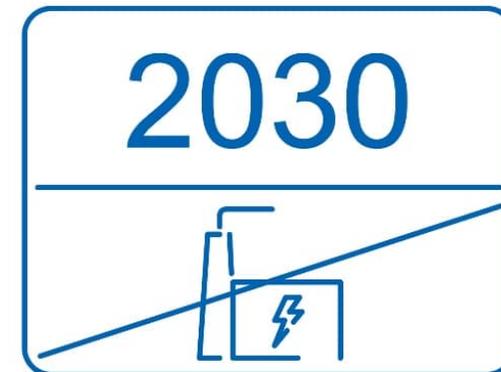


# Fähigkeiten für das künftige System

Heike Kerber

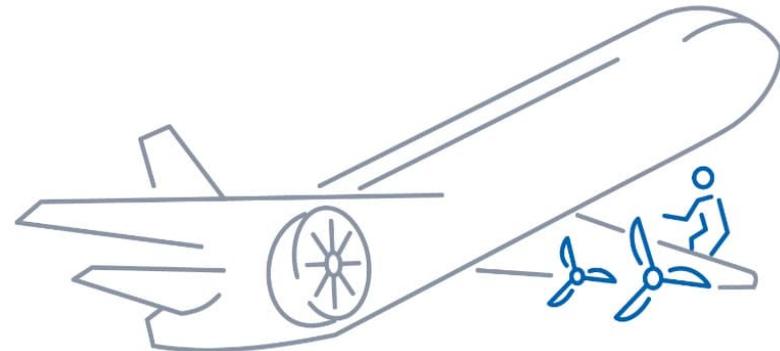
Göttinger Energietage 15./16.05.2024



# Lastenheft für den Systemumbau



- Warum Systemumbau?
- Fähigkeiten
- Wo stehen wir?
- Wie geht es weiter?

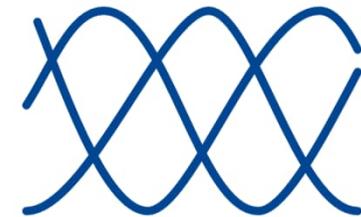


# Unterschied aktuelles System zu umrichterbasierten System



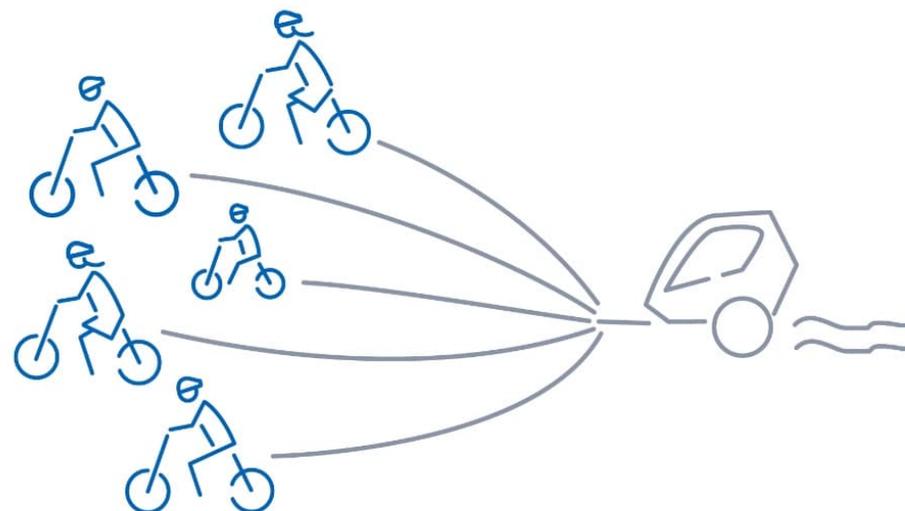
Aktuell sorgen die Schwungmassen (Turbinen und Generatoren) der Großkraftwerke dafür, dass sich bei Störungen Frequenz, Spannung und Phasenwinkel nicht zu schnell ändern.

Zur Größenordnung: mehrere hundert Tonnen (Turbine und Generator) rotieren mit 3.000 Umdrehungen/Min – das ist die Trägheit, die nun durch die Kombination von Energiespeicher und Wechselrichter ersetzt werden muss.



- Frequenz ( $f$ )
- Spannung ( $U$ )
- Phasenwinkel ( $\phi$ )

# Schwungmassenbasiertes - umrichterbasiertes System



- Verantwortung für Navigation und Bremsen klar
- **Mehrere Hundert** Kraftwerke

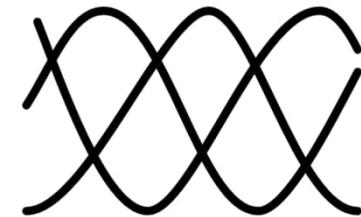
- Navigation und Geschwindigkeit muss koordiniert werden
- Massenmarkt: **Mehrere Millionen** Anlagen



# Systemstabilität



Systemstabilität: Einhaltung aller technischen und betrieblichen Grenzwerte während des Normalbetriebs sowie die Fähigkeit, nach einer Störung zuverlässig in den Normalzustand zurückzukehren.

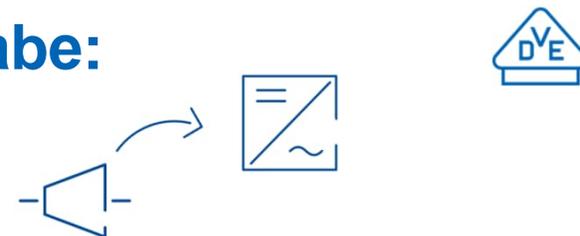


- Frequenz
- Spannung
- Phasenwinkel

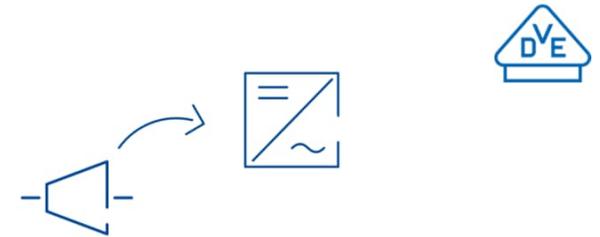
## Wechselrichter haben bisher eine einfache Aufgabe: Strom einspeisen

- Wechselrichter sind leistungselektronische Geräte, deren primäre Aufgabe die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom ist.
- Bisherige Wechselrichter in EE-Anlagen sind so programmiert, dass sie den Strom einspeisen (Ertrag maximieren), mit der anliegenden Spannung und der anliegenden Frequenz. Sie benötigen ein stabiles System, um einspeisen zu können.

**Künftig müssen sie dieses Systemgrößen selber vorgeben, jede Anlage für sich und alle Anlagen gemeinsam.**



# netzbildende Wechselrichter



Netzbildende Wechselrichter sind so programmiert, dass sie sich wie die rotierenden Massen der Kraftwerke verhalten:

- geben Spannung und Frequenz vor
- bringen Trägheit ins System.
- können kurzfristig auf den Bedarf des Netzes reagieren und Momentanreserve bereitstellen.

# Es geht nicht länger um Integration Erneuerbarer, es geht darum stabilen Betrieb auf Grundlage Erneuerbarer zu organisieren



# Rollen ändern sich



## Erwachsen

- voll verantwortlich
- Haushalt führen, Eltern ablösen



## Pubertät

- Keine volle Verantwortung
- Soll im Haushalt helfen



## Baby/ Kleinkind

- Wird geschützt und gefüttert
- Soll nicht stören und nichts kaputt machen

# Sicherer Systembetrieb



- Stabile Frequenz
- Stabile Spannung
- Resilienz: Störungen überstehen, bei Beseitigung mithelfen und Normalbetrieb wiederherstellen



Im Normalbetrieb, im Störbetrieb, bei Schwarzstart

## Zwei Mechanismen



Ziel des Lastenheftes für ein stabiles Energiesystem: **die richtigen Fähigkeiten möglichst effizient ins System bringen**

- Schnell und selten gebraucht: alle müssen mithelfen
- Langsam und häufig gebraucht: Markt

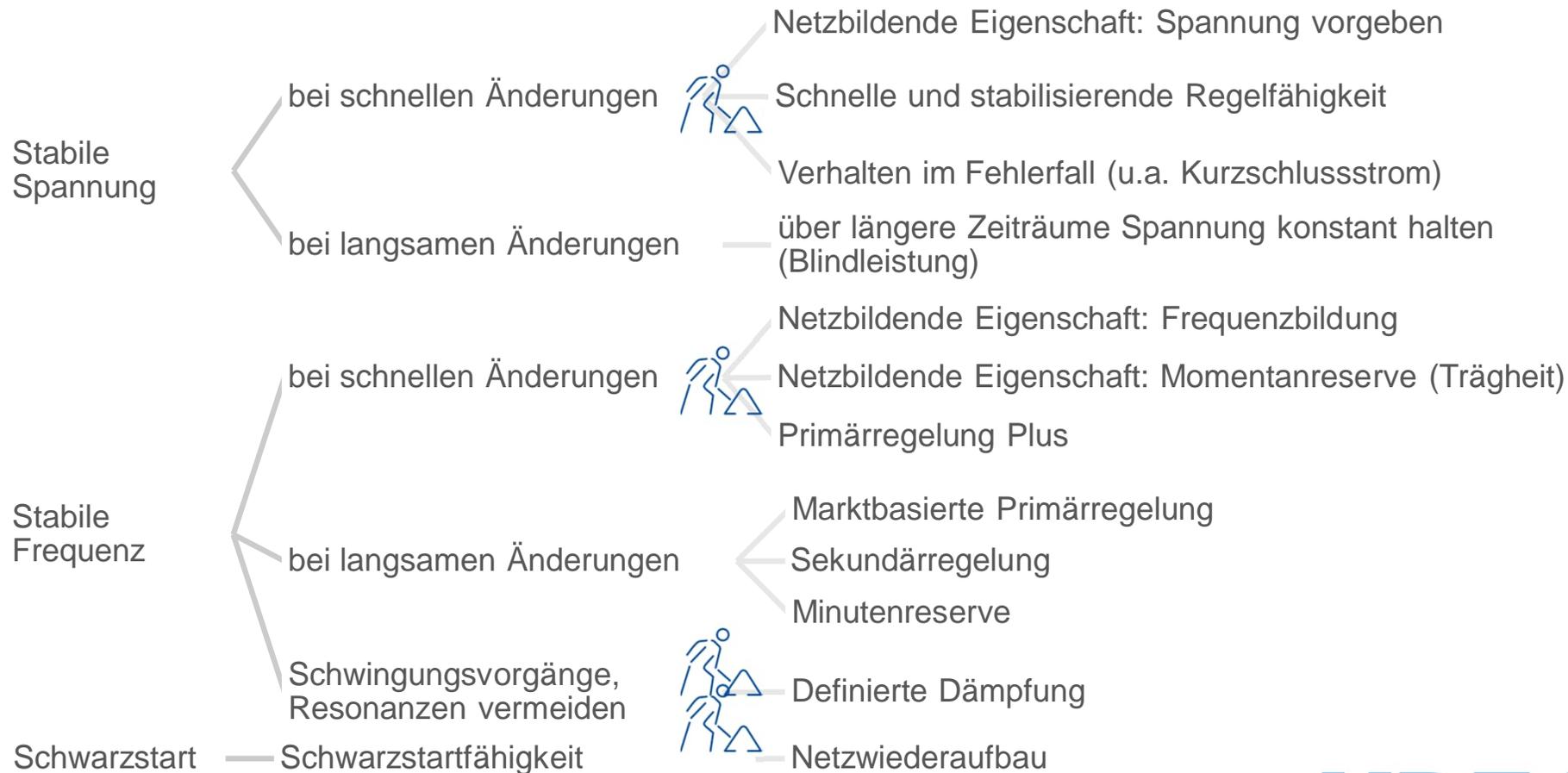
# Mechanismen Flugzeug abfangen



Stabilisieren/Abfangen:  
Flugzeug in Horizontale bringen  
(auf neuer Höhe halten)

Auf Sollwerte zurückbringen:  
Flugzeug wieder auf Flughöhe  
und Geschwindigkeit bringen

# Fähigkeiten für den stabilen Systembetrieb für Normalbetrieb – gestörter Betrieb - Netzwiederaufbau



Seit 2018 für alle Spannungsebenen

# Fähigkeiten für den stabilen Systembetrieb - Spannung



## Netzbildende Eigenschaft

- Bisherige EE-Anlagen benötigen für den Betrieb stabile Spannung aus dem Netz und Frequenz. Sie können zwar die Spannung am Netzanschlusspunkt an ihrem Ausgang regeln, aber dies nur, wenn sie Spannung aus dem Netz erhalten
- NEU: Spannung vorgeben und Frequenz bilden



## Schnelle und stabilisierende Regelfähigkeit

- EE-Anlagen müssen diese Fähigkeit aktuell nicht aufweisen.
- NEU: Bei Spannungsänderungen müssen alle betroffenen Anlagen die Änderung möglichst schnell abfangen und die Spannung stabilisieren.



## Verhalten im Fehlerfall

- Aktuell: alle Anlagen bringen Kurzschlussstrom in einem gesonderten Betriebsmodus ein,
- NEU: künftig soll dieses Verhalten natürlich / kontinuierlich in ihrem Betriebsverhalten verankert sein.

## Spannungshaltung

- über längere Zeiträume muss die Spannung konstant gehalten werden, dafür müssen die Anlagen neben der Wirkleistung auch Blindleistung einspeisen.
- Das können alle EE-Anlagen seit 2018.

# Fähigkeiten für den stabilen Systembetrieb - Frequenz



Netzbildende Eigenschaft:

- Siehe vorherige Folie



Momentanreserve

- wichtige Sicherheitsfunktion: bei Frequenzveränderung stabilisiert Momentanreserve das Netz. Das sind mehrere hundert Tonnen schwere, rotierende Generatoren in Kern- und Kohlekraftwerken, die in ihrer Bewegung Energie speichern. Jedes konventionelle Kraftwerk stellt Momentanreserve - oder Schwungmasse - zur Verfügung. Die Trägheit dieser Massen muss künftig durch EE-Anlagen ersetzt werden. Die Fachleute sprechen von synthetischer Trägheit
- Aktuell tragen EE-Anlagen noch nicht zur Trägheit bei.

Primärregelung Plus:

- falls trotz Aktivierung der Primärregelung (Markt) die Frequenz weiter zu- bzw. abnimmt, müssen künftig alle regelbaren Anlagen (Erzeugung und Verbrauch), ihre Leistung anpassen (z.B. Verbraucher wie z.B. Ladesäulen oder Wärmepumpen ihre Ladevorgänge bzw. Heizvorgänge pausieren). Fachleute sagen auch Netzsicherheitsbasierte Primärregelung.
- Aktuell reagieren alle EE-Anlagen auf Frequenzabweichungen  $>200$  mHz und passen ihre Leistung an. Künftig müssen sie schneller und konkreter definiert ihre Leistung anpassen und dabei dämpfendes Verhalten aufweisen.

# Bedarfsermittlung nach abgestimmten Szenarien liegt vor



- Konkrete Rechnungen für abgestimmte Szenarien im Rahmen NEP: Bedarfsermittlung für Momentanreserve in Deutschland:
  - > erhöhte Transite, die bei Leitungsausfällen sofort (momentan) kompensiert werden müssen
  - > Momentanreserve die durch Kraftwerke zu Verfügung steht nimmt ab

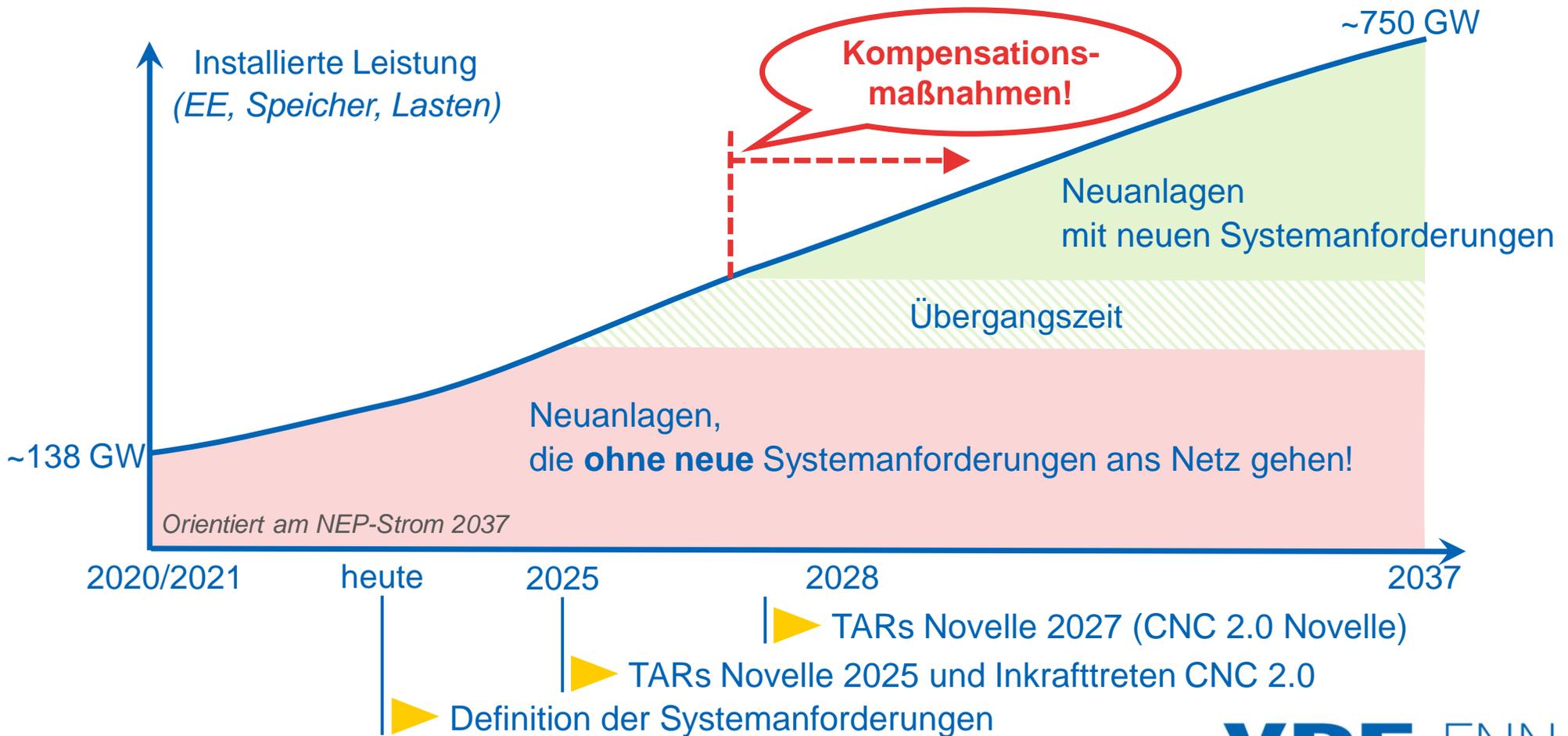
Link: <https://www.netzentwicklungsplan.de/>



## Woran wird gearbeitet?

- Netzbildende Eigenschaften
  - Spezifikation (für Markt) in Arbeit (Grundeigenschaften, Beschreibung Momentanreserve, Nachweisverfahren) 2024
  - Entwurf RfG: ab 2028 soll die markt. Beschaffung ergänzt werden durch Mindestbeitrag aller EE-Anlagen  
wie viel und welche Anlagen **ist noch offen – 2025**
  - Technische Mindestanforderungen – 2027
  
- Echte Neuentwicklung einer systemrelevanten Lösung im Massenmarkt notwendig:  
**-> Pilotierung und Erfahrung sammeln.**

# Warum jetzt? Systemumbau im Massenmarkt



# Grundlagen werden gelegt



- BMWK-Roadmap Systemstabilität
- Europäische Netzcodes
- Technische Anschlussregeln (TAR) für Deutschland

# Zusammenfassung



Es geht nicht länger um Integration Erneuerbarer, es geht darum stabilen Betrieb auf Grundlage Erneuerbarer zu organisieren



Neue Fähigkeiten: Entwicklung, Pilotierung für Massenmarkt: Anforderungen an Produkte und Betrieb



Managebar und vorausschaubar – bei aller Komplexität



Transformation von **Technik, Ordnungsrahmen und Markt** müssen Hand in Hand gehen

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FNN – wir entwickeln Netze weiter



## Ihr Ansprechpartner

Heike Kerber

+49 30 386868 71

[heike.kerber@vde.com](mailto:heike.kerber@vde.com)

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)  
Bismarckstraße 33 | 10625 Berlin