
ROCOF IMMUNITY IN DER PRAXIS (1)

STAND DER TECHNIK UND ANFORDERUNGEN AUS NORMEN

Virtueller ZuPrüVal-Projektworkshop, 17.09.2020

Referent: Nils Schäfer, Fraunhofer IEE, Kassel



INHALT

- RoCoF immunity – Begriffsbestimmung
- Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen
- Anforderungen aus Normen und Regelwerken
 - International und national
- Ausblick

RoCoF immunity

Begriffsbestimmung

„Rate-of-Change-of-Frequency (RoCoF) immunity“ (engl.)

→ Beschreibt die **Immunität / Unempfindlichkeit** von Erzeugungseinheiten bzw. -anlagen (EZE / EZA) **gegenüber Frequenzgradienten** (df/dt), die in einem elektrischen Versorgungssystem auftreten können.

Weiteres / theoretischer Hintergrund siehe vorausgegangenen Vortrag meines Kollegen Dr. Gunter Arnold zum Thema RoCoF.

INHALT

- RoCoF immunity – Begriffsbestimmung
- **Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen**
- Anforderungen aus Normen und Regelwerken
 - International und national
- Ausblick

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

Frequenzmessung

Berechnungs- / Mittelungszeiten entscheidend:

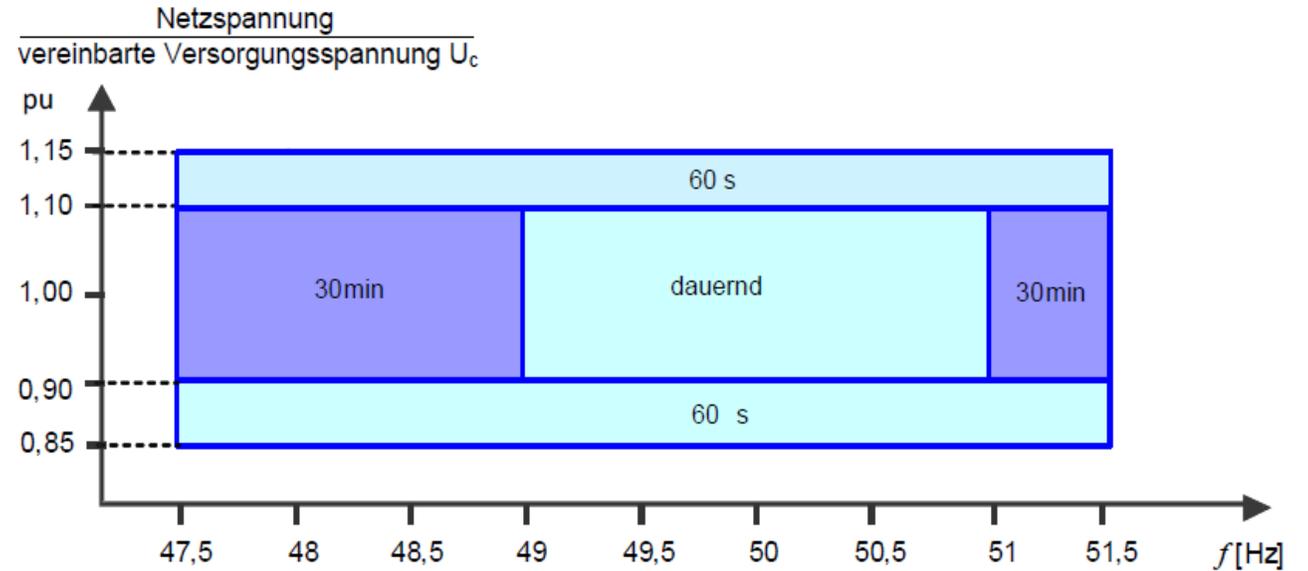
- Kleineres Mittelungszeitfenster ermöglicht die Bestimmung kurzzeitiger Frequenzänderungen und damit eine genauere Erfassung von RoCoF-Ereignissen.
- Größeres Mittelungszeitfenster ermöglicht eine vom Wert her genauere Bestimmung der Netzfrequenz (Messung der Nulldurchgänge).
- Die VDE-Anwendungsregeln geben drei RoCoF-Gradienten an (mit unterschiedlichen Zeitfenstern)
 - $\pm 2,0$ Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 0,5 s
 - $\pm 1,5$ Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 1,0 s
 - $\pm 1,25$ Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 2,0 s
- Frequenzmessung nach DIN EN 61000-4-30 „... Verfahren zur Messung der Spannungsqualität“

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

Betriebsbereich und andere Anforderungen

Europäische Anforderungen aus dem NC RfG* in den VDE-Anwendungsregeln implementiert

- Geforderter Betriebsbereich ist entscheidend für das Design!
- Beispiel aus VDE-AR-N 4110: 2018-11 (TAR Mittelspannung)
- Daneben gibt es Anforderungen bzgl.
 - P(f)-Regelungsverhalten (LFSM-O und -U)
 - Synchronisierung (Zuschaltbedingungen)
 - Entkupplungsschutz ($f \gg$, $f >$, $f <$)



Anforderungen an den quasistationären Betrieb v. Erzeugungsanlagen
mit U_c = zwischen dem Netzbetreiber und dem Anschlussnehmer vereinbarte Spannung zur Versorgung
Quelle: Bild 4, VDE-AR-N 4110: 2018-11 „Techn. Regeln f. d. Anschluss v. Kundenanlagen an d. MS-Netz und deren Betrieb“

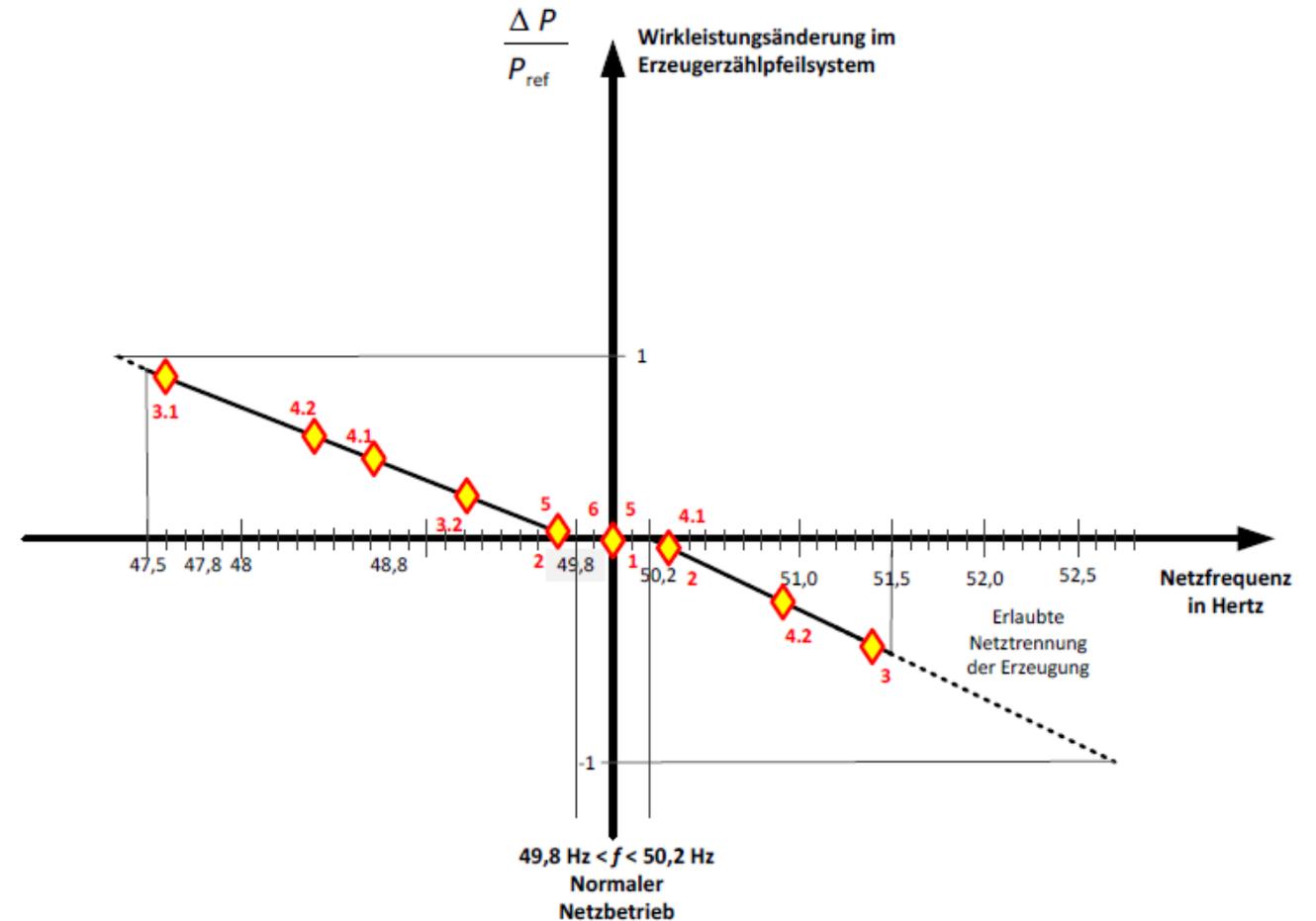
*RfG: Requirements for Generators, EU-Verordnung 2016/631

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

P(f)-Regelungsverhalten

P(f)-Regelungsverhalten (LFSM-O und -U)

- Wirkleistungsregelung gefordert in Abhängigkeit der Netzfrequenz
- Beispiel aus VDE-AR-N 4110: 2018-11 (TAR Mittelspannung)



Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Erzeugungseinheiten der Typen 1 und 2 sowie Speicher vom Typ 1

Quelle: Bild 25, VDE-AR-N 4110: 2018-11 „Techn. Regeln f. d. Anschluss v. Kundenanlagen an das MS-Netz und deren Betrieb“

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

Synchronisierung (Zuschaltbedingungen)

Definition eines Spannungs- und Frequenz-Bereiches
in dem eine Zuschaltung der EZA/EZE technisch möglich sein muss

- Beispiel aus VDE-AR-N 4110: 2018-11
(TAR Mittelspannung)

- 90 % bis 110 % U_C
- 47,5 Hz bis 50,2 Hz

bei vorheriger Schutzauslösung

- 95 % bis 110 % U_C
- 49,9 Hz bis 50,1 Hz

U_C = zwischen dem Netzbetreiber und dem Anschlussnehmer vereinbarte Spannung zur Versorgung

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

Entkupplungsschutz

Definition eines Spannungs- und Frequenz-Bereiches
außerhalb dessen eine Abschaltung der EZA/EZE erfolgen muss

- Empfohlene Einstellwerte nach VDE-AR-N 4110: 2018-11
für den Schutz an der Erzeugungseinheit (EZE), bei EZA-Anschluss im Mittelspannungsnetz
 - $U_{>>} = 1,25 U_{NS}$ $t_{U_{>>}} = 100 \text{ ms}$
 - $U_{<} = 0,80 U_{NS}$ $t_{U_{<}} = 1,0 \text{ s}$
 - $U_{<<} = 0,45 U_{NS}$ $t_{U_{<<}} = 300 \text{ ms}$

 - $f_{>>} = 52,5 \text{ Hz}$ $t_{f_{>>}} \leq 100 \text{ ms}$
 - $f_{>} = 51,5 \text{ Hz}$ $t_{f_{>}} \leq 5,0 \text{ s}$
 - $f_{<} = 47,5 \text{ Hz}$ $t_{f_{<}} \leq 100 \text{ ms}$

U_{NS} = Niederspannungsseitige Bezugsspannung (Bitte zu o.g. Einstellwerten weitere Anmerkungen in VDE-AR-N 4110: 2018-11 beachten.)

Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen

RoCoF-Schutz

RoCoF-Schutz: Passives Verfahren zur Erkennung von Inselnetzbildung
(engl.: LoM – Loss-of-Mains detection)

Ziel: Abschaltung bei Überschreiten eines bestimmten Frequenzgradienten df/dt

In Dtl.: Nur Frequenzschutz $f >>$, $f >$, $f <$ eingesetzt
(Über- bzw. Unterschreitung eines Frequenzgrenzwertes für eine definierte Zeitdauer)

International: Einige Normen / Regelwerke definieren hinsichtlich des RoCoF-Schutzes bzw. der „RoCoF immunity“ die mögliche Parametrierung einer **zeitlichen Verzögerung** („time delay“) zur Entkopplung der beiden Funktionalitäten.

INHALT

- RoCoF immunity – Begriffsbestimmung
- Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen
- **Anforderungen aus Normen und Regelwerken**
 - International und national
- Ausblick

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

International – Europäische Union

„VERORDNUNG (EU) 2016/631 DER KOMMISSION vom 14. April 2016
zur Festlegung eines Netzkodex mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger“

→ NC RfG – Network Code „Requirements for Generators“ (entwickelt von ENTSO-E / ACER)

Artikel 13, Teil (1), Absatz b):

Stromerzeugungsanlagen müssen in der Lage sein, bei Frequenzgradienten bis zu einem vom relevanten ÜNB festgelegten Wert die Verbindung mit dem Netz und den Betrieb aufrechtzuerhalten, soweit die Trennung vom Netz nicht von einer Auslösung des Netzausfallschutzes in Folge des Frequenzgradienten verursacht wurde. Die Parametrierung des Netzausfallschutzes mit dem Frequenzgradienten wird vom relevanten Netzbetreiber in Abstimmung mit dem relevanten ÜNB bestimmt.

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

International – CENELEC

Normenreihe EN 50549

EN 50549-1: 2019 (EZA für den Anschluss an das NS-Verteilnetz bis einschl. Typ B)

EN 50549-2: 2019 (EZA für den Anschluss an das MS-Verteilnetz bis einschl. Typ B)

EN 50549-10: CD / Entwurf erwartet Ende 2020 (Prüfnorm zu -1 und -2, Konformitätsnachweis)

Nachweisverfahren zur „RoCoF immunity“ vorgeschlagen:

- Prüfverfahren bzw. rechnerischer Nachweis / Simulation (je nach Art und Leistungsgröße des Erzeugers)
- Weiteres dazu siehe nachfolgende Präsentation von Luca Guenzi

Typ B: Nach RfG sind dies für Kontinentaleuropa Generatoren mit einer Leistung ≤ 1 MW.

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

National – Deutschland

RoCoF-Anforderung aus den deutschen Netzanschlussrichtlinien

→ VDE-AR-N 4105 (NS), 4110 (MS), 4120 (HS) und 4130 (HöS)

VDE-AR-N 4110: 2018-11, Kapitel 10.2.4.3 „Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz“:

... Erzeugungsanlagen müssen schnelle Frequenzänderungen ohne Trennung vom Netz (Frequenzänderungsgeschwindigkeit, RoCoF) durchfahren können. Diese Anforderung gilt, solange die folgenden gemittelten Frequenzänderungsgeschwindigkeiten nicht überschritten werden:

- *± 2,0 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 0,5 s oder*
- *± 1,5 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 1 s oder*
- *± 1,25 Hz/s für ein gleitendes Zeitfenster von 2 s. ...*

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

National – Deutschland

Prüfnormen für die VDE-Anwendungsregeln:

- FGW TR3 (MS, HS, HÖS)
„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“
 - DIN VDE V 0124-100 (NS)
„Netzintegration von Erzeugungsanlagen – Niederspannung – Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten, vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb am Niederspannungsnetz“
- Für „RoCoF immunity“ keine Nachweisverfahren beschrieben / benannt
- Bestätigung anhand Herstellererklärung

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

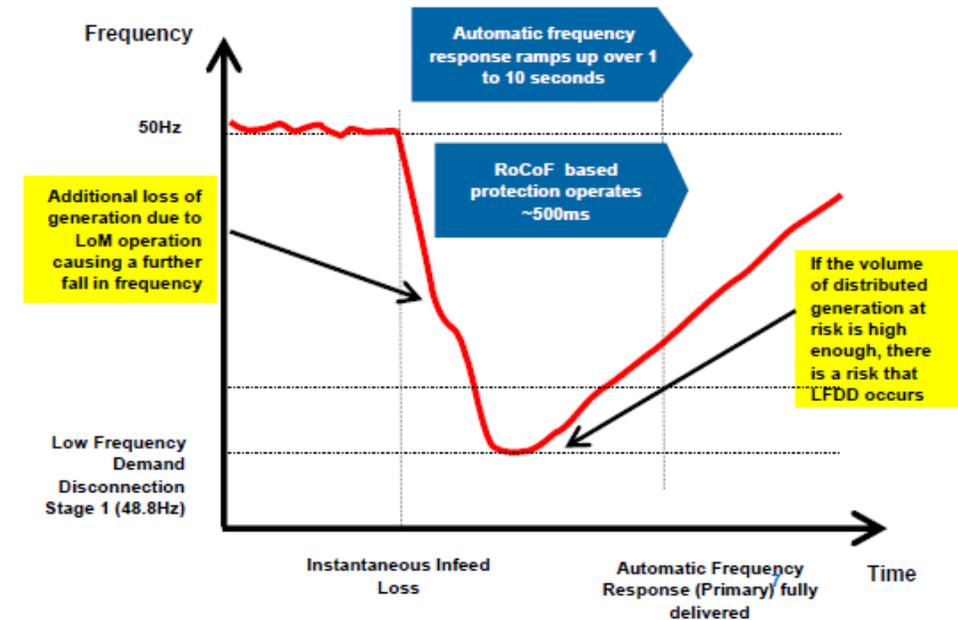
National – UK

→ Bei Netzstörung großräumigen Verlust von Erzeugungsleistung durch RoCoF-basierten Schutz befürchtet, mit nachfolgendem Lastabwurf (Low Frequency Demand Disconnection)

LoM Protection: The Risk



Disconnection of DG by LoM protection could cause/exacerbate a large frequency excursion trigger Low Frequency Demand Disconnection relays resulting in unnecessary loss of demand.



Auszug aus Präsentation „ The Accelerated Loss of Mains Change Programme“

Quelle: National Grid ESO u.a., Stakeholder Event, April 2019

Anforderungen aus Normen und Regelwerken

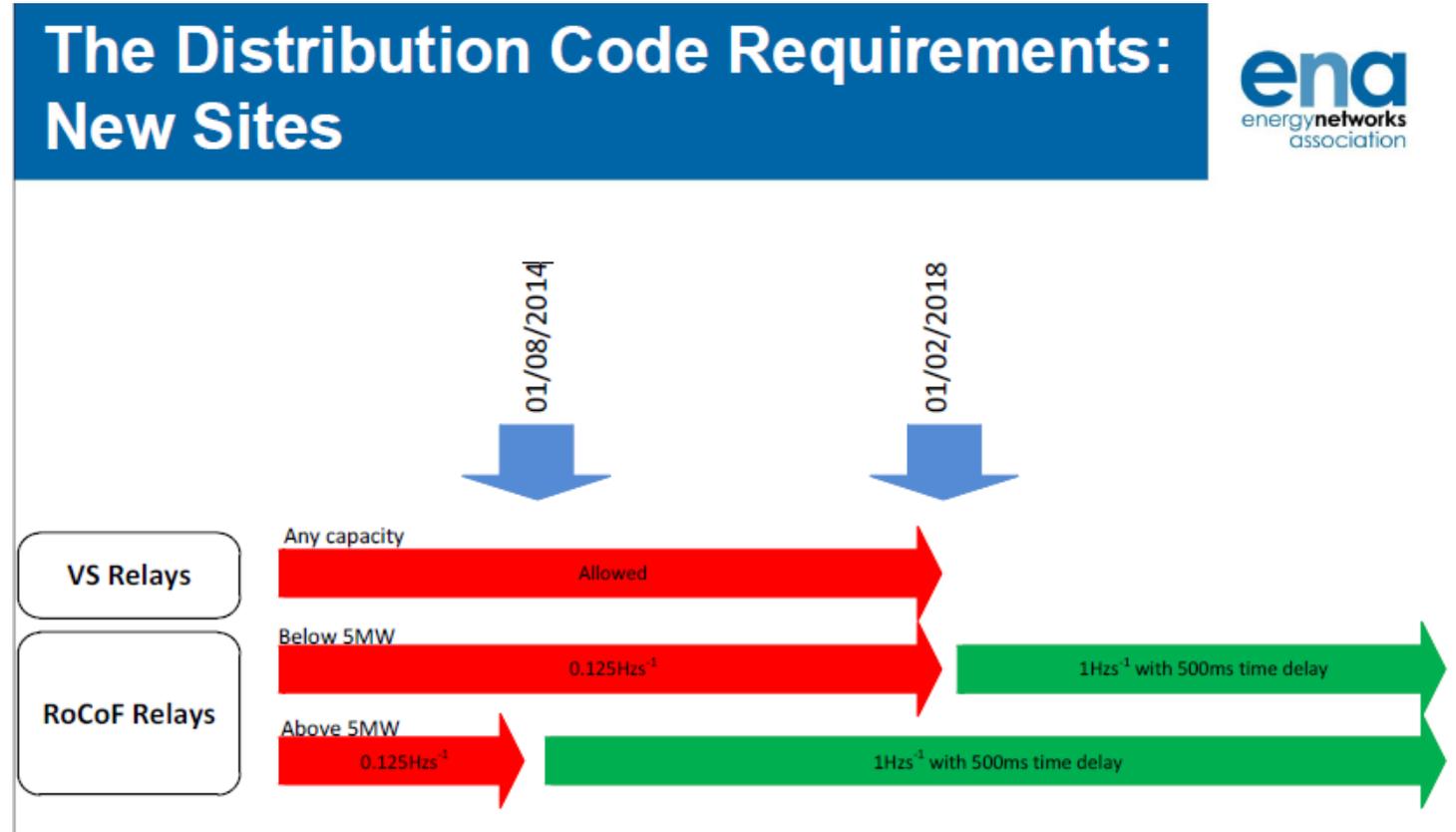
National – UK

→ Anpassung der Richtlinien empfohlen / vorgenommen

Engineering Recommendation G99 Issue 1 Amendment 4 June 2019

“Requirements for the connection of generation equipment in parallel with public distribution networks on or after 27 April 2019”

→ „RoCoF Stability test“ enthalten



Auszug aus Präsentation „ The Accelerated Loss of Mains Change Programme“

Quelle: National Grid ESO u.a., Stakeholder Event, April 2019

INHALT

- RoCoF immunity – Begriffsbestimmung
- Stand der Technik / technische Rahmenbedingungen
- Anforderungen aus Normen und Regelwerken
 - International und national
- **Ausblick**

Ausblick – „RoCoF immunity“

Weiteres Vorgehen

- Laboruntersuchungen in ZuPrüVal
 - Erste Messung durch Partner Bosch KWK Systeme
 - Weitere Messungen am IEE und bei KACO
 - Einbringung der Ergebnisse in die Gremienarbeit
 - 2. Workshop in Frühjahr 2021 geplant
- Labor- / Feldmessungen in anderen F&E-Projekten



Labor SysTec-PNI „Prüflabor Netzintegration“

Quelle: Fraunhofer IEE / Volker Beushausen

Aktuelles siehe auch:

<https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/ZuPrueVal.html>

ROCOF IMMUNITY IN DER PRAXIS (1)

STAND DER TECHNIK UND ANFORDERUNGEN AUS NORMEN

Vielen Dank!
Haben Sie Fragen?



Smart Grid / Hybridsystem Labor, Fraunhofer IEE
www.iee.fraunhofer.de/mess

Nils Schäfer
Abt. Systemstabilität und Netzintegration
Fraunhofer IEE, Kassel
nils.schaefer@iee.fraunhofer.de

Das dieser Präsentation zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 03TNH027A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages