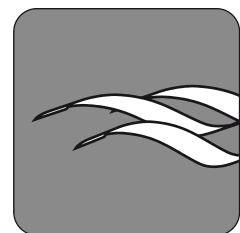
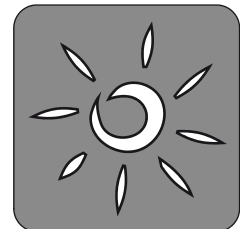
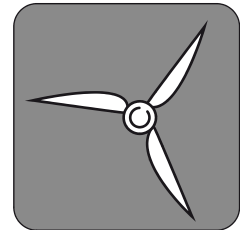


Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen

TEIL 8 (TR 8)

**Zertifizierung der elektrischen
Eigenschaften**
von Erzeugungseinheiten und
-anlagen am Nieder-, Mittel-, Hoch-
und Höchstspannungsnetz

Revision 08
Stand 01.12.2016



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

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

Stand 01.12.2016

Herausgeber

FGW e.V.
Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale 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 Nieder-, 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 wachsende 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.

Mit der Veröffentlichung der BDEW Richtlinie „Erzeugung am Mittelspannungsnetz“ (kurz: BDEW-MSR) [1] im Juni 2008 wurden die Anforderungen an Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittelspannungsnetz konkretisiert. Dabei richtet sich die BDEW-MSR an jegliche Form von Erzeugungseinheiten, also neben Windenergieanlagen z. B. auch an Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftwerke. Der Nachweis zu den Erzeugungseinheiten und -anlagen ist in Form von Einheiten- bzw. Anlagenzertifikaten zu erbringen.

Mit der BDEW-MSR, dem Erneuerbaren Energie Gesetz [2] und der Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen (kurz: SDLWindV) [3] wurde ein eigener Rahmen aus Anforderungen für die elektrischen Eigenschaften von WEA mit Anschluss an das Mittelspannungsnetz errichtet, der in den Jahren nach 2009 immer wieder durch Ergänzungen, Revisionen und Änderungsverordnungen verändert wurde. Für die entsprechenden Anforderungen mit Blick auf die Hoch- und Höchstspannungsebene verweist die SDLWindV auf den TransmissionCode 2007 (kurz: TC 2007) [4] und gibt dazu eine Reihe von Spezifikationen an. Diese Anforderungen durch das EEG gelten grundsätzlich für Neuanlagen. Am 01.01.2015 trat die VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4120 (kurz: TAB-HS) [5] in Kraft, deren Anforderungen bei in Betrieb gehenden neuen Einspeisern bis zum 01.01.2017 erfüllt werden können und ab dann erfüllt werden müssen. Gemäß TAB-HS soll sie in ihrem Geltungsbereich den TC 2007 sowie den VDN-Leitfaden Erzeugungsanlagen am Hoch und Höchstspannungsnetz von 2004 [6] in den Kapiteln 3 und 5 für Netzanschlüsse der Hochspannungsebene außer Kraft setzen.

Die vorliegende Richtlinie stellt einen in gemeinsamer Arbeit zwischen Herstellern, Anlagen- und Netzbetreibern, Prüfinstituten und Zertifizierungsstellen, E-Planern und Errichtern abgestimmten Rahmen für die entsprechenden Zertifizierungsverfahren und -vorgaben bereit.

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, Immissionschutzbehörden der Bundesrepublik Deutschland, Hersteller und Zertifizierungsstellen von Erzeugungseinheiten und deren Komponenten, Netzbetreiber, Institute und Hochschulen, Ingenieurbüros und FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien (FGW e.V.).

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Abkürzungen	vi
Symbole und Einheiten	viii
Begriffe und Definitionen	xi
1 Einleitung	1
1.1 Anwendungsbereich und Anwendungsbeginn	1
1.2 Neuanlagen	1
2 Zertifizierungsverfahren	4
2.1 Einheitenzertifikate.....	4
2.1.1 Anwendungsbereich	4
2.1.2 Beantragung und Einleitung des Zertifizierungsverfahrens.....	4
2.1.3 Verfahrensgrundsätze der Konformitätsbewertung.....	6
2.1.4 Bewertung der Prüfberichte.....	7
2.1.5 Modellvalidierung	9
2.1.5.1 Allgemeines	9
2.1.5.2 Validierung der Modelle	9
2.1.5.3 Überprüfung der Modelle auf Plausibilität.....	10
2.1.6 Berichtserstattung und Empfehlung.....	10
2.1.7 Entscheidung über die Zertifizierung.....	10
2.1.8 Ausstellen von Zertifikaten	10
2.1.9 Veröffentlichung der Zertifikatsinformationen	12
2.1.10 Gültigkeit	12
2.1.11 Änderungen und Modifikationen	13
2.1.12 Überwachung.....	13
2.1.13 Verlängerung eines Zertifikates.....	13
2.2 Komponentenzertifikate	14
2.2.1 Anwendungsbereich	14
2.2.1.1 EZA-Regler	15
2.2.2 Beantragung und Einleitung des Zertifizierungsverfahrens.....	17
2.2.3 Verfahrensgrundsätze der Konformitätsbewertung.....	18
2.2.4 Verfahren zur Bewertung der Prüfberichte.....	19
2.2.5 Verifikation oder Modellvalidierung von Komponenten	20
2.2.6 Berichtserstattung und Empfehlung.....	20
2.2.7 Entscheidung über die Zertifizierung.....	20
2.2.8 Ausstellen von Zertifikaten	21
2.2.9 Veröffentlichung der Zertifikatseckdaten	25
2.2.10 Gültigkeit	26
2.2.11 Änderungen und Modifikationen	26

2.2.12 Überwachung.....	26
2.2.13 Verlängerung eines Komponentenzertifikates	27
2.3 Anlagenzertifikate	27
2.3.1 Anwendungsbereich	28
2.3.2 Spezifische Verfahrensanweisungen	29
2.3.2.1 Allgemeines	29
2.3.2.2 Prototypen	30
2.3.2.3 EZE-Transformator	30
2.3.3 Beurteilung der Konformität	31
2.3.4 Anzuwendende Verfahren und Rechenprogramme	31
2.3.5 Entscheidung über die Zertifizierung.....	34
2.3.6 Ausstellen des Zertifikates	34
2.3.7 Geltungsdauer eines Zertifikates.....	35
2.3.8 Änderungen und Modifikationen	35
2.3.9 Überwachung.....	36
3 Bewertungsumfang und –spezifikation	37
3.1 Einheitenzertifikate.....	37
3.1.1 Allgemeine Festlegungen	37
3.1.2 Wirkleistungsabgabe.....	38
3.1.2.1 Wirkleistung	38
3.1.2.2 Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	38
3.1.2.3 Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	39
3.1.2.4 Wirkleistungsreduzierung bei Unterfrequenz.....	41
3.1.3 Primärregelung.....	41
3.1.4 Zuschaltbedingungen	41
3.1.4.1 Grenzwerte für die Wiedereinschaltung	41
3.1.4.2 Verhalten bei Wiedereinschaltung/Wirkleistungsgradient	41
3.1.5 Blindleistungsbereitstellung	42
3.1.5.1 Nachweis der Blindleistungswerte.....	42
3.1.5.2 Q-Übergangsfunktion	43
3.1.6 Netzzrückwirkungen	44
3.1.7 Verhalten bei Störungen im Netz	44
3.1.7.1 Low-Voltage-Ride-Through (LVRT) bei EZE vom Typ 1 (Definition Typ 1 gemäß TC 2007)	44
3.1.7.2 Low-Voltage-Ride-Through (LVRT) bei EZE vom Typ 2 (Definition Typ 2 gemäß TC 2007)	45
3.1.7.3 Blindstromverlauf und Ermittlung der Proportionalitätskonstante k für EZE vom Typ 2 (Definition Typ 2 gemäß TC 2007).....	46
3.1.7.4 Dynamische Netzstützung/Fault-Ride-Through von Typ 1-EZE gemäß TAB-HS (Typ 1 Definition gemäß Kapitel 3.1.12.1)	48

3.1.7.5	Dynamische Netzstützung/Fault-Ride-Through von Typ 2-EZE gemäß TAB-HS (Typ 2 Definition gemäß Kapitel 3.1.12.2)	48
3.1.7.6	Blindstromverlauf und Ermittlung der Proportionalitätskonstante k für Typ 2 EZE gemäß TAB-HS	49
3.1.7.7	Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge Typ 1 (Definition Typ 1 gemäß TC 2007)	50
3.1.7.8	Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge Typ 2 (Definition Typ 2 gemäß TC 2007)	50
3.1.7.9	Leistungssteigerung nach Fehlerklärung	50
3.1.8	Abfangen auf Eigenbedarf.....	51
3.1.9	Schutzeinrichtungen	51
3.1.9.1	Allgemeines	51
3.1.9.2	Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz.....	52
3.1.9.3	Frequenzsteigerungs- und Frequenzrückgangsschutz	52
3.1.9.4	Polschlupfschutz für Typ 1 EZE.....	52
3.1.10	Quasistationärer Betrieb.....	53
3.1.11	Polrad- und Netzpendelungen.....	53
3.2	Bewertungsumfang Komponentenzertifikate.....	53
3.2.1	Bewertung EZA-Regler	53
3.2.1.1	Verhalten bei Sollwertvorgaben für Wirk- und Blindleistungsregelung	54
3.2.1.2	Verhalten bei Störungen	56
3.2.1.3	Slave-Mode (Reglerüberbrückung).....	57
3.3	Anlagenzertifikate	57
3.3.1	Überprüfung der Betriebsmittel	57
3.3.2	Einspeisewirkleistung	58
3.3.2.1	Dauerhafte Begrenzung der maximalen Wirkleistung.....	58
3.3.3	Netzurückwirkungen	58
3.3.3.1	Tonfrequenz-Rundsteuerung	59
3.3.4	Verhalten am Netz.....	59
3.3.4.1	Dynamische Netzstützung	59
3.3.4.2	Kurzschlussstrombeitrag	75
3.3.5	Eigenschaften zur Wirkleistungsabgabe	75
3.3.6	Blindleistungsfahrweise im Normalbetrieb des Netzes	75
3.3.7	Blindleistungswerte.....	75
3.3.7.1	Blindleistungsübergangsfunktion	80
3.3.8	Nachweis der Zuschaltbedingungen	81
3.3.9	Entkuppelungsschutzeinrichtung	81
4	Besondere Bestimmungen für die Zertifizierung von EZA mit einem Anlagenzertifikat	84
4.1	Qualitätsanforderungen an Experten der Zertifizierungsstelle.....	84

4.2	EZA-Nachweisprozess zur IB-Phase	84
4.3	EZA-Inbetriebsetzungserklärung	86
4.4	EZA-Konformitätserklärung für Mittelspannungsanschlüsse	88
4.5	EZA-Konformitätserklärung für Hochspannungsanschlüsse	88
Inhaltsverzeichnis Anhänge		91
Anhang A	Vorlage der EZA-Konformitätserklärung.....	97
Anhang B	Ergänzung zum Zertifizierungsverfahren für Speicher in Verbindung mit PVA im NS-Netz (informativ)	101
Anhang C	Vordrucke Abfragebogen Neuanlagen	108
Anhang D	Beispiel des Einheiten-, Komponenten- und Anlagenzertifikates bei Neuanlagen	120
Anhang E	Workflow Anlagenzertifikate	129
Anhang F	Beispiel für statische Blindleistungsberechnung an einer EZA	130
Anhang G	EZA-Regler.....	141
Anhang H	Übertragung von Prüfberichten bei VKM des Typs 1 (Definition gemäß TC 2007)	157
Anhang I	Weitere Informationen zur dynamischen Netzstützung	165
Anhang J	Anforderungen an das Schutzkonzept einer EZA	174
Anhang K	Niederspannungszertifizierung (informativ).....	178
Anhang L	Anlagen- und Einheitenzertifikate im Zertifizierungsverfahren für netzgekoppelte Stromerzeugungsanlagen mit Synchrongenerator (ZV-Typ 1)	188
Anhang M	Unsymmetrische Fehlerfälle mit Erdberührung (2pE, 1pE) (informativ)	259

Verwendete Abkürzungen

AC	Wechselstrom bzw. Wechselspannung AC (Alternating Current)
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BDEW-MSR	BDEW Mittelspannungsrichtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ [1]
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMS	Batteriemanagementsystem
CISPR	Comité International Spécial Des Perturbations Radioélectriques
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz [2]
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EZA	Erzeugungsanlagen (gemäß BDEW-MSR)
EZE	Erzeugungseinheiten: einzelne Einheiten zur Erzeugung von elektrischer Energie (gemäß BDEW-MSR)
FACTS	Flexible AC Transmission System
FGW	FGW e.V. - Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien
FNN	Forum für Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
FRT	Fault-Ride-Through
GenSet	Kombination von Generator und Antriebsmotor, verwendet bei VKM
HS-Netz	Hochspannungsnetz
HSS-Netz	Höchstspannungsnetz
IB	Inbetriebnahme
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	Internationale Organisation für Normung
LVRT	Low-Voltage-Ride-Through bzw. Durchfahren des Spannungseinbruchs
MS	Mittelspannung
MS-Netz	Mittelspannungsnetz
NAP	Netzanschlusspunkt
NAR	Netzanschlussregeln
NB	Netzbetreiber
NS	Niederspannung
NVP	Netzverknüpfungspunkt
OS	Oberschwingung
PVA	Photovoltaikanlage

SDLWindV	Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen [3]
SMT	Standardized Manufacturer Tests
SS	Sammelschiene
STATCOM	Static Synchronous Compensator
SVC	Static Var Compensator
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TAB-HS	Technische Anschlussregeln für die Hochspannung (VDE-AR-N 4120) [5]
TC 2007	TransmissionCode von 2007 [4]
THC	Total Harmonic Current Distortion
TR	Technische Richtlinie
TR 3	Technische Richtlinie 3 der FGW [7]
TR 4	Technische Richtlinie 4 der FGW [8]
UW	Umspannwerk
VDE FNN	Verband der Elektrotechnik Forum Netztechnik/ Netzbetrieb
VDN	Verband der Netzbetreiber
VKM	Verbrennungskraftmaschinen
VP	Verknüpfungspunkt
WEA	Windenergieanlage
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Symbole und Einheiten

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Tangens des Impedanzwinkels der Fehlerimpedanz	
$\cos \varphi$	Cosinus des Phasenwinkels zwischen den Grundschnitten einer Leiter-Sternpunkt-Spannung und eines Stromes	
F	Frequenz	Hz
f_R	Rückfallverhältnis einer Unterspannung	
k	Proportionalitätskonstante	
$k_{i_{max}}$	Schaltstromfaktor: Verhältnis zwischen dem Strom I_{max} und dem Strom I_n	
k_u	Voltage Step Factor	
I_1, I_2, I_3	Ströme der ersten, zweiten, dritten Phase	A
$i_b(t)$	Zeitlicher Verlauf des Blindstroms	A
$I_{B,Soll}$	Sollblindstrom	A
I_{max}	Maximalstrom	A
I_k	Effektivwert des Wechselstromanteils eines zu erwartenden Kurzschlussstroms	A
$\underline{I}_{L1}, \underline{I}_{L2}, \underline{I}_{L3}$	Strom in einem der drei Leiter	A
I_n	Nennstrom	A
I_m	Strom im Mitsystem	A
p, q	Hilfsgrößen zur Berechnung des Widerstands der Fehlerimpedanz	Ω
P	Wirkleistung	W
$P_{Mittelungszeitraum}$	Maximale Wirkleistungen bezogen auf die Nennleistung	1
$P_{Mittelungszeitraum}$	Höchste gemessene Wirkleistungswerte der EZE	W
P_{AV}	Zwischen Netzbetreiber und Anlagenbetreiber vereinbarte Wirkleistung	W
$P_{b\ inst}$	In Betrieb befindliche installierte Wirkleistung	W
P_{max}	Maximale Wirkleistungsabgabe	W
P_n	Summe der Nennwirkleistungen aller EZE in der EZA	W
Q	Feste Blindleistung	var
R_a	Realteil der Netzimpedanz	Ω
R_F	Realteil der Fehlerimpedanz	Ω
S_{Gesamt}	Gesamt anschließbare oder geplante Scheinleistung am NVP	VA
S_k	Kurzschlusscheinleistung des Netzes (an einem vorgegebenen Punkt)	VA

S_{kv}	Kurzschlusscheinleistung des Netzes am Verknüpfungspunkt	VA
S_n	Nennscheinleistung	VA
T	Zeit	s
t_A	Ansprechzeit einer Überspannung	s
T_{an}	Zeit zwischen dem sprunghaften Eintritt einer Regelabweichung und dem erstmaligen Erreichen des Toleranzbandes	s
$T_{ein\Delta x}$	Zeit zwischen dem sprunghaften Auftreten einer Regelabweichung und dem Verbleiben im Toleranzband	s
t_R	Rückfallzeit einer Überspannung	s
THC	Total Harmonic Current Distortion	1
U	Spannung	V
U_1, U_2, U_3	Spannungen der ersten, zweiten und dritten Phase	V
U_c	Vereinbarte Versorgungsspannung	V
u_f	Restspannung im Fehlerfall	p.u.
u_k	Relative Kurzschlussspannung eines Transformators	1
$\underline{U}_{LE,}$	Leiter-Erde-Spannung	V
$\underline{U}_{L1E}, \underline{U}_{L2E}, \underline{U}_{L3E}$		
$\underline{U}_{LL}, \underline{U}_{L1-L2},$	Leiter-Leiter-Spannung	V
$\underline{U}_{L1-L3}, \underline{U}_{L2-L3}$		
U_n	Vom Hersteller angegebene Nennspannung der EZE	V
U_{Netz}, U_{Lx}	Spannung des Netzes	V
U_m	Spannung im Mitsystem	V
U_{soll}	Spannungswert (Sollwert), auf den die Spannungsregelung unter Last stufbarer Transformatoren regelt	V
v	Ordnungszahl einer Oberschwingung	1
V	Windgeschwindigkeit gemessen in Nabenhöhe	m/s
v_N	Kleinste Windgeschwindigkeit, bei der laut Herstellerangabe die Nennleistung der EZE erreicht wird	m/s
X_a	Imaginärteil der Netzimpedanz	Ω
X_F	Imaginärteil der Fehlerimpedanz	Ω
$\underline{Z}_a, \underline{Z}_b$	Komplexe Ersatzimpedanz des Netzes	Ω
\underline{Z}_F	Komplexe Fehlerimpedanz	Ω
\underline{Z}_N	Netzimpedanz am NVP	Ω
\underline{Z}_T	Kurzschlussimpedanz im Mitsystem des vorgelagerten Transformators	Ω
$\Delta\alpha$	Phasensprung	$^\circ$
ΔI_b	Blindstromänderung	A

Δt_{\min}	Zeitlicher Abstand zwischen zwei Schaltvorgängen	s
φ	Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung	°
λ	Verhältnis des Betrages der Wirkleistung P zur Scheinleistung S	1
ψ_F	Impedanzwinkel der Fehlerimpedanz	°
ψ_k, Ψ_{kv}	Angenommener Phasenwinkel der Kurzschlussimpedanz an einem vorgegebenen Punkt	°