



MOELLER OPERATING ENGINEERING

**CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION**

Spreewindtagen 2022 Forum 20  
Einnahmen generieren mit  
Systemdienstleistungen und  
Netzdienlichkeit?



# Agenda



# Hintergrund 1/3

- Heute wird im Wesentlichen die eingespeiste Wirkleistung bezahlt.
- Durch das Abschalten der Kohlekraftwerke bis spätestens 2038 müssen systemstützende Eigenschaften<sup>1)</sup> (Systemdienstleistung) und netzbildende<sup>2)</sup> Eigenschaften von den verbleibenden Erzeugungsanlagen erbracht werden.



# Hintergrund 2/3

## Definitionen

1) Unter der **systemstützenden Eigenschaft** einer Erzeugungsanlage (EZA) wird die Auslegung der Regeleinrichtungen zur Wirkleistungs- und Blindleistungsbilanzierung am Netzanschlusspunkt (NAP) in der Art verstanden, dass sie die Stabilität des Netzes jenseits des NAP stützt, jedoch ohne netzbildende Eigenschaften zu besitzen. Diese müssen durch andere EZA bereitgestellt werden und dürfen durch die systemstützende EZA nicht unzulässig beeinträchtigt werden. Ausschließlich systemstützende Eigenschaften sind nur in begrenztem Umfang zulässig.

2) Unter **netzbildenden Eigenschaften** einer EZA wird die elementare Fähigkeit verstanden, im hypothetischen Alleinbetrieb einen stabilen Arbeitspunkt bei konstanter Spannung und Frequenz aufrecht zu halten. Die Stabilität muss auch für definierte Störungen mit stationären und dynamischen Abweichungen vom Arbeitspunkt erhalten bleiben.

Quelle: FNN Hinweis Netzbildendes und Systemstützendes Verhalten von Erzeugungsanlagen 12/2021



# Hintergrund 3/3

Im folgenden werden zwei Typen von Systemstützende Eigenschaften unterschieden

## I. Frequenzabhängig Systemdienstleistungen

1. **Frequenzabhängige Regelleistung**
2. **Schwungmasse zur Frequenzdämpfung**

## II. Frequenzunabhängige Systemdienstleistungen

1. **Dienstleistungen zur Spannungsregelung**
2. Trägheit der lokalen Netzstabilität
3. Kurzschlussstrom
4. Dynamische Blindstromstützung
5. **Schwarzstartfähigkeit**
6. Inselbetriebsfähigkeit



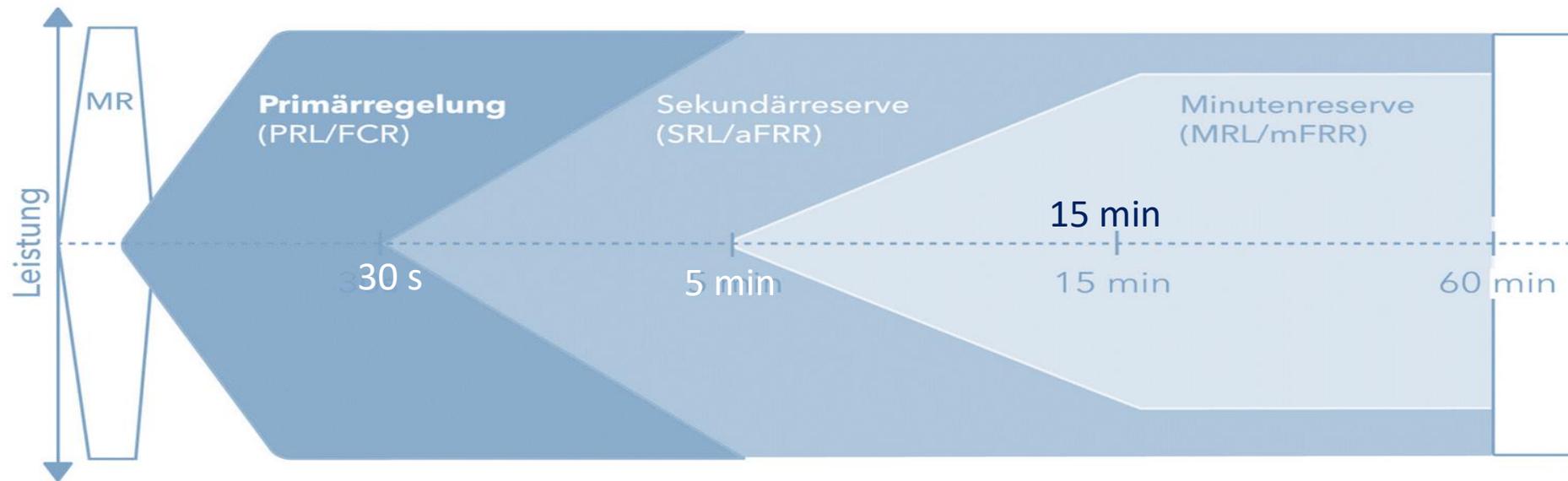
# Agenda

- Hintergrund
- Regelleistung
- Schwungmasse
- Nicht frequenzgebundene SDL (Q/SSF)
- Netzdienliche Eigenschaften
- Fazit



# Frequenzabhängige marktbasierende Regelleistung 1/3

Um die 50 Hz im Stromnetz jederzeit halten zu können, benötigen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) Regelleistung (Verbrauch und Erzeugung muss jederzeit ausgeglichen sein)



MR = Momentanreserve

PRL =  $\geq 30$  s vollumfänglich erbracht werden für min. 15 min; Aktivierung über die Frequenz

SRL = Sekundärreserve spätestens nach 30 s

MRL = Minutenreserve

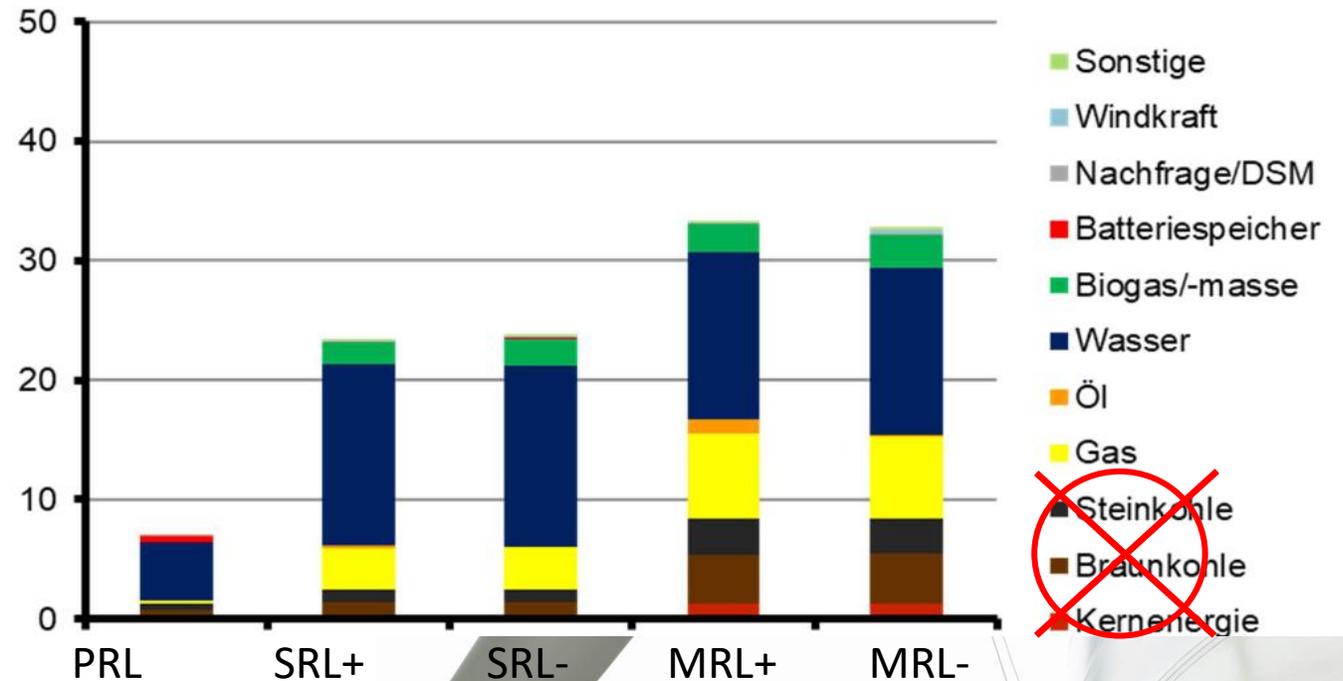
# Frequenzabhängige marktbasierende Regelleistung 2/3

Insgesamt sind für Regeleistung ca. 60 GW präqualifizierte Leistung in Summe (+ und -) vorhanden:

Davon fallen wegen der beschlossenen Abschaltung der Kernenergie 2023 und Kohlenenergie bis 2038 in dem anliegenden Beispiel für Januar 2022 circa 23 GW weg.

PRL: Primärregelleistung  
SRL: Sekundär Regelleistung  
MRL: Minutenreserve

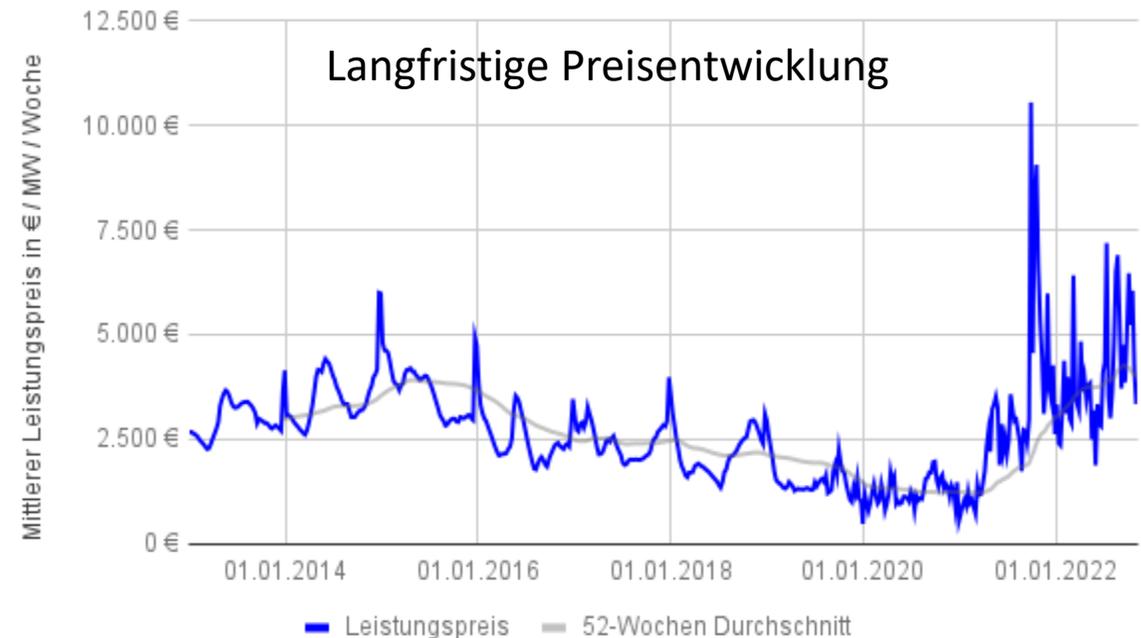
Präqualifizierte Leistung (in GW) je Primärenergieträger/Kategorie



# Frequenzabhängige marktbasierende Regelleistung 3/3

- Regelleistung wird täglich ausgeschrieben
- Für die Windenergie allein ist eine Teilnahme schwierig, weil:
  - Es weht nicht immer der Wind
  - Weitere Faktoren können die Einspeisung beeinflussen wie Vögel, Schall, Eiswurf, etc.
  - Dauerhafte Leistungsreduktion nötig für positive Regelleistung
  - Präqualifikation nötig zur Zeit
- >50 Unternehmen sind gelistet bei den 4 ÜNB <sup>1)</sup>
- ...

<sup>1)</sup> Quelle: <https://www.regelleistung.net/>



# Agenda

- Hintergrund
- Regelleistung
- Schwungmasse
- Nicht frequenzgebundene SDL (Q/SSF)
- Netzdienliche Eigenschaften
- Fazit

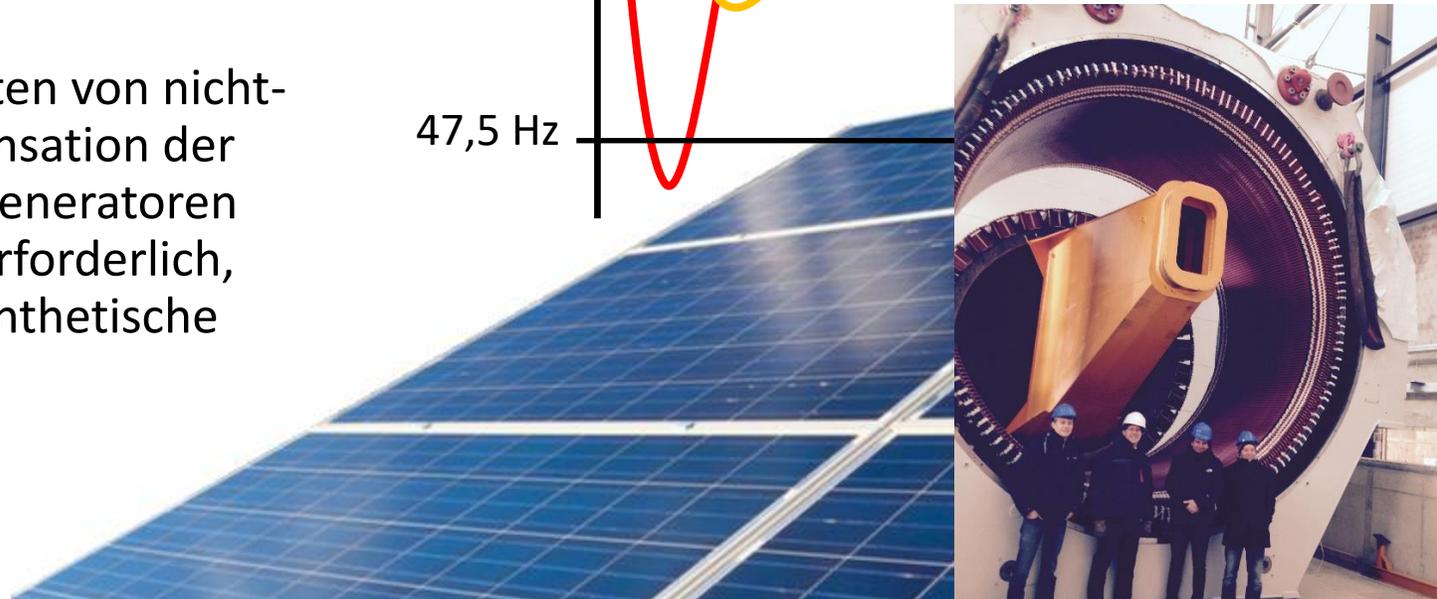
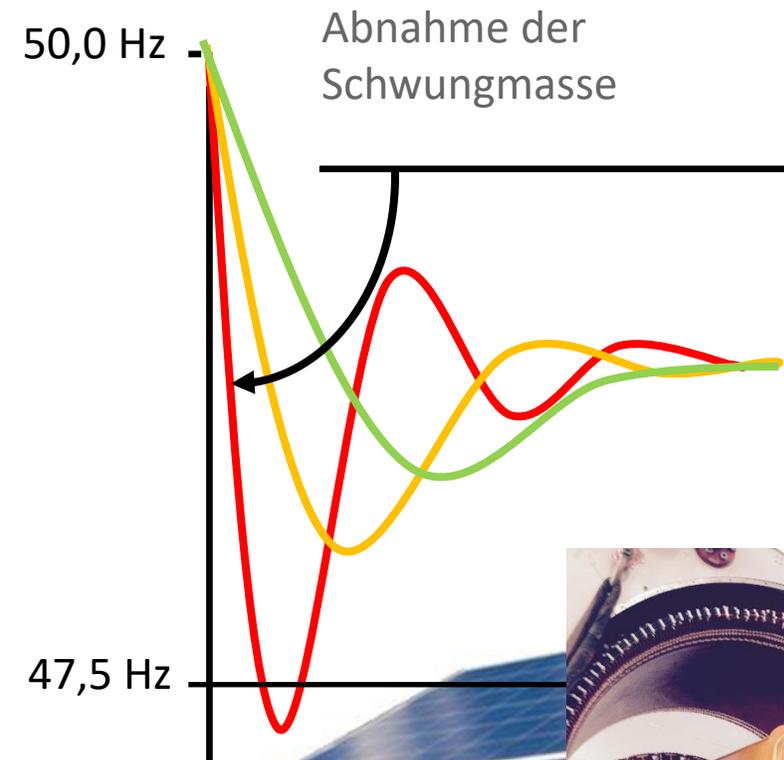


# Schwungmasse 1/2

Wegfall der großen Synchrongeneratoren (Schwungmasse/ Momentanreserve) gefährdet die Frequenzstabilität bei Großstörungen („System Split“)

Mögliche Maßnahmen:

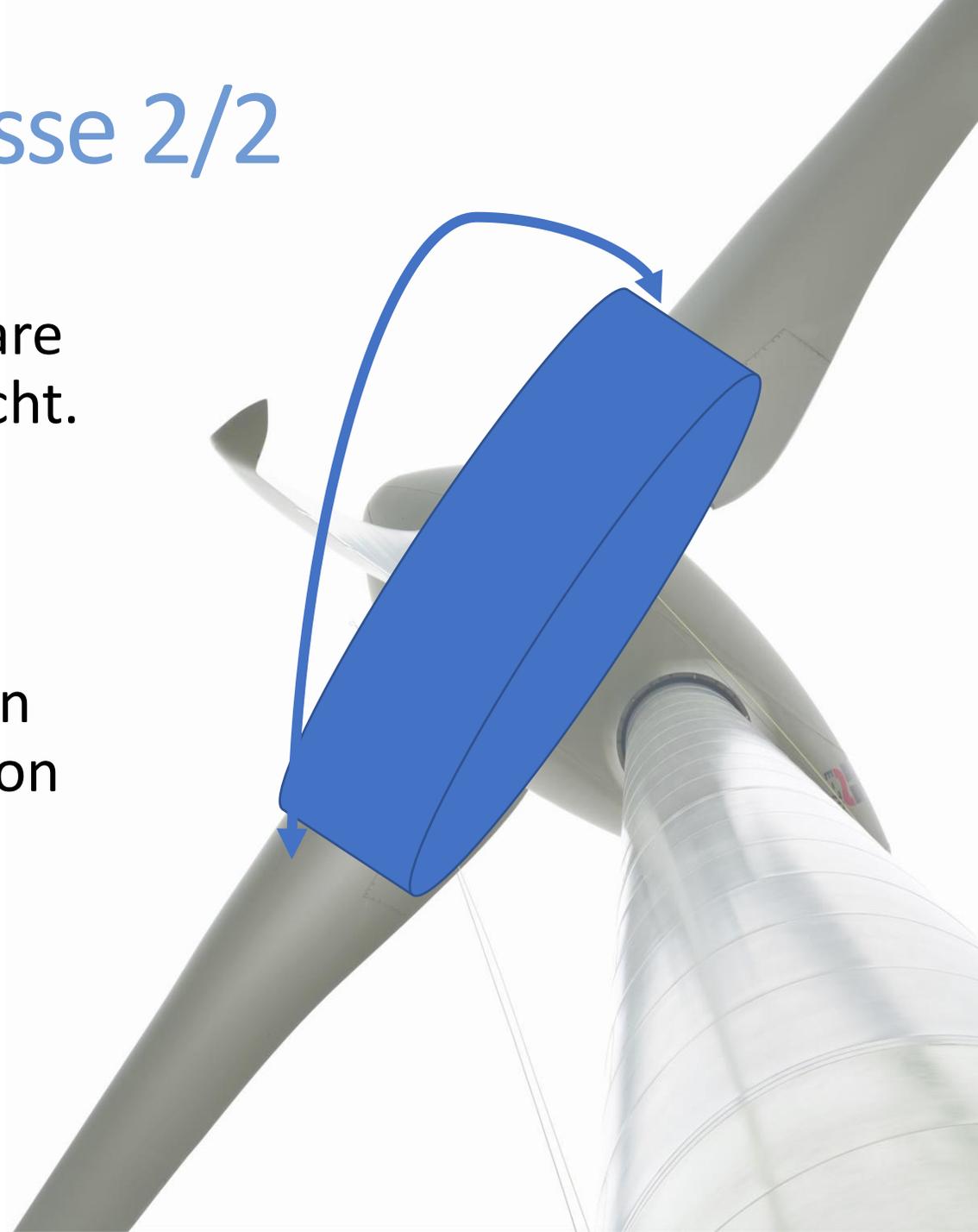
1. Prüfung Weiterbetrieb der Synchrongeneratoren der ehemaligen Kohlekraftwerke: Umrüstung zu rotierendem Phasenschieber (für Blind, Kurzschlussleistung und Schwungmasse) frühesten ab 2024
2. Maßnahmen zum systemdienlichen Verhalten von nicht-synchronen Erzeugungsanlagen zur Kompensation der wegfallenden Eigenschaften der Synchrongeneratoren (Schwungmasse/Momentanreserve) sind erforderlich, u.a. netzbildende Umrichterregelungen (synthetische Schwungmasse)



# Schwungmasse 2/2

Genau wie Kurzschlussstrom wird auch Momentanreserve heute als nicht abstellbare Eigenschaft von Synchronmaschinen erbracht.

Mit abnehmendem Anteil der Synchrongeneratoren im Netz, müssen wir zukünftig eine Ausschreibung oder als Mindestanforderung einen zu definierenden Anteil an Schwungmasse/Montanreserve von den Netzteilnehmer fordern.



# Agenda

Hintergrund

Regelleistung

Schwungmasse

Nicht frequenzgebundene SDL

Netzdienliche Eigenschaften

Fazit



# Nicht frequenzgebundene Systemdienstleistungen 1/2

## **SDL nach § 12h EnWG:**

1. Dienstleistungen zur Spannungsregelung
2. Trägheit der lokalen Netzstabilität
3. Kurzschlussstrom
4. dynamische Blindstromstützung
5. Schwarzstartfähigkeit
6. Inselbetriebsfähigkeit

## **Grundsätzlich transparente, diskriminierungsfreie und marktgestützte Beschaffung durch Netzbetreiber**

- a. BNetzA kann Ausnahmen von der Verpflichtung festlegen, wenn marktgestützte Beschaffung einer SDL wirtschaftlich nicht effizient ist
- b. BNetzA legt die Beschaffungssysteme fest  
Ggf. Erarbeitung Entwurf Beschaffungssystem durch ÜNB mit Genehmigung BNetzA



# Nicht frequenzgebundene SDL 2/2

BNetzA: **Keine** markt. Beschaffung, Dez. 2020 vorsichtlich bis **2025** für die folgenden 4 SDL:

1. Trägheit der lokalen Netzstabilität <sup>1)</sup>
2. Kurzschlussstrom <sup>1)</sup>
3. dynamische Blindstromstützung <sup>2)</sup>
4. Inselbetriebsfähigkeit <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Grund: Bis 2025 sind noch ausreichend Synchrongeneratoren am Netz

<sup>2)</sup> Grund: TAR fordern dies ab MS-Anschluss

<sup>3)</sup> Grund Anforderungen müssen alle Anlagen ab einer gewissen Größe gleichermaßen erfüllen.

**BNetzA: Marktgestützt zu beschaffen:**

**5. Spannungsregelung (Blindleistung)**

**6. Schwarzstartfähigkeit (SSF)**



# Blindleistung 1/3

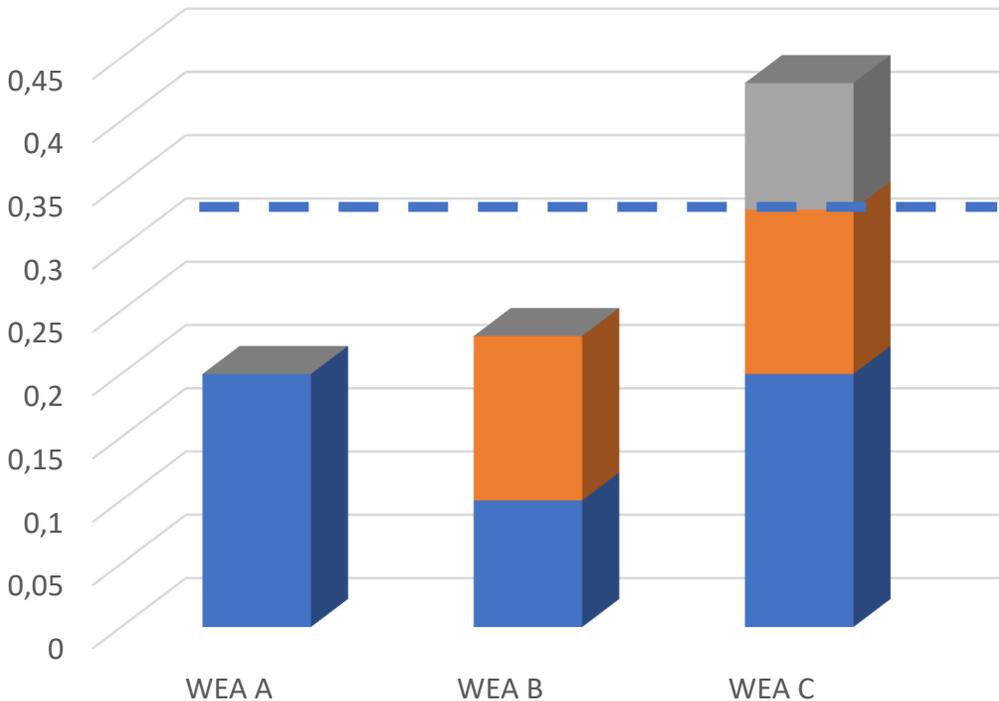
- Blindleistung wird benötigt für den Transport von Strom.
- Zur lokalen Spannungshaltung
- Viele elektrische Geräte brauchen nicht nur P sondern auch Q
- Die TAR fordern zur Zeit  $0,33 = Q_{\max}/P_{\text{binst}}$

- Blindleistungsvermögen vorzuhalten in den Erzeugungsanlagen bedeutet Investition und bei Abruf erhöhte Verluste
- Blindleistung können die meisten WEA nur bereitstellen, wenn auch der Wind weht.



# Blindleistung 2/3

Q-Bereitstellung



- Q Oberhalb der TAR Anforderung Bilateraler Vereinbarung
- Anforderung des NB im Rahmen der TAR
- Kompensation der eigenen Rückwirkungen

Zusätzliche Vergütung

Anforderungen TAR

Innerhalb der TAR

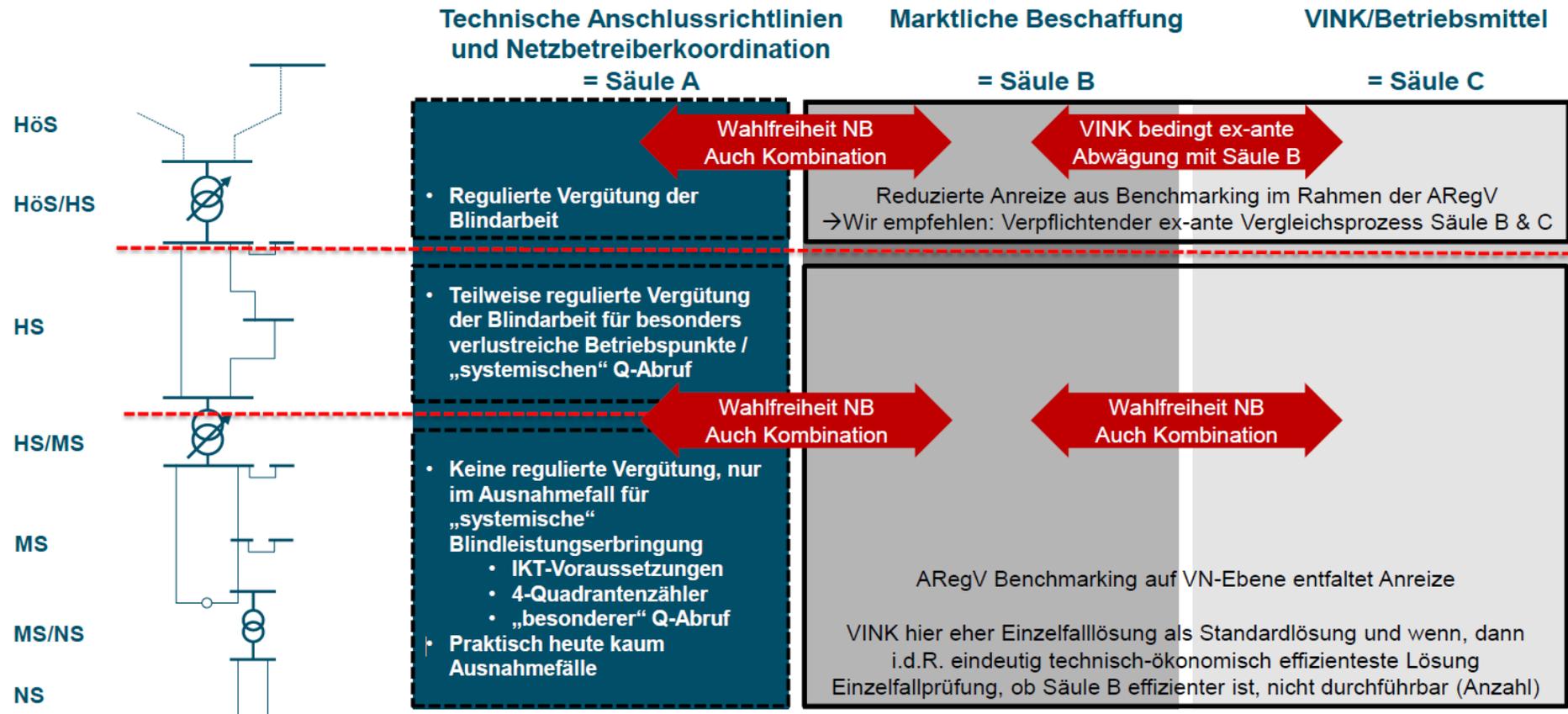
WEA A: Q um die eigenen Rückwirkungen auf das Netz auszugleichen

WEA B: Im Gegensatz zu A fordert der NB hier Q ab um den erhöhten Bedarf im Netzgebiet zu decken

WEA C: Liegt in einem Netzgebiet mit sehr hohem Q Bedarf. Hier hat der NB bilateraler Vereinbarung getroffen. Kann günstiger sein als Netzausbau oder eine zusätzliche Kompensation im Netz

# Blindleistung 3/3

Fazit Gutachten BMWi <sup>1)</sup> 3 Säulen Modell (A bis C) empfohlen.



<sup>1)</sup> Quelle: Marktgestützte Beschaffung von Blindleistung 12.08.2021 BMWi  
[https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/ergebnispapier-beschaffung-von-blindleistung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/ergebnispapier-beschaffung-von-blindleistung.pdf?__blob=publicationFile&v=6)



# Schwarzstartfähigkeit 1/2

- Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Versorgungswiederaufbau sind
- Erfolgreicher Netzwiederaufbau innerhalb von wenigen Tagen
- ausreichende Verfügbarkeit von Erzeugungsleistung zur Lastdeckung
- Zügige Ausregelung der Systembilanz, aufgrund des volatilen Charakters von Last und EE-Einspeisung
- Erbringung von Netzdienlichen Eigenschaften
- schwarzfall-feste bzw. schwarzfall-robuste IKT
- Netzbetreiber (insb. VNB) benötigen zukünftig immer mehr Prognosedaten zu Last und Erzeugung und können diese knotenscharf aggregiert an vorgelagerten Netzbetreiber senden
- Erzeugungsanlagen und große Lasten müssen steuerbar sein



# Schwarzstartfähigkeit 2/2

- Anbieter wählt der ÜNB aus <sup>1)</sup>
- effiziente, transparente und nicht-diskriminierende Beschaffung von Schwarzstartfähigkeit <sup>1)</sup>
- öffentlichen Ausschreibung <sup>1)</sup>
- Ausschreibung erfolgt regional differenziert <sup>1)</sup>
- Mindestvoraussetzungen nach Net-work Code Emergency and Restoration, NC ER, <sup>1)</sup>
- Anforderung: Zeitdauer der Erbringung im Einsatzfall bzw. Primärenergieträgervorhaltung (Wind?) <sup>1)</sup>
- 5 Jahre nicht kündbar <sup>1)</sup>
  
- **Umsatz ca. 7,4 Mio. € in den letzten Jahren <sup>2)</sup>**
- **Marktteilnehmer 26 Anlagen (hauptsächlich Gas- und Wasserkraftwerke) mit insgesamt ca. 5 GW <sup>2)</sup>**

Quelle: <sup>1)</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/ergebnispapier-beschaffung-von-schwarzstartf%C3%A4higkeit.html>

<sup>2)</sup> Monitoringbericht 2018 und BMW E 10/2020 marktgestützte Beschaffung von Schwarzstartfähigkeiten



# Agenda

Hintergrund

Regelleistung

Schwungmasse

Nicht frequenzgebundene SDL (Q/SSF)

Netzdienliche Eigenschaften

Fazit



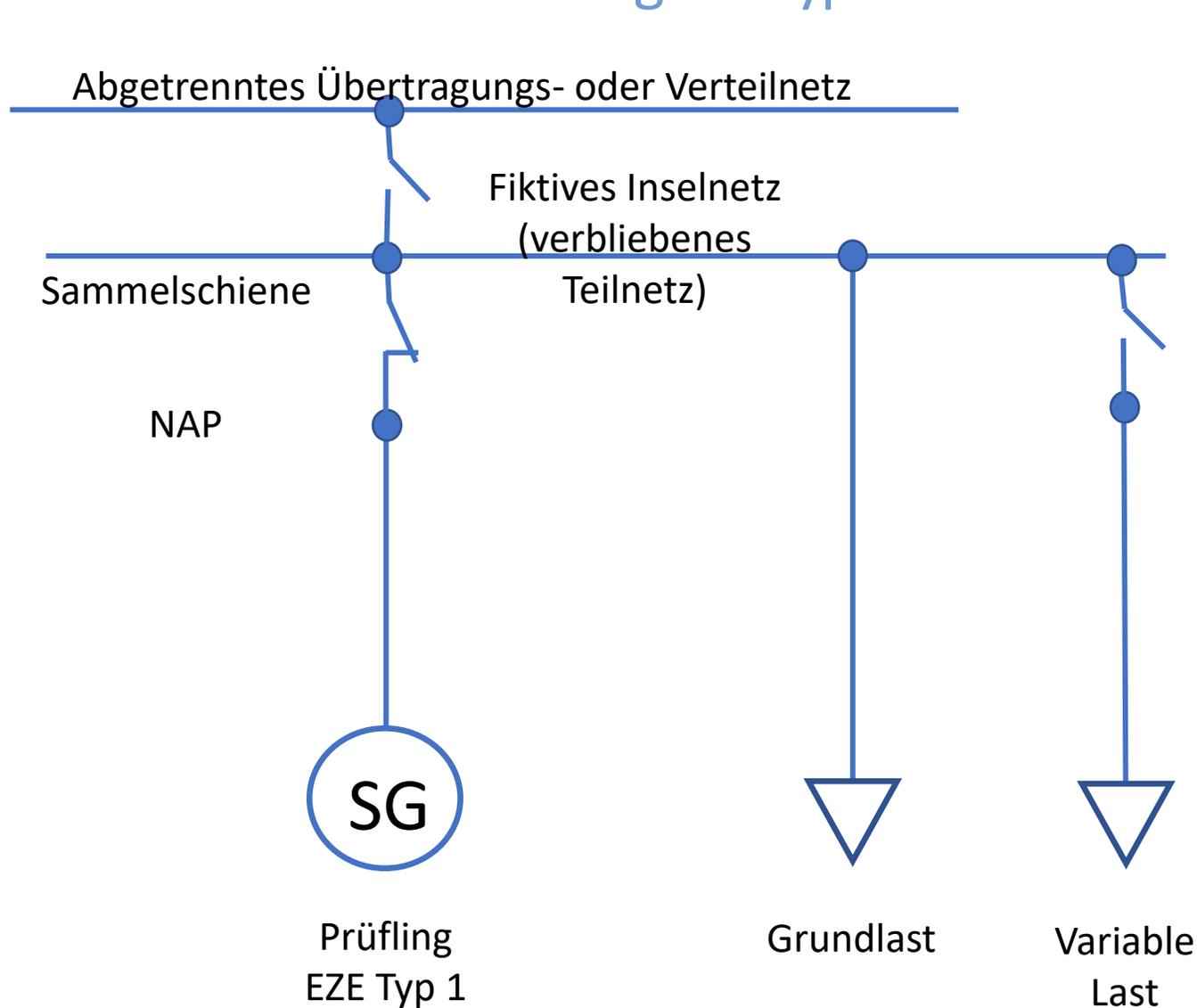
# Netzdienliche Eigenschaften 1/4

- Z.B. bei einem Systemsplit muss die Erzeugungsanlage das Teilnetzgebiet wieder ins Gleichgewicht bringen.
- Dies kann heute nur von EZE Typ 1 erfolgen.
- Zukünftig sollen alle Erzeugungsanlagen in der Lage sein eine Frequenzänderung zu dämpfen.
- Netzdienliche EZA müssen zusätzliche zu einer Dämpfung in der Lage sein die Frequenz und Spannung für das Teilnetzgebiet in den Normalzustand zurückzuführen.



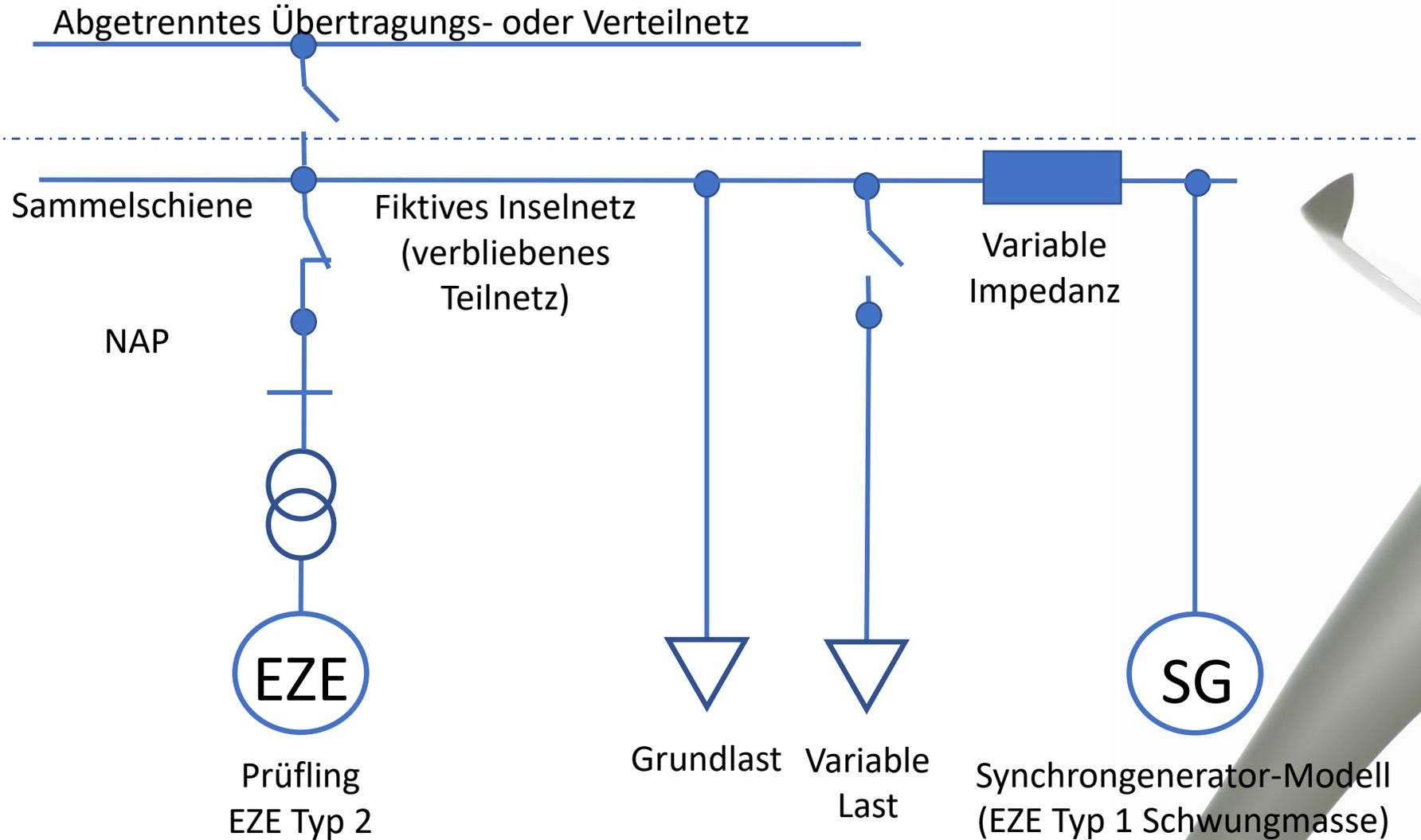
# Netzdienliche Eigenschaften 2/4

## Nachweisführung EZE Typ 1



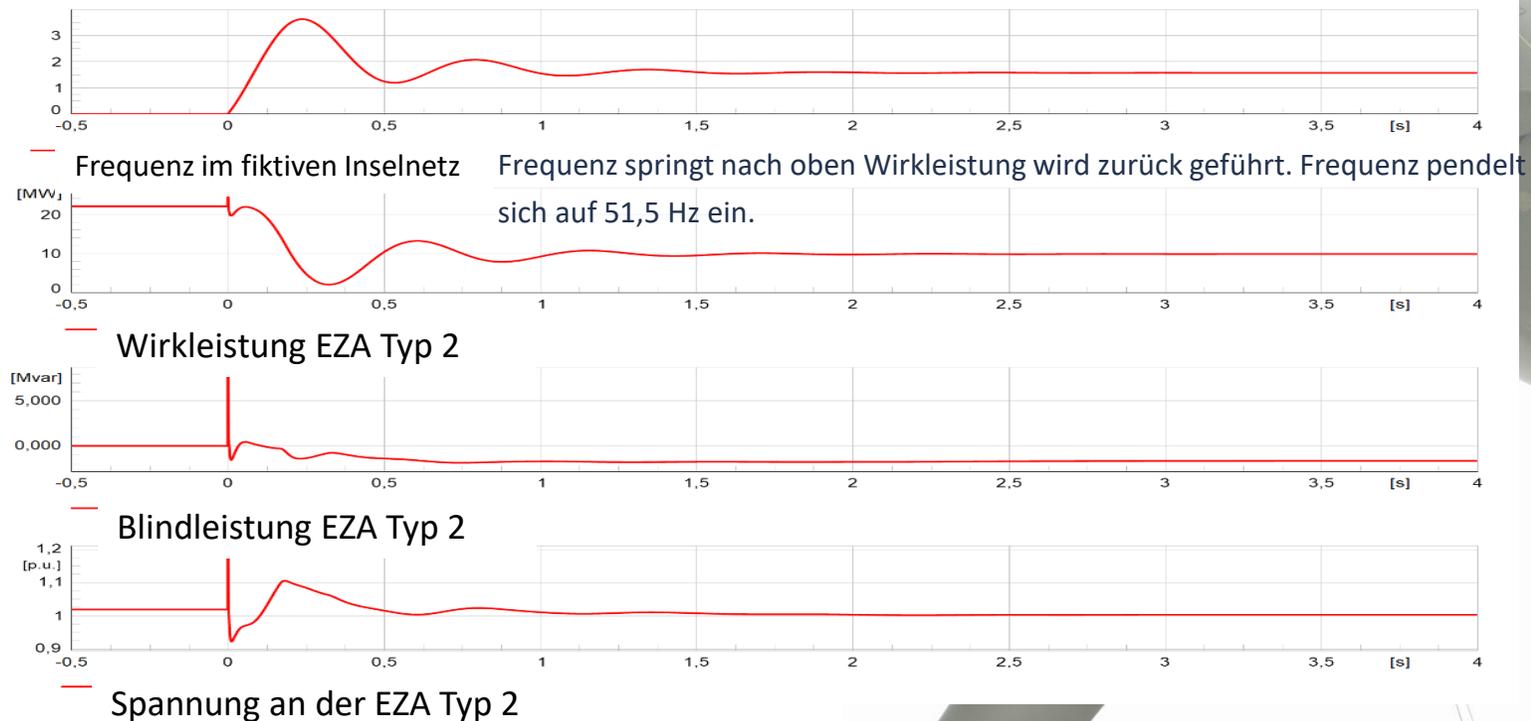
# Netzdienliche Eigenschaften 3/4

## Nachweisführung EZE Typ 2



# Netzdienliche Eigenschaften 4/4

- Heute gibt es noch keinen Markt für netzdienliches Verhalten
- In der Zukunft aber denkbar



# Agenda

Hintergrund

Regelleistung

Schwungmasse

Nicht frequenzgebundene SDL (Q/SSF)

Netzdienliche Eigenschaften

Fazit



# Fazit

## **Markt vorhanden**

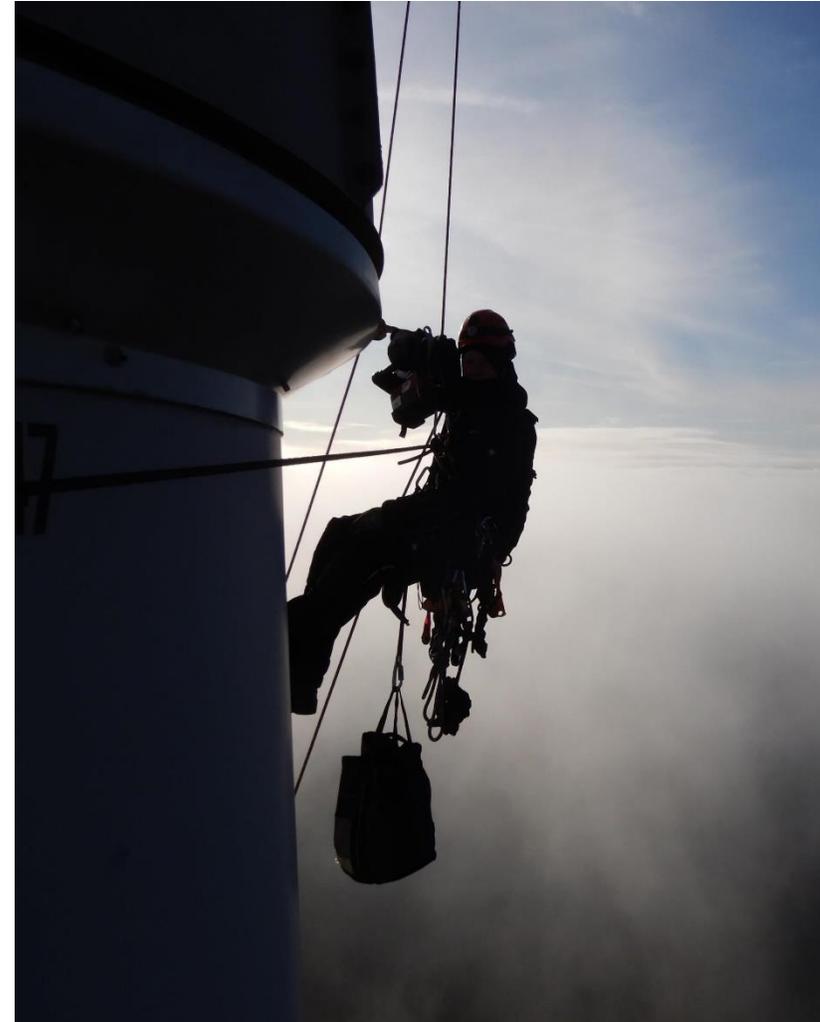
- Frequenzabhängige Regelleistung
- Blindleistung oberhalb der TAR
- Schwarzstartfähigkeit

## **Wird ein Markt ab 2025 erwartet**

- Schwungmasse

## **Marktlicher Einkauf in Vorbereitung**

- Trägheit der lokalen Netzstabilität
- Kurzschlussstrom
- dynamische Blindstromstützung
- Inselbetriebsfähigkeit
- Netzdienliche Eigenschaften



# Fragen?





**CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION**

**Der Ingenieur bestimmt durch seine Fähigkeit den Wert eines Produkts,  
falls der Kaufmann ihn lässt.**

**Der wiederum treibt durch seine Raffgier den Preis, weil der Verbraucher ihn lässt.**

Zitat von © Frank Wisniewski (\*1957), Informatiker, Technischer Redakteur und Systemanalytiker

Weitere Informationen finden  
Sie auf unserer Homepage!

