
PROJEKT „ZUPRÜVAL“ – ERNEUERBARE INTEGRIERT

Smart Tech Forum: Future Grid Solutions, E-world energy & water, Essen, 11.02.2020

Referent: Nils Schäfer, Fraunhofer IEE, Kassel



PROJEKT „ZUPRÜVAL“ – ERNEUERBARE INTEGRIERT

AGENDA

- Angewandte Forschung bei Fraunhofer
- Aspekte der Energiewende und Herausforderungen im Systembetrieb
- Projekt „ZuPrüVal“
 - Netzanschlussrichtlinien und Prüfanforderungen für Erneuerbare
 - Projektziele und erste Ergebnisse

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

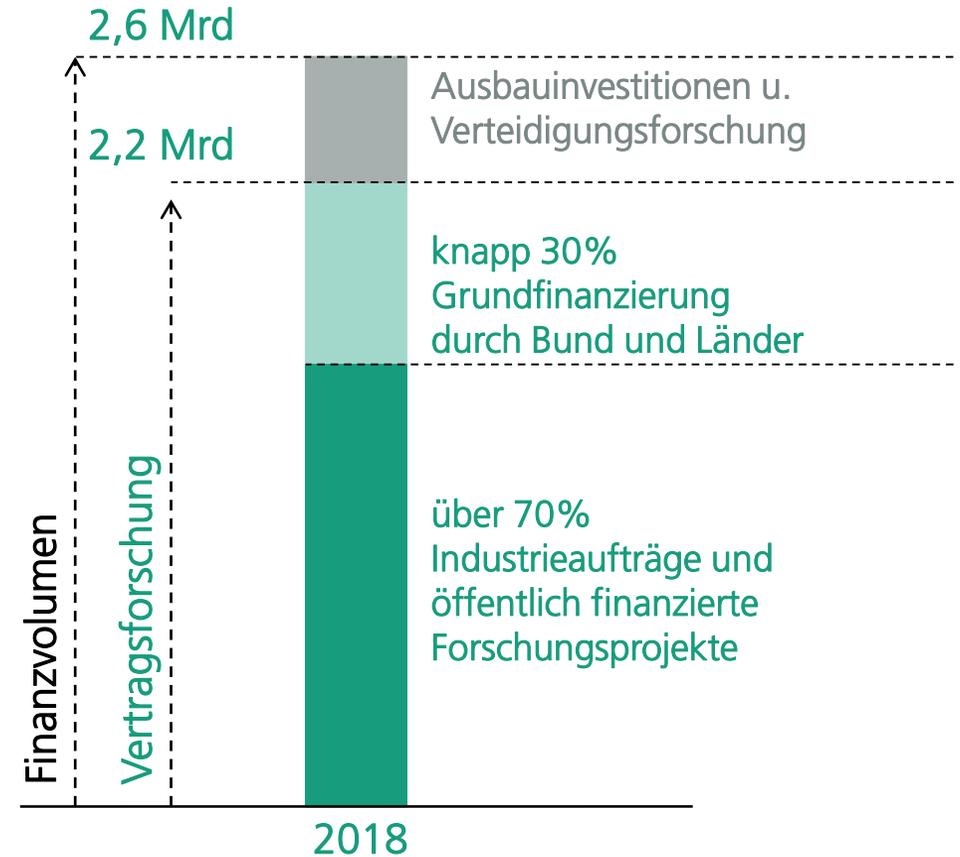
Anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und zum Vorteil für die Gesellschaft



26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter



72 Institute und Forschungseinrichtungen



FRAUNHOFER IEE: FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND ENERGIESYSTEMTECHNIK



Das Fraunhofer IEE in Kassel forscht in den Bereichen Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik.

Wir entwickeln Lösungen für wirtschaftliche und technische Herausforderungen bei der Transformation der Energiesysteme.

- Mitarbeiter: rund 360
- Jahresbudget: ca. 25 Mio EUR
- Leitung: Prof. Dr. Clemens Hoffmann

www.iee.fraunhofer.de



GESCHÄFTSFELD MESS- UND PRÜFDIENSTLEISTUNGEN



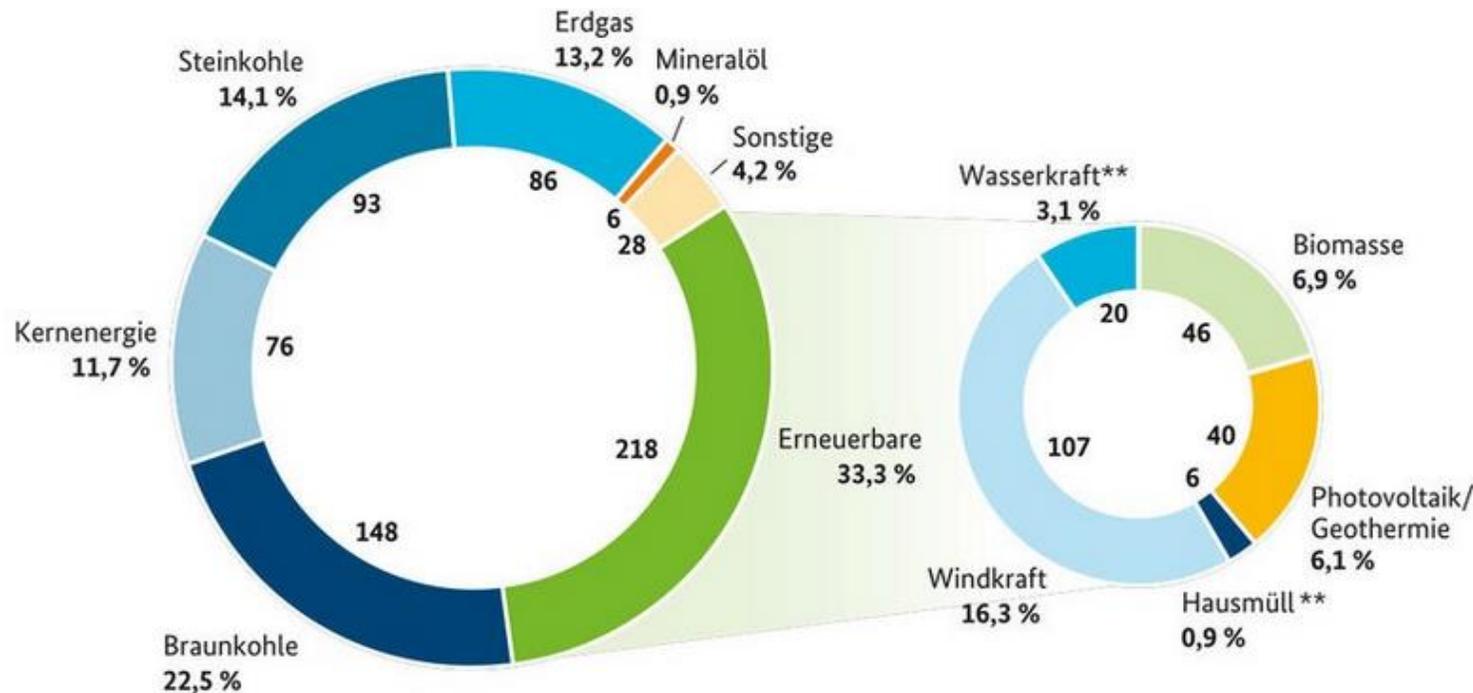
LABORPRÜFUNGEN

- Komponententests: Stromrichter, BHKW, Antriebsmaschinen, intelligente Netzbetriebsmittel
- Netzanschlussprüfungen, EMV-Prüfungen
- Systemtests: Hybridsysteme, PV-Systeme, PV-Speicher-Systeme
- Hardware-in-the-Loop Tests: Power HIL, Controller HIL
- Kalorimetermessungen
- Halbleiterschaltzelle

VORORT-MESSUNGEN

- Netzqualitätsmessungen, Verhalten von Erzeugungsanlagen, u.a.

Zahlen & Fakten – Der deutsche Strom-Mix (2017)



Geothermie aufgrund der geringen Menge in Photovoltaik (PV)

*vorläufig, **regenerativer Anteil



Bruttostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh; vorläufige Angaben, z.T. geschätzt; ** regenerativer Anteil; Stand: Februar 2018

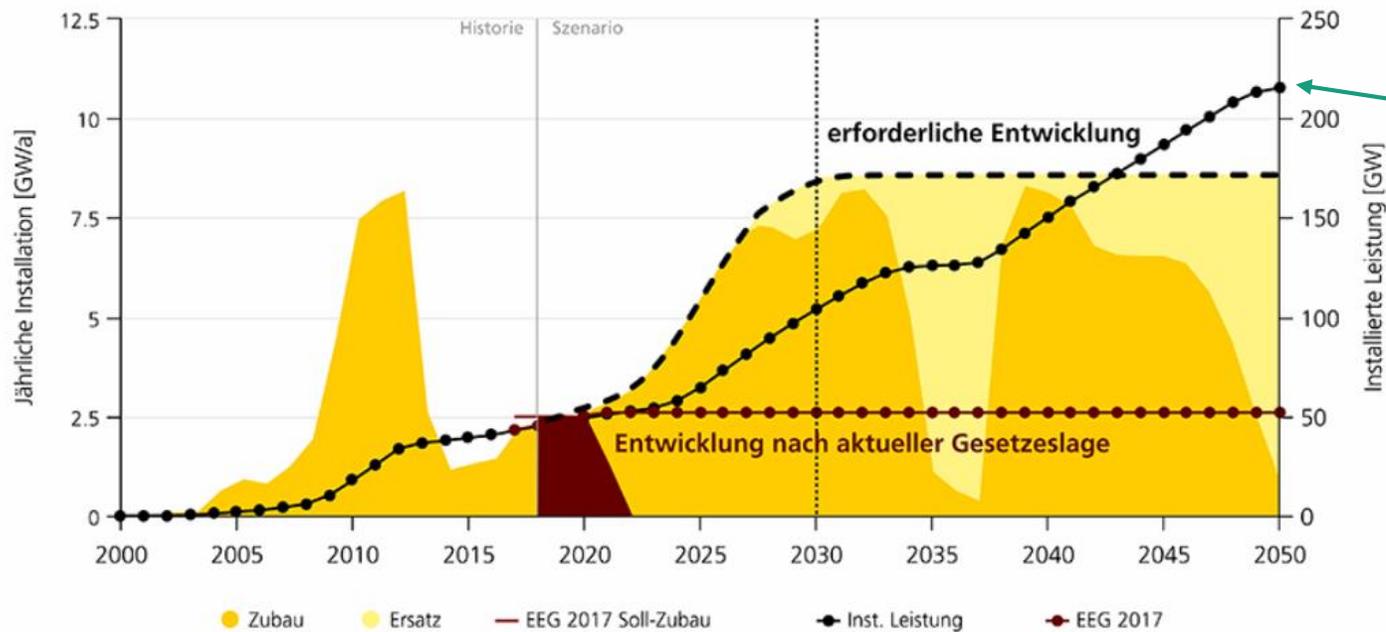
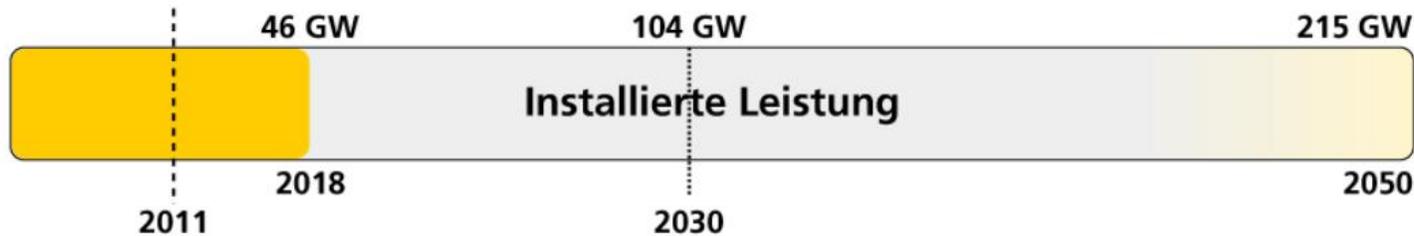
© AG Energiebilanzen

Quelle: BMWi, <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>

Primärenergie-träger	Installierte Leistung [GW]
Steinkohle	29,9
Braunkohle	23,0
Erdöl	3,1
Kernenergie	11,4
Wasserkraft	10,3
Wind	55,7
PV	42,3
Biomasse	8,0
andere	7,9
Lastspitze	82,6

Quelle: BMWi, Zahlen und Fakten Energiedaten, 2019-09-09; Bericht der deutschen Übertragungsnetzbetreiber zur Leistungsbilanz 2017-2021

Notwendige Entwicklung der installierten Leistung – Beispiel PV



- Typischer Lastfaktor in Dtl.
 - PV: ~ 900 h pro Jahr
 - Wind: ~ 1800 h pro Jahr
- Nötig für 100% Erneuerbar
 - PV: ~ 215 GW
 - Wind: ~ 222 GW
- Ausgleich notwendig
 - Übertragungskapazitäten
 - Speicher
 - Elektrochemisch (Batt.)
 - Power-to-X

Entwicklungsszenarien zur in Dtl. installierten Leistung der PV (Photovoltaik)

Quelle: Fraunhofer IEE, https://www.herkulesprojekt.de/de/Barometer/barometer_2019.html

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Eckdaten zum Projekt

Förderung

- Förderprogramm: WIPANO
- Mittelgeber: BMWi
- Projektträger: PTJ, Berlin

Projektpartner/Konsortium

- Fraunhofer IEE, DKE, KACO new energy und (als assoziierter Partner) Bosch KWK Systeme



Projektlaufzeit

- 24 Monate, vom 01.05.2019 bis 30.04.2021

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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.

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert ...zum Akronym

„ZuPrüVal“

Erarbeitung zukünftiger Prüfprozeduren und
deren Validierung für neue Netzanschluss-Richtlinien“

Was hat es mit Netzanschlussrichtlinien auf sich?

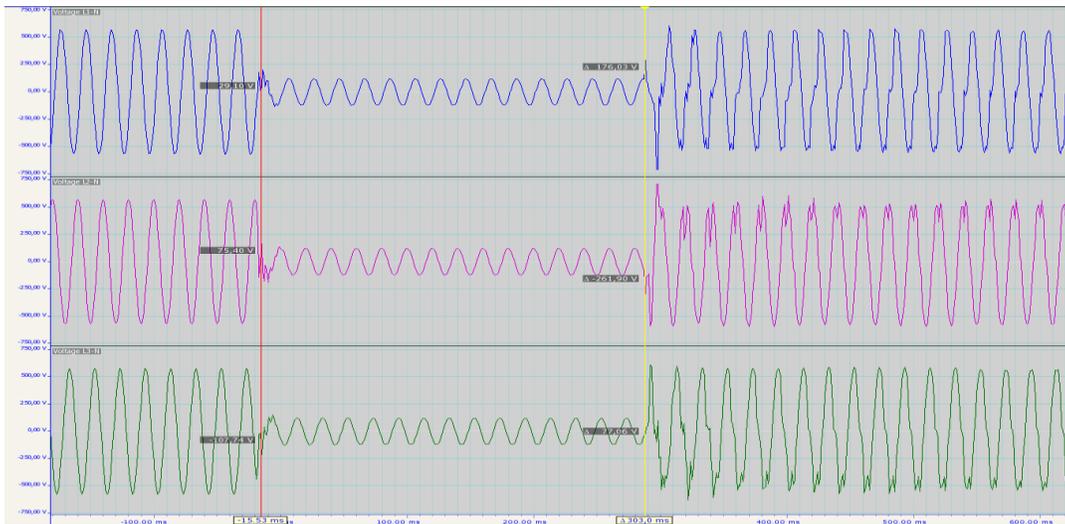
Exkurs Netzanschlussrichtlinien (Beispiel)

Anforderungen an EZA bzgl. Verhaltens bei Netzstörungen



Schleswig-Holstein
(2018):

- 6,7 GW Wind on-shore
- 1,8 GW Wind off-shore
- 1,6 GW PV



Quelle: Eigene Messung, Gunter Arnold, Fraunhofer IEE

Verhalten in der Vergangenheit:

- Kurzschlüsse im Übertragungsnetz können die Netzspannung großräumig auf Werte $< 0.8 U_n$ einbrechen lassen
- Sofortige Abschaltung (< 200 ms) durch den Unterspannungsschutz ($U \ll$) in EEG-Parks / EZA (Erzeugungsanlagen) bei Verletzung der Spannungsgrenzen
- Ein schlagartiger Verlust von mehr als 1% der aktuellen Erzeugungsleistung (z.B. durch sofortige Abschaltung einer großen Anzahl von EZA) kann zu einem großräumigen Blackout führen!
→ **Paradigmenwechsel in Dtl. vor 10-15 Jahren**

Anforderungen an neue EEG-Parks / EZA:

- "Fault Ride Through" (FRT) bei Spannungseinbrüchen
 - Einspeisen eines Blindstromes während des Fehlers
 - Schnellstmögliche Rückkehr zur Vorfehler-Wirkleistung nach Fehlerende

Prüfanforderungen – Verhalten bei Spannungseinbrüchen (UVRT)

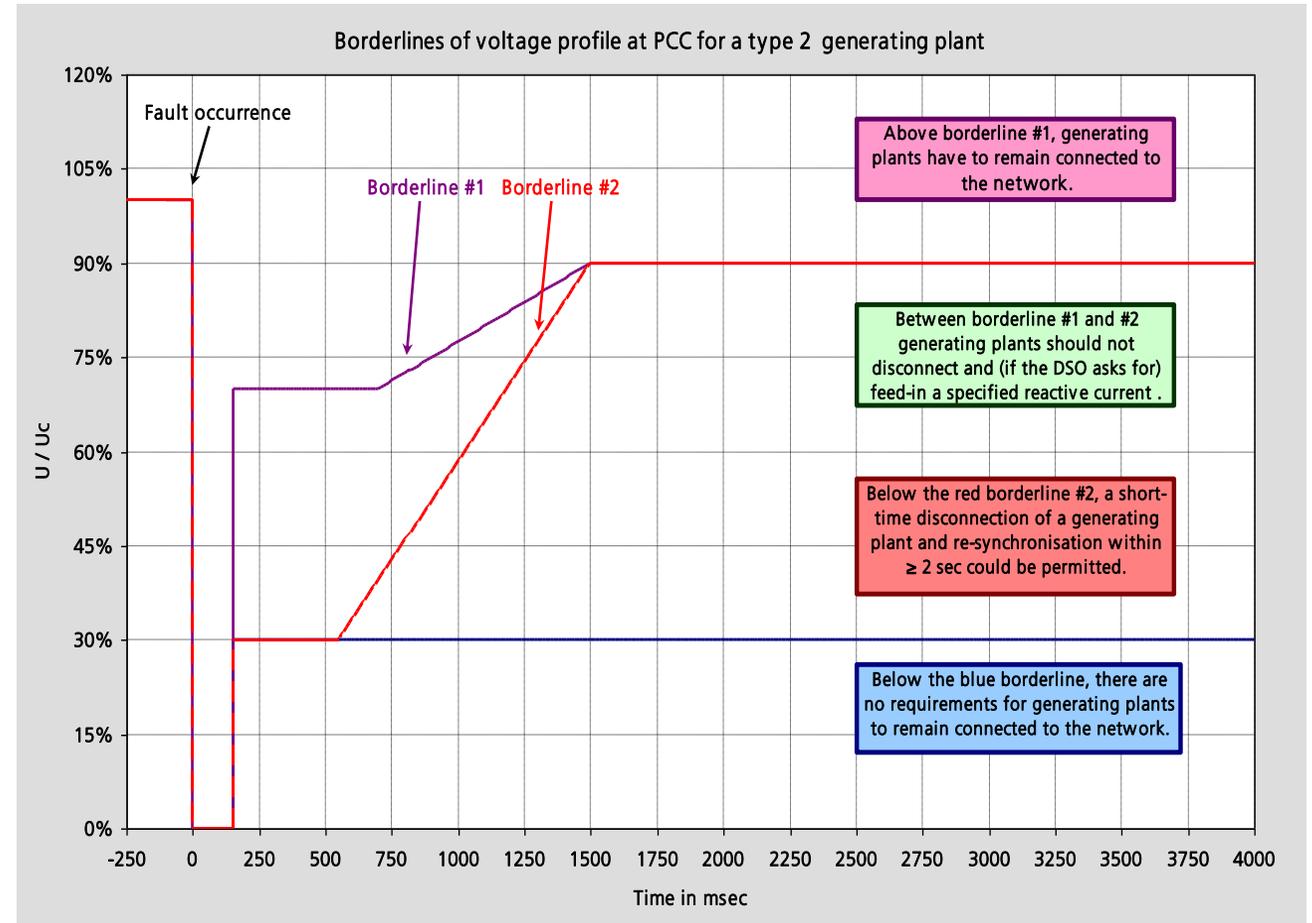
■ 2 Typen von EZE / EZA:

- Typ 1: Direkt gekoppelte Synchrongeneratoren
- Typ 2: Alle anderen Erzeugungstechnologien

■ Verhalten hauptsächlich abhängig von:

- Tiefe des Spannungseinbruches
- Fehlerdauer

→ Vier verschiedene Anforderungen



Quelle: G. Arnold: Requirements for PV plants connected to German MV Distribution System; PV/Storage Inverter Communication Workshop, 4th International Integration Conference, Albuquerque/USA; 6. Dezember 2010

Prüfanforderungen – Verhalten bei Spannungseinbrüchen (UVRT) – Testplan

■ Testplan nach FGW TR3 Rev.25

Anmerkung: Es gibt außerdem noch Vorfehler- / Arbeitspunkt-Anforderungen zur Blindleistung.

Einbruchtiefe U/U_C in p.u.	Fehlerdauer	Fehlerart	Arbeitspunkt Wirkleistung	K-Faktor (für Typ 2)	Test-Nr.
≤ 0.05	Typ 1 und 2: ≥ 150 ms	3-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	0.1
			Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	0.2
		2-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	0.3
			Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	0.4
0.20 – 0.25	Typ 1: ≥ 150 ms Typ 2: ≥ 550 ms	3-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	25.1
			Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	25.2
	2-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	25.4	
		Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	25.5	
0.45 – 0.55	Typ 1: ≥ 150 ms Typ 2: ≥ 950 ms	3-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	50.1
			Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	50.2
	3-ph / 2-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = 0;$	50.5, 50.6	
		Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	50.3	
0.70 – 0.80	Typ 1: ≥ 700 ms Typ 2: ≥ 1400 ms	3-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	75.1
			Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2; K = b, b \geq 4$	75.2, 75.3, 75.4, 75.5
	2-phasig	Volllast ($P \geq 0,90 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	75.6	
		Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2; K = b, b \geq 4$	75.7, 75.8	
0.85 – 0.90	Typ 1 und 2: ≥ 60 s	3-phasig	Teillast ($0,10 P_n \leq P \leq 0,50 P_n$)	$K = a, a \geq 2$	85.1

Jeder Test muss zwei Mal in Folge erfolgreich durchgeführt werden!

Netzanschlussrichtlinien – Neue Anforderungen

- Neue Anforderungen aus aktualisierten Netzanschlussrichtlinien und Umsetzung in Prüfrichtlinien
 - Over-Voltage Ride Through, OVRT: Durchfahren von kurzzeitigen, schlagartig auftretenden Überspannungen
 - Immunität bei hohen Frequenzgradienten, RoCoF (z.Z. mittels Herstellererklärung)
 - spannungsabhängige Blindleistungsbereitstellung $Q(U)$
 - erhöhte Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz



6 MVA OVRT-Prüfeinrichtung, Fraunhofer IEE, SysTec-Labor
www.iee.fraunhofer.de/mess

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Ausgangssituation und Motivation

Massive Integration von Erneuerbaren Energien bzw. stromrichtergekoppelten Erzeugern / Verbrauchern

- Überarbeitung verschiedener Normen & Netzanschlussrichtlinien hinsichtlich erweiterter Systemanforderungen
 - VDE-AR-N 4105 (2018-10) und VDE-AR-N 4110 (2018-11)
 - EN 50549-1 und -2 (2019-02)
- Weiterentwicklung von verknüpften Prüfnormen
 - DIN VDE V 0124-100 (2012): Anpassungen notwendig bzgl. Überarbeitung VDE-AR-N 4105
 - FGW TR3 Rev25 (2018-09): Weitere Revisionen laufend / Überarbeitung 4110 / 4120
 - CLC EN/TS 50549-10 (neu): Prüfrichtlinie zu EN 50549-1 (Nieder-) u. -2 (Mittelspannung)

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Zielstellung (Forschungsfragen)

Wie können die neuen Anforderungen aus den Regelwerken durch Messungen nachgewiesen werden?

Welche validierten Prüfprozeduren lassen sich realistisch und kostengünstig (bevorzugt unter Nutzung bestehender Prüf-/Laborinfrastruktur) ableiten?

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

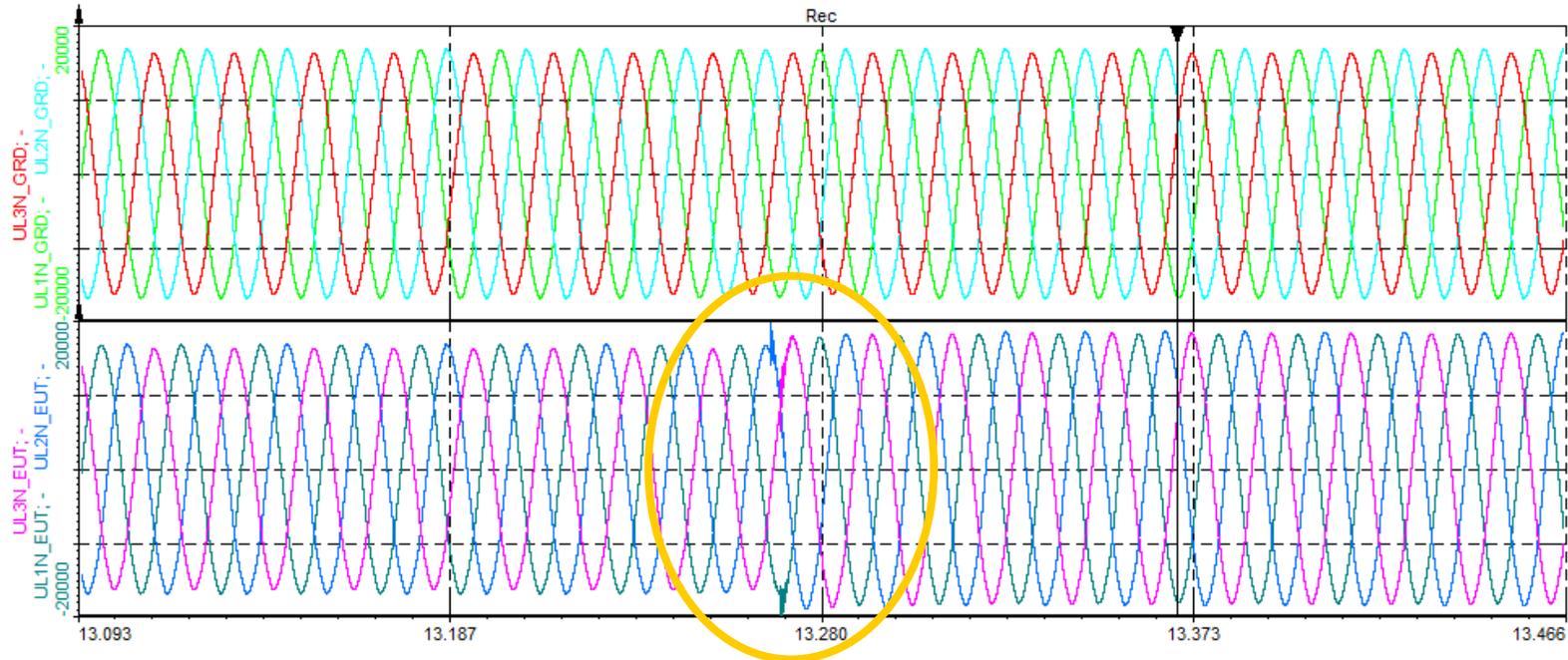
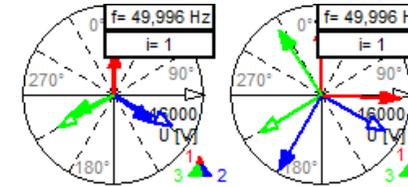
Lösungsweg

- Erarbeitung von Vorschlägen zu neuen bzw. überarbeiteten Prüfprozeduren in Zusammenarbeit mit den Normungsarbeitskreisen K261.0.1, FGW TR3, TC8X WG03
- Validierung der vorgeschlagenen Prüfprozeduren (auch im Hinblick auf verschiedenartige Prüfumgebungen)
 - theoretische Analyse der Prüfprozeduren bzgl. Infrastrukturen
 - praktische Untersuchung im Labor mit einer Schwerpunktsetzung auf FRT (UVRT und OVRT)
 - Bewertung der vorgeschlagenen Prüfprozeduren und Ermittlung von jeweiligen Vor-/Nachteilen im Hinblick auf verschiedene Infrastrukturen
- Einbringung der Ergebnisse der Validierungs-Untersuchungen in die Normungsgremien (Empfehlungen für aktuelle Prüfnormen)

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Erste Ergebnisse

UL1N_GRD; - [V] RMS	UL2N_GRD; - [V] RMS	UL3N_GRD; - [V] RMS	UL1N_EUT; - [V] RMS	UL2N_EUT; - [V] RMS	UL3N_EUT; - [V] RMS
11785	11804	11417	12750	12978	12789
Power_GRD/U_12; - [W]	Power_GRD/U_23; - [W]	Power_GRD/U_31; - [W]	Power_EUT/U_12; - [W]	Power_EUT/U_23; - [W]	Power_EUT/U_31; - [W]
20229	20185	20211	22267	22207	22235



Spannung (Netz)

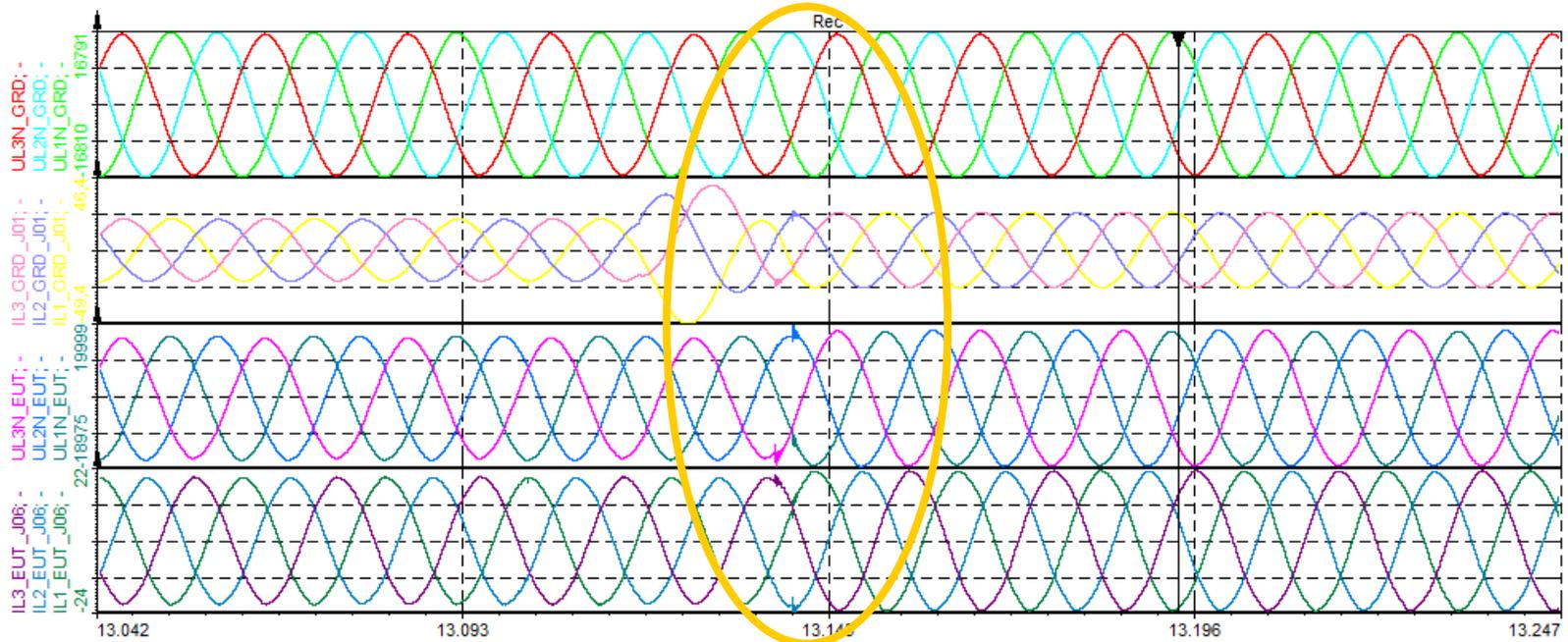
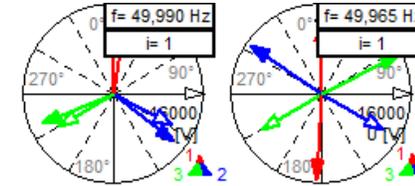
Spannung (Prüfling)

OVRT: Symmetrischer Spannungssprung auf 1,1 p.u. für 5 s (Leertest) → Fehlereintritt

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Erste Ergebnisse

UL1N_GRD; - [V] RMS	UL2N_GRD; - [V] RMS	UL3N_GRD; - [V] RMS	UL1N_EUT; - [V] RMS	UL2N_EUT; - [V] RMS	UL3N_EUT; - [V] RMS
11713	11709	11333	12604	12850	12727
IL1_GRD_J01; - [A] R	IL2_GRD_J01; - [A] R	IL3_GRD_J01; - [A] R	IL1_EUT_J06; - [A] R	IL2_EUT_J06; - [A] R	IL3_EUT_J06; - [A] R
173	172	172	155	154	155
Power_GRD/S; - [kVA]	Power_GRD/P; - [kW]	Power_GRD/Q; - [kVA]	Nicht zugewiesen AI	Nicht zugewiesen AC	Nicht zugewiesen AI
597	590	79	-	-	-



Spannung und Strom
(Netz)

Spannung und Strom
(Prüfling)

OVRT: Symmetrischer Spannungssprung auf 1,1 p.u. für 5 s (500 kW ohmsche Last)

Projekt „ZuPrüVal“ – Erneuerbare integriert

Ausblick

- Für Herbst 2020 ist ein Expertenworkshop geplant
 - Vorstellung des Projektzwischenstandes
 - Diskussion mit den Teilnehmern zu aktuellen Themen aus der Richtlinienarbeit
 - Einblicke in die Labor- und Prüfumgebung
- „Save-the-date“ und Einladung werden in Kürze versandt
 - bei Interesse bitte E-mail an nils.schaefer@iee.fraunhofer.de

Weitere Informationen siehe auch:

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

PROJEKT „ZUPRÜVAL“ – ERNEUERBARE INTEGRIERT

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