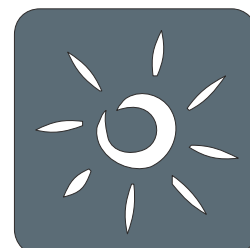
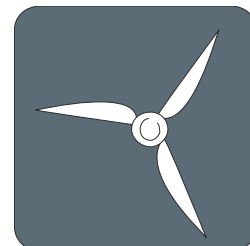


# Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten



## Teil 4

**Anforderungen  
an Modellierung und Validierung  
von Simulationsmodellen  
der elektrischen Eigenschaften  
von Erzeugungseinheiten und -anlagen**

**Revision 5  
22.03.2010**



**Herausgeber:  
FGW e.V.  
Fördergesellschaft Windenergie  
und andere Erneuerbare Energien**

**Anforderungen an Modellierung und Validierung  
von Simulationsmodellen  
der elektrischen Eigenschaften  
von Erzeugungseinheiten und -anlagen**

**Revision 5, Stand 22.03.2010**

**Herausgeber:**

FGW e.V.  
Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien  
Stresemannplatz 4, 24103 Kiel  
Fon +49 431 66877-64  
Fax +49 431 66877-65  
Email [info@wind-fgw.de](mailto:info@wind-fgw.de)  
Internet [www.wind-fgw.de](http://www.wind-fgw.de)

**Folgende Teile sind erhältlich**

Teil 1	Bestimmung der Schallemissionswerte
Teil 2	Bestimmung von Leistungskurven und standardisierten Energieerträgen
Teil 3	Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten am MS-, HS- und HöS-Netz
Teil 4	Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen
Teil 5	Bestimmung und Anwendung des Referenzertrages
Teil 6	Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen
Teil 7	Instandhaltung von Windparks
Teil 8	Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz

## **Vorwort**

Die Technischen Richtlinien des FGW dienen dem Ziel, Mess- und Prüfverfahren anzugeben, mit denen verlässliche und vergleichbare Daten über Erzeugungseinheiten (EZE) und Erzeugungsanlagen (EZA) nach dem neuesten Stand der Technik ermittelt werden können.

Die vorliegende Richtlinie beschreibt Anforderungen an die Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen von EZE und EZA zur Beschreibung der elektrischen Eigenschaften am Netz.

Die Beschreibung der Verfahren zur Validierung und Modellierung des elektrischen Verhaltens von EZE und EZA entsprechend dieser Technischen Richtlinie dient dem Nachweis, dass die Simulationsmodelle ausreichend genau das elektrische Verhalten der EZE und EZA hinsichtlich der in der FGW TR3 aufgeführten Messungen abbilden können.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINES</b>	<b>6</b>
1.1	ANWENDUNGSBEREICH .....	6
1.2	NORMATIVE VERWEISUNGEN.....	6
1.3	BEGRIFFE / DEFINITIONEN .....	6
1.4	SYMBOLE UND EINHEITEN .....	6
1.5	ABKÜRZUNGEN .....	6
<b>2</b>	<b>ZIELSETZUNG DER RICHTLINIE MODELLIERUNG/VALIDIERUNG</b>	<b>9</b>
2.1	MODELL DER EINHEIT FÜR DIE ZERTIFIZIERUNG .....	9
2.2	MODELL DER ANLAGE FÜR DIE ZERTIFIZIERUNG .....	10
2.3	METHODIK UND STANDARDISIERTES MODELL FÜR NETZBERECHNUNGEN .....	10
2.4	BERECHNUNGSMETHODEN / GÜLTIGKEIT DER MODELLE .....	10
<b>3</b>	<b>EZE: UMFANG DER MODELLIERUNG UND VALIDIERUNG</b>	<b>14</b>
3.1	WIRKLEISTUNGSABGABE .....	14
3.2	BLINDLEISTUNGSBEREITSTELLUNG .....	14
3.3	VERHALTEN BEI STÖRUNGEN IM NETZ .....	15
3.4	FEHLERERKENNUNG .....	15
3.5	GÜLTIGKEITSBEREICH DES MODELLS.....	15
<b>4</b>	<b>EZE: GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLBILDUNG</b>	<b>16</b>
4.1	ERFORDERLICHE INFORMATIONEN AUS PRÜFBERICHTEN UND HERSTELLERERKLÄRUNGEN.....	16
4.2	DARSTELLUNG PRIMÄRE ENERGIEWANDLUNG (WIND, SOLAR, BIOMASSE, WASSER, GEOTHERMIE).....	16
4.3	DARSTELLUNG SEKUNDÄRE ENERGIEWANDLUNG (WIND, SOLAR, BIOMASSE, WASSER, GEOTHERMIE) .....	17
4.4	ZUSATZKOMPONENTEN (TRANSFORMATOR, PASSIVE KOMPENSATION, FACTS...) .....	21
4.5	ANFORDERUNGEN FÜR STANDARDMODELLE (SIEHE ANHANG B) .....	22
<b>5</b>	<b>EZE: GRUNDLAGEN FÜR DIE VALIDIERUNG</b>	<b>23</b>
5.1	NACHWEIS DES DURCHFAHRENS VON SPANNUNGSEINBRÜCHEN: TESTSTANDORT .....	23
5.2	SPANNUNGSEINBRÜCHE: TEST UND MESSUNG .....	24
5.3	SPANNUNGSEINBRÜCHE: SIMULATION .....	27
5.4	SPANNUNGSEINBRÜCHE: DARSTELLUNG UND AUSWERTUNG .....	27
5.5	SPANNUNGSEINBRÜCHE: VERGLEICHsverfahren .....	28
5.6	TOLERANZEN UND FEHLERGRENZEN .....	30
5.7	NACHWEIS DER KRAFTWERKSEIGENSCHAFTEN: TESTSTANDORT .....	32

5.8	KRAFTWERKSEIGENSCHAFTEN: TEST UND MESSUNG .....	33
5.9	KRAFTWERKSEIGENSCHAFTEN: VERGLEICHsverfahren .....	34
5.10	ÜBERTRAGBARKEIT DER VALIDIERUNG VON EZE-MODELLEN .....	34
<b>6</b>	<b>EZA: GRUNDLAGEN FÜR DIE MODELLIERUNG</b>	<b>39</b>
6.1	KOMPONENTEN ZUR EZA-MODELLIERUNG.....	39
6.2	EZA-REGLER .....	40
6.3	ANFORDERUNGEN AN DIE VALIDIERUNG UND PLAUSIBILISIERUNG DES EZA- REGLERS .....	41
6.4	ANFORDERUNGEN AN DIE VALIDIERUNG FÜR EINEN VEREINFACHTEN NACHWEIS FÜR EZA MIT EZA-REGLER.....	41
6.5	SCHUTZEINRICHTUNGEN DER EZA .....	44
6.6	BEISPIELKONFIGURATIONEN VON EZA.....	44
<b>7</b>	<b>ERFORDERLICHE NACHWEISE DER EZA</b>	<b>45</b>
7.1	WIRKLEISTUNGSABGABE .....	45
7.2	BLINDLEISTUNGSBEREITSTELLUNG .....	45
7.3	VERHALTEN BEI STÖRUNGEN IM NETZ .....	47
7.4	PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG DER EZA .....	47
<b>8</b>	<b>ZITIERTER NORMEN, RICHTLINIEN UND LITERATUR</b>	<b>48</b>
<b>ANHANG A VALIDIERUNGSPLAN</b>		<b>50</b>
A.1	VALIDIERUNGSPLAN .....	50
A.2	ÜBERSICHTSPLAN VALIDIERUNG.....	51
<b>ANHANG B BEISPIELMODELLE UND ANFORDERUNGEN AN STANDARDMODELLE</b>		<b>52</b>
B.1	BEISPIELMODELLE .....	52
<b>B.1.2</b>	<b>SEKUNDÄRE ENERGIEWANDLUNG</b>	<b>54</b>
B.2	MODELL PRÜFCONTAINER.....	61
B.3	ERZEUGERMODELLE .....	62
<b>ANHANG C ANMERKUNGEN ZUR SIMULATION UND VALIDIERUNG</b>		<b>64</b>
C.1	STÖRUNGEN.....	64
C.2	ANGENOMMENE TOLERANZEN.....	64
C.3	KONSEQUENZEN FÜR DIE GENAUIGKEIT DER ÜBEREINSTIMMUNG VON MODELL UND MESSUNG.....	65
C.4	GENAUIGKEIT VON STROM-, SPANNUNGS- UND LEISTUNGSMESSUNG IN PV-EZES.....	65

# 1 Allgemeines

## 1.1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie beschreibt Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten (EZE) und –anlagen (EZA), die entsprechend der FGW TR 3 „Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“ vermessen wurden und nach der FGW TR8 „Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“, entsprechend der Netzanschlussregeln (z.B. /1/, /2/), zertifiziert werden sollen.

## 1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Richtlinie sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Richtlinie waren die angegebenen Ausgaben gültig:

IEC 61400-21 ed. 2	Wind turbine generator systems – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
--------------------	--

## 1.3 Begriffe / Definitionen

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten folgende Begriffe:

1. **Leistungskurve:** Der für jeden EZE-Typ ermittelte Zusammenhang zwischen Primärenergieangebot und Leistungsabgabe.
2. **Nennleistung<sup>1</sup>:** Eine im Allgemeinen von einem Hersteller für eine Komponente, eine Einrichtung oder ein Betriebsmittel für eine festgelegte Betriebsbedingung zugeordnete Leistungsgröße /3/.

## 1.4 Symbole und Einheiten

A	Rotorkreisfläche einer WEA	m <sup>2</sup>
C <sub>P</sub>	Leistungsbeiwert	
D	Rotordurchmesser	m
P	Leistung einer EZE	kW

## 1.5 Abkürzungen

ADC	Analog-nach-Digital Converter
ASM	Asynchronmaschine
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BHKW	Blockheizkraftwerk: EZE mit Verbrennungsmotor, bei dem neben der elektrischen auch die thermische Energie genutzt wird.

---

<sup>1</sup> Höchste elektrische Dauer-Leistungsabgabe, für die eine EZE unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen ausgelegt ist.

DASM	Doppelt Gespeiste Asynchronmaschine
DC	Direct Current: Gleichstrom
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EZA	Erzeugungsanlage: Eine oder mehrere EZE einschließlich aller zum Anschluss und Betrieb erforderlichen elektrischen Einrichtungen, entsprechend /1/
EZE	Erzeugungseinheit, einzelne Einheit zur Erzeugung von elektrischer Energie, entsprechend /1/
FACTs	Flexible Alternate Current Transmission system
FGH	Forschungsgemeinschaft für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V.
FGW	Fördergesellschaft Windenergie e.V.
FNN	Forum für Netzbetrieb/Netztechnik im VDE
GL	Germanischer Lloyd AG
HS-Netz	Hochspannungsnetz
HöS-Netz	Höchstspannungsnetz
IEC	International Electrotechnical Commission
IGBT	Insolated gate bipolar transistors
ISO	Internationale Organisation für Normung
MOSFET	Metal–oxide–semiconductor field-effect transistor
MPP	Maximum Power Point (Solarmodule werden normalerweise im Punkt der maximalen Leistungsabgabe betrieben).
MS-Netz	Mittelspannungsnetz
NAR	Netzanschlussregeln
NAP	Netzanschlusspunkt: Punkt an dem die Anlage an das Netz des Netzbetreibers angeschlossen ist
NVP	Netzverknüpfungspunkt: Punkt an dem die Anlage an das Netz des Netzbetreibers angeschlossen ist (Definition gemäß SDL-WindV)
PVA	Photovoltaikanlage: Die PVA besteht aus Modulen, die in Abhängigkeit von der solaren Einstrahlung DC-Spannung liefern, sowie den Balance of System (BoS)-Komponenten, zu denen auch der Wechselrichter zählt. Die Einspeisung erfolgt immer über einen Wechselrichter. Der Wechselrichter prägt die elektrischen Eigenschaften der PVA ein. Für die Vermessung ist der Wechselrichter maßgeblich
SVC	Static VAR Compensator
STATCOM	Static synchronous Compensator
TR	Technische Richtlinie
UW	Umspannwerk
VDN	Verband der Netzbetreiber

WEA      Windenergieanlage  
ZVEI      Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.