M.O.E.

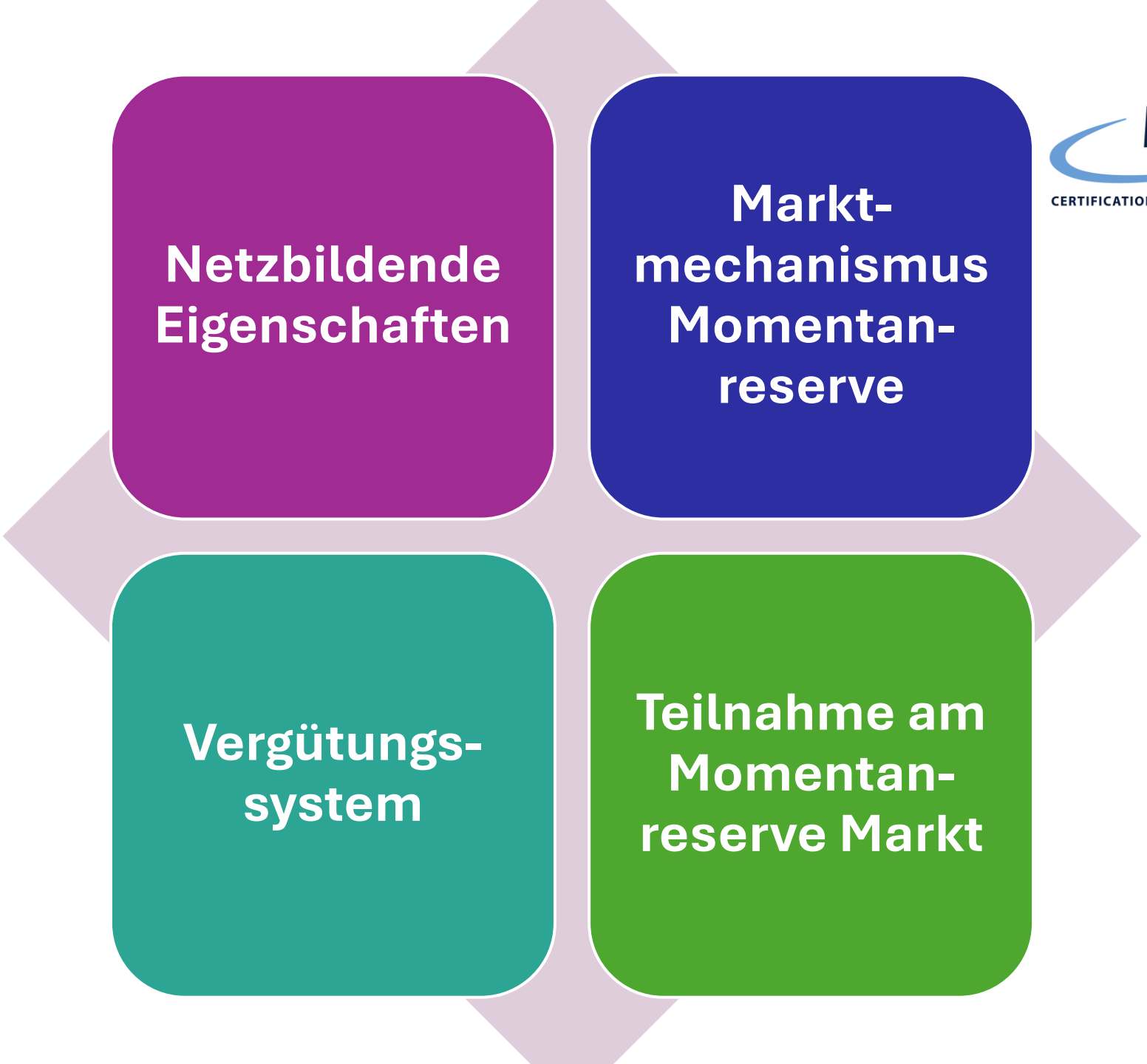
For a sustainable future

CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

Mehr Ertrag durch Systemdienstleistung – Netzbildende Eigenschaften als Eintrittskarte in den Momentanreserve-Markt

Tobias Busboom, 13.11.2025, Potsdam

Ziel



M.O.E.
For a sustainable future
CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Hintergründe

- **Ziel der Bundesregierung:** Bis 2030 soll mindestens 80 % aus EE
- **Rückgang konventioneller Kraftwerke:**
  - Kohlekraftwerke (ca. 35–40 GW) werden bis 2038 (2030)
  - letzte Atomkraftwerk ist in DE im April 2023 vom Netz gegangen.
- **Geplanter Neubau von Gaskraftwerken (H2 Ready)**
  - als Reserve- und Kapazitätssicherung für Dunkelflauten
- **Verschiebung des Verhältnisses:**
  - Das Verhältnis zwischen Synchrongeneratoren und Erzeugern mit Umrichtertechnik ändert sich drastisch.

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage und Zertifizierung
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

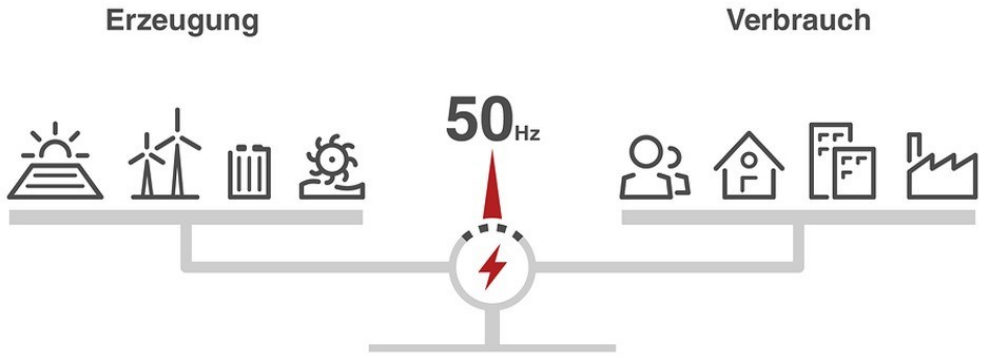
Network Code on Requirements for Generators (NC RfG)

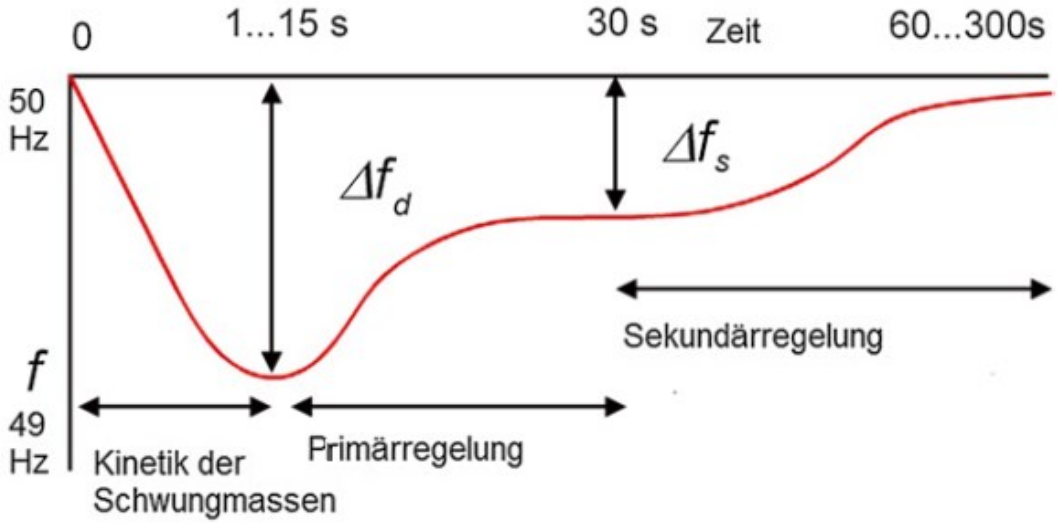
- **Synchrone Erzeugungsanlagen**
  → verfügen *inhärent* über die Fähigkeit, **Frequenzänderungen zu verlangsamen oder zu verhindern** (durch rotierende Masse).
- **Erneuerbare Energien (EE)**
  → insbesondere **umrichterbasierte Technologien** (z. B. PV, Wind, Speicher) **bieten diese Fähigkeit nicht** von Natur aus.
- **Systemische Folge:**
  → Bei zunehmender Einspeisung aus EE **steigt die Gefahr größerer Frequenzänderungen** im Netz.
- **Regulatorische Schlussfolgerung:**
  → Es sind **Gegenmaßnahmen erforderlich**, um die Frequenzstabilität bei wachsendem EE-Anteil zu gewährleisten.
- **Lösungsansatz laut NC RfG:**
  → Einführung bzw. Nutzung von **synthetischer Schwungmasse („synthetic inertia“)**
  – also netzbildenden / trägheitsnachbildenden Umrichterfunktionen.

AGENDA

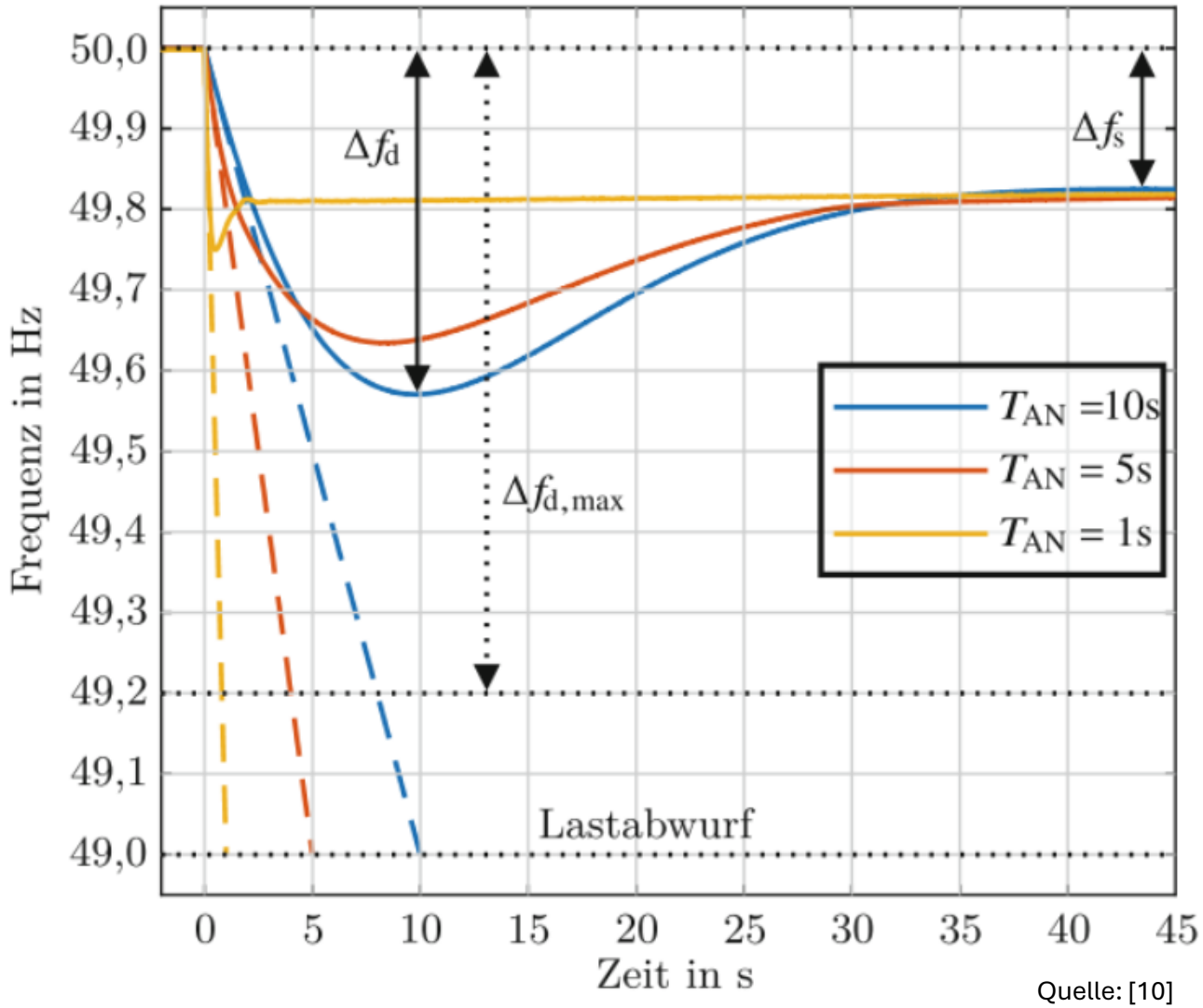
1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Systembilanz & Frequenzregelung





Anlaufzeitkonstante



Quelle: [10]

Frequenzverlauf nach einem Kraftwerksausfall in einem elektrischen Netz mit unterschiedlichem Anteil an *P* (*f*) und *Q*(*U*)-geregelten stromrichtergekoppelten Erzeugungsanlagen

Die aktuelle Anlaufzeitkonstante im deutschen Stromnetz, auch als Netzzeitkonstante bezeichnet, beträgt ungefähr 5 bis 7 Sekunden.

Was bedeutet „netzbildend“ konkret

- Netzbildend = **Spannung und Frequenz aktiv vorgeben**, nicht nur folgen.
- Gegensatz:
  → Netzfolgend „hört zu“ – reagiert auf das Netz.
  → Netzbildend „spricht selbst“ – stabilisiert das Netz.
- Kernfunktionen:
  - Spannungsquellenverhalten
  - Droop-Regelung (P–f / Q–U)
  - Momentanreserve über Zeitkonstante TA
  - Synchronisation & Dämpfung
- Ergebnis: Das Netz bleibt stabil, auch wenn keine Synchrongeneratoren mehr vorhanden sind.

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Roadmap Systemstabilität – Vom konventionellen Netz zur netzbildenden Zukunft

Einordnung / Kontext:

- Kabinettsbeschluss 2023: strategischer Fahrplan zur Sicherung der Netzstabilität bei 80 % EE bis 2030
- Umsetzung in Phasen: *Einführung → Standardisierung → Skalierung*
- Federführung: BMWK + BNetzA + FNN / VDE / ÜNB

Jahr	Schwerpunkt	Inhalt / Bezug
2024	Markteröffnung	MS1–2: Einführung marktgestützter SDL (Blindleistung, Zertifizierung)
2025	Systemdesign & Haftungsrahmen	MS3–7: Marktstart Momentanreserve, rechtliche & technische Grundlagen
2026–2027	Erprobung & Sicherheit	MS8–13: Netzdienliche Umrichter im Feldtest, Sicherheitsniveau, Kurzschluss-Bewertung
2028–2029	Standardisierung & Digitalisierung	MS14–17: Netzbetreiber-Koordination, Dynamic Stability Assessment, Datenräume
ab 2030	Vollintegration netzbildender Stromrichter	MS18: signifikanter Beitrag zur Systemstabilität, Resonanz-Bewertung

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Überblick – Der neue Markt für Momentanreserve (BK6-23-010)

- **Einführung:**
  - Beschluss BK6-23-010 (BNetzA, 22.04.2025)
    → spätester Start am **22.01.2026**.
  - Ziel: Ersatz der physischen Schwungmasse durch **marktbasierte Momentanreserve**.
  - Neue Systemdienstleistung gemäß § 12h EnWG: „Trägheit der lokalen Netzstabilität“.
- **Marktcharakter:**
  - Transparente Ausschreibungen durch ÜNB.
  - Technologieoffen, aber mit klaren technischen Nachweisen (z. B. FNN-Hinweis Netzbildende Eigenschaften).
  - Vergütung auf Basis physikalischer Leistung (MW × Sekunden = MWs) Zeitachse 2025–2030 mit Markteinführung 2026.

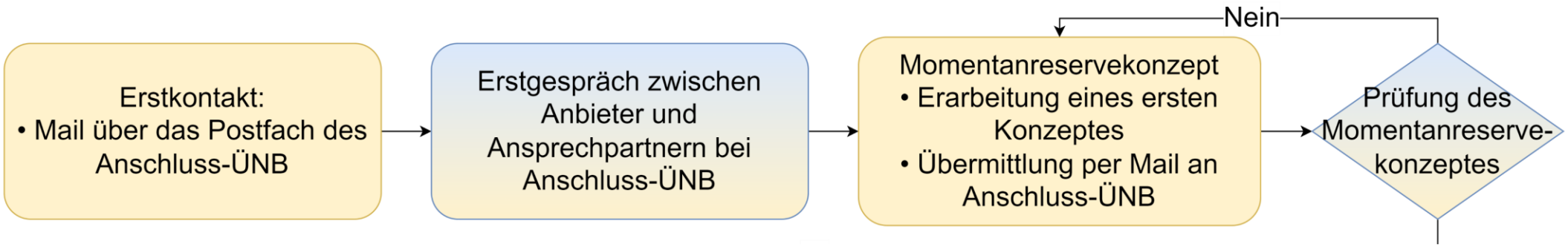
Bieter können ihr Interesse zur Teilnahme an der Ausschreibung bis zum 14. Januar 2026 bei :
Dennis.holzwarth@tennet.eu, Dominik.thiem@tennet.eu

Quelle: Netztransparenz > Über uns > Aktuelles > Details

Produktstruktur – Die vier Marktvarianten

Produkt	Richtung	Qualitätsstufe/ Verfügbarkeit
Positiv Basis	Wirkt bei Frequenzabfall	≥ 30 %
Positiv Premium	Wirkt bei Frequenzabfall	≥ 90 %

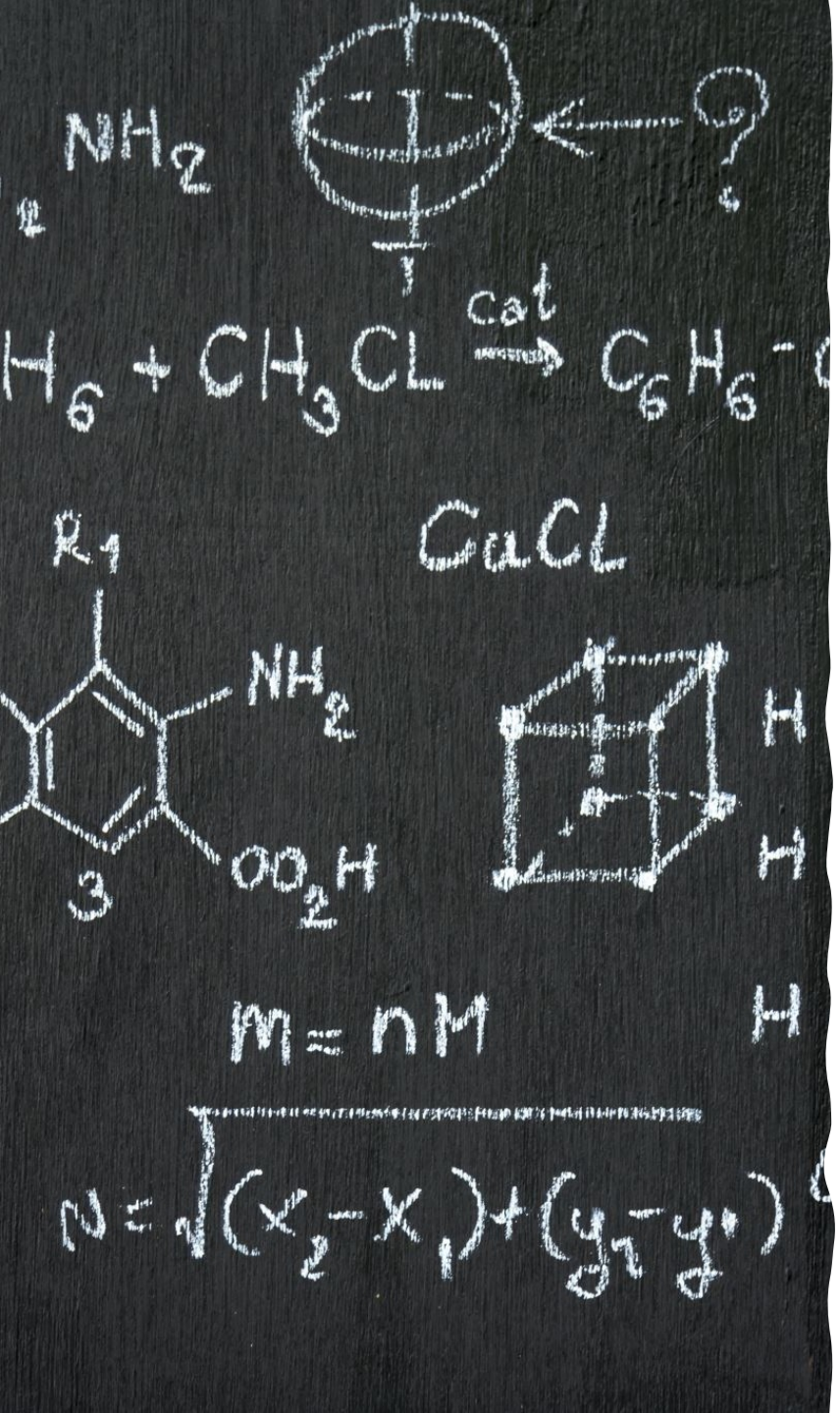
Prozess für die Angebotsabgabe



Ausschreibungsunterlagen werden allen Interessenten auf der Vergabeplattform Mercell zugänglich gemacht

Marktmechanismus und Ablauf

- **Schritte für Anbieter:**
  - Präqualifikation über **PQ-Portal** der ÜNB (technischer Nachweis, Zertifikat oder Gutachten).
  - Angebotsabgabe mit: Produktwahl, Menge (MWs), Verfügbarkeit, Region.
  - Vertragslaufzeit (2–10 Jahre) und Festpreis-Vergütung.
- **Marktstruktur:**
  - Regionale Ausschreibungen je Regelzone.
  - Technologieoffen – Speicher, Windparks, Hybridparks, …
- **Abrechnung:**
  - Vergütung erfolgt pro bereitgestelltem Momentanreserve-Energieäquivalent (MW × s).



Technische Mindestanforderungen für NES-Einheiten (gemäß FNN-Hinweis V2.0 / 2025)

- **A. Frequenzstützung und Momentanreserve**
  - Bereitstellung einer inhärenten Reaktion auf Frequenzänderungen (synthetische Schwungmasse).
  - Dynamische Leistungsabgabe entsprechend Frequenzgradient **(dP/df)**.
- **B. Spannungsstützung und Inselbetrieb**
  - Spannungsgeregelte Betriebsweise (Q(U)-Droop-Charakteristik).
  - Stabiler Betrieb auch ohne externe Spannungsreferenz (z. B. beim Schwarzstart oder Netztrennung).
  - Synchronisation mehrerer NES über virtuelle Synchrongenerator-Regelung (VSM) oder Matching Control.
- **C. Stabilitätsverhalten und Interaktion**
  - Kein instabiles Wechselspiel mit anderen Umrichtern (Dämpfungseigenschaften, Phasenreserve).
  - Resonanzstabilität.
  - Fähigkeit zur Koordination mit konventionellen Synchrongeneratoren in gemischten Netzen.

Beispiel Leistungsvorhaltung für positive Momentanreserve

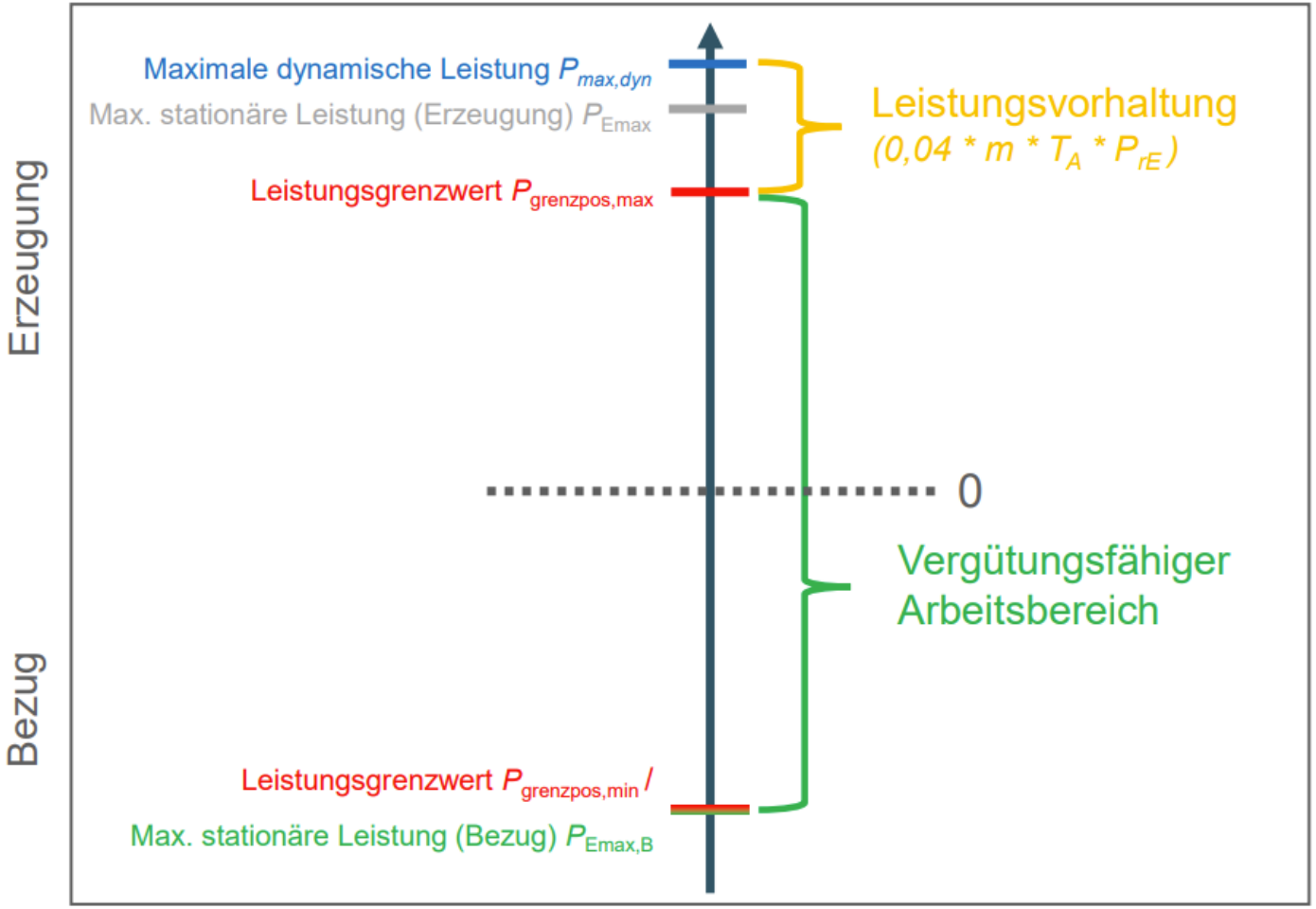
(Wirkt bei Frequenzabfall)

- Batteriespeicher mit folgenden Kennwerten:
- P_{rE} = 100 MW (Einheitenzertifikat (EZEZ))
- $P_{max,dyn}$ = 100 MW (keine Überlastfähigkeit - EZEZ)
- T_A = 25 s (EZEZ)
- Kontrahierungsfähige Momentanreserve:
  E_{Mom}= 0,5* T_A *P_{rE} = 0,5*25s*100 MW = 1250 MWs
- m-Faktor = Zur Bestimmung des Anteils, welcher für die Momentanreserve zur Verfügung gestellt werden soll
- Berechnung vorzuhaltender Leistung:
- m=1: 0,04/s*m* T_A *P_{rE} = 0,04*1*25s*100MW=100MW -> Rest ist Vergütungsfähiger Bereich => -100 MW – 0 MW
- m=0,3: 0,04/s*m* T_A *P_{rE} = 0,04*1*25s*100MW=30MW -> Rest ist Vergütungsfähiger Bereich => -100 MW – 70 MW

Quelle: Stakeholderworkshop 22.09.2025 von den ÜNB PowerPoint-Präsentation

Beispiel Leistungsvorhaltung für positive Momentanreserve

(Wirkt bei Frequenzabfall)



$P_{max,dyn}$	Maximale dynamisch abrufbare Wirkleistung bei positiver Momentanreserve gemäß Zertifikat in MW
P_{Emax}	Maximale Wirkleistung (10−Minuten−Mittelwert) (Erzeugung) gemäß Zertifikat in MW
$P_{Emax,B}$	Maximale Wirkleistung (10-Minuten-Mittelwert) im Bezug gemäß Zertifikat in MW
$P_{grenzpos,max}$	Maximale Wirkleistung für vollumfängliche Bereitstellung positiver Momentanreserve gemäß Zertifikat in MW
$P_{grenzpos,min}$	Minimale Wirkleistung für vollumfängliche Bereitstellung positiver Momentanreserve gemäß Zertifikat in MW

Zu $P_{grenzpos,min}$:
Sofern keine technischen Einschränkungen durch den Hersteller ausgewiesen werden, entspricht $P_{grenzpos,min}$ für Erzeugungseinheiten dem Wert von Null und für Speicher sowie EZSE (Erzeugungs- und Speichereinheit) dem Wert von $P_{Emax,B}$

Quelle: Stakeholderworkshop 22.09.2025 von den ÜNB PowerPoint-Präsentation

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Aktuelle Preise

Produkt	Richtung	Festpreiskompo-nente	Höhe [€/MWs/a]
Premium	Positiv	FPO	805

=> 1250 MWs * 805€/MWs/a = 1.000.000

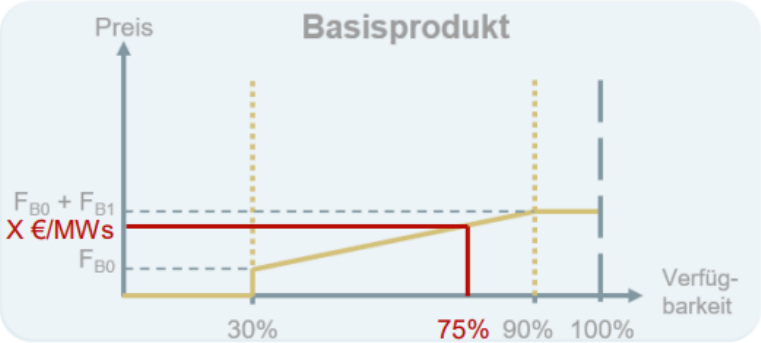
		FPO + FP1	888,5
Basis	Positiv	FBO	76
		FBO + FB1	109,5
	Negativ	FBO	76
		FBO + FB1	109,5

Quelle: Marktgestützte Beschaffung von Momentanreserve

Verfügbarkeitsbestimmung

- Jährliche Verfügbarkeit basierend auf 15-Minuten-Intervallen
- Prüfung der technologiespezifischen Verfügbarkeitsbedingungen (sh. Folien 19-22) für jedes 15-Minuten-Intervall
- Mögliche Ergebnisse der Prüfung (Verfügbar/ nicht verfügbar innerhalb der vollständigen 15 min)
- Betrachteter Zeitraum wird in 15 min Cluster aufgeteilt (Summe Verfügbar/ Summe aller 15 min Cluster)

$$\frac{1+1+0+1}{4} = 0{,}75 = 75\% \text{ Verfügbarkeit}$$



Vereinfachtes Beispiel

Datum/Zeit	Verfügbarkeit
01.01.2024 00:00 – 00:15	1
01.01.2024 00:15 – 00:30	1
01.01.2024 00:30 – 00:45	0
01.01.2024 00:45 – 01:00	1

Nachweis und Zertifizierung

- **Ziel:** Transparenz, wie technische Eignung bestätigt wird.
- Regulärer Nachweis über **Einheitenzertifikat** oder Prototypenbestätigung nach FNN/VDE.
- Übergangsweise: **qualifiziertes Gutachten**
  - Hintergrund: formal muss die Messung durch ein für den FNN-Hinweis akkreditiertes Prüflabor durchgeführt werden, solange dies nicht möglich ist, können nur mit Hilfe von Gutachten entsprechende Bestätigungen ausgestellt werden.
- Beide Varianten bestätigen die Fähigkeit zur Momentanreservebereitstellung.
- Für die Anlage ist ein Anlagengutachten/ Zertifikat zu erstellen.
  - Das erfahren hierfür wird derzeit noch detailliert und in einer Version 2.1 des FNN-Hinweises vor beginn der Ausschreibung veröffentlicht werden.
- Werte aus Zertifikat (TA, P_grenz) fließen direkt in die PQ-Daten.

Nachweisführung und Zertifizierung

- **Nachweisverfahren gemäß FNN-Hinweis und FGW-Richtlinien:**
- **FGW TR3:** Praktische Messung netzbildender Eigenschaften an Prüfständen oder im Feldtest.
- **FGW TR4:** Simulation dynamischer Netzereignisse (Kurzschluss, Lastsprung, Frequenzstörung).
- **Kombinierter Nachweis** erforderlich – Labor + Simulation.
- **Zertifizierung:**
- Durch akkreditierte Prüfstellen (z. B. nach FGW TR8, ISO/IEC 17065).
- Voraussetzung für Marktzulassung über PQ-Portal.

AGENDA

1. Hintergründe
2. NC RfG
3. Netzbildende Eigenschaften
4. Roadmap Systemstabilität
5. Überblick – Momentanreservemarkt
6. Prozess Angebotsanfrage und Zertifizierung
7. Aktuelle Preisinformation
8. Fazit & Ausblick

Fazit

- **Netzbildende Eigenschaften werden zum Fundament der Systemstabilität**: Mit dem Abschalten konventioneller Kraftwerke verschwinden natürliche Trägheit und Frequenzstützung – Umrichter müssen diese Rolle übernehmen.
- **Der Markt für Momentanreserve schafft erstmals einen wirtschaftlichen Rahmen**, in dem netzbildende Funktionen vergütet werden. Stabilität wird damit **vom technischen Pflichtprogramm zum Geschäftsmodell**.
- **Speicher, hybride Parks und moderne Wind-/PV-Umrichter gehören zu den zentralen Gewinnern** dieses Marktumstiegs: Sie können Momentanreserve schnell, präzise und emissionsfrei bereitstellen.
- **Der Markteintritt ist klar strukturiert**, aber an technische Mindeststandards gebunden: FNN-Hinweis 2025, Nachweisführung über Zertifikat oder Gutachten, PQ-Portal, Mercell-Vergabeplattform.
- **Der wirtschaftliche Zusatzeinnahmequelle ohne Preisrisiken**

Ausblick

- **2026–2027: Start und Skalierung**
- **Ab 2028: Standardisierung & Interoperabilität**
- **Ab 2030: Vollintegration**

Chancen für Betreiber

- Anlagen können **parallel mehrere Erlösstränge** erschließen.
- Der Trend geht zu **hybriden Systemen** (PV + Speicher, Wind + Speicher), die netzbildend agieren und zugleich Energie liefern.
- Wer jetzt in Zertifizierung, Technik-Upgrade und PQ-Prozesse investiert, schafft sich eine **dauerhafte wirtschaftliche Position**.

M.O.E.

For a sustainable future

CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

Weitere Infos gibt es auf unserer Webseite!

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Moeller Operating Engineering GmbH
Windenergietage - Unternehmensvorstellung
Tobias Busboom, Geschäftsführer
13.11.2025, Potsdam

Quellen

- [1] *Blindleistungsmanipulation*. – URL https://spannungshaltung.de/blindl eistungsmanipulation/. – Zugriffsdatum: 10/07/2024
- [2] *Durch Regelenergie zur sicheren Stromversorgung*. – URL https://blog.ebl .ch/de/durch-regelenergie-zur-sicheren-stromversorgung. – Zugriffsdatum: 18/06/2024
- [3] *Netzregelung 2.0*. – URL https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Poster/2022/Posteruebe rsicht-Netzregelung-2-0-web.pdf. – Zugriffsdatum: 16/05/2024
- [4] *Was ist die Primärreserveleistung (PRL)?*. – URL https://www.next-kraft werke.at/wissen/primaerregelung-prl. – Zugriffsdatum: 16/05/2024
- [5] Adolf J. Schwab: *Elektroenergiesysteme*. Springer Vieweg, 2022
- [6] BMWK: *Roadmap Systemstabilität*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 01/2023. – URL https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/P ublikationen/Energie/20231204-roadmap-systemstabilitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14. – Zugriffsdatum: 28/05/2024
- [7] Boris Valov: *Handbuch Netzintegration Erneuerbarer Energien*. Springer Vieweg, 2022
- [8] Condensator Dominit GmbH: *Spannungsgeführte Oberschwingungsfilter mit Intelligenter Anpassung*. – URL https://www.condensator-dominit.de/wp -content/uploads/2022/11/Condensator-Dominit-Broschuere-SOF IA-DELowQuality-1.pdf. – Zugriffsdatum: 19/06/2024
- [9] Fanny Knoll, Sidney Gierschner Nils Bieschke Paul Gerdun Magdalena Gierschner Alexander Schöley Michael Schütt Ramy Soliman Felix U.: *Momentanreserve in einem überwiegend EE- basierten Stromsystem – Eine interdisziplinäre Einführung unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer und juristischer Aspekte*. Universität Greifswald, 01/2021. – URL https://epub.ub.uni-greifswald.de/f rontdoor/deliver/index/docId/4444/file/Momentanreserve.pdf. – Zugriffsdatum: 13/05/2024

Quellen

- [10] Florian Mahr, Stefan Henninger, Martin Biller, Johann Jäger: *Elektrische Energiesysteme, Wissenvernetzung von Stromrichter, Netzbetrieb und Netzschutz*. Springer Vieweg, 2021
- [11] Florian Rauscher, Timo Sauer Bernd E.: *Bereitstellung von Momentanreserve aus Mittel- und Niederspannungsnetzen*. TU Braunschweig, elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, 02/2024. – URL https://www.tugraz .at/fileadmin/user_upload/tugrazExternal/738639ca-39a0-412 9-b0f0-38b384c12b57/files/lf/Session_C1/315_LF_Rauscher.pdf
- [12] Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien: *Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen TEIL 3 (TR3) Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz Revision 25*. FGW e.V., 2018
- [13] Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien: *Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie für deren Komponenten TEIL 8 (TR 8) Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz Revision 09*. FGW e.V., 2019
- [14] Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien: *Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen TEIL 4 (TR 4) Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie deren Komponenten Revision 09*. FGW e.V., 2019
- [15] GmbH, DIgSILENT: *PowerFactory 2024 Broschüre*. DIgSILENT GmbH, 2024. – URL https://www.digsilent.de/. – Zugriffsdatum: 11/06/2024
- [16] Günther Brauner: *Energiesysteme: regenerativ und dezentral, Strategien für die Energiewende*. Springer Vieweg, 2015

- [17] Ioannis E. Kosmadakis, Costas E.: *A Sizing Method for PV–Battery–Generator Systems for Off-Grid Applications Based on the LCOE*. Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thracee, 03/2021. – URL https: //www.researchgate.net/figure/Off-grid-system-architectur e-of-direct-current-DC-coupled-PV-battery-generator-system_ fig2_350618371. – Zugriffsdatum: 28/05/2024
- [18] Karl Friedrich Schäfer: *Blackout, Ursachen und Folgen von Stromausfällen*. Springer Vieweg, 2023
- [19] Marc Wöstefeld, Hendrik V.: *Technologiespezifische Bereitstellung von Momentanreserve*. Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Fachgebiet elektrische Energiesysteme, 02/2024. – URL https://www.tugraz.at/ fileadmin/user_upload/tugrazExternal/f560810f-089d-42d8-ae6 d-8e82a8454ca9/files/lf/Session_B3/233_LF_Wo__stefeld.pdf. – Zugriffsdatum: 05/07/2024
- [20] Möller, Jochen: *Projektmanagement in der Windenergie - 8.Zertifizierung, Messung und Inspektion*. Springer Gabler, 2019
- [21] Prof. Dr. E. Waffenschmidt: *Elektrische Netze - Regelleistung - Frequenzregelung*. Technische Hochschule Köln, 2022. – URL http://www.100pro-erneuer bare.com/lehre/GLE/ElNet_07-03-Regelleistung-Frequenzregelun g.pdf. – Zugriffsdatum: 12/05/2024
- [22] Technische Universität Braunschweig - elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, Universität Stuttgart - IFK, Abteilung für Stromerzeugung und Automatisierungstechnik, Consentec GmbH: *Ausarbeitung eines marktgestützten Beschaffungskonzeptes für Momentanreserve*. Amprion GmbH, 2023. – URL https://www.amprion.net/Dokume nte/Transparenz/Studien-und-Stellungnahmen/2023/Marktgest%2 5C3%25BCtzte_Beschaffung_Momentanreserve.pdf&ved=2ahUKEwj7iJ HepYWGAxV_IxAIHf5oA1gQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw3k_39_vcVifhkm9Ks M-Hwt. – Zugriffsdatum: 03/05/2024
- [23] VDE-FNN: *Technische Anforderungen an Netzbildende Eigenschaften inklusive der Bereitstellung von Momentanreserve Version 0.1*. VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 02/2024. – URL https://www.vde.com/ resource/blob/2302434/7a6cf4ae811e789d599c10578a5025b9/netzbildende-eigenschaften-hinweis-download-data.pdf. – Zugriffsdatum: 16/05/2024

Quellen

- [24] Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *Ermittlung und Bewertung der Frequenz in Energieversorgungsnetzen Version 1.0*. VDE VERLAG GmbH, 03/2022
- [25] Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *VDE-AR-N 4105 Anwendungsregel:2018-11 Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz*. VDE VERLAG GmbH, 2018
- [26] Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *VDE-AR-N 4120:2018-11 „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Hochspannung)“*. VDE VERLAG GmbH, 2018
- [27] Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *VDE-AR-N 4130:2018-11 „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstpannungsnetz und deren Betrieb (TAR Höchstpannung)“*. VDE VERLAG GmbH, 2018
- [28] Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *VDE-AR-N 4110 Anwendungsregel:2023-09 Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)*. VDE VERLAG GmbH, 2023