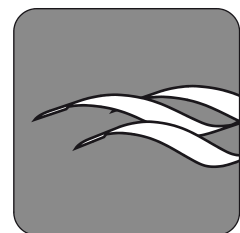
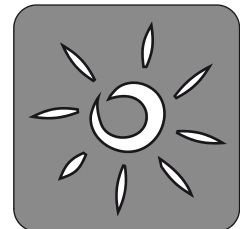
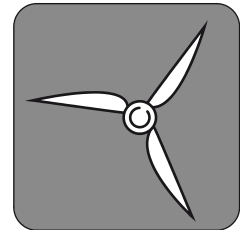


Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen

TEIL 3 (TR3)

Bestimmung der elektrischen Eigenschaften
von Erzeugungseinheiten und -anlagen am
Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz

Revision 24
Stand 01.03.2016



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

Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz

Stand 01.03.2016

Herausgeber

FGW e.V.
Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien

Oranienburger Straße 45
10117 Berlin

Tel. +49 (0)30 30101505-0

Fax +49 (0) 30 30101505-1

E-Mail info@wind-fgw.de

Internet www.wind-fgw.de

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliothek; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrecht zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für beide Geschlechter.

Folgende Teile der Technischen Richtlinien der FGW sind erhältlich:

Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte

Teil 2: Bestimmung von Leistungskurven und standardisierten Energieerträgen

Teil 3: Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel- Hoch- und Höchstspannungsnetz

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: Betrieb und Instandhaltung von Kraftwerken für erneuerbare Energien

Rubrik A: Allgemeiner Teil

Rubrik B3: Fachspezifische Anwendungserläuterung zur Überwachung und Überprüfung von Gründungs- und Tragstrukturen (GuT) bei Windenergieanlagen

Rubrik D2: Zustands-Ereignis-Ursachen-Schlüssel für Erzeugungseinheiten (ZEUS)

Rubrik D3: Globales Service Protokoll (GSP)

Rubrik D3 – Anhang A: XML-Schemadokumentation

Teil 8: Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel- Hoch- und Höchstspannungsnetz

Teil 9: Bestimmung der Hochfrequenten Emission von regenerativen Energieerzeugungseinheiten

Vorwort

Die Erarbeitung der Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen (seit 1998 auch FGW-Richtlinien genannt) begann 1992 mit dem Ziel, Messverfahren anzugeben, mit denen verlässliche und vergleichbare Daten über Windenergieanlagen (WEA) nach dem neuesten Stand der Technik ermittelt werden können. Die Messungen aus den drei Bereichen - Leistungskurve, Schallemission und Elektrische Eigenschaften - sollten als Grundlage zur Beurteilung von WEA, z. B. in Genehmigungsfragen, bei der Beurteilung von Netzanschlussmöglichkeiten oder für verlässliche Ertragsberechnungen dienen.

Inzwischen haben die einzelnen Technischen Richtlinien sowie die von unabhängigen Messinstituten erstellten Prüfberichte in ihren Bereichen Geltung erlangt. Leistungskurven sind Grundlage von Kaufverträgen und Finanzierungszusagen, vermessene Schallemissionswerte finden sowohl in Kaufverträgen als auch im Zuge der Genehmigung Anwendung. Die Vermessung der elektrischen Eigenschaften entsprechend dieser Technischen Richtlinie wird von den Übertragungsnetzbetreibern für Berechnungen zum Anschluss an deren Netze gefordert.

Erstellung der Richtlinien

Die inhaltliche Gestaltung der Technischen Richtlinien obliegt den entsprechenden Fachausschüssen und Arbeitskreisen. An der Erstellung dieser Richtlinien in den Arbeitskreisen waren beteiligt: Unabhängige Messinstitute, Immissionsschutzbehörden der Bundesrepublik Deutschland, Hersteller von Energieerzeugungseinheiten (EZE) und deren Komponenten, Netzbetreiber, Institute und Hochschulen, Ingenieurbüros, Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW e.V.).

Durchführung und Anerkennung der Messungen

Die Messungen nach den Technischen Richtlinien können von allen qualifizierten Messinstitutionen durchgeführt werden. Über die Messung ist ein Prüfbericht unter Berücksichtigung der in dieser Richtlinie angegebenen Anforderungen zu erstellen. Auf Grundlage des Prüfberichts können die Ergebnisse auf den in dieser Richtlinie angegebenen Vorgaben in einem Auszug aus dem Prüfbericht (FGW-Stamtblatt) zusammengefasst werden.

Es ist jedoch neben den in diesen Technischen Richtlinien beschriebenen Vorgaben zu beachten, dass die Stelle, die diese Messungen anerkennen soll, weitere Anforderungen an die Messinstitution stellen kann. So fordern Zertifizierer von EZE-Messungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Messinstitute.

FGW-Konformität

Unabhängige Messinstitute können die Qualität ihrer Arbeit durch das Führen eines Konformitätssiegels hervorheben. Zu diesem Zweck wird das Siegel unter den Prüfbericht (bzw. Auszug aus dem Prüfbericht) gesetzt. Die Berechtigung zum Führen des Konformitätssiegels kann von unabhängigen Messinstituten beim Nachweis entsprechender Qualitätsmerkmale beantragt werden. Diese sind auf der Internet-Seite der FGW veröffentlicht.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Verwendete Abkürzungen	viii
Symbole und Einheiten	ix
Begriffe und Definitionen	xi
1 Einleitung	1
2 Anwendungsbereich	2
3 Anforderungen	3
3.1 Allgemein	3
3.2 Messaufbau	3
3.3 Messtechnik	4
3.4 Messbedingungen	7
3.5 Darstellung im Prüfbericht	8
3.5.1 Allgemeine Angaben	8
3.5.2 Angaben zur EZE	8
3.5.3 Bezugsgrößen	9
3.5.4 Angaben zum Mess- und Testsystem	9
3.5.5 Prüfbedingungen	10
3.5.6 Messunsicherheiten	11
3.5.7 Auszug aus dem Prüfbericht	11
4 Durchführung und Auswertung der Messungen an EZE	12
4.1 Wirkleistungsabgabe	12
4.1.1 Wirkleistungsspitzen	12
4.1.1.1 Ziele	12
4.1.1.2 Prüfverfahren	12
4.1.1.3 Auswertungen	12
4.1.1.4 Darstellungen im Prüfbericht	13
4.1.2 Leistungsbegrenzter Betrieb durch den Netzbetreiber	14
4.1.2.1 Ziel	14
4.1.2.2 Prüfverfahren	14
4.1.2.3 Auswertung	16
4.1.2.4 Darstellungen im Prüfbericht	16
4.1.3 Leistungsbegrenzung bei Netzfrequenzerhöhung	19
4.1.3.1 Ziele	19
4.1.3.2 Prüfverfahren	19
4.1.3.3 Durchführung der Prüfung	20
4.1.3.4 Auswertungen	23

4.1.3.5	Darstellungen im Prüfbericht.....	24
4.1.4	Wirkleistungsgradient nach Spannungslosigkeit.....	28
4.1.4.1	Ziele.....	28
4.1.4.2	Prüfverfahren.....	28
4.1.4.3	Auswertungen.....	29
4.1.4.4	Darstellungen im Prüfbericht.....	30
4.1.5	Wiederzuschaltzeit nach Spannungslosigkeit.....	31
4.1.5.1	Ziele.....	31
4.1.5.2	Prüfverfahren.....	31
4.1.5.3	Auswertungen.....	32
4.1.5.4	Darstellungen im Prüfbericht.....	33
4.2	Blindleistungsbereitstellung.....	33
4.2.1	Blindleistungsverhalten im Normalbetrieb ($Q = 0$ kvar).....	33
4.2.1.1	Ziel.....	33
4.2.1.2	Prüfverfahren.....	33
4.2.1.3	Auswerteverfahren.....	34
4.2.1.4	Darstellung.....	34
4.2.2	Vermessung des maximalen Blindleistungsstellbereichs (PQ-Diagramm).....	35
4.2.2.1	Ziel.....	35
4.2.2.2	Prüfverfahren.....	36
4.2.2.3	Auswerteverfahren.....	36
4.2.2.4	Darstellung.....	37
4.2.3	Vermessung einzelner Arbeitspunkte des spannungsabhängigen PQ-Diagramms.....	38
4.2.3.1	Ziel.....	38
4.2.3.2	Prüfverfahren.....	38
4.2.3.3	Auswerteverfahren.....	40
4.2.3.4	Darstellung.....	40
4.2.4	Blindleistung nach Sollwertvorgabe.....	41
4.2.4.1	Ziel.....	41
4.2.4.2	Prüfverfahren.....	41
4.2.4.3	Auswerteverfahren.....	44
4.2.4.4	Darstellung.....	44
4.2.5	Q(U) Regelung (Spannungsregelung).....	46
4.2.5.1	Ziel.....	46
4.2.5.2	Prüfverfahren.....	46
4.2.5.3	Auswerteverfahren.....	47
4.2.5.4	Darstellung.....	47
4.2.6	Cos $\varphi(P)$ Regelung.....	48
4.2.6.1	Ziel.....	48

4.2.6.2	Prüfverfahren	48
4.2.6.3	Auswerteverfahren.....	49
4.2.6.4	Darstellung	49
4.3	Netzurückwirkungen.....	50
4.3.1	Allgemeine Verfahren	50
4.3.1.1	Allgemeines Prüfverfahren.....	50
4.3.1.2	Allgemeines Auswerteverfahren	52
4.3.2	Schalhandlungen.....	54
4.3.2.1	Ziel	54
4.3.2.2	Prüfverfahren	54
4.3.2.3	Auswerteverfahren.....	55
4.3.2.4	Darstellung	56
4.3.3	Flicker.....	60
4.3.3.1	Ziel	60
4.3.3.2	Prüfverfahren	60
4.3.3.3	Auswerteverfahren.....	60
4.3.3.4	Darstellung	61
4.3.4	Oberschwingungen.....	65
4.3.4.1	Ziel	65
4.3.4.2	Prüfverfahren	65
4.3.4.3	Auswerteverfahren.....	66
4.3.4.4	Darstellung	67
4.3.5	Unsymmetrien.....	71
4.3.5.1	Ziel	71
4.3.5.2	Prüfverfahren	71
4.3.5.3	Auswerteverfahren.....	71
4.3.5.4	Darstellung	72
4.4	Trennung der EZE vom Netz.....	73
4.4.1	Ziel.....	73
4.4.2	Prüfverfahren.....	73
4.4.3	Auswerteverfahren	78
4.4.4	Darstellung.....	78
4.5	Nachweis der Zuschaltbedingungen	82
4.5.1	Ziel.....	82
4.5.2	Prüfverfahren.....	82
4.5.3	Auswerteverfahren	83
4.5.4	Darstellung.....	83
4.6	Verhalten bei Störungen im Netz	84
4.6.1	EZE vom Typ 1.....	84
4.6.1.1	Ziel	84

4.6.1.2	Prüfverfahren	84
4.6.1.3	Auswerteverfahren.....	88
4.6.1.4	Darstellung	89
4.6.1.5	Standardisierte Herstellertests.....	92
4.6.2	EZE vom Typ 2	99
4.6.2.1	Ziel	99
4.6.2.2	Prüfverfahren	99
4.6.2.3	Auswerteverfahren.....	103
4.6.2.4	Darstellung	108
4.6.3	Dynamisches Verhalten bei Fault Ride Through (FRT) im Fall von Überspannung	113
4.6.3.1	Ziel	113
4.6.3.2	Prüfverfahren	113
4.6.3.3	Auswerteverfahren.....	115
4.6.3.4	Darstellung	115
5	Durchführung und Auswertung der Messungen an EZA	117
5.1	Oberschwingungsmessungen an der EZA	117
6	Durchführung und Auswertung der Messungen an Komponenten	119
6.1	EZA-Regler	119
6.1.1	Allgemeine Festlegungen	119
6.1.2	Messaufbau	119
6.1.3	Ermittlung der Einstellgenauigkeit	121
6.1.4	Ermittlung der Einschwingzeit.....	124
6.1.5	Verhalten bei technischen Störungen	125
6.1.6	Reglerüberbrückung (slave-mode).....	126
	Literaturverzeichnis	127
	Inhaltsverzeichnis Anhänge	129
Anhang A	Herstellerbescheinigung für EZE	137
Anhang B	Auszug aus dem Prüfbericht	144
Anhang C	Bestimmung der OS-Netzvorbelastung (informativ)	154
Anhang D	Messung der charakteristischen Oberschwingungsgrößen eines Synchrongenerators	178
Anhang E	DC-Quelle zur modulunabhängigen Prüfung von Photovoltaik-Einheiten	180
Anhang F	Anforderungen an eine Prüfeinrichtung	181
Anhang G	Anforderungen an eine Prüfeinrichtung zum Testen von WEA auf Systemprüfständen.....	188
Anhang H	Definition der Vorzeichen im Verbraucher- und Erzeugerzählpeilsystem	192
Anhang I	Berechnung von Spannungen, Ströme, Wirkleistung, Blindleistung.....	193
Anhang J	Standardisierte Datenübermittlung von FRT-Tests.....	196

Anhang K	Anforderungen an das Prüfprotokoll für die EZA und EZE „Informativ“	199
Anhang L	Alternativverfahren für EZE mit direkt gekoppeltem Synchrongenerator	221

Verwendete Abkürzungen

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BHKW	Blockheizkraftwerk: EZE mit Verbrennungsmotor, bei dem neben der elektrischen auch die thermische Energie genutzt wird
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EMC	Electromagnetic compatibility
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EZA	Erzeugungsanlage
EZE	Erzeugungseinheit, einzelne Einheit zur Erzeugung von elektrischer Energie, entsprechend [1]
FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System
FGW	FGW e.V. Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien
FNN	Forum für Netzbetrieb/Netztechnik im VDE
FRT	Fault-Ride-Through
HS-Netz	Hochspannungsnetz
HöS-Netz	Höchstspannungsnetz
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	Internationale Organisation für Normung
LVRT	Low-Voltage-Ride-Through bzw. Durchfahren des Spannungseinbruchs
MPP	Maximum Power Point (Solarmodule werden normalerweise im Punkt der maximalen Leistungsabgabe betrieben.)
MS-Netz	Mittelspannungsnetz
NAP	Netzanschlusspunkt
NAR	Netzanschlussregeln
NB	Netzbetreiber
OS	Oberschwingung
OVRT	Over-Voltage-Ride-Through bzw. Durchfahren der Überspannung
PV	Photovoltaikanlage
TR	Technische Richtlinie
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
UW	Umspannwerk
VDN	Verband der Netzbetreiber
VKM	Verbrennungskraftmaschine
WEA	Windenergieanlage
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.