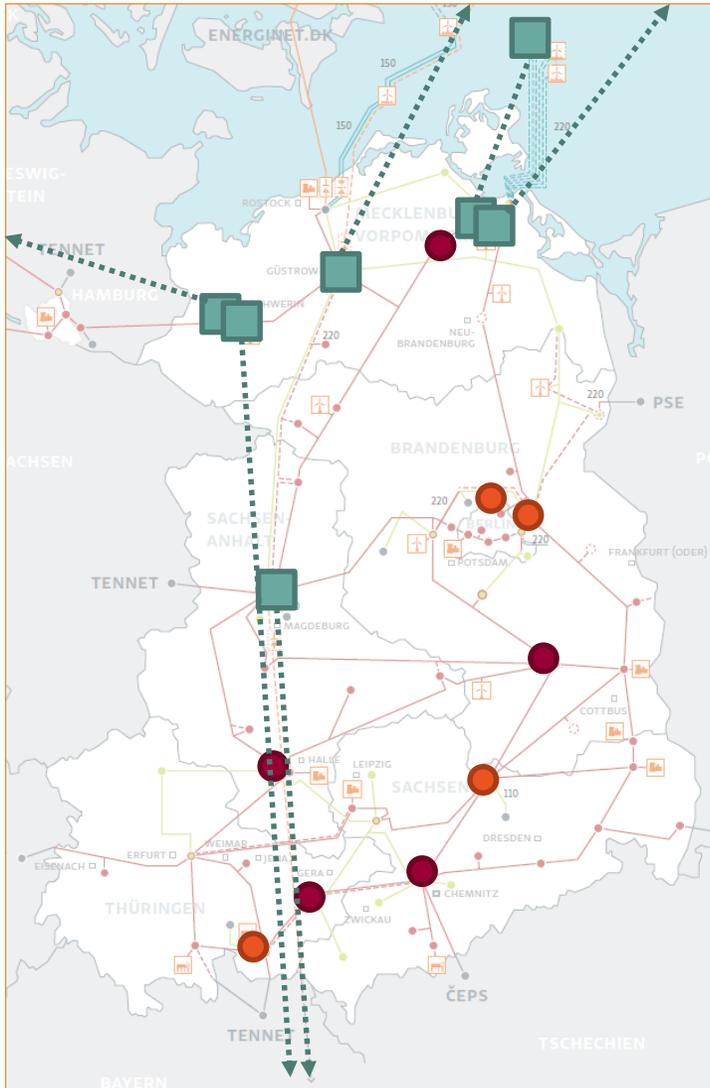




# Agenda

1. Was ist 50Hertz?
2. Motivation
3. Ziel-Design
4. Deep Dive Systemauftrennungen

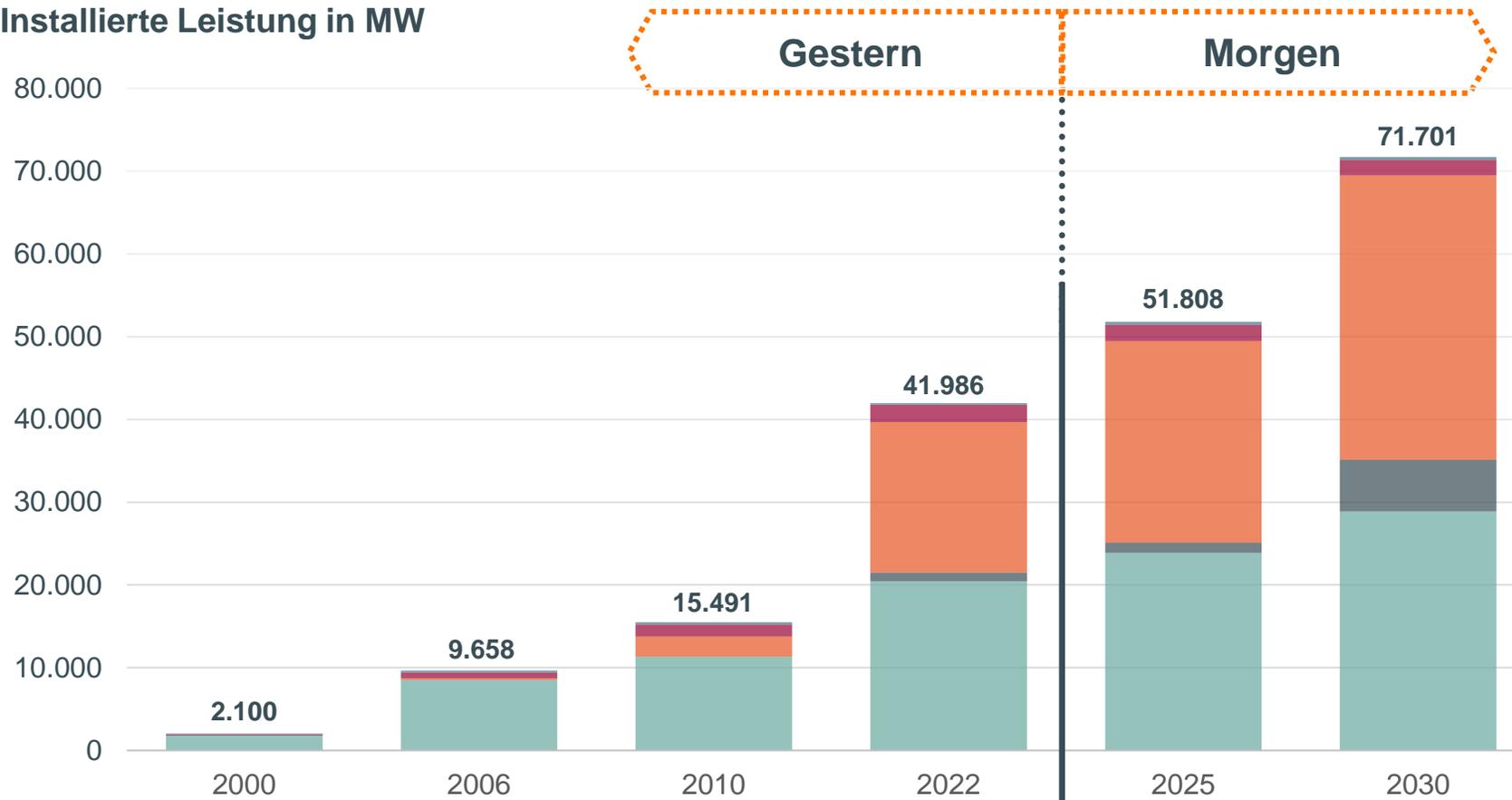
# 50Hertz auf einen Blick



	2022	2010
<b>EE-Anteil am Stromverbrauch</b>	~ 65 %	~ 25 %
<b>Installierte Leistung</b> davon Wind davon Photovoltaik	65 GW 21.507 MW 18.175 MW	38 GW 11.318 MW 2.418 MW
<b>Stromverbrauch</b>	~ 97 TWh	~ 98 TWh
<b>Mitarbeiter*innen</b>	1.594	643
<b>Ausbauplan bis 2030</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 GVA of HVDC converters</li> <li>• &gt;4 GVA of STATCOM</li> </ul>		

# Nordostdeutschland als „grünes Kraftwerk“ der Energiewende

Installierte Leistung in MW



Installierte Leistung Ende 2022

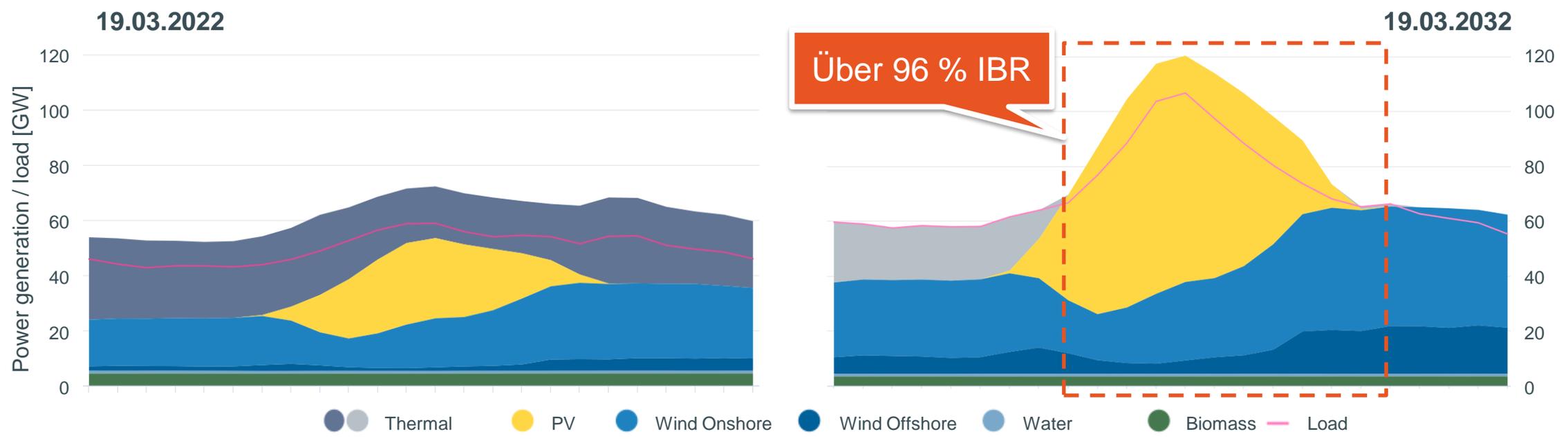
Wind Onshore	20.414 MW
Wind Offshore	1.093 MW
Solar	18.175 MW
Biomasse	2.069 MW
Sonstige	234 MW
<b>Summe</b>	<b>41.986 MW</b>

- Wind Onshore
- Wind Offshore
- Photovoltaik
- Biomasse
- Sonstige EE

Quelle: 50Hertz; Stand 31.12.2022, eigene Berechnungen

# Motivation

## Stromerzeugung und Verbrauch in Deutschland

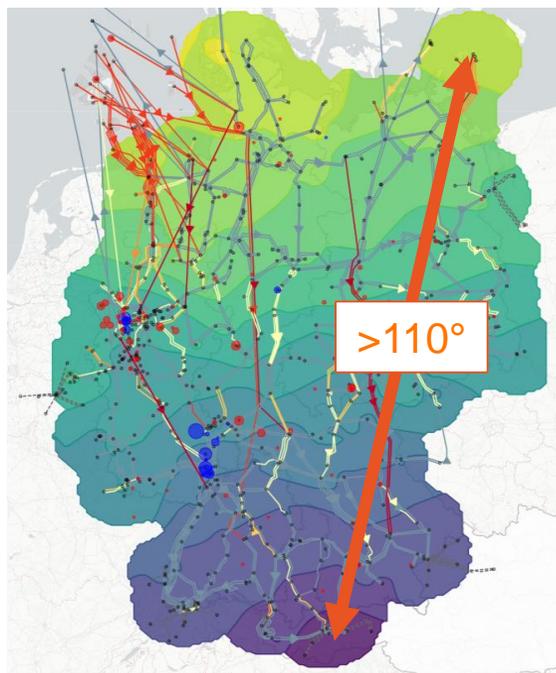


Quelle: Agorameter (agora-energiewende.de)



# Motivation

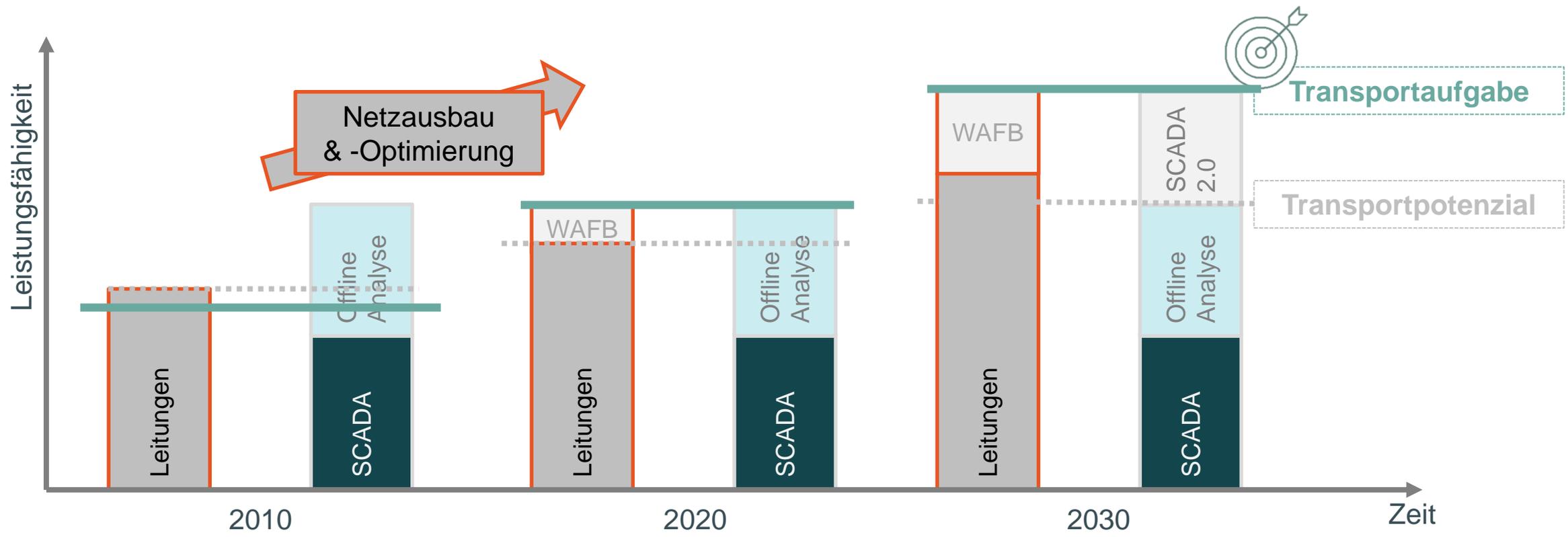
## Stromerzeugung und Verbrauch in Deutschland



- Wind Offshore
- Water
- Biomass
- Load

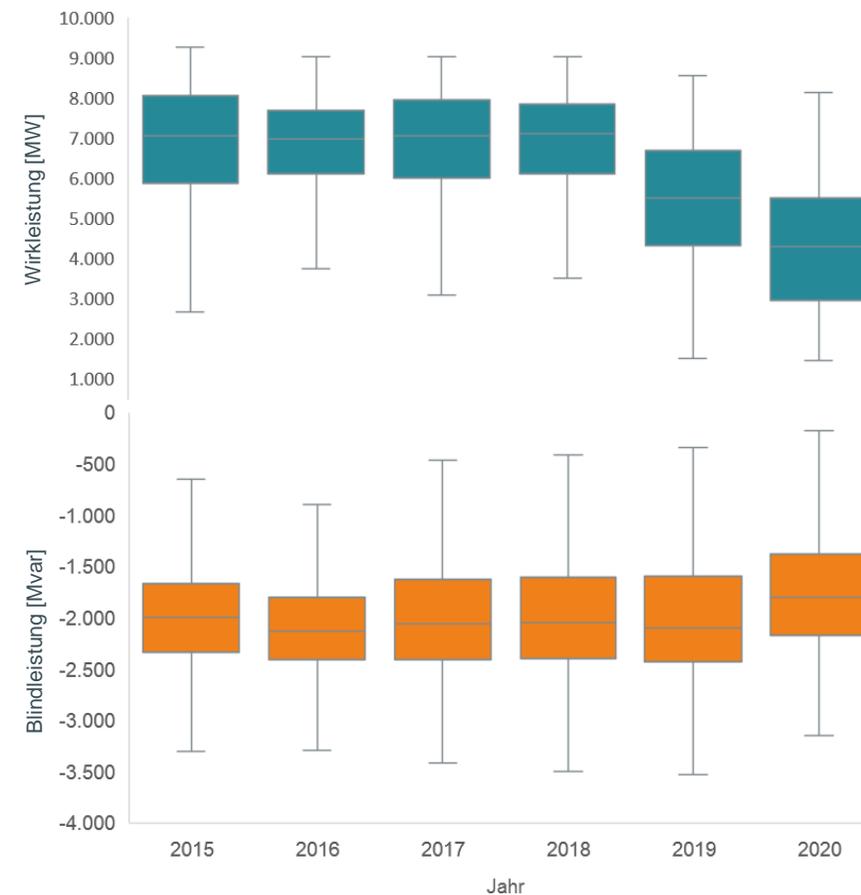


# Schlüsselfaktoren



## Entwicklung Kohleverstromung

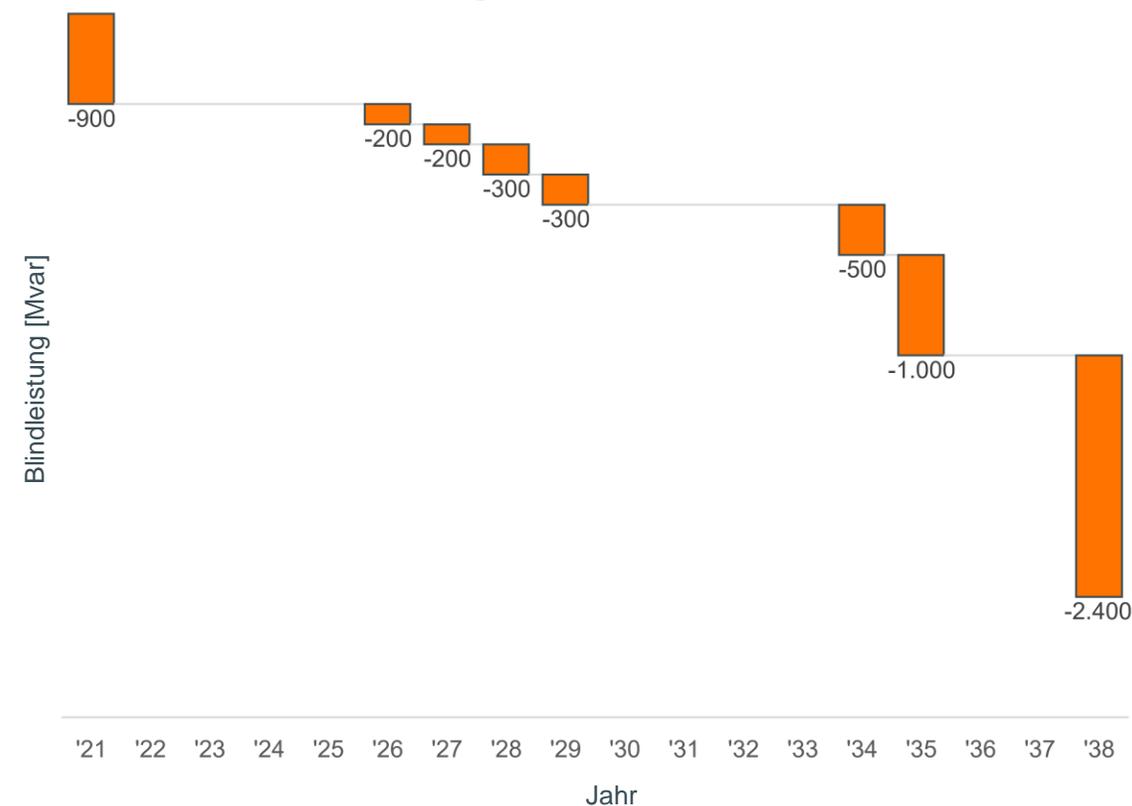
- Rückläufige Kohleverstromung
- Systemdienstleistung Spannungshaltung fast ausschließlich aus konv. Kraftwerken



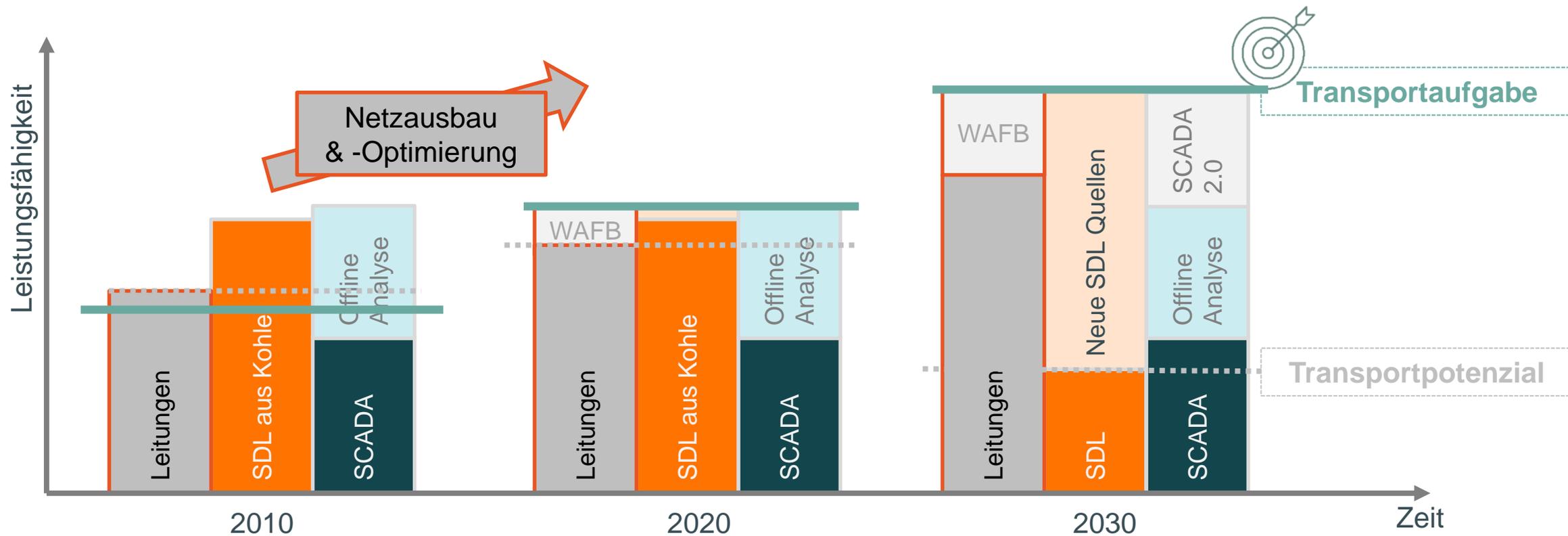
## Entwicklung Kohleverstromung

- Rückläufige Kohleverstromung
- Systemdienstleistung Spannungshaltung fast ausschließlich aus konv. Kraftwerken
- KVBG bietet trügerische Sicherheit
- Teilweise deutlich frühere “Kohleausstieg” durch saisonale Stillstände

Stilllegungspfad Blindleistungspotenziale aus Kohle-KW  
gem. KVBG

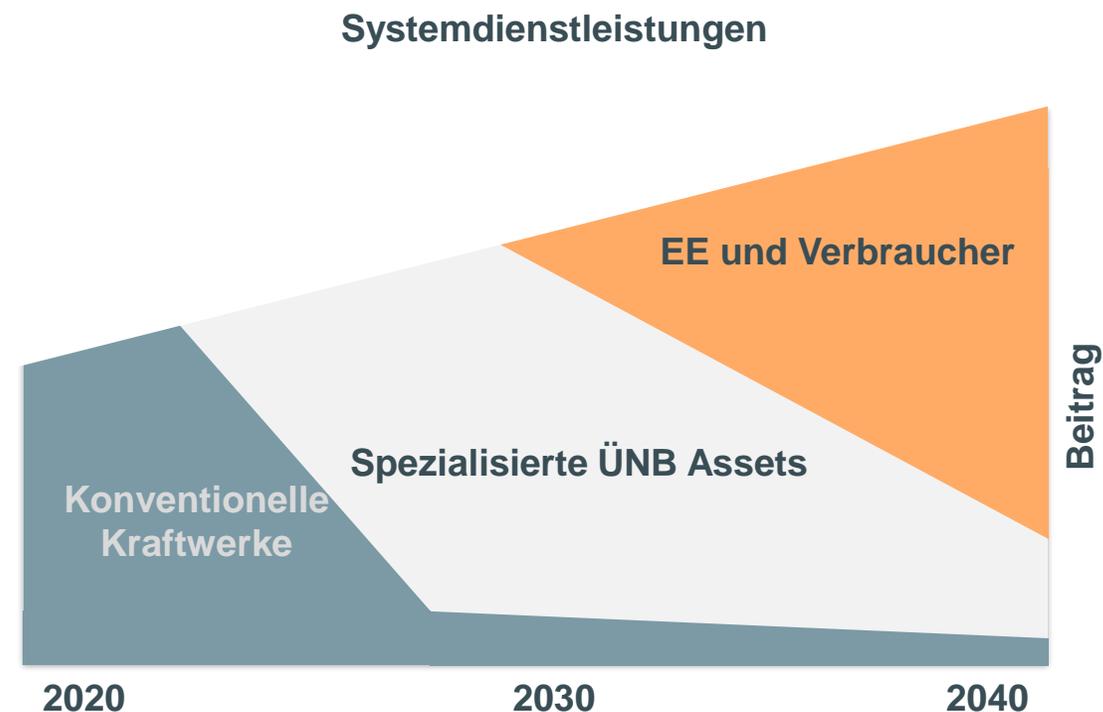


# Das Drei-Säulen-Modell



# Auf der Suche nach Systemdienstleistungen

1. EE und Verbraucher werden SDL bereitstellen
2. Handlungsfelder:
  - I. SDL messbar definieren.
  - II. Grundsätzliche technologische Fähigkeit fordern (TAR Entwicklung)
  - III. EE inzentivieren Fähigkeiten außerhalb der TAR anzubieten
  - IV. Weiterentwickeln der Systemführungsprozess und senken der Markteintrittshürden

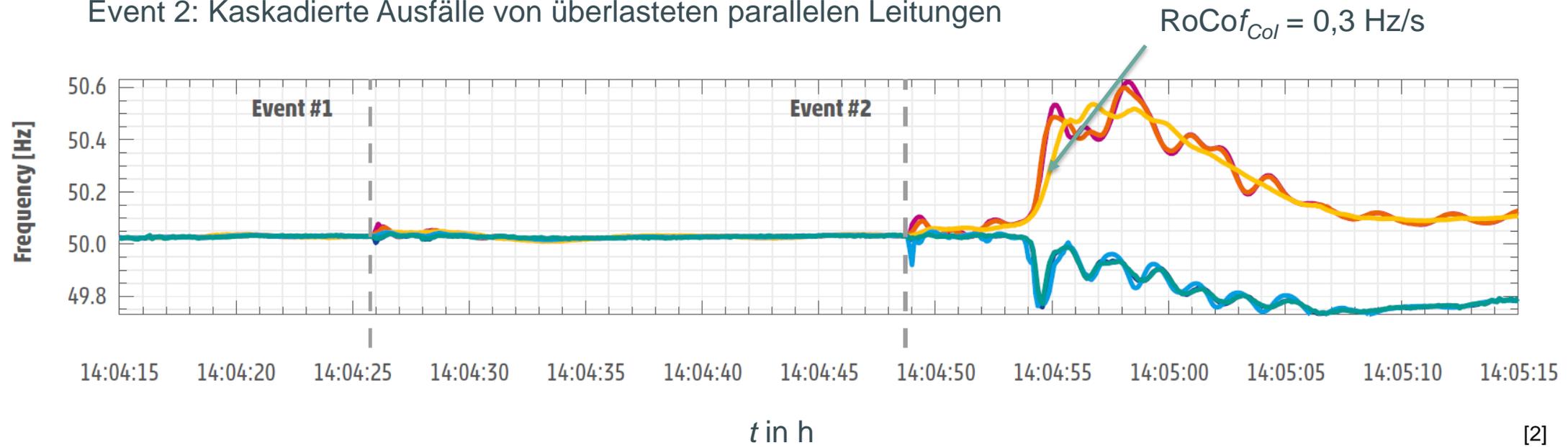




# Beispiel System Split 08.01.2021 – Osteuropa I

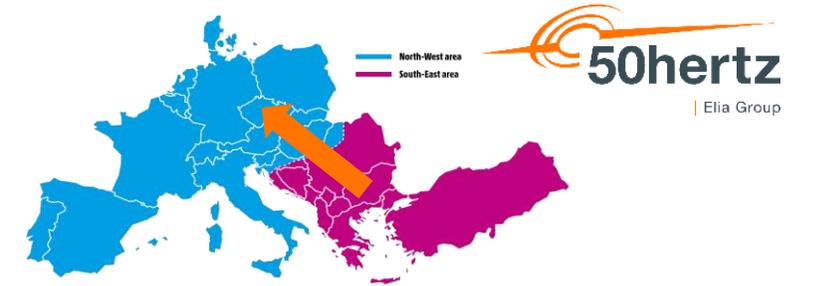
Event 1: Auslöseereignis – Ausfall Kupplung

Event 2: Kaskadierte Ausfälle von überlasteten parallelen Leitungen

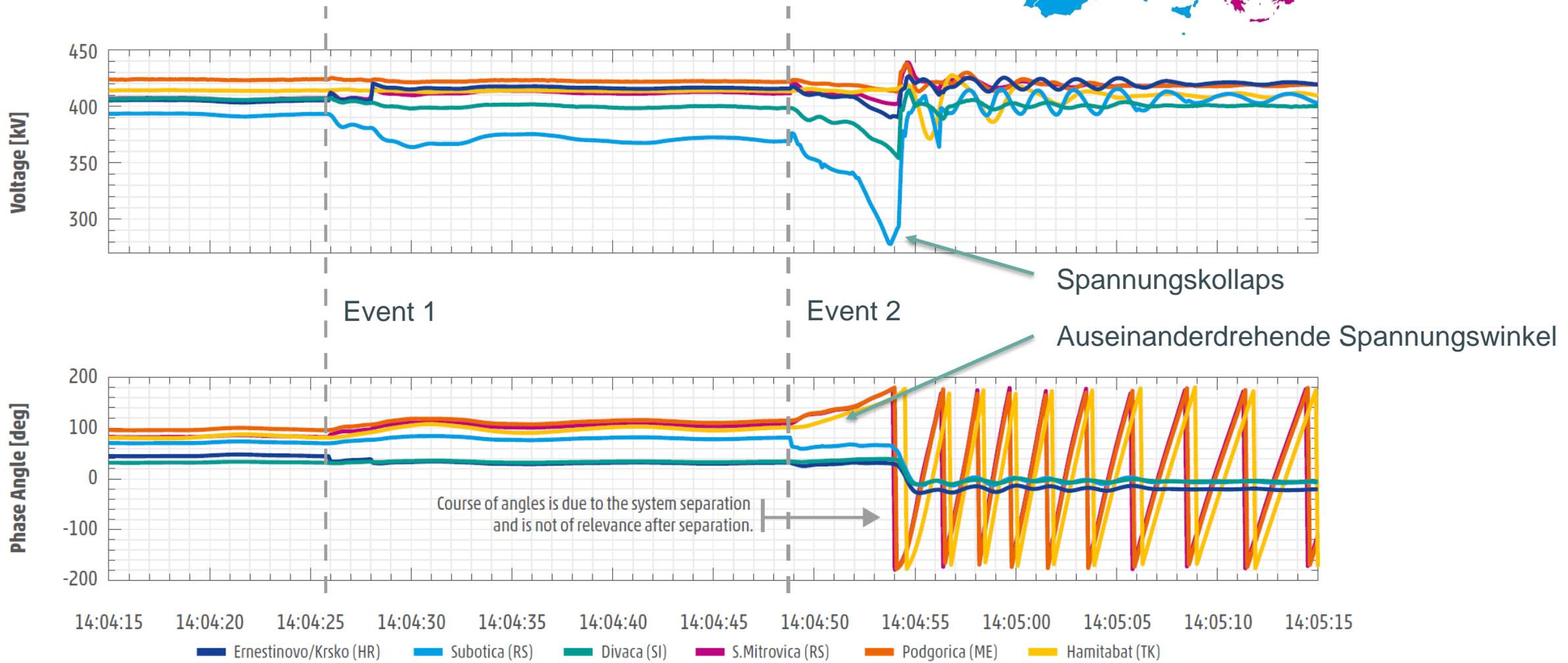


- Ernestinovo/Krsko (HR)
- Subotica (RS)
- Divaca (SI)
- S.Mitrovica (RS)
- Podgorica (ME)
- Hamitabat (TK)

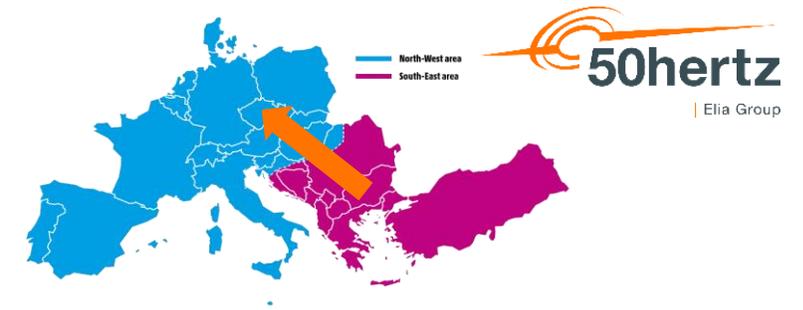
Quelle: ICS Investigation Expert Panel. *Continental Europe Synchronous Area Separation on 08 January 2021*. [Online]. Available: ([Link](#)).



# Beispiel System Split 08.01.2021 – Osteuropa II



Quelle: ICS Investigation Expert Panel. *Continental Europe Synchronous Area Separation on 08 January 2021*. [Online]. Available: ([Link](#)).



## Was können wir aus den Messungen lernen?

### Typischer Verlauf

1. Phase „Pre-event“:
  - kleine Winkelsprünge
  - enorme zusätzliche Blindleistungsbedarfe
2. Phase „Main-Event“:
  - Winkelsprung
  - Auseinanderdrehende Winkel
  - Spannungskollaps
3. Phase „System Split“:
  - Winkelsprung
  - Große RoCoF
  - Überspannungen

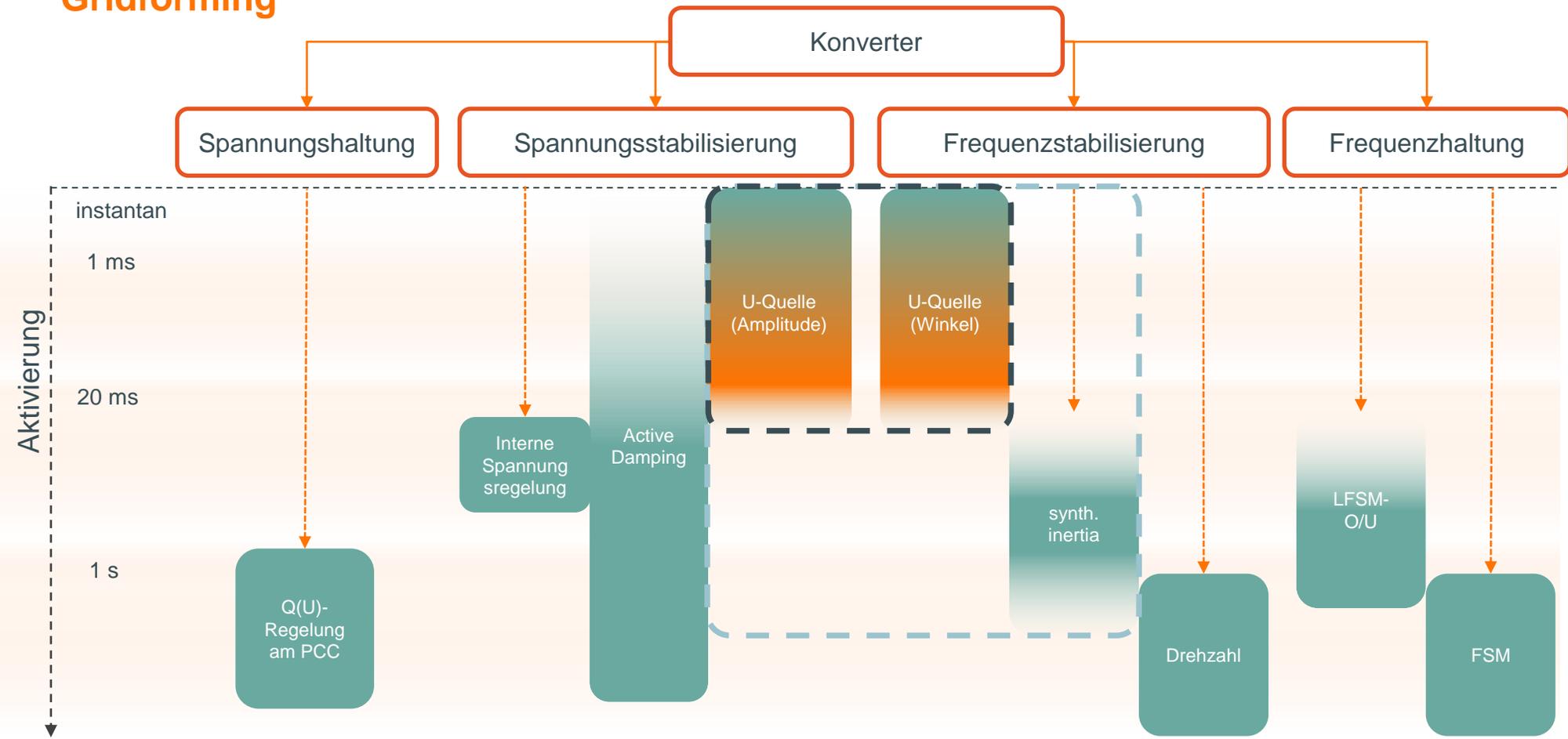


### Anforderungen zur Systemstabilisierung

- I. **Spannungsquellenverhalten**
  - II. **Spannungsregelung**
  - III. **Momentanreserve**
  - IV. **LFSM O/U**
- + Robustheitsanforderungen**

**Weiterentwicklung Netzanschlussregeln & SDL-Markt**

# Zeitliche Einordnung der Anforderungen Gridforming



Fähigkeit auch bei GFM

Spannungsquelle hinter Impedanz

Momentanreserve analog zu Synchronmaschine



# Zusammenfassung

## Findings

- ✓ 100%-EE nur durch ganzheitliche Systembetrachtung möglich
- ✓ Leistungselektronik dominiert die Zukunft
- ✓ Systemstabilität kann zum Engpass werden
- ✓ Systemgrenzen werden variabel

## Offene Punkte

- Automatisierte Überwachung
- Austausch von Netz- & Regelungsmodellen
- Langfristige Bedarfsausweisung
- Genehmigungen / Regulatorik für Anlagenbetrieb außerhalb der TAR

**CO2-neutrales Stromsystem nur mit Beitrag aller Netzteilnehmer möglich!**

Vielen Dank

