

**DIN EN IEC 61400-40
(VDE 0127-40)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 27.180

Einsprüche bis 2019-05-01

Entwurf

**Windenergieanlagen –
Teil 40: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Anforderungen und Prüfverfahren
(IEC 88/671/CD:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Wind energy generation systems –
Part 40: Electromagnetic Compatibility (EMC) –
Requirements and test methods
(IEC 88/671/CD:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-03-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 56 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 88/671/CD:2018 „Wind energy generation systems – Part 40: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Requirements and test methods“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 88 „Wind energy generation systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 383 „Windenergieanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Inhalt

Seite

Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Symbole und Einheiten	6
5 Abkürzungen	6
6 Kennzeichnung und Dokumentation	6
7 Prüfaufbau für Typprüfungen	7
8 Betriebsbedingungen während der Prüfung	7
9 Anforderungen an die Störaussendung	7
9.1 Leitungsgeführte Störaussendungen	8
9.2 Abgestrahlte Störaussendungen	8
9.3 Oberschwingungen, Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnung und Hochfrequenzanteile	16
9.4 Flicker	17
10 Anforderungen an die Störfestigkeit	17
10.1 Elektrostatische Entladung	17
10.2 Störfestigkeit gegenüber abgestrahlten Störaussendungen	17
10.3 Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen	17
10.4 Stoßspannungsprüfungen	17
10.5 Leitungsgeführte Störgrößen	18
10.6 Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen	18
10.7 Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen	18
11 Prüfergebnisse und Prüfbericht	18
Anhang A (normativ) Bauartmodelle	19
Anhang B (normativ) Typzulassung	20
Anhang C (informativ) Leitungsgeführte Störaussendungen	21
Anhang D (informativ) Risikobewertung	22
Anhang E (normativ) WEA-Hauptstromrichter	25
Anhang F (informativ) Abweichungen von CISPR-Normen	26
Bilder	
Bild 1 – Ablaufdiagramm für Messungen der elektromagnetischen Beeinflussung	9
Bild 2 – Beispiel für einen Messaufbau für die Messung der magnetischen Feldstärke	12
Bild 3 – Beispiel für einen Messaufbau für die Messung der elektrischen Feldstärke	13
Bild 4 – Beispiel für einen Prüfaufbau für die EMV-Messung an einer WEA; Darstellung der Messpunkte bezogen auf die WEA-Nabe	13
Bild 5 – Beispiel für einen Prüfaufbau mit einem Transformator oder einer Antenne in Sichtweite	14
Bild 6 – Überblick über WEA-Betriebsarten	15
Tabellen	
Tabelle X: Zusätzliche Schwundreserve nach CISPR TR 16-4-3, Anhang C, Ausgabe 2.1	20

Einleitung

Der Zweck dieses Teils von IEC 61400 ist die Festlegung der Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und der Prüfverfahren für alle Einrichtungen, die zum Anwendungsbereich gehören.

Dieses Dokument gilt ausschließlich für Windenergieanlagen. Windparks werden zu einem späteren Zeitpunkt behandelt.

Windenergieanlagen – Teil 40: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Anforderungen und Prüfverfahren

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61400 gilt für alle Typen von Elektroenergie erzeugenden Windenergieanlagen (WEA).

Diese Norm legt die Anforderungen und Prüfverfahren für den Nachweis der elektromagnetischen Störaussendungen und der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Beeinflussungen von Elektroenergie erzeugenden WEA fest.

Die Anforderungen und Prüfverfahren werden nach dem Verhalten und nach der Anlage des jeweiligen Typs des Energieerzeugungssystems und aller seiner Teilsysteme festgelegt.

Die vorliegende Norm gilt für Elektroenergie erzeugende WEA für eine Errichtung an Offshore-Standorten und auf dem Festland.

Die Übereinstimmung mit dieser Norm kann nachgewiesen werden für:

- eine Typzulassung, indem die in den Anhängen A und B angegebenen Anforderungen für die WEA erfüllt werden; oder
- für eine einzelne WEA, die mit allen Abschnitten im Hauptteil der Norm übereinstimmt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006+AMD1:2007+AMD2:2010CSV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:2012RLV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014+AMD1:2017CSV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:2009 RLV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11:2004+AMD1:2017CSV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-13:2002+AMD1:2009+AMD2:2015CSV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*

E DIN EN IEC 61400-40 (VDE 0127-40):2019-04

IEC61000-4-34:2005+AMD1:2009CSV, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-34: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with mains current more than 16 A per phase*

CISPR TR 16-2-3:2016, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods– Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

IEC 61400-1:2005, *Wind turbines – Part 1: Design requirements*

IEC 61400-2:2013, *Wind turbines – Part 2: Small wind turbines*

CISPR TR 16-2-5: 2008, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-5: In situ measurements for disturbing emissions produced by physically large equipment*

IEC/CISPR 16-4-2:2011+Amd:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainty*

IEC 61400-21:2008, *Wind turbines – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*

ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in IEC 61400-1, IEC 61400-2 und CISPR 11 angegebenen Begriffe.

Konstruktionsunterlagen: Dokumentation über das zu prüfende Produkt in Bezug auf EMV-Aspekte.

4 Symbole und Einheiten

Siehe IEC 61400-1, IEC 61400-2, CISPR 11 und die anderen zitierten Normen.

5 Abkürzungen

Siehe IEC 61400-1, IEC 61400-2, CISPR 11 und die anderen zitierten Normen.

6 Kennzeichnung und Dokumentation

Dies sind die Mindestangaben, die der Hersteller zu machen hat:

Spezifikation des WEA-Typs

Maschinenparameter:

Modell

WEA-Hersteller und Land

WEA-Klasse nach IEC	
Bemessungsleistung	[kW]
Bemessungswindgeschwindigkeit V_r	[m/s]
Rotordurchmesser	[m]
Nabenhöhe(n)	[m]
Betriebswindgeschwindigkeitsbereich in Nabenhöhe $V_{in} - V_{out}$	[m/s]
Auslegungslebensdauer	[y]

Windbedingungen:

Charakteristische Turbulenzintensität I_{15} bei $V_{hub} = 15$ m/s	[-]
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe V_{ave}	[m/s]
Referenzwindgeschwindigkeit V_{ref}	[m/s]
Mittlere Schräganströmung	[Grad]
Extreme Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren V_{e50}	[m/s]

Elektrische Netzbedingungen:

Normale Versorgungsspannung und normaler Versorgungsspannungsbereich	[V]
Normale Versorgungsfrequenz und normaler Versorgungsfrequenzbereich	[Hz]
Spannungsunsymmetrie	[V]
Längste Dauer der Nichtverfügbarkeit des elektrischen Versorgungsnetzes	[Tage]
Anzahl von Nichtverfügbarkeiten des elektrischen Versorgungsnetzes	[1/y]

Weitere Umgebungsbedingungen (wenn berücksichtigt):

Auslegungsbedingungen von Offshore-WEA (Wassertiefe, Wellenbedingungen usw.)	
Normaler und extremer Temperaturbereich	[°C]
Relative Luftfeuchte	[%]
Luftdichte	[kg/m ³]
Sonnenstrahlung	[W/m ²]
Beschreibung der Blitzschutzanlage	
Erdbebenmodell und Parameter	
Salzmassenkonzentration	[g/m ³]

Hauptkomponenten:

Rotorblatttyp	[-]
Getriebetyp	[-]
Generatortyp	[-]
Turmtyp	[-]
Hauptstromrichter	

7 Prüfaufbau für Typprüfungen

Der für diese Norm spezifische Prüfaufbau ist in den entsprechenden Abschnitten enthalten.

8 Betriebsbedingungen während der Prüfung

Die für diese Norm spezifischen Betriebsbedingungen sind in den entsprechenden Abschnitten enthalten.

9 Anforderungen an die Störaussendung

Sämtliche Teilsysteme müssen die Anforderungen an die Störaussendung der Produktnorm oder der einschlägigen Fachgrundnorm erfüllen. Als Mindestanforderungen gelten jedoch die Störaussendungspegel für die gesamte WEA.

9.1 Leitungsgeführte Störaussendungen

Anforderungen an leitungsgeführte Störaussendungen gelten für WEA im Anwendungsbereich von IEC 61400-1 nicht.

Für WEA im Anwendungsbereich von IEC 61400-2 ist IEC 61400-2, Anhang H, anwendbar.

Netzwerk-Kommunikationsanschlüsse:

Elektrische Kommunikationsanschlüsse müssen CISPR 32 entsprechen.

Netzanschlüsse:

Für die Übereinstimmung der WEA müssen alle internen elektronischen Bauteile hinsichtlich der Störaussendungen ihren spezifischen EMV-Normen entsprechen.

9.2 Abgestrahlte Störaussendungen

Durch ständige Windrichtungsänderungen und andere nicht kontrollierbare äußere Einflüsse ändern sich die Störaussendungen von WEA während der Messungen sehr stark. Signale aus der Umgebung müssen von Störaussendungen der WEA unterschieden werden.

Bild 1 gibt einen Überblick über eine empfohlene Prüffolge.

Erläuterung von Bild 1:

Die Messungen müssen unter den folgenden Bedingungen durchgeführt werden.

- Allgemeine Anforderungen sind in 9.1 angegeben.
- Anordnung und Ausrichtung der Antennen sind in 9.2.6 enthalten.
- Die Betriebsarten der WEA sind in 9.2.7 beschrieben.
- Die Einstellungen von Funkstörmessempfängern (EMI-Receiver) sind in 9.2.6 enthalten.
- Um die Störaussendung der WEA von den vorherrschenden Störaussendungen der Umgebung zu unterscheiden, müssen alle Messungen an einem Messpunkt direkt nacheinander durchgeführt werden. Die Ermittlung der Störaussendungen der Umgebung muss nach CISPR 16-2-3, Anhang A 4.3 bis A5, erfolgen.
- Diskontinuierliche Störgrößen, die sehr selten auftreten, müssen vernachlässigt werden. Alle Messungen können so oft wie notwendig wiederholt werden.

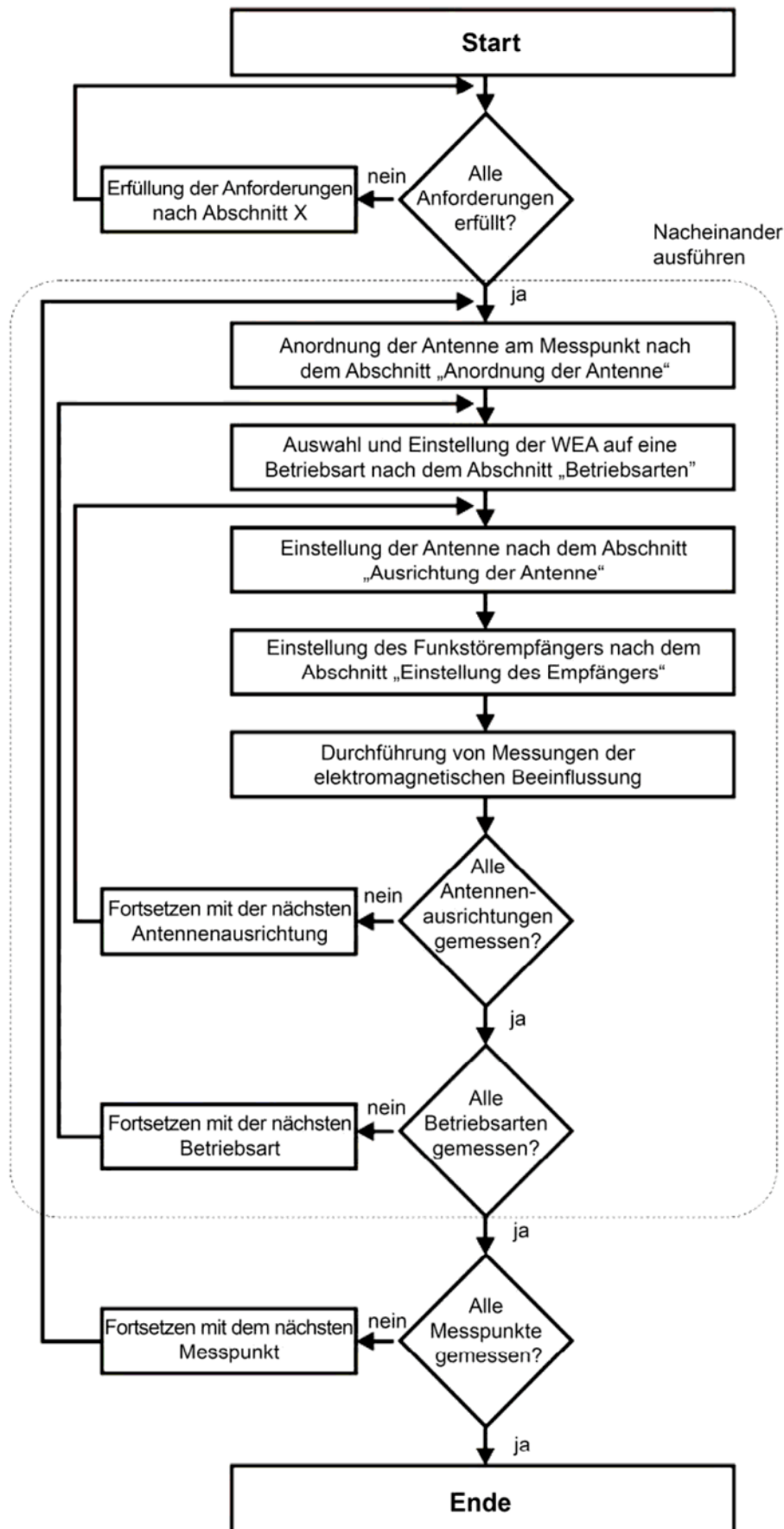


Bild 1 – Ablaufdiagramm für Messungen der elektromagnetischen Beeinflussung

9.2.1 Messsystem

Für die Prüfung ist eine Kalibrierung der Antenne in einem Abstand von 10 m zulässig.

Das Messsystem muss im trockenen Zustand betrieben werden. Falls sich an der Antenne oder am Funkstörmessempfänger Tropfen bilden, muss die Messung unterbrochen und bei trockenem Wetter fortgesetzt werden.

9.2.1.1^{N1} Hilfsmesseinrichtungen

Hilfsmesseinrichtungen müssen nicht kalibriert werden, da die Messwerte nur informativ sind und die Anforderungen der vorliegenden Norm nicht einhalten müssen.

ANMERKUNG Ein Liste solcher Einrichtungen ohne den Anspruch von Vollständigkeit umfasst: Entfernungsmesser, Kompass, Messwertaufnehmer von WEA-Daten und Messwertaufnehmer für meteorologische Daten.

Diese Messwertaufnehmer sollten in einem Abstand von höchstens 30 m von den ausgewählten Messpunkten angebracht werden. Mindestens alle 10 min muss eine Reihe von meteorologischen Daten aufgenommen werden.

9.2.2 Datenaufzeichnung

Alle Daten müssen nachweislich synchronisiert oder zeitbezogen aufgezeichnet werden.

Alle WEA-Betriebsdaten, die für Wiederholungsmessungen erforderlich sind, müssen aufgezeichnet werden. Im Prüfbericht müssen mindestens die Wirkleistungswerte dokumentiert werden.

Alle anderen geforderten WEA-Betriebsdaten müssen mindestens als 10 min-Mittelwerte mit einem Zeitstempel aufgezeichnet werden. Die Bestimmung der Mittelwerte kann anhand der verfügbaren WEA-Daten dokumentiert werden.

Alle gemessenen Werte der elektromagnetischen Beeinflussung müssen nach den Festlegungen in 9.2 aufgezeichnet werden.

9.2.3 Anforderungen an die WEA

Die Wirkleistungserzeugung der WEA muss während der Messung verringert werden können, damit die Betriebsarten eingestellt werden können.

9.2.4 Anforderungen an den Messstandort

Der Standort sollte innerhalb eines Radius von 30 m möglichst eben, frei zugänglich und frei von Hindernissen sein. Das Fundament muss zur WAE und nicht zur Messumgebung gehören. Das heißt:

- für Einzelprüfungen sind Höhenunterschiede im Gelände des Messstandortes zulässig;
- für Typprüfungen sind Höhenunterschiede im Gelände des Messstandortes von ± 2 m zulässig.

Zwischen dem Messsystem und der WEA sind keine Hindernisse oder leitfähigen Körper zulässig.

9.2.5 Wetterbedingungen

Es dürfen keine Witterungsbedingungen wie Niederschlag, Nebel, aufziehende Gewitterzellen oder erhebliche Wetterumschläge vorliegen.

^{N1} Nationale Fußnote: Hier wurde die Nummerierung angepasst. Im CD ist fälschlicherweise 9.2.1.2 angegeben.

9.2.6 Messaufbau

Einstellungen des Funkstörmessempfängers

Zur Ermittlung der Übereinstimmung einer einzelnen WEA muss das vor Ort durchgeführte Messverfahren nach der Beschreibung in dieser Norm durchgeführt werden.

Messungen für Typprüfungen müssen wie folgt durchgeführt werden:

Alle Messungen müssen mit einem Quasi-Spitzenwert-Detektor durchgeführt werden, während alle Einstellungen von Funkstörmessempfängern nach **CISPR 16-2-3** vorgenommen werden müssen.

Die Beobachtungszeit der Messung muss länger sein als die Dauer einer vollen Drehung aller WEA-Rotorblätter.

Anordnung der Antennen

- Die Messpunkte müssen bezogen auf die WEA so ausgerichtet werden, dass Messungen in vier orthogonalen Richtungen parallel zur Rotationsachse der Rotorblätter ausgeführt werden (siehe **Bild 4**) und eine Messung muss in Richtung der Tür des Turmes durchgeführt werden. Für diese Messpunkte muss der horizontale Abstand zwischen der WEA-Oberfläche und der Phasenmitte der Messantenne 30 m betragen.
- Darüber hinaus müssen in einer dieser vier Richtungen, in der keine Stromversorgungsleitungen festgestellt wurden, zwei weitere Messpunkte festgelegt werden. Diese beiden Messpunkte müssen einen horizontalen Abstand von 65 m und von 100 m haben.
- Diese Messabstände sind anders als in **CISPR 11**, Ausgabe 6, **Abschnitt 10**, in Verbindung mit CISPR TR 16-2-5, 6.1, ausschließlich für WEA definiert als der horizontale Abstand von der WEA.
- Im Prüfbericht müssen die Messpunkte in Bezug auf die Nabe angegeben werden. Wenn sich die Gierwinkel um mehr als $\pm 15^\circ$ ändern, muss die Prüfung wiederholt werden.
- Wenn Funksysteme in Sichtweite sind, sind in der Richtung der Antennen der Funksysteme mehr Messpunkte erforderlich.

Wenn ein weiteres elektrisches System wie ein externer Transformator Bestandteil des Prüflings ist, sind weitere Messpunkte erforderlich. Das bereits beschriebene orthogonale Achsensystem wird übernommen und so verschoben, dass sich der Ursprung des neuen Achsensystems am Ort des zusätzlichen elektrischen Systems befindet (zur Orientierung siehe **Bild 5**). Ein neuer Messpunkt wird in einem horizontalen Abstand von 30 m vom System in der entgegen gesetzten Richtung der WEA festgelegt. Darüber hinaus müssen die vorhandenen Messpunkte auf einen Ort mit einem horizontalen Abstand von WEA und Transformator von mindestens 30 m ausgerichtet werden.

Messantenne

- Im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz muss eine H-Feld-Antenne nach **CISPR 11** verwendet werden. Der tiefste Punkt dieser Antenne muss sich 1 m über dem Boden befinden. Die Antenne muss in radialer Richtung so angebracht werden, dass in Richtung der WEA-Oberfläche eine möglichst geringe Schleifenfläche zeigt. **Bild 2** zeigt ein Beispiel.
- Für die Ermittlung möglicher Stromversorgungsleitungen unter der Oberfläche darf der Messpunkt um $\pm 15^\circ$ verschoben werden oder die Messhöhe darf verändert werden. Wenn an einem Messpunkt sicher eine Stromversorgungsleitung festgestellt wurde, müssen diese Messergebnisse als ungültig angesehen werden und durch neue Messungen von einem Punkt ersetzt werden, der sich mindestens 30° entfernt von einem vorhandenen gültigen Messpunkt befindet.
- Im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 000 MHz muss eine E-Feld-Antenne nach **CISPR 11** verwendet werden. Der tiefste Punkt dieser Antenne muss sich 1 m über dem Boden befinden. Die Antenne muss in radialer Richtung so angebracht werden, dass in Richtung der WEA-Oberfläche eine möglichst geringe Schleifenfläche zeigt. **Bild 2** zeigt ein Beispiel.
- Der Höhenwinkel der E-Feld-Antenne muss bei den ersten Messungen 0° betragen und bei einer zweiten Messung auf die Gondel ausgerichtet werden.

- Der Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der E-Feld-Antenne und dem Boden muss, wie in **CISPR 11** beschrieben, mindestens 0,2 m betragen. Der Mittelpunkt der E-Feld-Antenne muss sich in einer Höhe von $2,0\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ befinden und alle Messungen müssen mit einer Ausrichtung der Antenne in horizontaler und in vertikaler Polarisation durchgeführt werden.

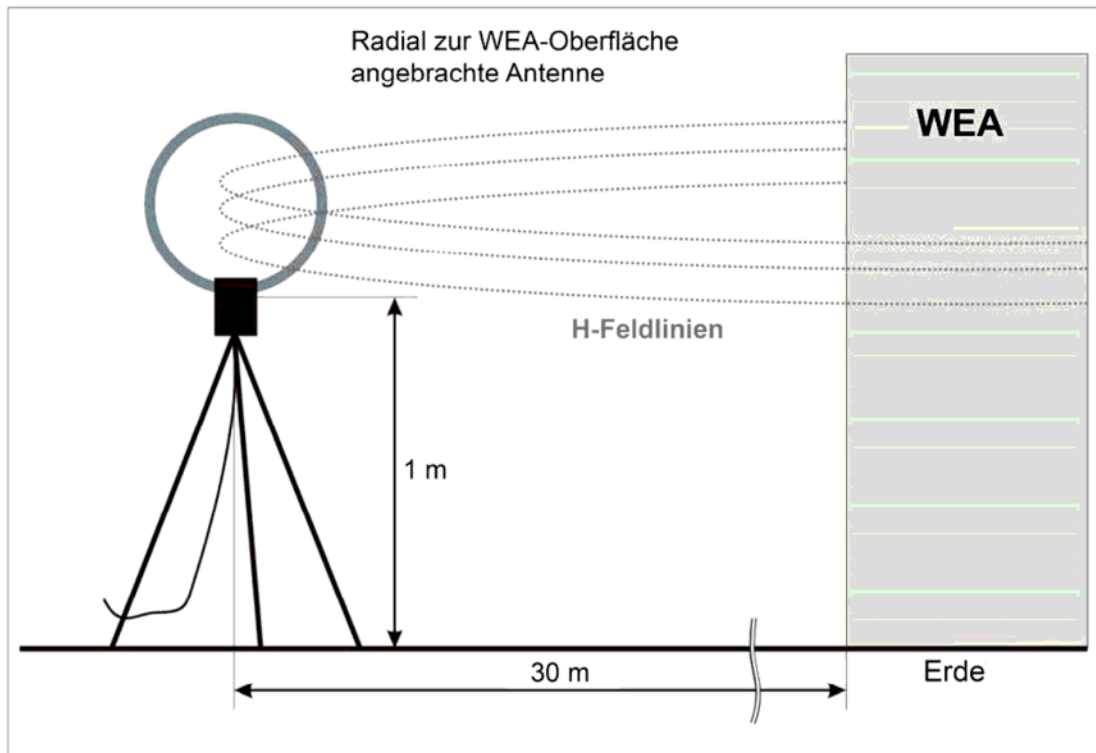


Bild 2 – Beispiel für einen Messaufbau für die Messung der magnetischen Feldstärke

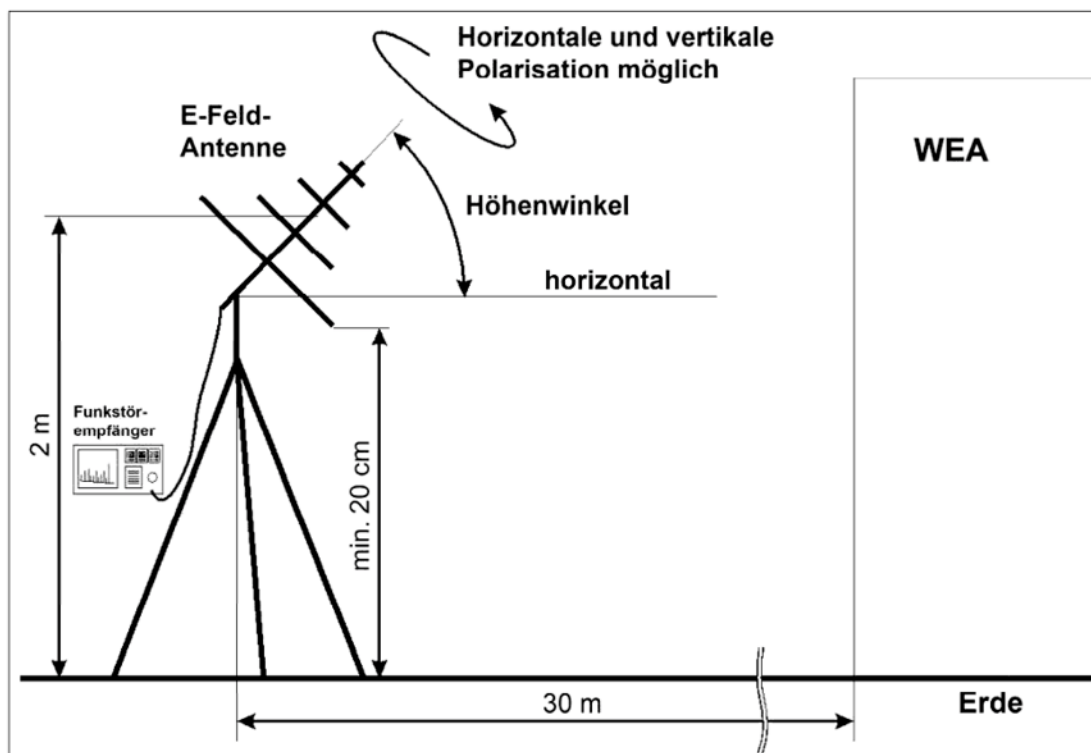


Bild 3 – Beispiel für einen Messaufbau für die Messung der elektrischen Feldstärke

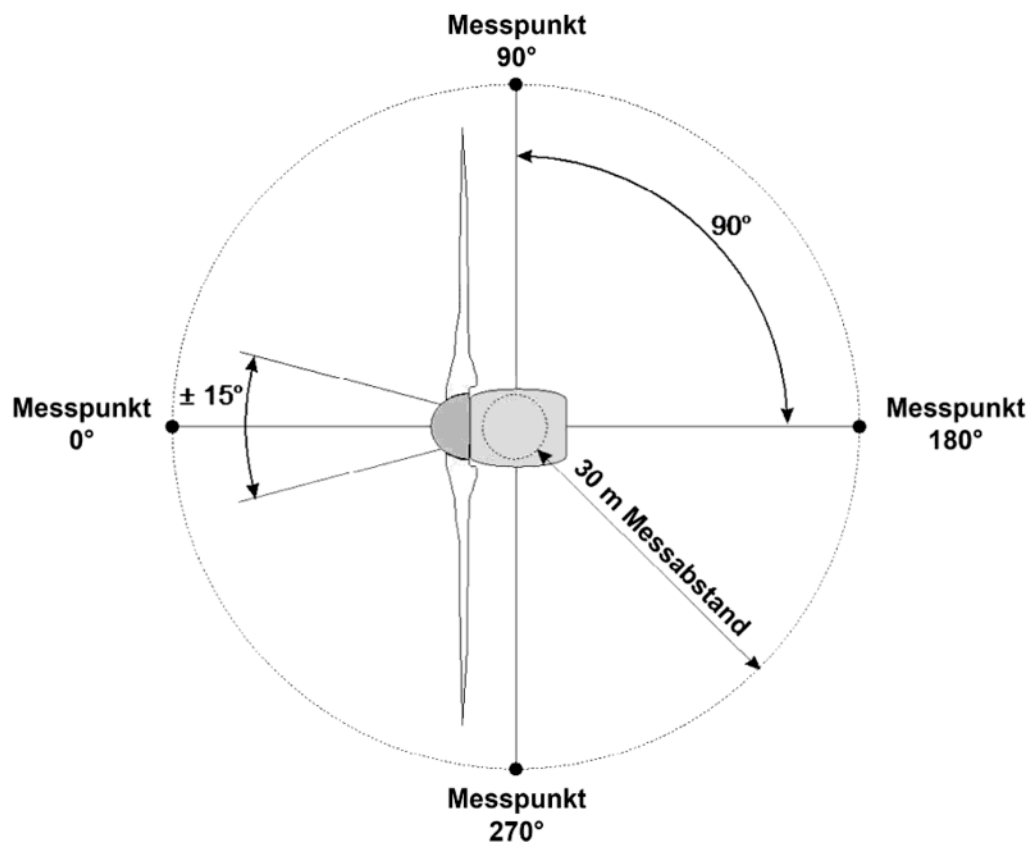


Bild 4 – Beispiel für einen Prüfaufbau für die EMV-Messung an einer WEA; Darstellung der Messpunkte bezogen auf die WEA-Nabe

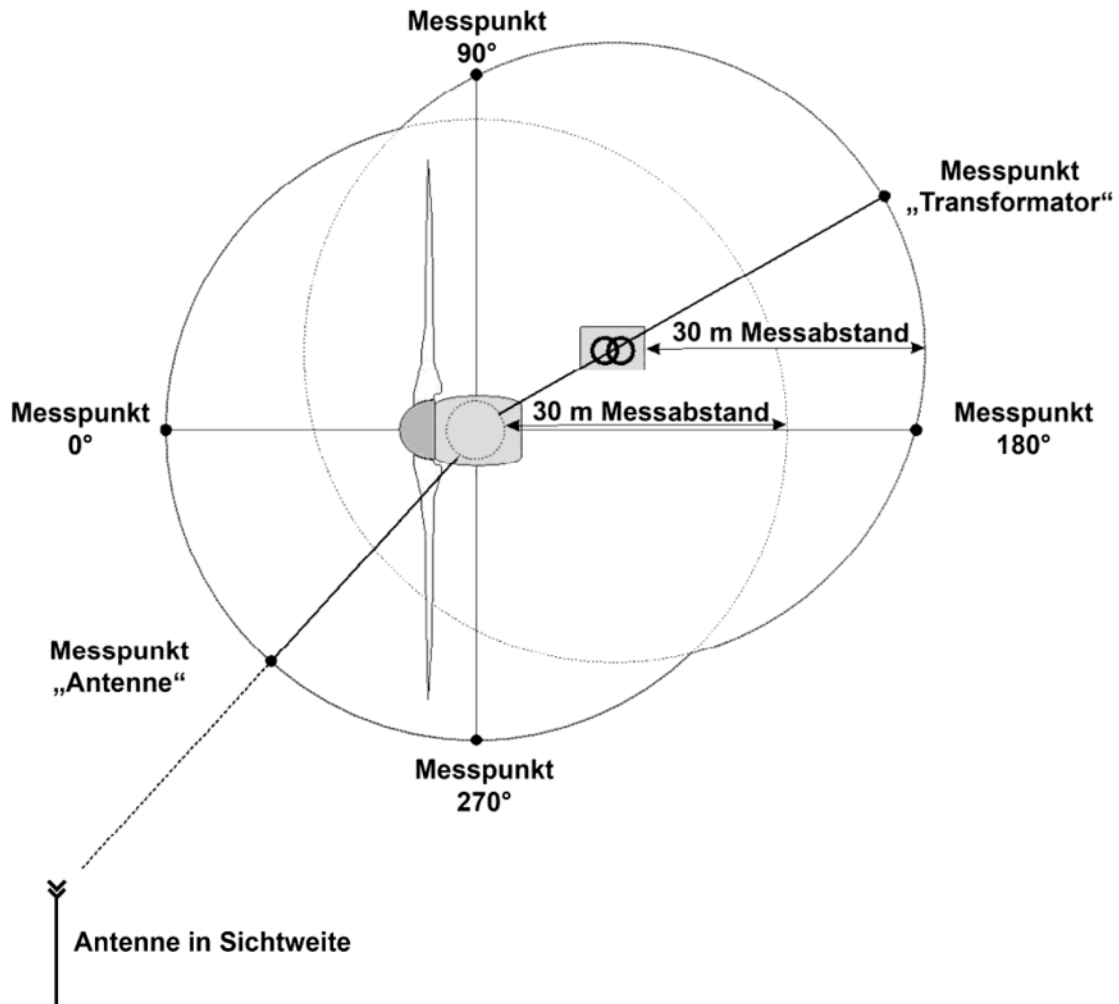


Bild 5 – Beispiel für einen Prüfaufbau mit einem Transformator oder einer Antenne in Sichtweite

9.2.7 Beschreibung der Betriebsarten

Nach **IEC/CISPR 11** müssen die Prüflinge unter der Bedingung der größten auftretenden Störaussendung gemessen werden.

Die Durchführung von Messungen in den folgenden Betriebsarten der WEA ist ausreichend:

- vom Netz getrennt
Für diese Betriebsart müssen die Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden.
Wenn eine Messung im Bereitschaftsbetrieb Messergebnisse von 6 dB unterhalb der Grenzwerte ergibt, sind Messungen in dieser Betriebsart nicht notwendig.
- Bereitschaftsbetrieb mit eingeschalteter Innenbeleuchtung, auch wenn er als Wartungsbetrieb festgelegt ist
Der Bereitschaftsbetrieb sollte von der für die EMV verantwortlichen Person beschrieben werden. Die Beschreibung muss im Prüfbericht dokumentiert werden.
Alle elektrischen und elektronischen Systeme sind eingeschaltet und die Beleuchtung muss eingeschaltet sein. Das Stromrichtersystem ist inaktiv.
- Mittellastbetrieb
Der WEA muss Wirkleistung im Bereich von 0 % bis 49 % der Bemessungsleistung erzeugen.
- Hochlastbetrieb (im Bereich von 50 % bis 100 % der Bemessungsleistung)
Der WEA muss Wirkleistung im Bereich von 50 % bis 100 % der Bemessungsleistung erzeugen.

Diese Bereiche sind in Bild 6^{N2} grafisch dargestellt.

Der Zustand der WEA beim Erreichen der Betriebsart muss von der für die EMV verantwortlichen Person festgelegt werden.

9.2.8 Angabe der ungünstigsten Bedingung vom Hersteller

In belegten Fällen kann die ungünstigste Bedingung der abgestrahlten Störaussendung vom Hersteller angegeben werden. Dann müssen nur das Hintergrundrauschen und die ungünstigste Betriebsart gemessen werden.

Belegte Fälle erfordern für die Bestimmung der ungünstigsten Bedingung einer WEA mindestens vorherige Messungen und eine Dokumentation nach den Anforderungen der vorliegenden Norm. Wenn die ungünstigste Bedingung auch für andere WEA des gleichen Typs gelten muss, muss die Dokumentation darüber hinaus die technische Begründung dafür enthalten.

Der Prüfbericht muss auf das Dokument verweisen, in dem die ungünstigste Bedingung angegeben worden ist.

ANMERKUNG Solange keine Möglichkeit der Bestimmung der ungünstigsten Bedingung nach dem neusten Stand der Technik für einen WEA-Typ und keine Erfahrungen für die Bestimmung der ungünstigsten Bedingung vorliegen, ist die Nutzung dieser ungünstigsten Bedingung für Messungen und die Typzulassung eines WEA-Typs gegenwärtig nicht möglich. Nach der Entwicklung eines Messverfahrens zur Bestimmung der ungünstigsten Bedingung eines WEA-Typs und dem Nachweis dieses Verfahrens wird die ungünstigste Bedingung in die vorliegende Norm aufgenommen und kann für Messungen einer Typzulassung für einen WEA-Typ angewendet werden.

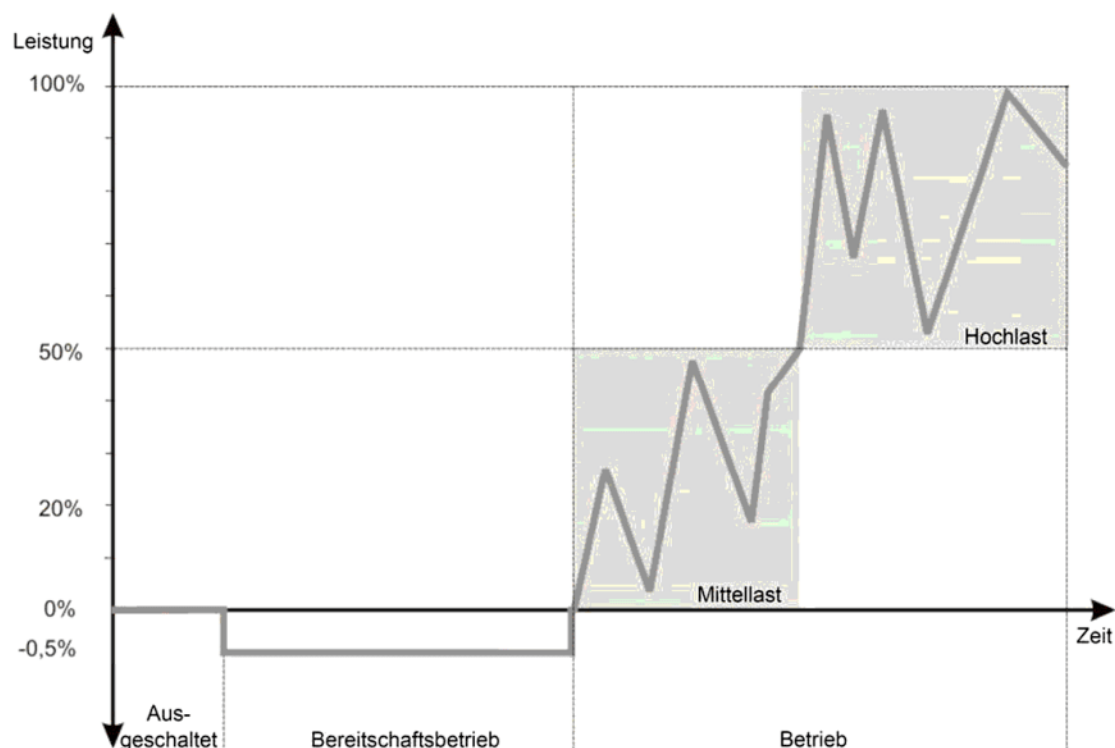


Bild 6^{N2} – Überblick über WEA-Betriebsarten

^{N2} Nationale Fußnote: Im CD-Dokument ist fälschlicherweise Bild 5 genannt. Es muss Bild 6 lauten.

9.2.9 Grenzwerte

Nach der **CISPR 11**-Klassifizierung gilt für WEA die folgende Zuordnung: Gruppe 1, Klasse A. Deshalb gelten für WEA auf dem Festland, die vor Ort gemessen werden, die Grenzwerte von **IEC/CISPR 11, Tabelle 16**. Das nachfolgende Bild ist ein Auszug aus **IEC/CISPR 11** mit den anzuwendenden Grenzwerten.

Frequenzbereich MHz	Grenzwerte für einen Messabstand von 30 m von der Außenfläche der Außenwand des Gebäudes, in dem sich die Einrichtung befindet	
	Elektrisches Feld Quasi-Spitzenwert dB(μV/m)	Magnetisches Feld Quasi-Spitzenwert ^a dB(μA/m)
0,15 bis 0,49	–	13,5
0,49 bis 3,95	–	3,5
3,95 bis 20	–	–11,5
20 bis 30	–	–21,5
30 bis 230	30	–
230 bis 1 000	37	–

Bei der Übergangsfrequenz muss der strengere Grenzwert angewendet werden.

Wenn die lokalen Bedingungen Messungen in einem Messabstand von 30 m nicht zulassen, kann ein größerer Abstand verwendet werden. In diesem Fall muss zur Bestimmung der Übereinstimmung mit den Anforderungen ein umgekehrter Proportionalitätsfaktor von 20 dB je Dekade verwendet werden, um die Messergebnisse auf den festgelegten Abstand zu normieren.

a) Diese Grenzwerte gelten zusätzlich zu den Grenzwerten im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz für abgestrahlte Störgrößen, deren Frequenzen aus der Betriebsfrequenz und ihren Oberschwingungen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz stammen und die von installierten Einrichtungen der Klasse A, Gruppe 1, mit einer Bemessungs-Eingangsleistung über 20 kVA verursacht werden. Im Fall, dass das Umgebungsrauschen die vorgenannten Grenzwerte überschreitet, dürfen die Störaussendungen des Prüflings dieses Grundrauschen um nicht mehr als 3 dB anheben.

Vorschrift für Offshore-WEA:

Der additive Korrekturfaktor für Messergebnisse auf dem Festland zur Berücksichtigung einer Offshore-Situation unter 30 MHz muss 2 dB betragen. Für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz gibt es keine additive Korrektur.

Vorschrift für eine Abstandsmessung:

Die Empfindlichkeit der Messeinrichtung muss 6 dB unterhalb des entsprechenden Grenzwertes für eine Frequenz liegen.

Wenn das Hintergrundrauschen am Messstandort bei den Messungen bei 65 m und bei 100 m über den Grenzwerten liegt, dürfen diese Werte nach der vorliegenden Norm bei der Bewertung nicht berücksichtigt werden, wenn das Verfahren nach **CISPR 16-2-3, Anhang A**, nicht anwendbar ist.

9.2.10 Messunsicherheit

Soweit zutreffend, muss die Unsicherheit der Messeinrichtung nach den Festlegungen in **IEC/CISPR 16-4-2** behandelt werden [7].

9.3 Oberschwingungen, Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnung und Hochfrequenzanteile

Die tatsächliche Aussendung von Oberschwingungen, Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnung und Hochfrequenzanteilen der WEA muss nach dem in **IEC 61400-21** angegebenen Verfahren gemessen und aufgezeichnet werden.

Die Grenzwerte müssen den lokalen Anforderungen jedes Landes entsprechen.

9.4 Flicker

Durch die WEA im Dauerbetrieb und bei Schaltvorgängen verursachte Spannungsschwankungen müssen nach dem in IEC 61400-21 angegebenen Verfahren gemessen und aufgezeichnet werden.

Die Grenzwerte müssen den lokalen Anforderungen jedes Landes entsprechen.

10 Anforderungen an die Störfestigkeit

Für die Teilsysteme der WEA gelten Anforderungen an die Störfestigkeit. Anforderungen an die Störfestigkeit von WEA-Stromrichtern sind in Anhang D angegeben.

Als Ergebnis der EMV-Risikoanalyse kann eine eingehende Untersuchung erforderlich sein.

10.1 Elektrostatische Entladung

Zusätzlich zu der üblichen Betrachtung der elektrostatischen Entladung muss bei WEA nicht nur der Mensch als Ursache angesehen werden. Die großen Strukturen der Rotorblätter einer WEA können sich elektrostatisch aufladen. Die elektrostatische Aufladung eines Rotorblattes entsteht durch die Luftreibung der rotierenden Rotorblätter. Dies geschieht bei allen Betriebsarten, auch im Bereitschaftsbetrieb. Witterungsbedingungen wie die Luftfeuchte wirken sich darauf aus, ob die Aufladung schneller oder langsamer erfolgt. Wenn die Erdungsverbinding der Rotorblätter oder der Nabe nicht optimal ausgelegt ist, kann sich von der Nabe zur Gondel ein elektrostatischer Entladungsstoß ausbreiten. Dieser Stoß kann Geräte und Systeme innerhalb der Gondel stören. Es sollte beachtet werden, dass diese Effekte indirekte Entladungen sind.

Anforderungen und Prüfverfahren

Alle Prüfungen müssen nach IEC 61000-4-2 durchgeführt werden.

10.2 Störfestigkeit gegenüber abgestrahlten Störaussendungen

Das Prüfverfahren muss IEC 61000-4-3 oder alternativen Verfahren, die in IEC 61000-6-2 angegeben sind, entsprechen. Grenzwerte und Anforderungen müssen mindestens IEC 61000-6-2 entsprechen.

Es gelten die in IEC 61000-6-2 angegebenen Anforderungen.

10.3 Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen

Das Prüfverfahren muss IEC 61000-4-4 entsprechen. Grenzwerte und Anforderungen müssen mindestens IEC 61000-6-2 entsprechen.

Als Mindestanforderung gelten die für den Industriebereich zutreffenden Werte. Sendet die Anwendung höhere Werte aus (Ermittlung durch Nachweis), müssen die Prüfpegel entsprechend angepasst werden oder es müssen Gegenmaßnahmen zur Verringerung der von der Anwendung ausgesendeten Werte ergriffen werden.

10.4 Stoßspannungsprüfungen

Das Prüfverfahren muss IEC 61000-4-5 entsprechen. Grenzwerte und Anforderungen müssen IEC 61400-24, G.2.1 und G.2.2, entsprechen.

Innerhalb und außerhalb der WEA sind weitere Wellenformen und Pegel zu erwarten.