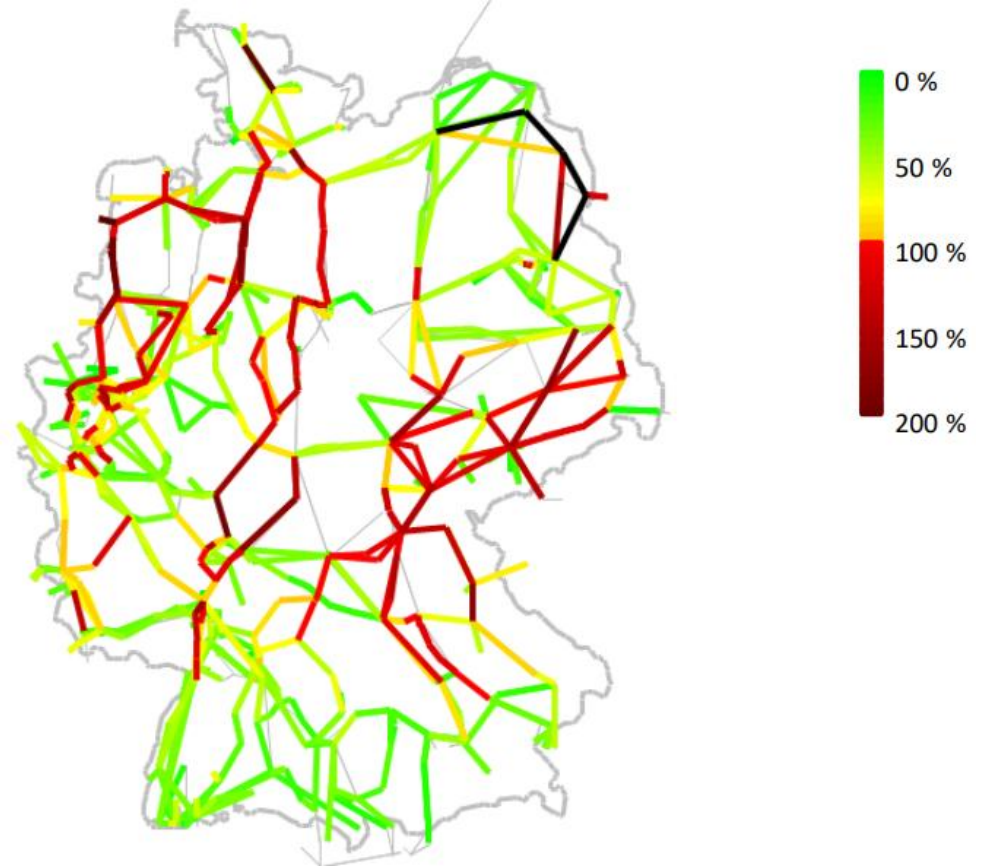


Übertragungsnetz in Deutschland



In Baden-Württemberg daheim – mit Europa vernetzt

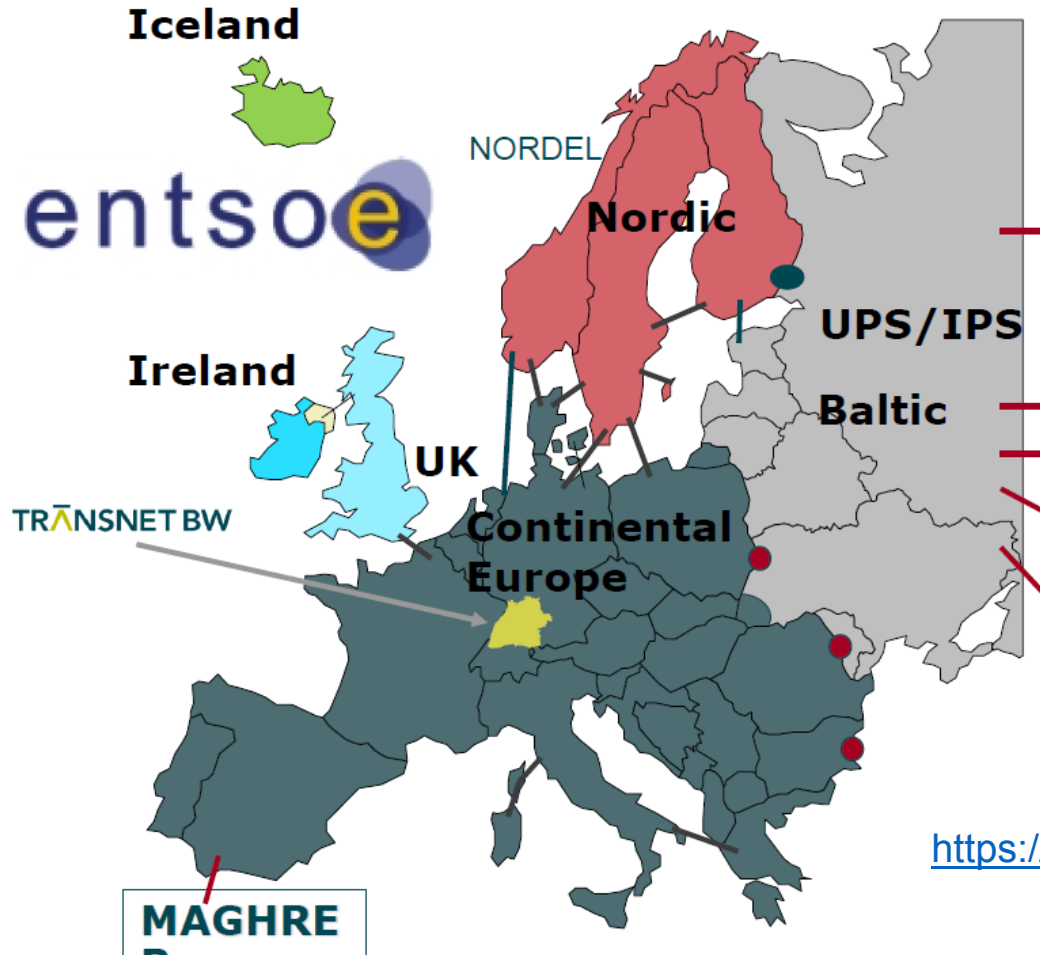
Installierte Leistung: 631 GW
Höchstlast: 390 GW
 Jahresarbeit: 2530 TWh
 Bevölkerung: 450 Mio

Installierte Leistung: 85 GW
Höchstlast: 66 GW
 Jahresarbeit: 400 TWh
 Bevölkerung: 65 Mio

Installierte Leistung: 94 GW
Höchstlast: 66 GW
 Jahresarbeit: 405 TWh
 Bevölkerung: 24 Mio

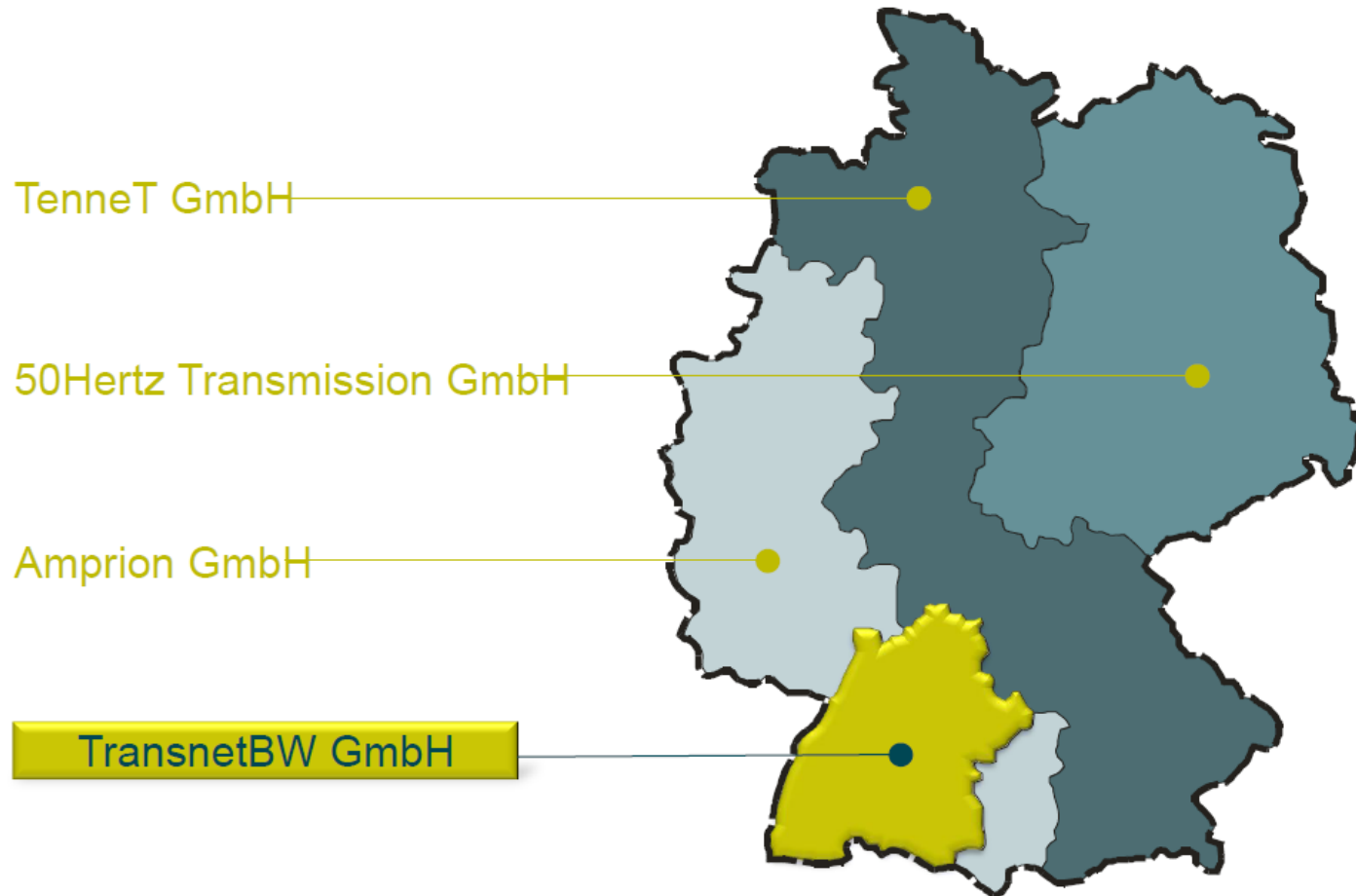
UPS/IPS
 Installierte Leistung: 337 GW
Höchstlast: 215 GW
 Jahresarbeit: 1285 TWh
 Bevölkerung: 280 Mio

- HVDC cable
- HVDC B2B
- Radial/Island connection
- HVAC tie line



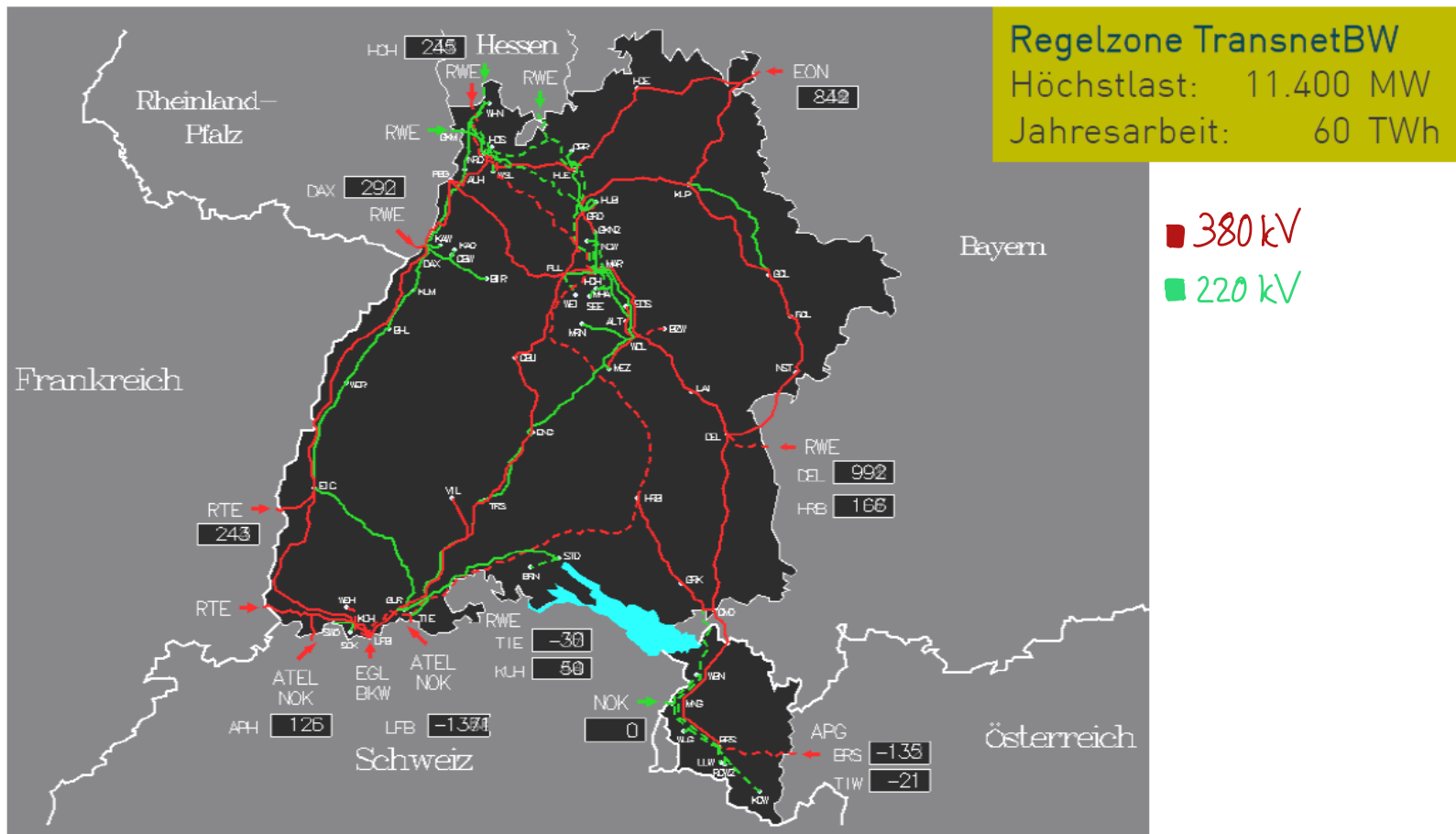
<https://www.entsoe.eu/data/map/>

Die Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland



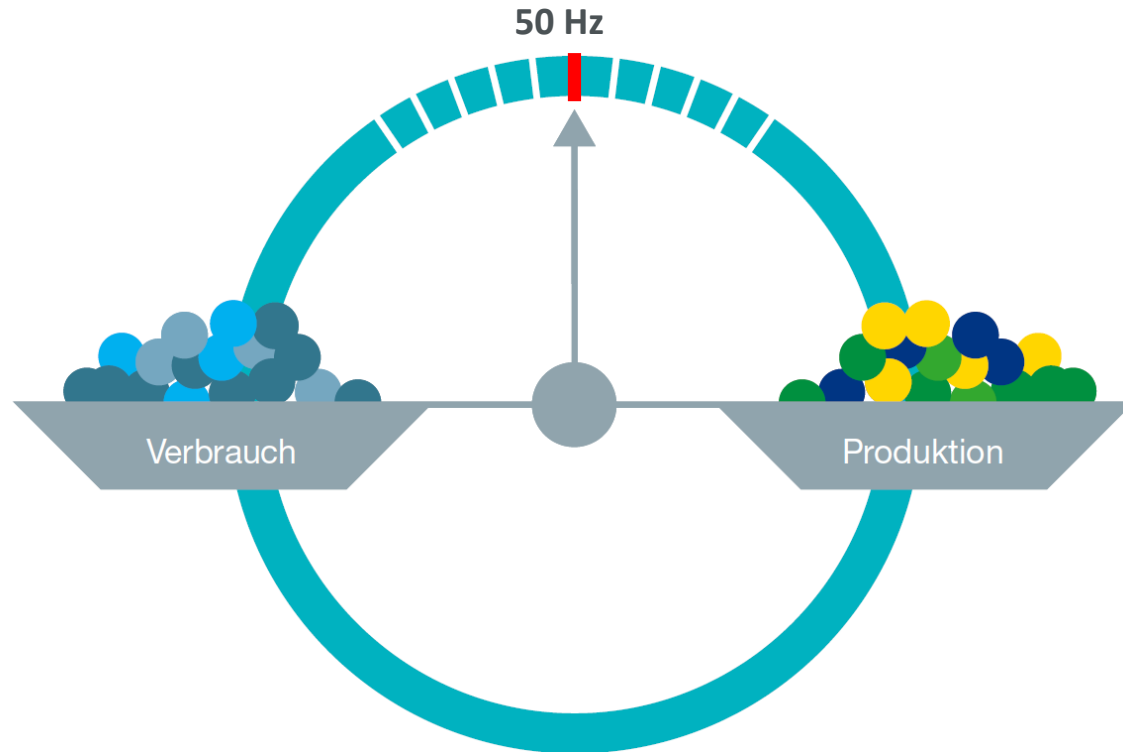
Transportnetz und Regelzone der TransnetBW

TRANSPORTNET BW



Wirkleistung-/Frequenzregelung und Regelleistungseinsatz

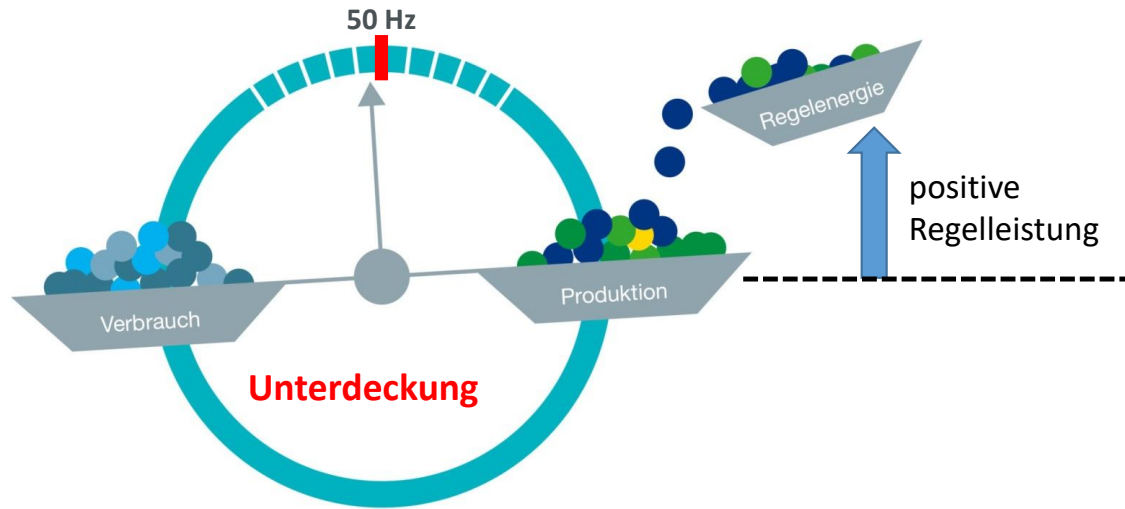
Stabiles Netz durch Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch



Wirkleistung-/Frequenzregelung und Regelleistungseinsatz

- **Erzeugungsmangel, Unterspeisung**

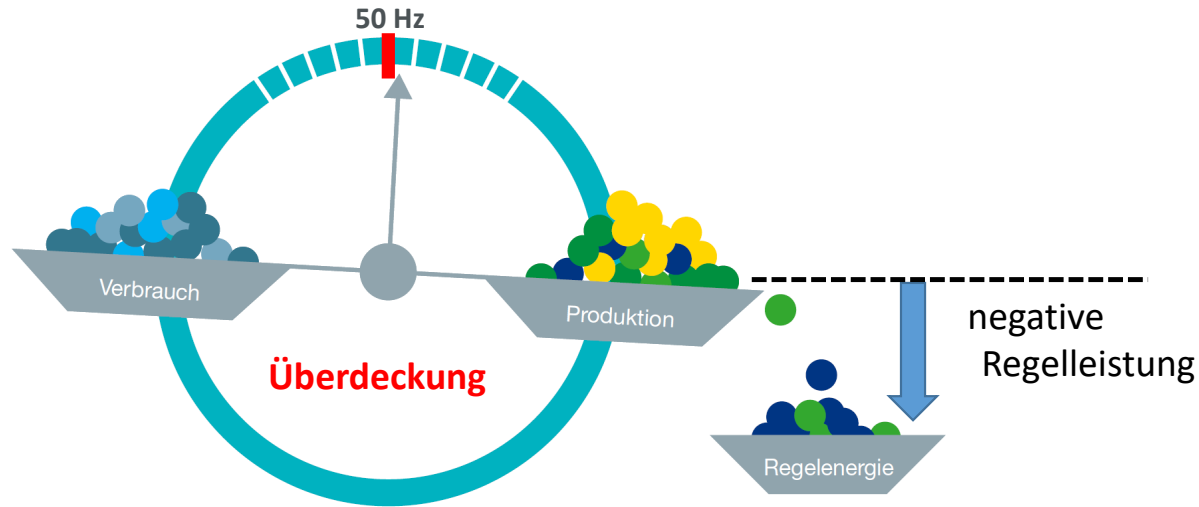
- Ursachen: → Kraftwerksausfälle, Prognoseabweichungen, Lastschwankungen und Fahrplansprünge
- Auswirkung: → **Frequenz sinkt**



Wirkleistung-/Frequenzregelung und Regelleistungseinsatz

- **Erzeugungsüberschuss, Überspeisung**

- Ursachen: → Prognoseabweichungen (Erzeugung, Verbrauch), Lastschwankungen und Fahrplansprünge
- Auswirkung: → **Frequenz steigt**



Spannungsregelung

Regelung der Spannungshöhe durch Blindleistungseinspeisung oder –
bezug *senken* *erhöhen*

Spannungswinkel beachten

Beispiel: Zusammenschaltversuch nach Auftrennung des europäischen Übertragungsnetzes in drei Netzteile (2006, Überführung Kreuzfahrtschiff Meyer-Werft Papenburg auf der Ems)

Kernaufgaben der Systemführung des TRANSNET BW Übertragungsnetzbetreibers

Netzbetriebsplanung/ Netzführung

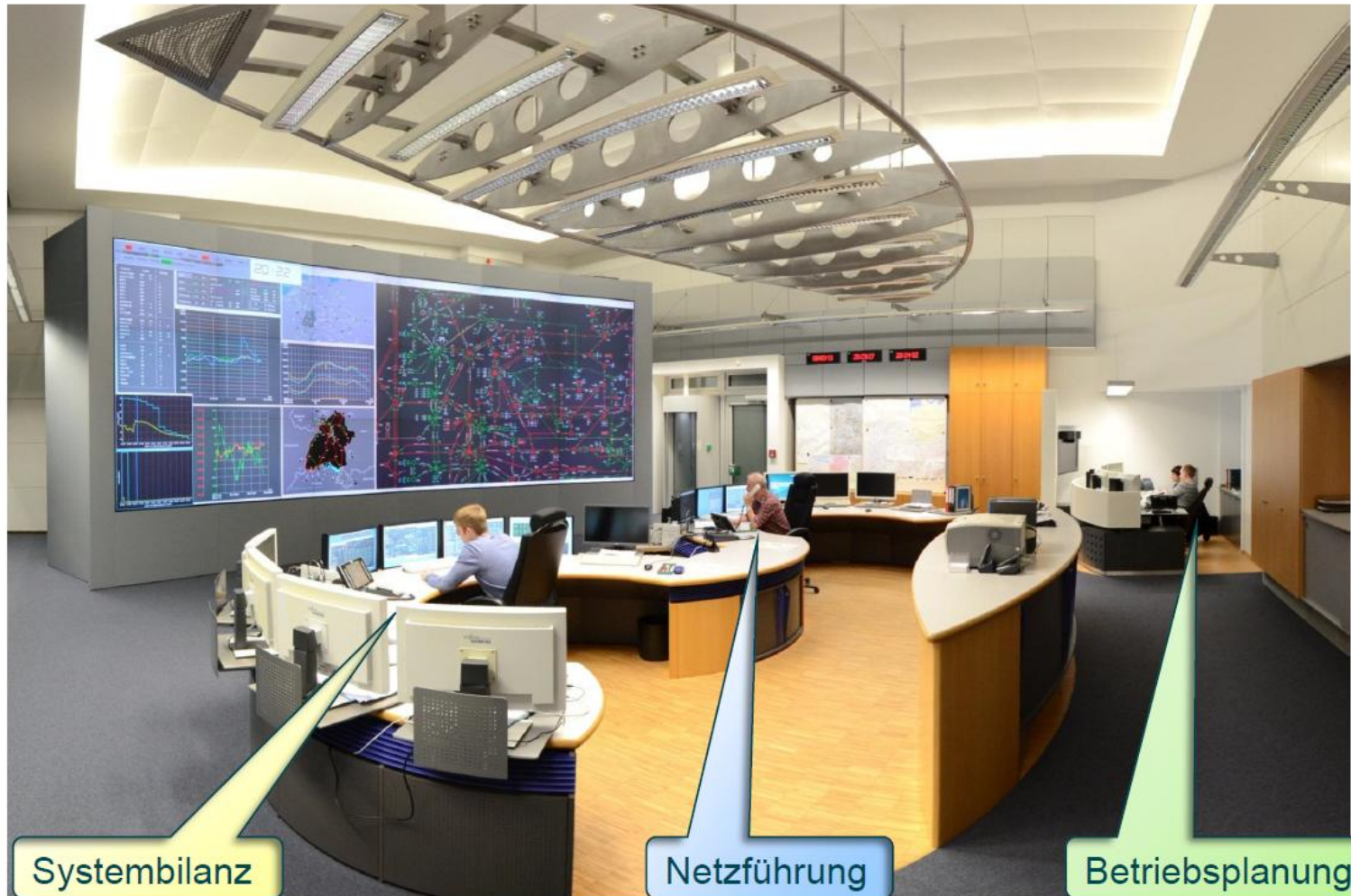
- Netzbetriebsprognosen, internationale Koordination
- Steuerung und Überwachung des Netzes, Kurzfristplanung
- Sicherstellung der Netzsicherheit, (Einhaltung des n-1 Kriteriums)
- Störungserfassung und Behebung
- Engpassmanagement (z.B. korrekatives Schalten)
- Netzwiederaufbau
- Bei Gefährdung der Netzsicherheit Anwendung von Maßnahmen nach §13 EnWG

Systembilanz

Sicherstellung des jederzeitigen Gleichgewichts zwischen Erzeugung und Verbrauch in der Regelzone TransnetBW

- Fahrplanmanagement (ca. 250 Bilanzkreise und Händler)
- Leistungs- Frequenz- Regelung im deutschen Netzregelverbund
- Einsatz der Regelenenergie
- Lastdeckung in der Regelzone
- Windausgleich, Windvermarktung Intraday
- Engpassmanagement (z.B. Re-Disp, Auktion, Pro-Rata)
- Bei Gefährdung der Systembilanz Anwendung von Maßnahmen nach §13 EnWG

Die Hauptschaltleitung in Wendlingen TRANSNET BW



Folgen Liberalisierung und Energiewende

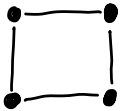
Fakten

- Die Transportentfernung zwischen Kraftwerk und Kunde (bisher ca. 80 km) kann künftig zwischen 0 und ca. 800 km, „abhängig von Sonne und Wind“ variieren.
- Erforderlicher Netzausbau bleibt hinter dem Ausbau der „Erneuerbaren“ zurück => Netzengpässe in den Übertragungsnetzen nehmen zu
- Es wird bald Tage geben an denen die Erzeugung aus Erneuerbaren in Deutschland höher ist als Nachfrage nach Strom



Beispiel Redispatch / Betriebsplanungsprozesse

Leitungsquerschnitt erhöhen
Einfach Leit zu Bündel Leit



Donaumaast:

~ Traverse

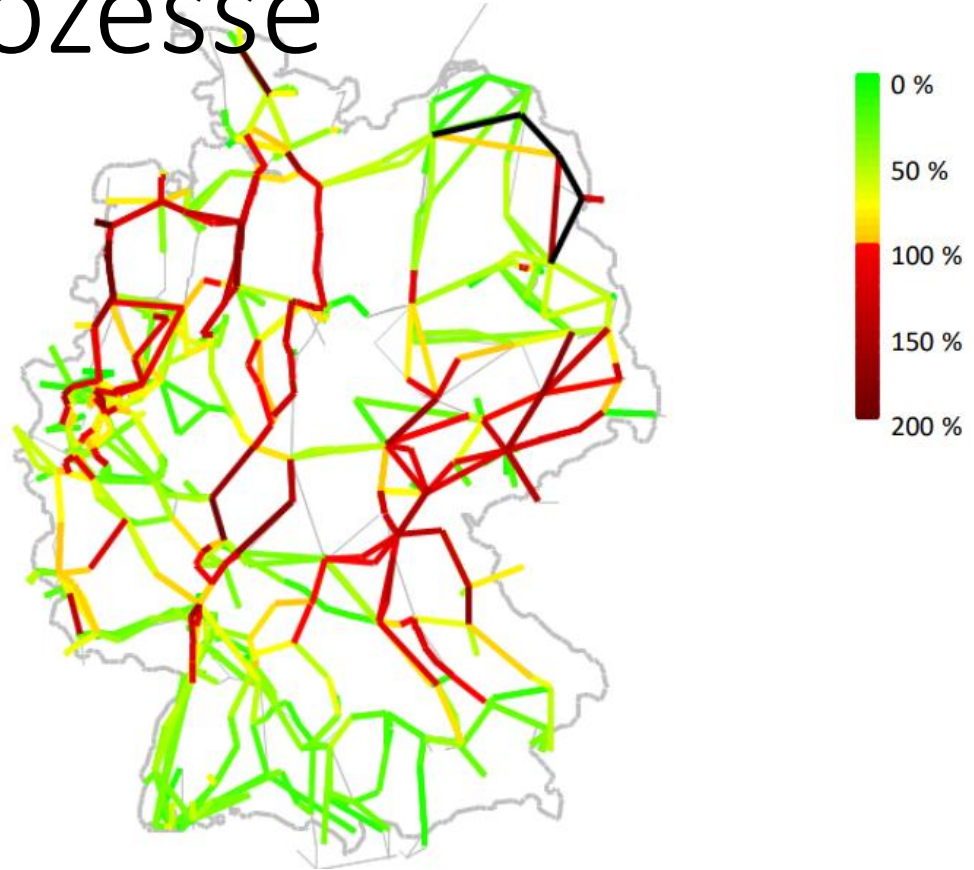
zubeseilung bei freier Traverse

Hochtemperaturseile

→ wärmer = mehr durchhang
→ Spannungswinkel ändert sich

Witterung

→ Wind / Temp.



Redispatch → z.B. auch Verteilernetze

„Unter Redispatch sind Eingriffe in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken zu verstehen, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen.

Droht an einer bestimmten Stelle im Netz ein Engpass, so werden Kraftwerke diesseits des Engpasses angewiesen, ihre Einspeisung zu drosseln, während Anlagen jenseits des Engpasses ihre Einspeiseleistung erhöhen müssen.

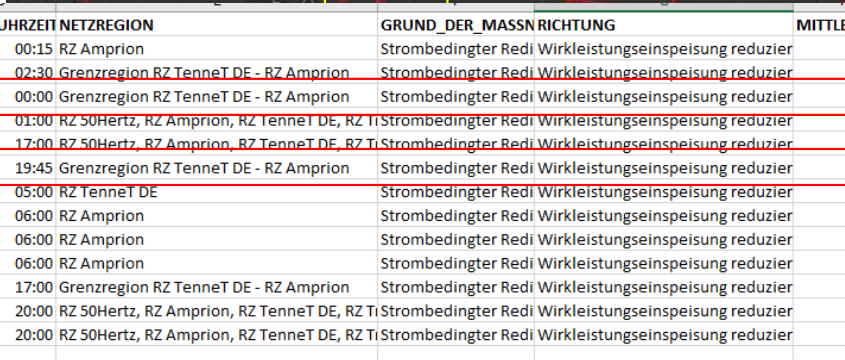
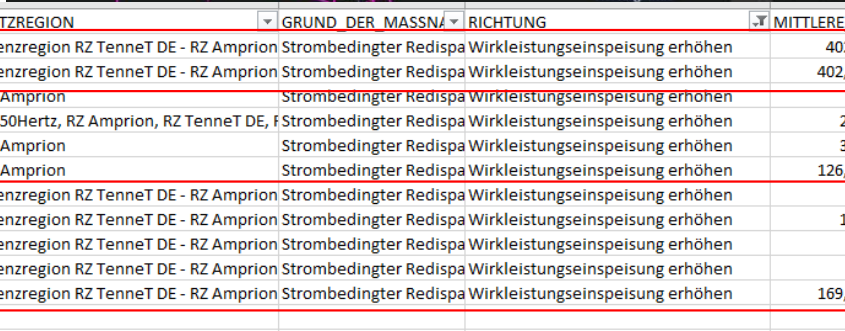
Auf diese Weise wird ein Lastfluss erzeugt, der dem Engpass entgegenwirkt.“

(Definition Bundesnetzagentur)

Netz- und Systemsicherheit

- **Reservekraftwerke:** Einsatz von Kraftwerken zur Beschaffung noch fehlender Redispatchleistung aus der Netzreserve nach vertraglicher Vereinbarung unter Ersatz der Kosten

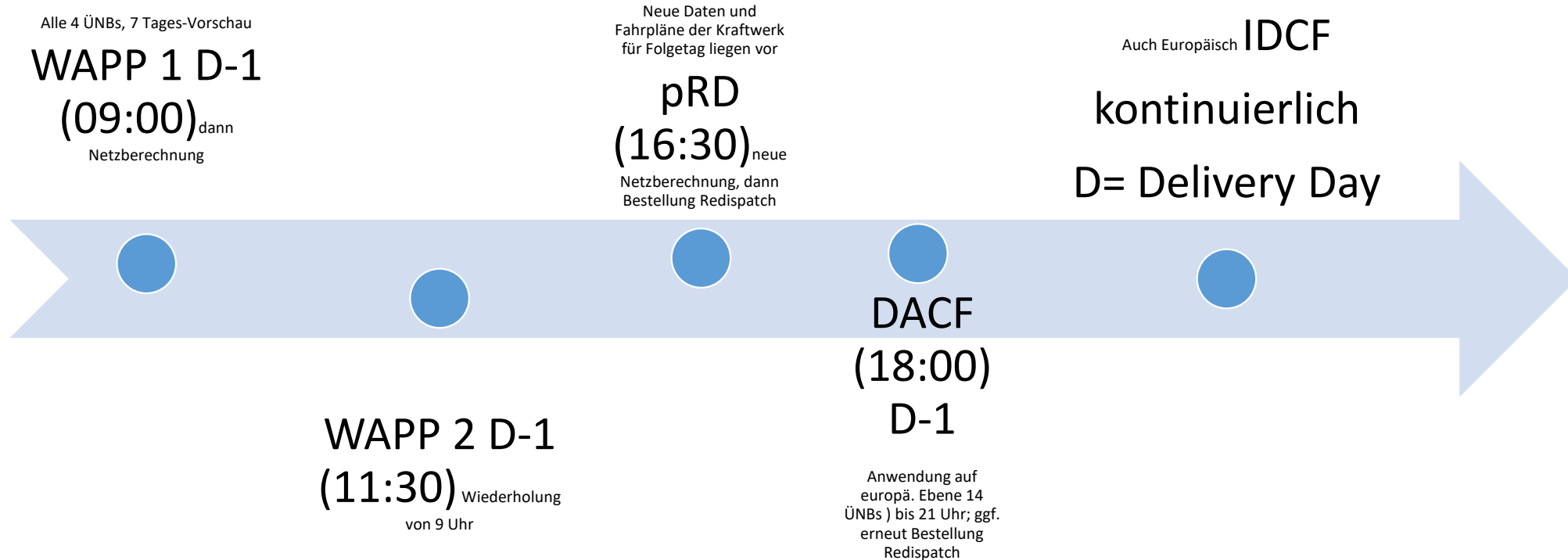
(Definition Bundesnetzagentur)



A map of the Netherlands showing the location of the study area. The map highlights the regions of North Brabant and Limburg. Two specific locations are marked with black dots and labeled: 'Voerde' in North Brabant and 'Unna' in Limburg. The map also shows major roads and geographical features like rivers and forests.

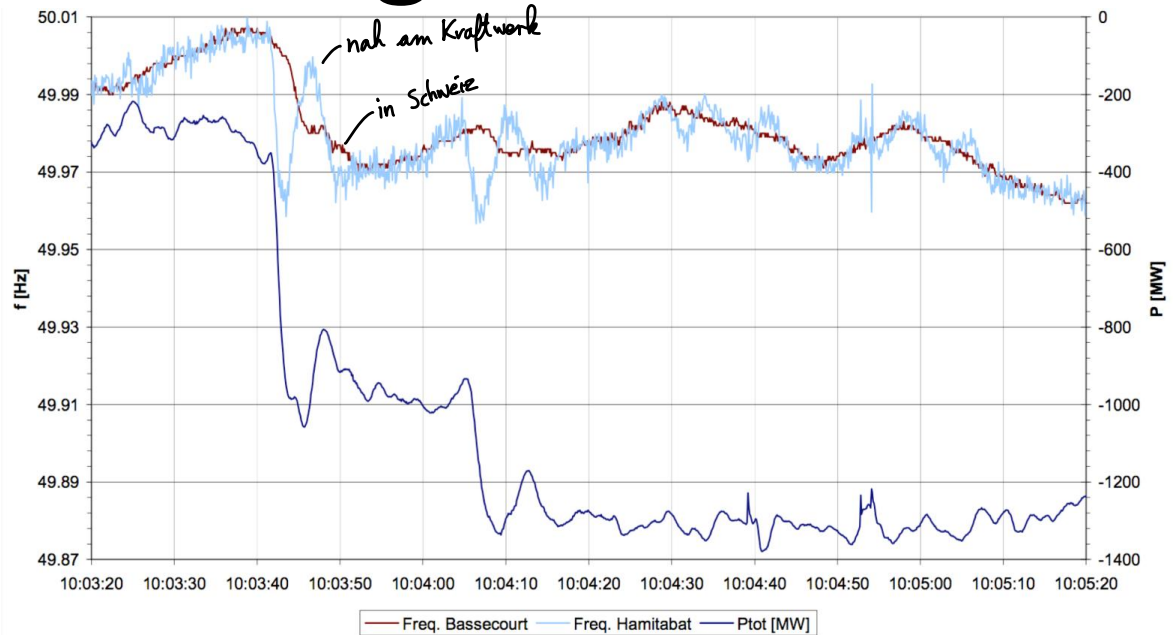
140	302 50Hertz	50Hertz & Amprion & TenneT	Boxberg, Jämschwalde, Lippendorf Va
60	120 TenneT DE	50Hertz & Amprion & TenneT	Wilhelmshaven (ENGIE)

Betriebsplanungsprozesse



Leistungsfrequenzregelung und Regelleistung

- Bandirma, Türkei



Frequenzmessung in Bassecourt (2600 km) und Hamitabat (520 km) im Vergleich zur Leistungsmessung nach dem KW-Ausfall (918 MW) in Bandirma (Quelle: VDE).

Warum Regelleistung

- **Warum Regelleistung?**

- Stromnetze kaum fähig Energie zu speichern
- zu jedem Zeitpunkt gilt:

eingespeiste Leistung = entnommene Leistung

Problem

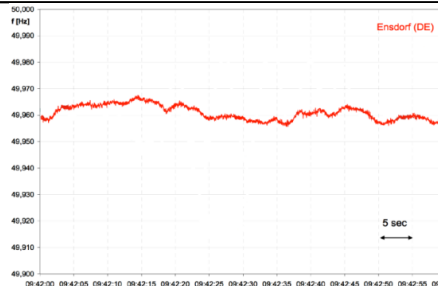
in der Praxis ständige Abweichungen in der Leistungsbilanz (Unvorhersehbarkeit der EEG, Verbraucher, Betriebsmittelausfall, ...)

Abhilfe

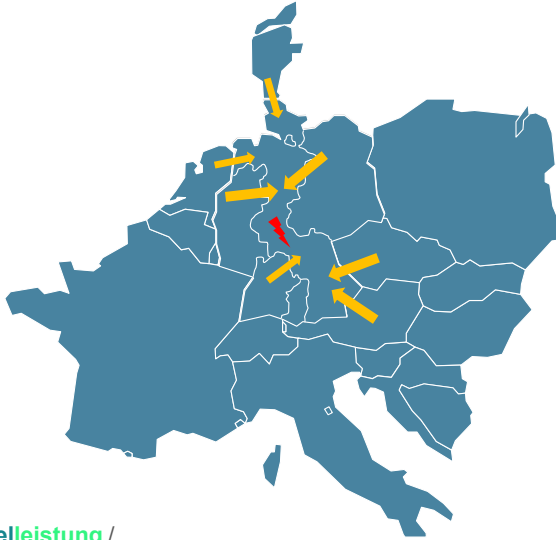
Einsatz von

- rotierende Massen
- Regelleistung

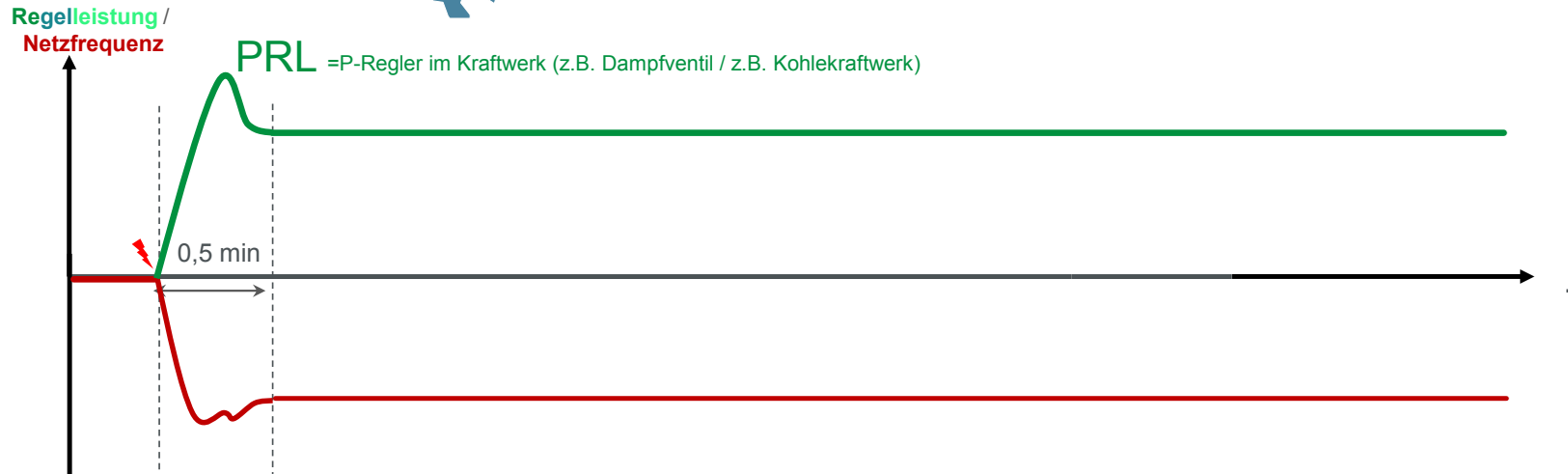
Die Netzfrequenz ist ein Indikator für die Wirkleistungsungleichgewichte



Primärregelung

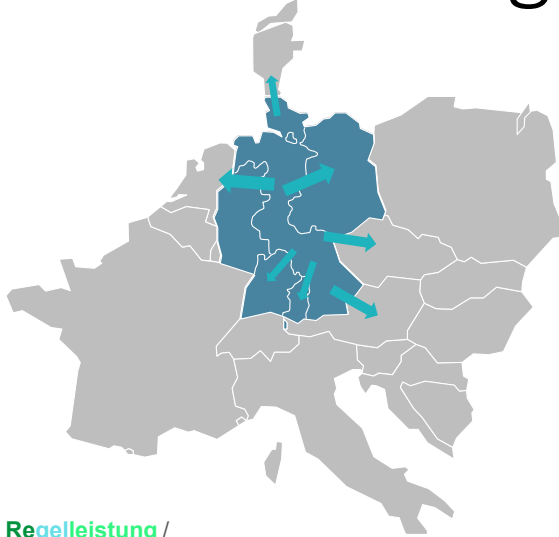


- Ziel: Eine Differenz zwischen f_{soll} und f_{ist} im Sekundenbereich zu minimieren und damit die Netzfrequenz zu stabilisieren. (P-Regler)
- Methodik: Die dezentrale P-Regleinheiten regeln die Störung der Summenleistung von $\pm 3\text{GW}$ innerhalb 15-30 s aus.
- Aktivierung bei Frequenzabweichung $\pm 10\text{ mHz}$
- **dezentral und solidarisch im gesamten ENTSO-E-Verbund**



Sekundärregelung

wer? Zuständiger ÜNB

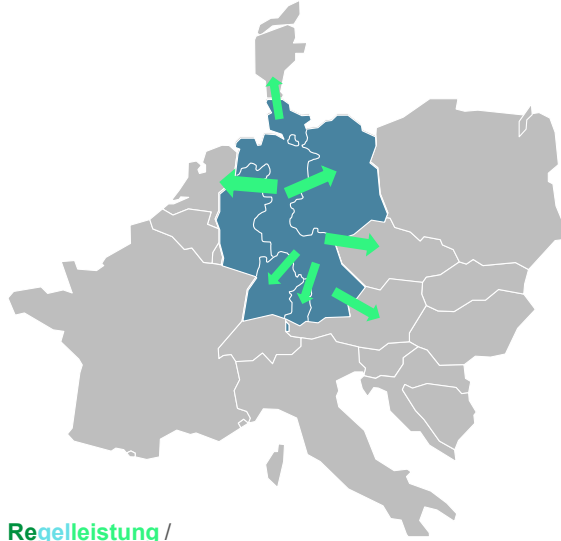


- Ziel: Eine Differenz zwischen P_{soll} und P_{ist} im Minutenbereich zu nullen (innerhalb 5 min vom KW zu liefern).
- Methodik: Der zentrale PI-Regler regeln die Austauschleistungsdifferenz aus, um ungewollte Lastflüsse zwischen RZ-en zu vermeiden. Der Sekundärregler integriert ein Differenzsignal zu Null und dadurch werden die Ist-Netzfrequenz sowie die Ist-Austauschleistung auf ihre Sollwerte ausgeregelt .
- **Automatisierte Sollwertregelung**

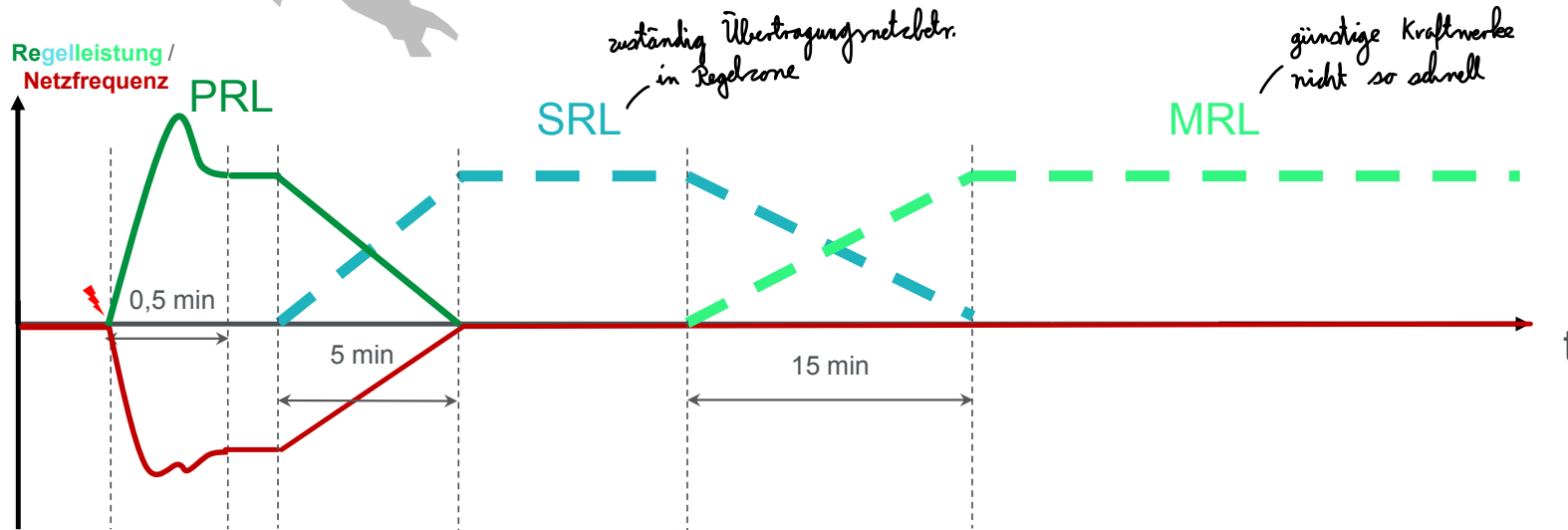


Minutenreserve

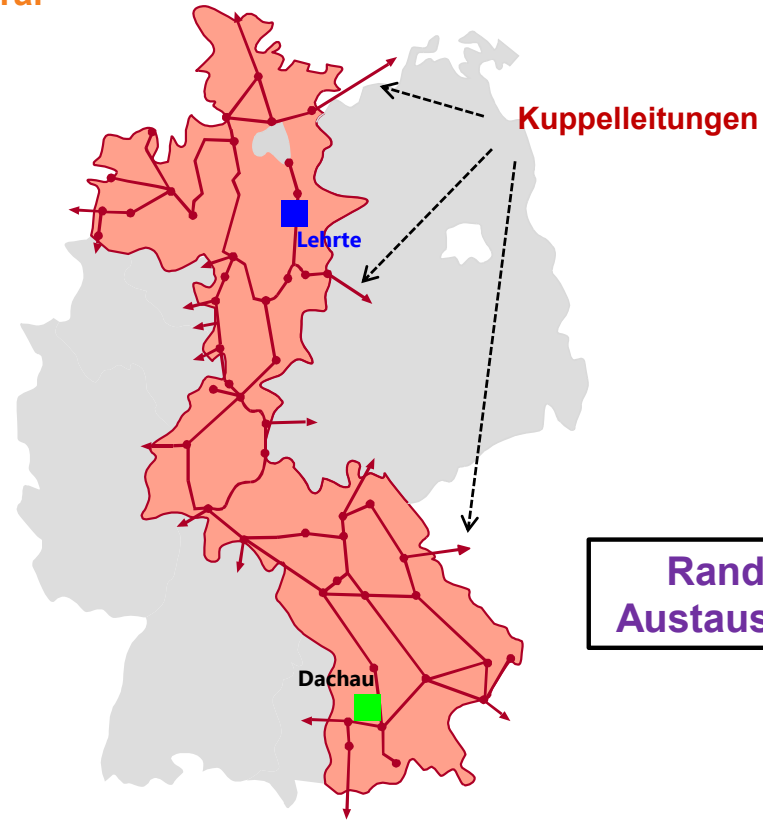
Amprion für D



- Ziel: Ablösung der aktivierten SRL-Reserve.
- Methodik: Die Quantifizierung der Leistungsungleichgewichte und MRL „Minuten-Regelleistung“-Abruf wird vom DE-Blockregler (Amprion) koordiniert.
- **Manuelle (Vor-)Steuerung**



Randintegral



**Randintegral = Summe des P-
Austausches aller Kuppelleitungen**

Produktmerkmale

	Primärregelleistung PRL	Sekundärregelleistung SRL	Minutenreserveleistung MRL
Reaktionszeit	< 30 Sek. (vollautomatisch, dezentral)	< 5 Minuten (vollautomatisch, zentral)	< 15 Minuten (ferngesteuert, händisch)
Angebot, Vergütung	Leistungspreis	Leistungs- und Arbeitspreis	Leistungs- und Arbeitspreis
Vergabe	Wöchentlich	Täglich	Täglich
Bereitstellungsraum	1 Woche / durchgehend	1 Tag / 6 Zeitscheiben à 4 Std.	1 Tag / 6 Zeitscheiben à 4 Std.
Liefferrichtung	Positiv und Negativ (1 Produkt)	Positiv und Negativ (2 Produkte)	Positiv und Negativ (2 Produkte)
Mindestleistung	1 MW	5 MW*	5 MW
Angebotsinkrement	1 MW	1 MW	1 MW

*Ausnahme bei einmaligen Angeboten < 5 MW

Stand: September 2018

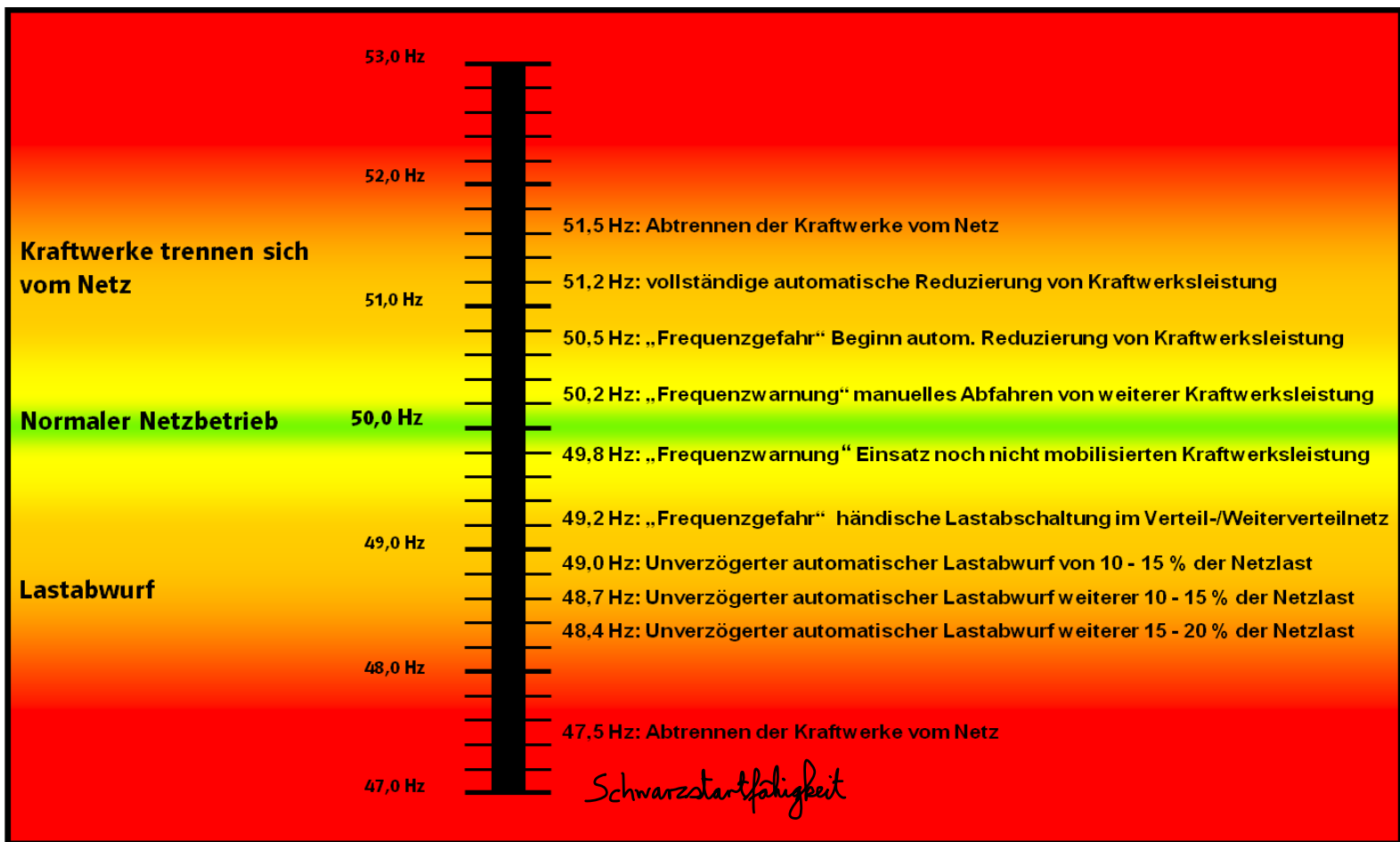
Produktmerkmale

Kontrahierte Lasten

bei Abfall auch Last anschalten
- wird vergütet
- stärker kühlen mehr regelernergie

	Sofort abschaltbare Lasten SoL	Schnell abschaltbare Lasten SnL
Reaktionszeit	<ul style="list-style-type: none"> < 350 ms (vollautomatisch, frequenzgesteuert) < 1 Sek. (ferngesteuert) 	< 15 Minuten (ferngesteuert, händisch)
Angebot, Vergütung	Leistungs- und Arbeitspreis	Leistungs- und Arbeitspreis
Vergabe	Wöchentlich	Wöchentlich
Erbringung	mindestens 1 Viertelstunde maximal 32 Viertelstunden	mindestens 1 Viertelstunde maximal 32 Viertelstunden
Bedarf	750 MW	750 MW
Mindestleistung	5 MW	5 MW
Maximalleistung	200 MW	200 MW

Stand: September 2018



Folgen Energiehandel und Energiewende

VERÄNDERUNG DER GESETZLICHEN RAHMENBEDINGUNGEN

Stilllegung muss bei BundesNAG gemeldet werden

*8760 Volllaststunden
pro Jahr*

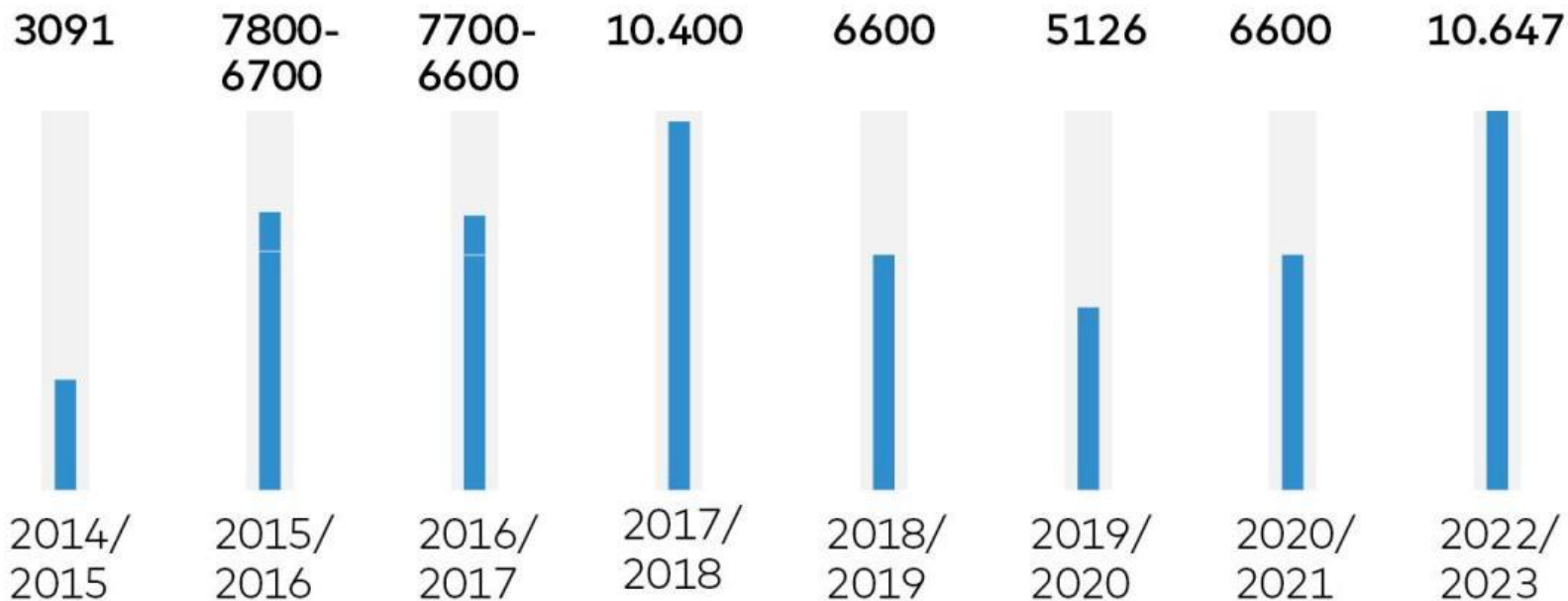
EnWG Novelle (12.2012) / Reservekraftwerks-Verordnung (06.2013)

- **Stilllegungsverbot:**
 - / Anzeigepflicht, Stilllegung von Kraftwerken > 10 MW
 - / Stilllegungsverbot für Kraftwerke > 50 MW, die vom ÜNB als systemrelevant eingestuft werden
 - **Sicherstellung der Brennstoffversorgung**
 - / Systemrelevante Gaskraftwerke dürfen von den Gasnetzbetreibern in der Brennstoffversorgung nicht eingeschränkt werden
-
- **Schaffung einer „Netzreserve“**
 - / ÜNB führen Systemanalysen durch und ermitteln Bedarf an Reserveleistung (1-5 Jahre)
 - / Falls erforderlich Bau von neuen Kraftwerken als Netzreserve

*Lastflussberechnung entscheidet über
Abschaltung Kraftwerk nötig ja/nein*

Bedarf an Reservekraftwerken

Angaben in Megawatt



WELT

jeweils höchster Wert pro Zeitraum

Quelle: Bundesnetzagentur

Nationale Netzreservekraftwerke 2018/2019

	Kraftwerk	Einspeiseleistung [MW]
Uniper Kraftwerke GmbH	Irsching 3	375
Uniper Kraftwerke GmbH, Ulrich Hartmann (Irsching)	Irsching 4	545
Gemeinschaftskraftwerk Irsching GmbH	Irsching 5 GT1	282
Gemeinschaftskraftwerk Irsching GmbH	Irsching 5 GT2	282
Gemeinschaftskraftwerk Irsching GmbH	Irsching 5 DT	282
Uniper Kraftwerke GmbH	Ingolstadt 3	375
Uniper Kraftwerke GmbH	Ingolstadt 4	386
Steag GmbH	Bexbach	726
Steag GmbH	Weiher III	655,6
Uniper Kraftwerke GmbH	Staudinger 4	580
EnBW AG - Heizkraftwerk Altbach/Deizisau	ALT HKW 1	433
EnBW AG - Dampfkraftwerk Marbach am Neckar	Marbach III DT	263,5
EnBW AG - Dampfkraftwerk Marbach am Neckar	Marbach III GT(solo)	85
EnBW AG - Dampfkraftwerk Marbach am Neckar	Marbach II GT	77,4
EnBW AG - Rheinhafendampfkraftwerk Karlsruhe	RDK 4S	353
Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG	Kraftwerk Mainz KW 2 (Dampfteil)	255,5
EnBW AG - Heizkraftwerk Heilbronn	HLB 5	125
EnBW AG - Heizkraftwerk Heilbronn	HLB 6	125
EnBW AG - Kraftwerk Walheim	WAL 1	96
EnBW AG - Kraftwerk Walheim	WAL 2	148
Entega AG	GTKW Darmstadt	94,6
UPM GmbH, Schongau	Dampfkraftwerk	64
Summe		6.608,6

Quelle: Übertragungsnetzbetreiber

Tabelle 16: Nationale Netzreservekraftwerke 2018/2019

Folgen Energiehandel und Energiewende

- Regelung zu Monopolzeiten *— dort beziehen wir man angeschlossen ist*
- Merit Order
- Vorhaltung von genügend gesicherter Leistung *— nicht wirtschaftlich aber nötig*
- Errichtung und Betrieb „besondere netztechnische Betriebsmittel“ nach [§ 11 Abs. 3 EnWG](#)
 - 4 x 300 MW in Süddeutschland
 - z.B. Kraftwerk Irsching (Block 6)
- Einführung Kapazitäts- / Leistungsmarkt...? (Vorbild: europäisches Ausland z.B. Belgien, Großbritannien)
 - zahlt nur für Energie nicht für Leistung*
 - honorierung Leistung + Energie*

Folgen Energiehandel und Energiewende



Nicht rentabel und dennoch unverzichtbar: Das Gaskraftwerk Irsching widerspiegelt die Widersprüche, in die sich die neoliberale Energiepolitik verstrickt hat, wie kein anderer Standort in Deutschland. Nun soll Uniper neben den stillgelegten Blöcken 1 und 2, dem als Kaltreserve vorgehaltenen Block 3 und den aus Netzstabilitätsgründen auf behördliche Anweisung weiterbetriebenen Blöcken 4 und 5 sogar noch ein komplett neues Gaskraftwerk errichten, dessen Kosten mit den Netzentgelten die Stromverbraucher bezahlen müssen.

Foto: E.ON