entwickelten **Systemführungskonzepte** zur Höherauslastung des Übertragungsnetzes können einen Beitrag zur **Bewältigung der Transportaufgabe der Zukunft** leisten. Sie werden den Netzausbau aber nicht ersetzen.

Potentiale zur Reduktion verbleibender Redispatch-Mengen

Szenario 2030 – Referenzszenario



Szenario 2030 – Sensitivität Engpass behafteteres Netz

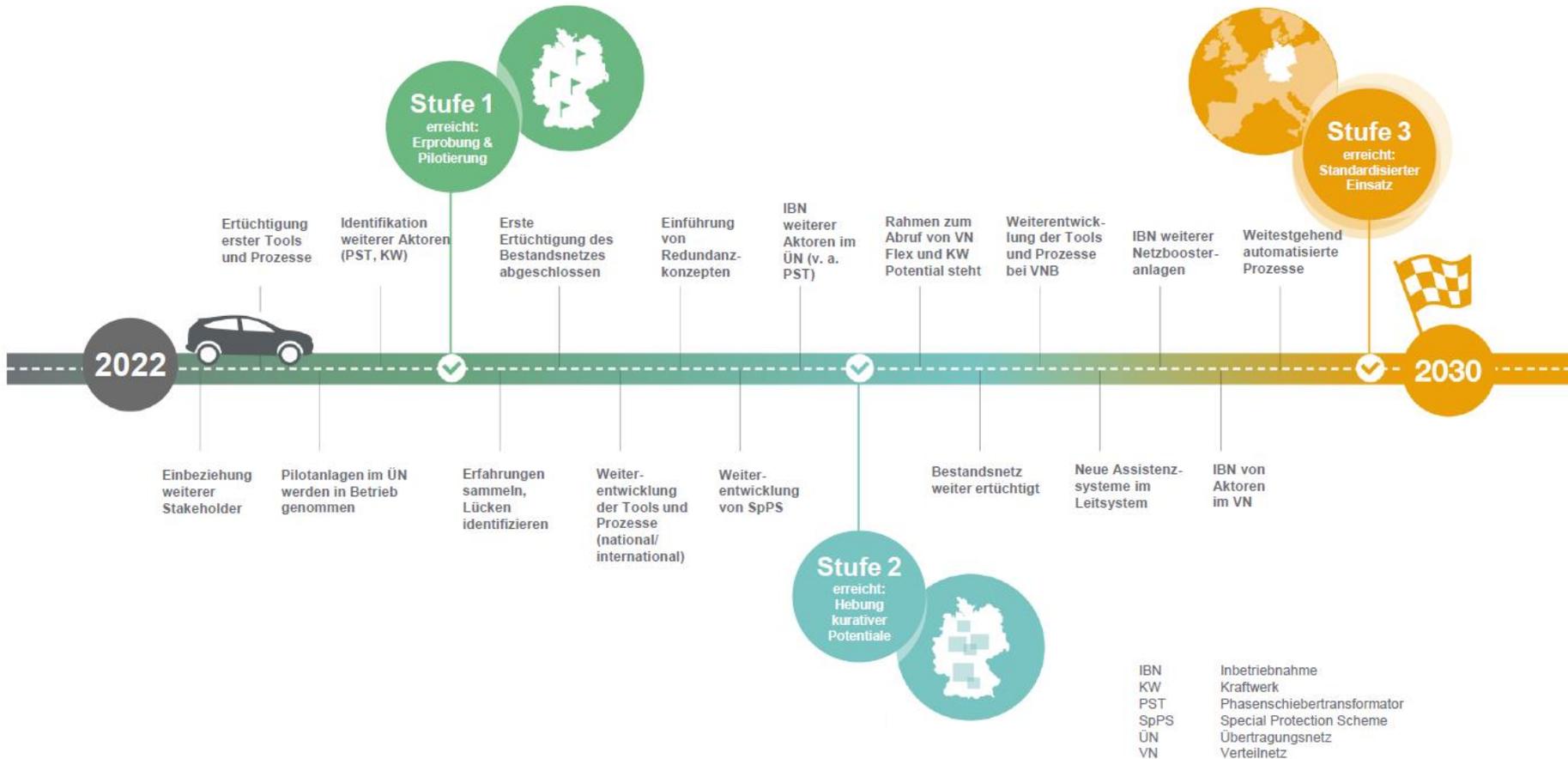


Roadmap InnoSys 2030



InnoSys-Roadmap

InnoSys
2030



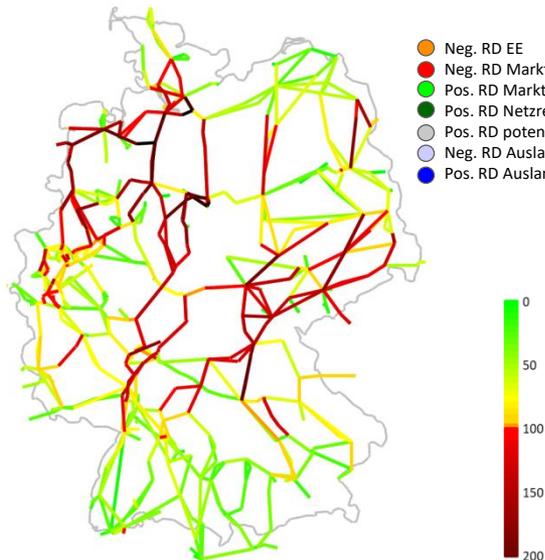
Agenda



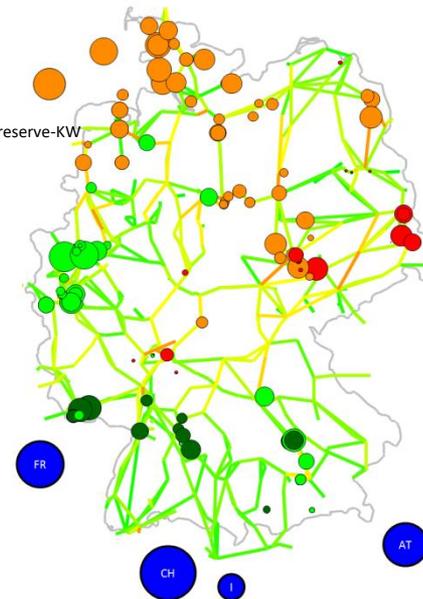
- Umsetzung in die Praxis

Ergebnisse Sonderanalysen für den Winter 22/23 zur Netzbelastung im Szenario KKW (++) NNF 299

Auslastung vor RD



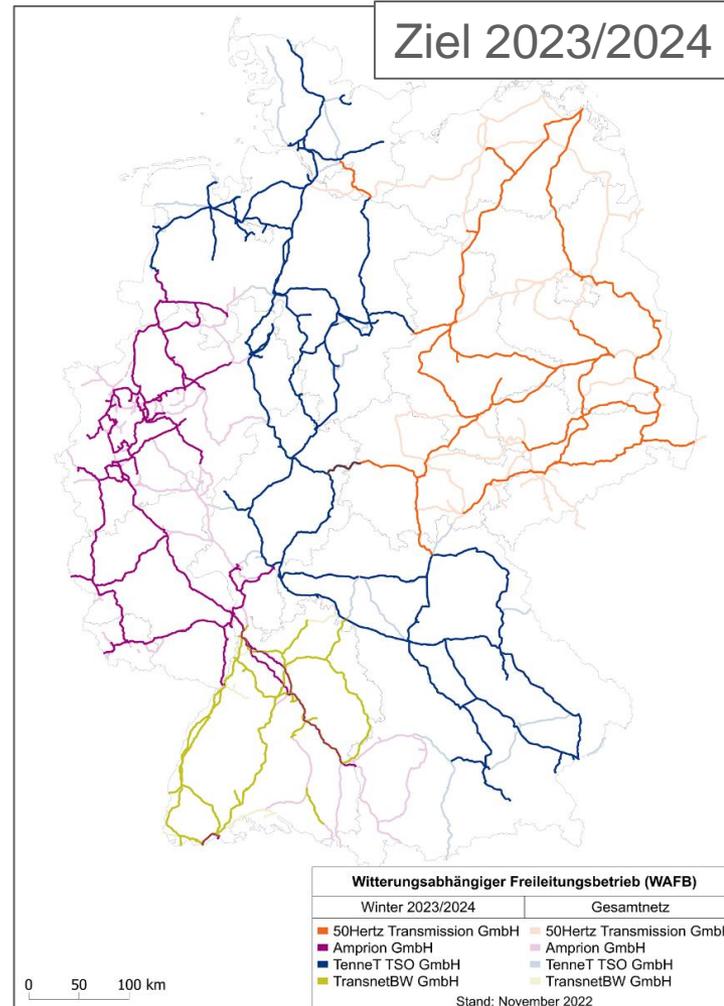
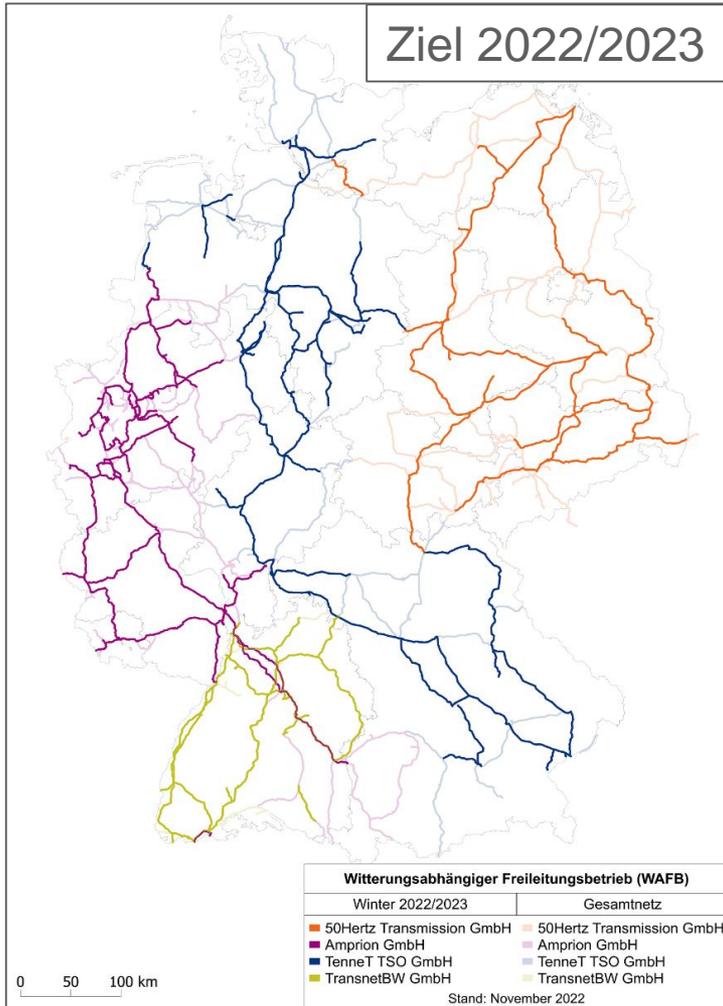
RD & Auslastung nach RD



GW	
Neg. RD Windeinspeisung (Onshore)	10,4
Neg. RD Windeinspeisung (Offshore)	2,8
Neg. RD PV-Einspeisung	0,0
Neg. RD marktbasierter KW in DE	3,5
Neg. RD im Ausland	0,0
Summe <u>negativer</u> RD	16,8
Pos. RD marktbasierter KW in DE	7,3
Pos. RD Netzreserve in DE	3,4
Pos. RD mit Kapazitätsreserve KW	0,0
Pos. RD in AT ($P_{\max} = 1,5$ GW)	1,5
Zusätzlich Pos. RD im Ausland	4,6
Summe <u>positiver</u> RD	16,8

- Engpässe im nördlichen und mittleren 380/220-kV-Netz
- Hohe Belastung des Netzes durch Leistungsflüsse aus dem Norden
- Verbleibendes RD-Potential in Süd-West DE aufgrund von lokalen Engpässen nicht nutzbar
- In AT werden vertraglich gesicherte 1,5 GW zum Redispatch eingesetzt
- **Zusätzlich werden in IT 530 MW , in CH 2,3 GW und in FR 1,7 GW zum Redispatch eingesetzt**

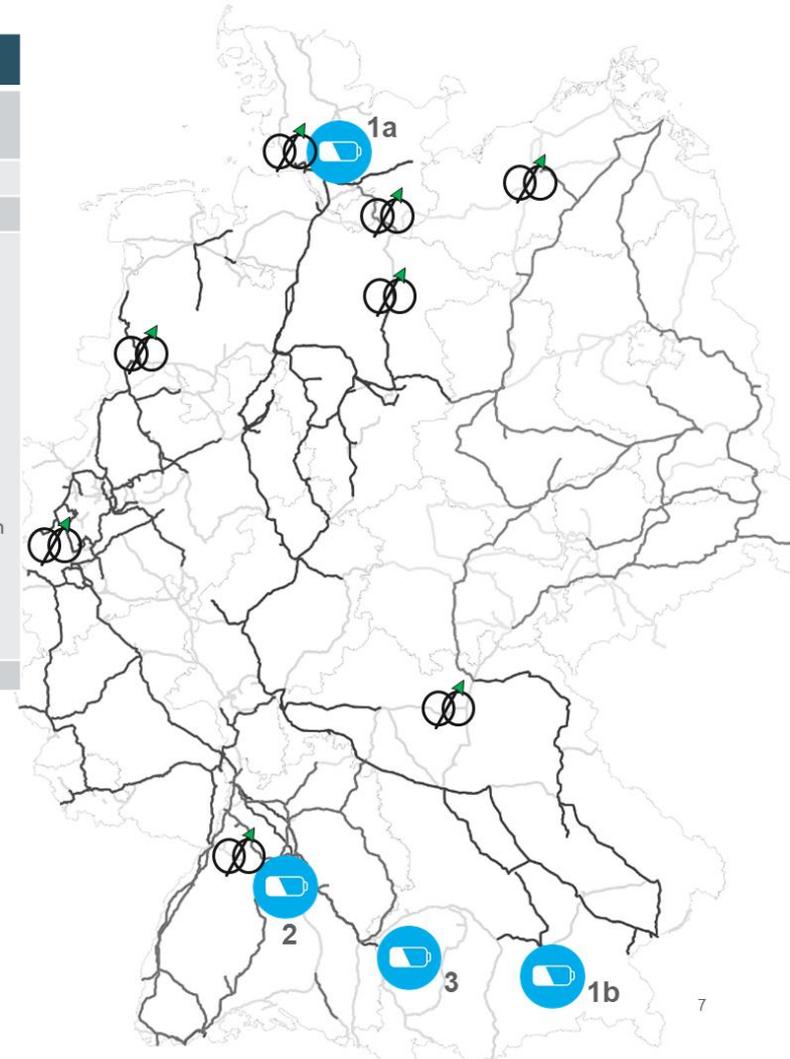
Witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb (WAFB)



Mittelfristig Höherauslastung durch

Reaktive Betriebsführung – Netzbooster Piloten und PST

	1) TenneT	2) TransnetBW	3) Amprion
Standort(e)	Audorf Süd und Ottenhofen	Kupferzell	Dezentral in Bayrisch Schwaben
Leistung [MW]	2 x 100 MW	250 MW	250 - 300 MW
Jahr Inbetriebnahme	2025	2025	2025/2026
Höherauslastung	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TenneT Netzbooster Piloten sind von der BNetzA bestätigt ✓ IMA Antrag wurde am 14.06.22 genehmigt ✓ Interne Konzepte (Betriebskonzept und Systemautomatik) ✓ Ausschreibungsprozess für die Pilotanlagen wurde gestartet ✓ Vergabe an einen Dienstleister wird in nächster Zeit erwartet. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ An Lieferanten vergeben ✓ Planfeststellung eingereicht 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modulare und dezentraler Aufbau an ca. 10 Standorten ✓ Konzepte (Betriebskonzept und Systemautomatik) mit VNB abgestimmt ✓ IMA Bestätigung durch BNetzA noch ausstehend



Ziele der Netzbooster-Piloten:

- Schritt 1: Proof of Concept Netzbooster für ein singuläres Netzbooster-Paar
- Schritt 2: Proof of Concept des systemischen Netzbooster-Konzeptes der Netzbooster-Piloten

Revolution der Leitsystemtechnik und in den Köpfen der Mitarbeitenden in den Schaltwarten

Eingabe Sensoren



- Strom
- Spannung
- Wirk- und Blindleistung
- Leitertemperatur
- Leiterseildurchhang
- Betriebsmittelauslastungen
- Ladezustand von Speichern
- Frequenz
- PMU/WAMS
- ...

Verarbeitung (inkl. Mensch) Steuerungs- und Regelungsgeräte



heute



Ausgabe Aktoren



- Schalthandlungen
- Transformatorstufensteller
- Kraftwerksregelung (konventionell und regenerativ)
- Lastflusssteuerung und Kompensation (HGÜ, FACTS, PST)
- Multivariate Schutzsysteme
- Regelleistungseinsatz
- Speicherregelung
- Power-to-X Prozesse
- Marktkapazitäten

Quelle:
EES Nürnberg

Revolution der Leitsystemtechnik und in den Köpfen der Mitarbeitenden in den Schaltwarten

Eingabe Sensoren



- Strom
- Spannung
- Wirk- und Blindleistung
- Leitertemperatur
- Leiterseildurchhang
- Betriebsmittelauslastungen
- Ladezustand von Speichern
- Frequenz
- PMU/WAMS
- ...

Verarbeitung (inkl. Mensch) Steuerungs- und Regelungsgeräte



morgen



Ausgabe Aktoren



- Schalthandlungen
- Transformatorstufensteller
- Kraftwerksregelung (konventionell und regenerativ)
- Lastflusssteuerung und Kompensation (HGÜ, FACTS, PST)
- Multivariate Schutzsysteme
- Regelleistungseinsatz
- Speicherregelung
- Power-to-X Prozesse
- Marktkapazitäten

Quelle:
EES Nürnberg

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

TenneT ist einer der führenden Übertragungsnetzbetreiber in Europa. Mit rund 23.000 Kilometern Hoch- und Höchstspannungsleitungen in den Niederlanden und Deutschland bieten wir eine zuverlässige und sichere Stromversorgung für 41 Millionen Endverbraucher. Wir erzielen mit rund 4.500 Mitarbeitern einen Umsatz von 4,2 Mrd. Euro. Gleichzeitig sind wir einer der größten Investoren in nationale und grenzübergreifende Übertragungsnetze an Land und auf See, die die nordwesteuropäischen Strommärkte verbinden und die Energiewende ermöglichen. Als verantwortungsbewusstes, engagiertes und vernetztes Unternehmen handeln wir dabei mit Blick auf die Bedürfnisse der Gesellschaft.

Taking power further

