
**Nachweis der elektrischen Eigenschaften von
PV-Wechselrichtern gemäß den deutschen
Netzanschlussrichtlinien**

**24. Symposium Photovoltaische Solarenergie
5.März 2009,
Kloster Banz, Bad Staffelstein**

Dr. Gunter Arnold, ISET, Kassel

Dr. Thomas Degner, ISET, Kassel

Dipl.-Ing. Roland Bründlinger, arsenal research, Wien

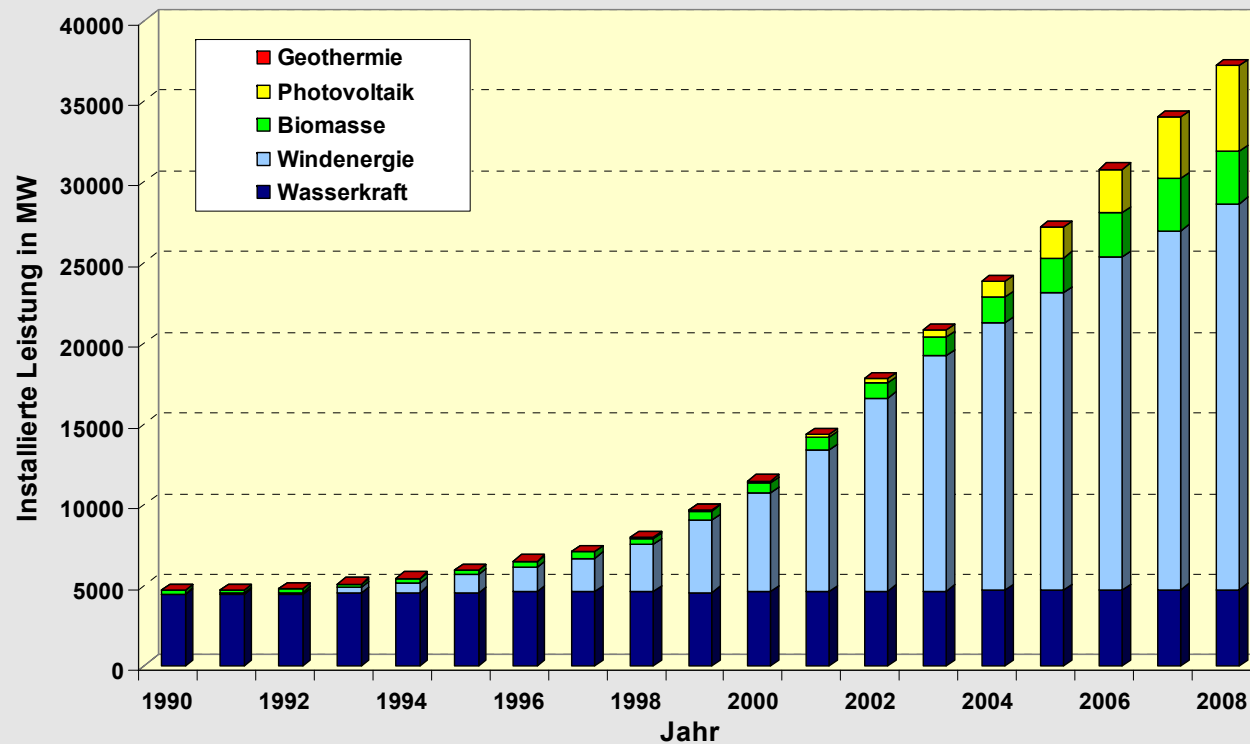
Übersicht

- **Einleitung / Motivation**
- **Anforderungen an PV-Anlagen gemäß der BDEW-MS Richtlinie**
- **Nachweis der Netzeigenschaften**
- **Erfahrungen mit Netzkompatibilitätstests an PV-Wechselrichtern**
- **Ausblick**

Einleitung / Motivation

- Ziel: Langfristige Aufrechterhaltung der Netzsicherheit /-stabilität
 - Bisher: Netzstützung durch EEG-Anlagen am HS-Netz
 - In Zukunft: Netzstützung auch durch EEG-Anlagen am Verteilnetz

Installierte Leistung erneuerbarer Energien von 1990 bis 2008



Eigene Darstellung; Zahlen: BMU, DEWI, BSW Solar

Einleitung / Motivation 2

- **Neue Regelungen im EEG 2009**
 - <http://www.eeg-aktuell.de/>
 - **Anschlussvoraussetzung: Erfüllung technischer Mindestanforderungen an die Netzintegration (§6)**
 - **Bezug auf Anschlussbedingungen**
 - **Nachweis der Anschlussbedingungen durch Zertifikate (§64)**
- **Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“**
 - **Techn. Anforderungen für Erzeugungsanlagen (stationär / transient)**
 - **Grundzüge des Nachweisverfahrens**
 - **Bezug zu TR der FGW für Nachweis der elektr. Eigenschaften**
- **Technische Richtlinien der FGW**

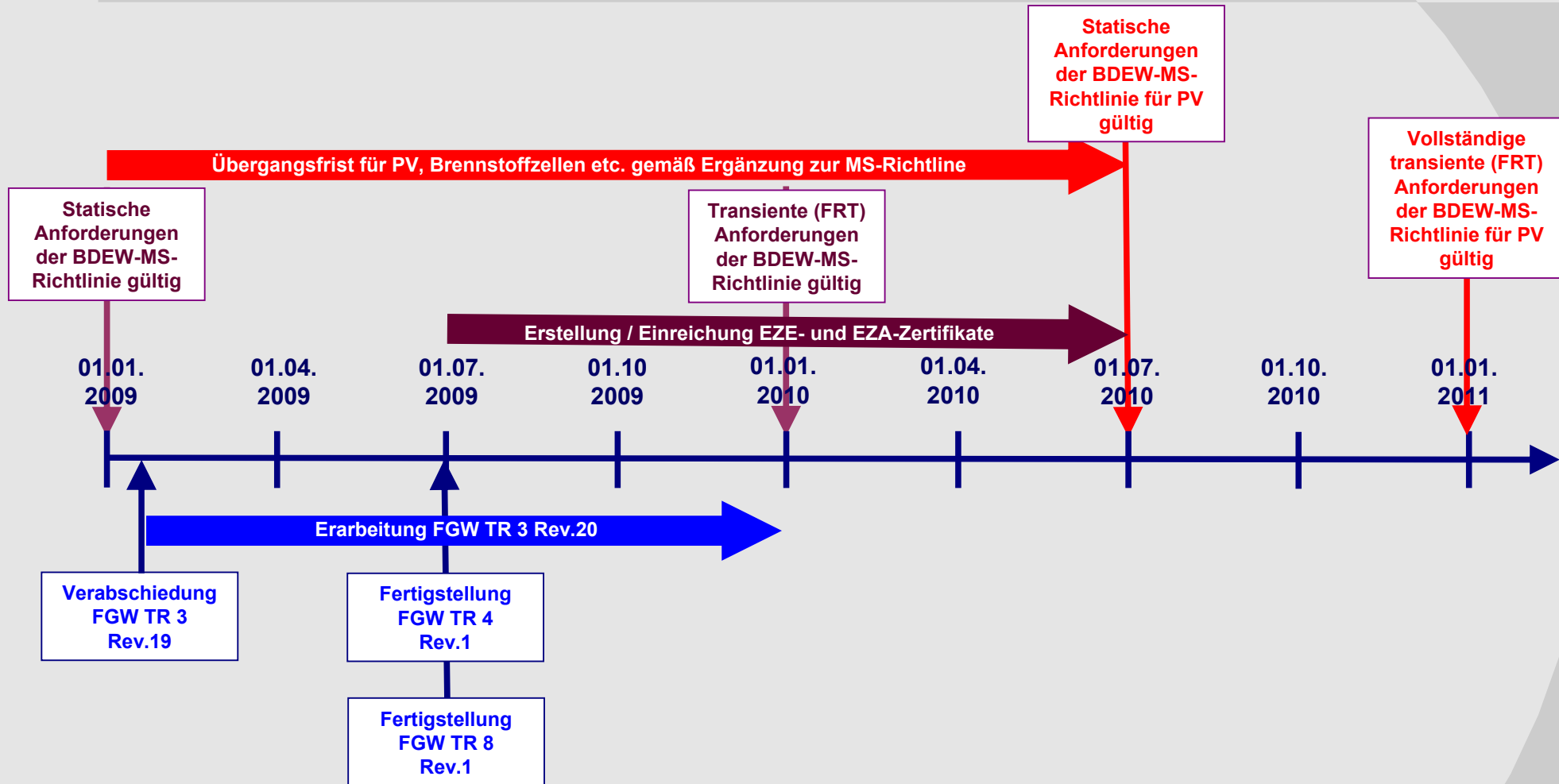
BDEW MS-Richtlinie: Anforderungen an Erzeugungsanlagen

Techn. Anforderungen entsprechend der Netzanschlussrichtlinie:

- **Netzurückwirkungen im Normalbetrieb**
- **Wirkleistungsbegrenzung (bei Überfrequenz)**
- **Blindleistungsbereitstellung (stat.)**
- **Zuschaltbedingungen im Normalbetrieb**
- **Funktion der Schutzeinrichtungen**
- **Low-Voltage-Ride-Through (ab 2010)**
- **Blindstromeinspeisung im Fehlerfall (ab 2010)**
- **Kurzschlussstrombeiträge (ab 2010)**



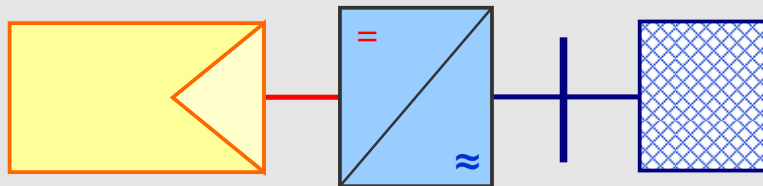
BDEW MS-Richtlinie: Zeitplan für Nachweis der Netzeigenschaften



Nachweis der El. Eigenschaften: Erzeugungseinheit ↔ Erzeugungsanlage

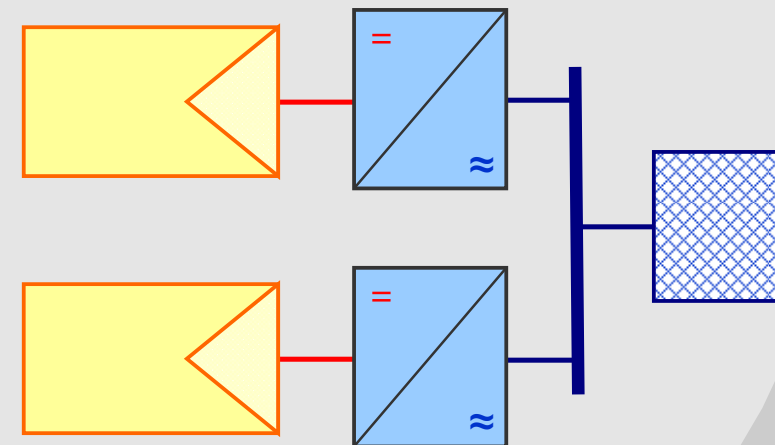
Erzeugungseinheit (EZE)

- Einzelne Einheit zur Erzeugung elektrischer Energie
- z.B. eine WEA
- Teil einer PV-Anlage, der über eine Wechselrichtereinheit in das Netz einspeist !
- $S_A \leq 1 \text{ MVA}$ (nur EZE-Zertifikat)
- $\ell_{\text{NAP}} \leq 2 \text{ km}$ (nur EZE-Zertifikat)

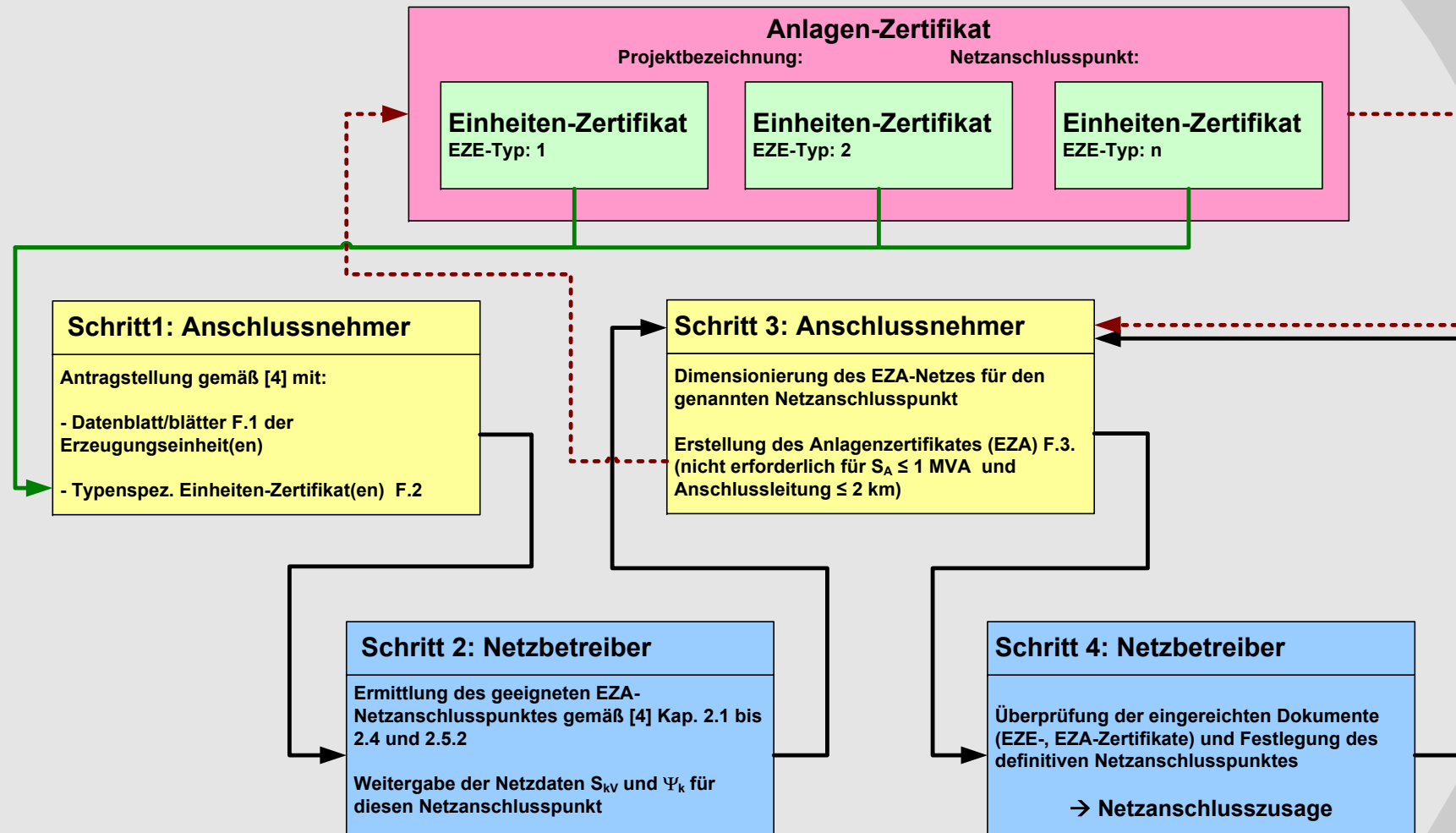


Erzeugungsanlage (EZA)

- Cluster mit einer oder mehreren Erzeugungseinheiten (EZE) **und**
- alle zum Netzbetrieb erforderlichen Einrichtungen (Parkverkabelung, Übergabestation + Zusatzeinr.)

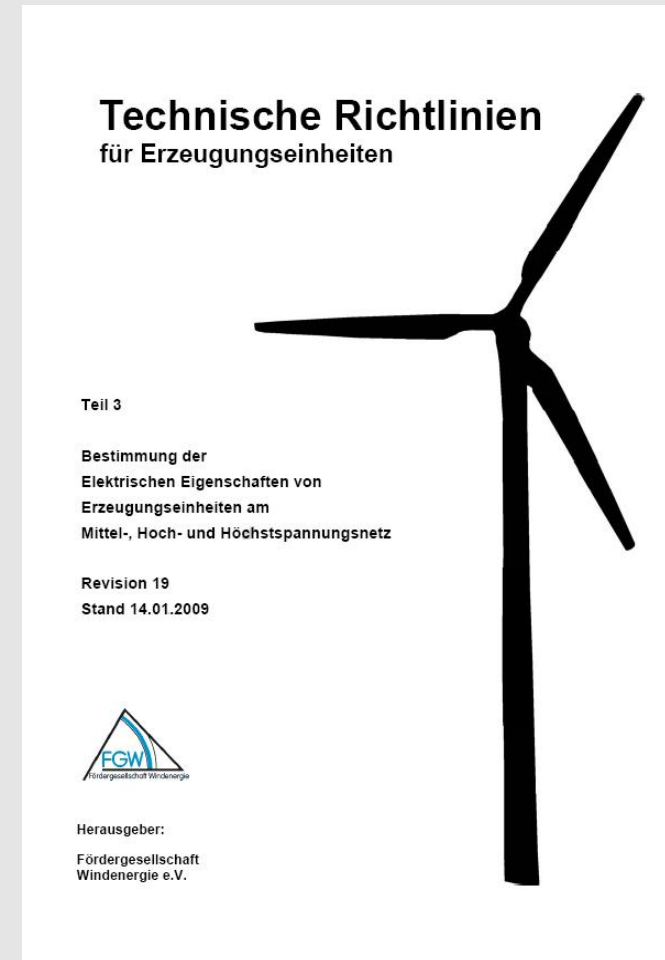


Nachweis der EI. Eigenschaften: Verfahrensablauf Netzanschlussvorhaben



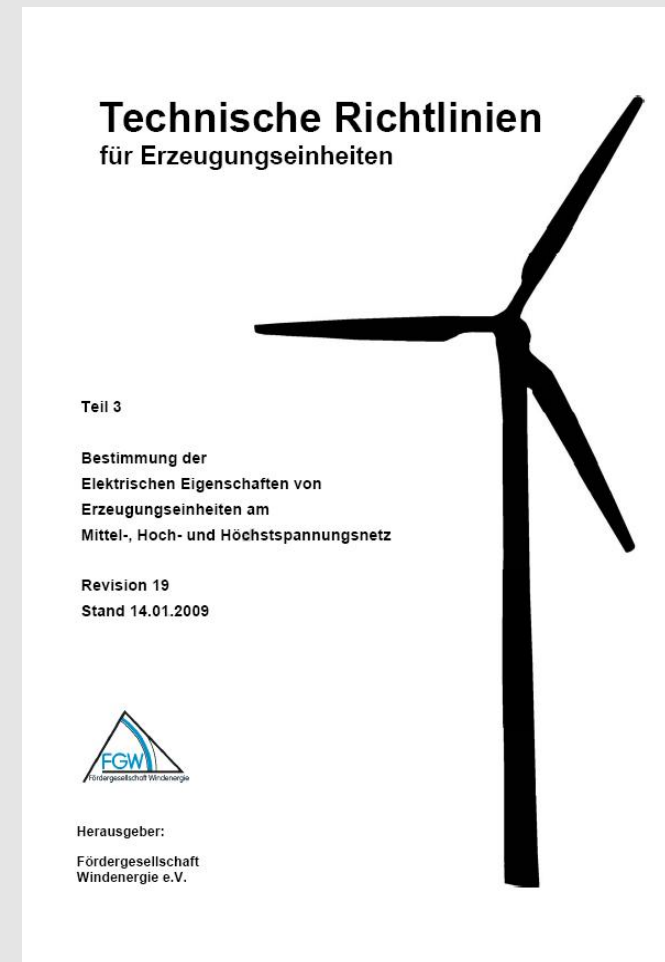
Nachweis der El. Eigenschaften: Technische Richtlinien der FGW

- **Seit 1992 Technische Richtlinien für WEA in FGW-Gremien erarbeitet**
- **Wegweisend für internat. Normung der WEA → IEC 61400, DIN VDE 0127**
- **Für den Nachweis der El. Eigenschaften relevant:**
 - Teil 3: Prüfung und Vermessung von EZE
 - Teil 4: Modellbildung und –validierung von EZE und EZA
 - Teil 8: Zertifizierung von EZE und EZA



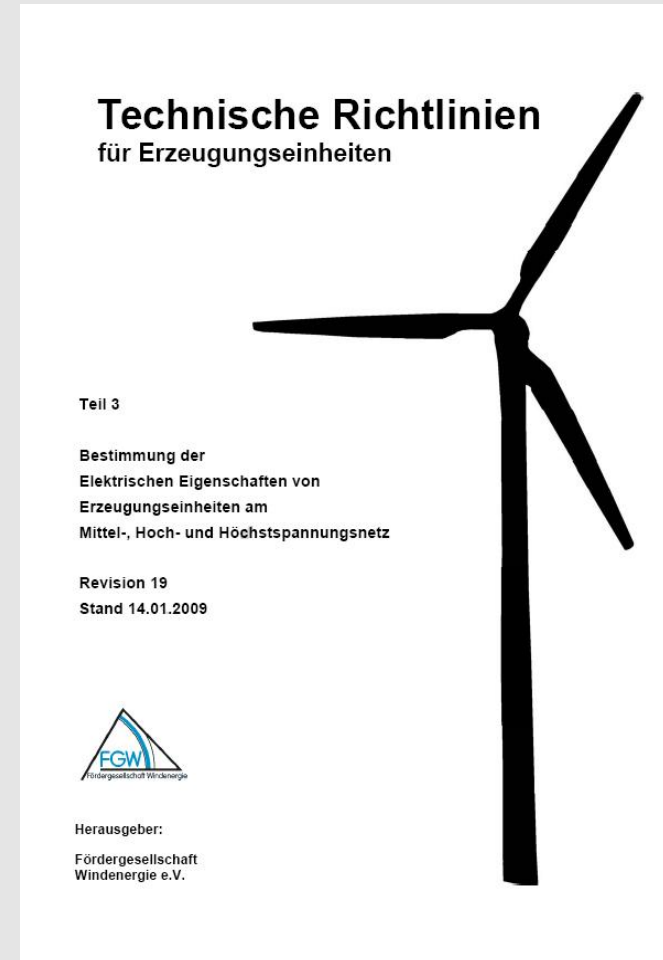
Nachweis der El. Eigenschaften: FGW TR3

- **FGW TR Teil 3** beschreibt Mess- und Prüfverfahren zum Nachweis der El. Eigenschaften von EZE gemäß der MS-Richtlinie (aktuell: Rev.19, 14.1.2009)
- **FGW-TR3** bislang nur für WEA gültig
→ Messungen gemäß IEC 61400-21
- **Neue Rev. 19** soll auch für die anderen Erzeugungsanlagen gelten (PV, Biomasse, Wasser etc.)
→ **PV spez. Prüfungen definieren !**
- **Neuer FGW AK PV (ISET-Leitung)** ist dafür zuständig!



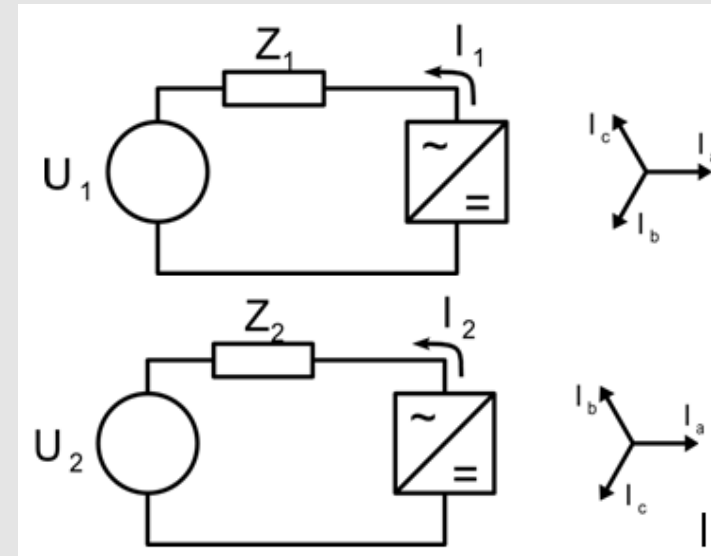
Nachweis der El. Eigenschaften: Ergebnisse des AK-PV für TR3

- **Modulunabhängige Prüfung:**
Die Vermessung / Prüfung einer PV-EZE (Wechselrichter) soll mit einer „geeigneten“ DC-Quelle erfolgen
- TR3 „Anhang E“ beschreibt die Anforderungen an die DC-Quelle
- Bei Prüfung mit DC-Quelle ergeben sich erhebliche Vereinfachungen
- Herstellerbescheinigung PV-EZE im Anhang A wurde überarbeitet
- Prüfungen der dynamischen Netzeigenschaften (Kap. 4.7.) verbessern
→ **Rev. 20**



Nachweis der EI. Eigenschaften: FGW TR4

- **Anlagen-Zertifikat basiert auf Simulationsrechnungen für Standort mit**
 - Netzdaten (S_{kV} , ψ_{kV})
 - validierten, typenspez. EZE-Modellen
- **FGW TR Teil 4 spezifiziert Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen für EZE und EZA**
 - Berechnungsmethoden (RMS-Modell, nur Mitsystem ?)
 - EZE-Daten aus Prüfberichten, Herstellererklärungen
 - EZA-Komponenten (Trafo, Kabel, Kompens./ FACTS)
 - Modell Prüfeinrichtung
 - Testplan für Validierung (Eingangspar, Berechn., Ergebnisse)
 - Vergleichsverfahren, Toleranzen und Fehlergrenzen
- **Zeitplan: 1. Rev. ab Q3/2009**



Nachweis der EI. Eigenschaften: FGW TR8

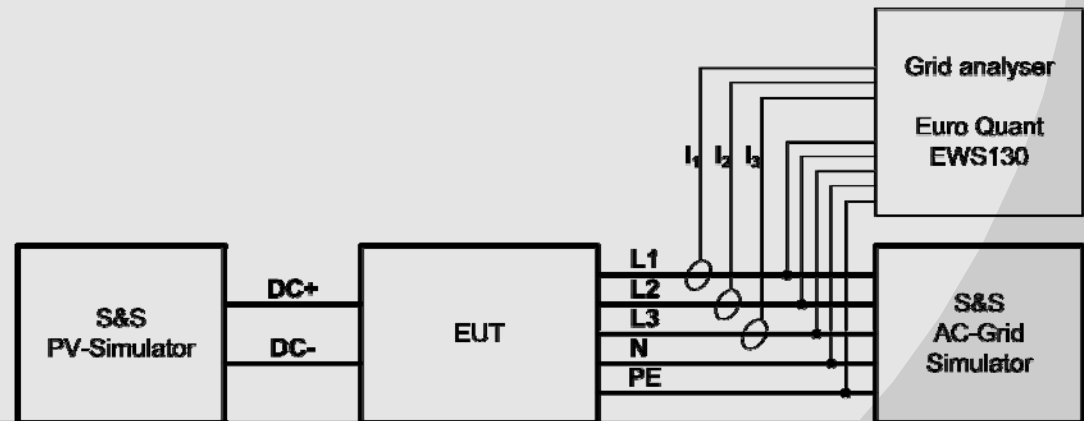
- Unabhängiger Zertifizierer beurteilt die Konformität der EZE bzw. EZA mit den Anforderungen der MS-Richtlinie auf Basis von:**
 - Herstellererklärungen,
 - Prüfberichten gemäß FGW TR3
 - validierten Modellen nach FGW TR4
 - Simulationsrechnungen der EZA
- FGW TR8 beinhaltet:**
 - Allg. Bestimmungen (Beantragung, Erteilung, Gültigkeit, Entzug etc.)
 - Bewertungsumfang und -kriterien für die Anforderungen der MS-Richtlinie
- Zeitplan: 1. Rev. in Q2/2009**

F.2 Einheiten-Zertifikat

LOGO Zertifizierungsstelle Akkreditiert nach EN 45011 – ISO / IEC Guide 65		LOGO
Einheiten-Zertifikat		Nr: 2009-n Untersignierte Kopie No. 1
Hersteller		
Typ Erzeugungseinheit		
Technische Daten	Nennleistung:	
	Bemessungsspannung:	
	Nennfrequenz:	
Netzanschlussregel	BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Ausgabe Juni 2008	
Mitgeltende Normen/Richtlinien	DIN EN 61400-21; FGW-Richtlinie TR 3	
Die oben bezeichnete Erzeugungseinheit erfüllt die Anforderungen der BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“, Ausgabe Juni 2008. Der Hersteller hat die Zertifizierung seines Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 nachgewiesen.		
Das Zertifikat beinhaltet folgende Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • technische Daten der Erzeugungseinheit, der eingesetzten Hilfseinrichtungen und der verwendeten Softwareversion; • den schematischen Aufbau der Erzeugungseinheit; • zusammen gefasste Angaben zu den Eigenschaften der Erzeugungseinheit. 		
Ort, Datum (TT.MM.JJJJ)		
Dieses Zertifikat darf nicht in Ausschnitten verwendet werden. LOGO Zertifizierungsstelle, Adresse, e-mail		

Praktischer Nachweis der Netzeigenschaften

- ISET hat ein Prüflabor für Messungen gemäß MS-Richtlinie und FGW-TR 3 aufgebaut (2008)
- Voraussetzung für Prüfungen: Akkreditierung des Prüflabors nach DIN EN ISO/IEC 17025
- Akkreditierte Messungen gemäß MS-Richtlinie und FGW-TR 3 bei ISET vorr. ab Q2/2009
- Prüfplatz in der DeMoTec (Beschränkung auf WR mit Nennleistung ≤ 90 kVA)



Ausblick

Kurzfristige Auswirkungen:

- **WR-Hersteller: Zusätzlicher Aufwand (finanziell & personell) für Anpassung / Weiterentwicklung der Wechselrichter**
- **Prüfinstitute: Erarbeitung neuer, PV-spezifischer Prüfverfahren**
Erhebliche Investitionen in neue Prüfumgebungen (MW-Klasse) erforderlich

Langfristige Effekte:

- **Bessere Markttransparenz bzgl. Netzeigenschaften**
- **Erheblicher Innovationsschub für PV-Wechselrichter (vergleichbar mit der Entwicklung der WEA vor ca. 5-7 Jahren)**
- **Stabiler Netzbetrieb mit deutlich höherem Leistungsanteil durch PV-Erzeugungsanlagen in Verteilnetzen möglich**