

Dokument-Nr.: 0039-5557 V02
15.07.2015

Blitzschutz und EMV

V105-3.3/3.45 MW Mk 2C
V112-3.0 MW Mk 0-1 alle
V112-3.3/3.45 MW Mk 2 alle
V117-3.3/3.45 MW Mk 2 alle
V126-3.3/3.45 MW Mk 2 alle

Onshore und offshore

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Blitzschutz	3
2.1	Schutzklasse.....	3
2.2	Definition von Blitzschlagpunkten.....	4
2.3	Überblick über das Blitzschutzsystem	4
2.4	Rotorblattschutz.....	6
2.5	Schutz des CoolerTop®.....	7
2.6	Hauptlagerschutz.....	8
2.7	Ableitung vom Maschinenhaus zum Turm	9
2.8	Turmkonstruktion	9
2.9	Ableitungssystem vom Turmfuß zum Erdungssystem.....	9
2.10	Schutz der Elektrik und der Steuerungssysteme	10
2.11	Erdungsanlagen.....	10
2.11.1	Onshore-Windenergieanlage	10
2.11.2	Offshore-Windenergieanlagen	13
2.12	Prüfung	14
3	EMV	15
3.1	Rechtsvorschriften	15
3.1.1	Grundlegende EMV-Anforderungen.....	16
3.2	Komponentenübergreifende Konformität.....	16
3.3	Anerkannte Regeln der Technik.....	17
3.4	Konformität der Windenergieanlagen	17

1 Einleitung

In diesem Dokument werden die Bauweise und der Schutz vor unerwünschten elektromagnetischen Umwelteinwirkungen beschrieben.

EMV und Blitze fallen in dieselbe Kategorie unerwünschter elektromagnetischer Einwirkungen. Die zur Beurteilung der Konformität herangezogenen Normen unterscheiden sich jedoch deutlich, daher wurde das Thema in zwei Hauptkapitel aufgeteilt.

2 Blitzschutz

Alle Vestas-Windenergieanlagen sind mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, um Schäden an mechanischen Komponenten, Elektrik und Steuerungen möglichst gering zu halten.

Das Vestas-Blitzschutzsystem umfasst äußere und innere Blitzschutzsysteme.

Das äußere Schutzsystem nimmt einen direkten Blitzschlag auf und leitet den Blitzstrom in das Erdungssystem unterhalb des Turms. Beispielsweise zählen die Stange an der Rückseite des Maschinenhauses und die Blitzrezeptoren der Blätter zu den äußeren Blitzschutzkomponenten.

Das innere Schutzsystem leitet den Blitzstrom sicher in das Erdungssystem. Außerdem beseitigt es die durch Blitzschlag verursachten magnetischen und elektrischen Induktionsfelder. Beispiele für innere Blitzschutzkomponenten sind EMV/Blitzschutzabdeckungen, geschirmte Kabel und Überspannungsschutzgeräte.

Potenzialausgleich und Überspannungsschutz sind die wichtigsten Maßnahmen zum Schutz der Elektronik in der Windenergieanlage.

Blitzeinschläge gelten als höhere Gewalt. Das bedeutet, dass Vestas nicht für Schäden durch Blitzeinschläge aufkommt.

2.1 Schutzklasse

Vestas-Windenergieanlagen werden weltweit in Küstenbereichen und Berggegenden installiert, in denen die Blitzhäufigkeit groß ist. Um lokale Risikobeurteilungen zu vermeiden und die unterschiedlichen Blitzschutz-Anforderungen verschiedener Standorte besser verwalten zu können, hat Vestas ein Standard-Blitzschutzsystem entwickelt, das der höchsten in der Norm IEC 61400-24:2010 angegebenen Schutzklasse entspricht. Siehe Tabelle 2-1, S. 4.

Die Schutzklasse 1 entspricht der Norm IEC 61400-24:2010, d. h. Vestas-Windenergieanlagen sind für Blitzschläge mit hoher Energie ausgelegt.

Blitzparameter		Schutzklasse I
Scheitelwert des Blitzstroms	i_{max}	200
Gesamtladung	Q_{total} [C]	300
Spezifische Energie	W/R [kJ/ Ω]	10000
Durchschnittliche Steilheit $di/dt_{30/90\%}$	[kA/ μ s]	200

Tabelle 2-1: Numerische Werte des Blitzstroms

2.2 Definition von Blitzschlagpunkten

Mit dem „Rollkugelverfahren“ werden gemäß IEC 61400-24 Blitzschlagpunkte definiert. Studien haben gezeigt, dass die Blattspitzen und die Wetterstation (und, sofern vorhanden, die Gefahrenfeuer) am hinteren Ende des Maschinenhauses die Bereiche mit der höchsten Blitzschlaggefahr sind.

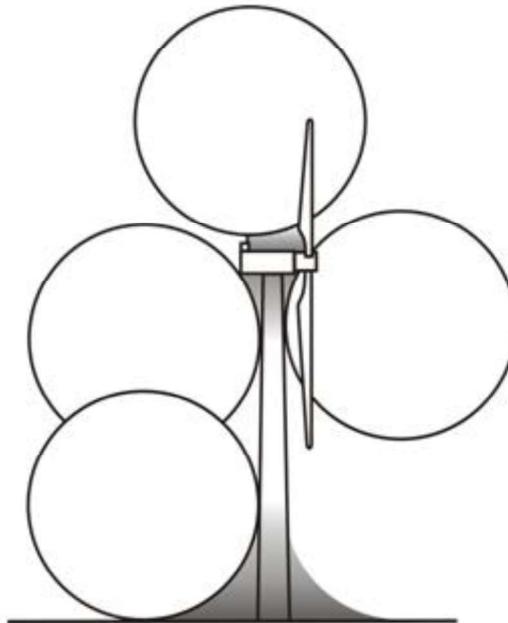


Abbildung 2-1: Das „Rollkugelverfahren“

2.3 Überblick über das Blitzschutzsystem

Die Windenergieanlage ist darauf ausgelegt, direkte Blitzeinschläge auszuhalten.

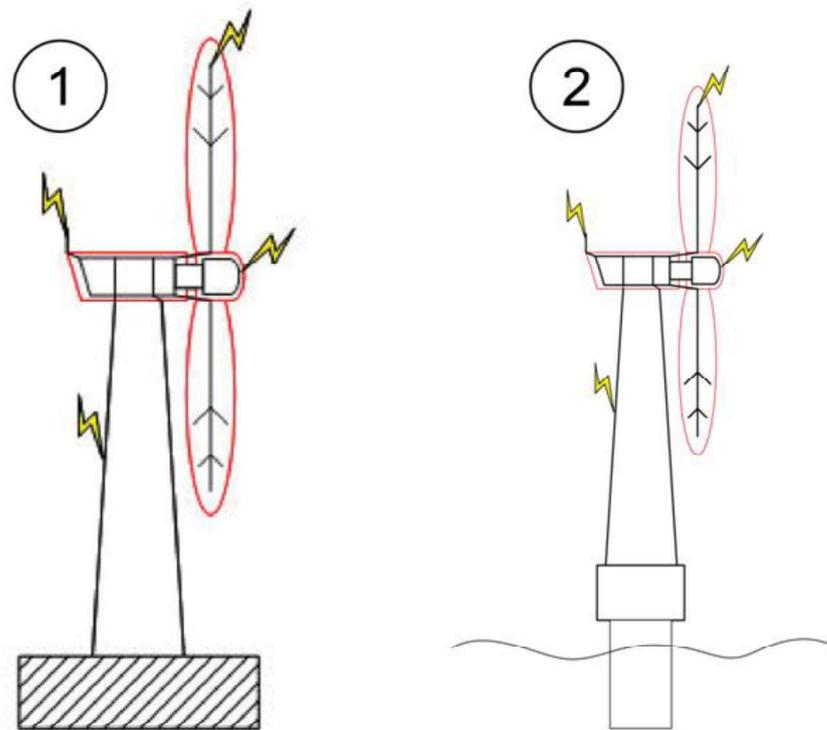


Abbildung 2-2: Blitzschlagpunkte und Blitzableitungssystem

1 Onshore-Windenergieanlage

2 Offshore-Windenergieanlage

Blitzschlagpunkte

Bereiche auf der Windenergieanlage, in denen mit Blitzschlägen zu rechnen ist.

Maschinenhaus

Die Konstruktionsteile des Maschinenhauses sind so ausgelegt, dass sie Blitzströme sicher zum Turm ableiten. Die Komponenten im Maschinenhaus sind so ausgelegt, dass sie hohen magnetischen und elektrischen Feldern bei Blitzschlägen standhalten.

Turm

Der Turm bildet den primären Weg für die Ableitung des Blitzstroms nach unten in das Erdungssystem.

Rotorblätter

Die Rotorblätter sind die empfindlichsten Komponenten, die Blitzschlägen ausgesetzt sind. Die Rotorblätter sind standardmäßig so ausgelegt, dass sie diesen extremen Blitzschlagbedingungen standhalten.

Blitzstromableiter (LCTU)

Das LCTU-System schützt Blattlager, Hauptlager und Azimutlager vor hohen Blitzspannungen. Aufgabe des LCTU-Systems ist es, die Blitzspannung sicher von den Blättern zum Maschinenhaus, vom Maschinenhaus zum Turm und dann in das Erdungssystem zu leiten.

Erdungssystem

Aufgabe des Erdungssystems ist die sichere Entladung des Blitzstroms in die Umgebung (Boden).

Blitzableitungssystem

Der schwarze Teil der Windenergieanlage in Abbildung 2-2 auf S. 5 ist das Blitzableitungssystem. Die Rotorblätter der Windenergieanlage werden häufig von Blitzen getroffen. Wenn ein Blitz in ein Rotorblatt einschlägt, wird der Strom über den Blatableiter und über die LCTU der Rotorblätter/des Maschinenhauses zu den Strukturteilen des Maschinenhauses geleitet. Von dort aus wird die elektrische Energie des Blitzes weiter zur LCTU des Maschinenhauses/Turms geführt, wobei eine Ableitung am Turm herab erfolgt. Schließlich wird der Blitzstrom über das Erdungssystem entladen.

2.4 Rotorblattschutz

Für die Rotorblätter V105, V112 und V117

Die BLA des Rotorblattes besteht aus fünf Hauptkomponenten: Spitzenschutz, Blitzrezeptoren, Wickeldornschutz, Ableitungssystem und Blitzableiterband.

Der Spitzenschutz besteht aus einer massiven Metallspitze (solid metal tip, SMT), die Blitzeinschläge anzieht und die Spannung dann an das Ableitungssystem abgibt. Die metallenen seitlichen Rezeptoren sind paarweise angeordnet mit jeweils einer wind- und einer saugseitigen Oberfläche.

Das Ableitungssystem ist ein IEC 61400-24-konformes Kabel, das vom Spitzenschutz bis zum Blitzableiterband immer entlang der Hinterkante des Wickeldorns verläuft. Spitzenschutz, Rezeptoren und Wickeldornschutz sind mit geringem elektrischem Widerstand mit dem Ableitungssystem verbunden.

Das Blitzableiterband ist die Schnittstelle zum Blitzstromableiter. Siehe Abschnitt 2.6 Hauptlagerschutz, S. 8 für weitere Informationen zur LCTU.

Der Wickeldornschutz besteht aus metallenen Bauteilen, die Lichtbögen zwischen den Wind- und Saugseiten von Wickeldorn und Ableitungssystem verhindern sollen. Die einzelnen Komponenten des Wickeldornschutzes werden als „Shortcuts“ bezeichnet.

V126-Rotorblätter

Die BLA des Rotorblattes besteht aus vier Hauptkomponenten: Spitzenschutz, Oberflächenschutz, Ableitungssystem und Blitzableiterband.

Der Spitzenschutz besteht aus einer massiven Metallspitze (SMT) und verschiedenen Blitzrezeptoren. Die Rezeptorengruppe besteht aus vier Reihen von Rezeptoren: jeweils eine entlang der Vorder- und Hinterkante der wind- und saugseitigen Schalen. SMT und Rezeptoren ziehen Blitze an, sodass die Glasschalen oder der Hauptteil des Rotorblatts seltener von Blitzen getroffen werden. SMT und Rezeptoren sind durch ein isoliertes Mittelspannungskabel miteinander verbunden.

Ein Teil der wind- und saugseitigen Schalen zwischen Rezeptorengruppe und Blattwurzel ist mit einem Metallnetz bedeckt. Ebenso wie das SMT und die Rezeptorengruppe bietet das Metallnetz einen bevorzugten Blitzschlagpunkt und

schützt so den unbedeckten Teil des Blatts vor direkten Blitzschlägen. Das Metallnetz ist mit der Rezeptorengruppe und dem Ableitungssystem verbunden.

Das Ableitungssystem besteht aus zwei isolierten Mittelspannungskabeln, die entlang der Vorder- und Hinterkanten des Blattes verlaufen. Alle Mittelspannungskabel erfüllen mindestens die Anforderungen von IEC 61400-24.

Das Ableitungssystem endet am Rotorblattband an der Blattwurzel. Das Blattband dient als Schnittstelle zum Blitzstromableiter (LCTU). Siehe Abschnitt 2.6 Hauptlagerschutz, S. 8 für weitere Informationen zur LCTU.

2.5 Schutz des CoolerTop®

Die Geräte auf dem Kühlsystem werden durch Blitzableiterstangen und Rezeptorrings geschützt. Alle Metallteile sind mit dem Potenzialausgleich der Innenstahlkonstruktion des Maschinenhauses verbunden.

HINWEIS

Die Mk-1-Variante des CoolerTop® ist nach wie vor zugelassen und wird in der Praxis eingesetzt.

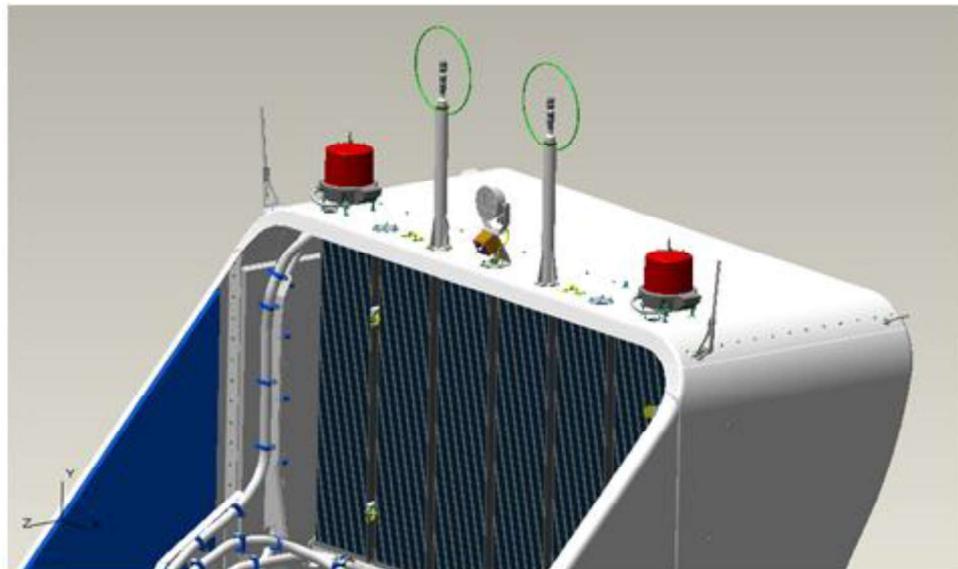


Abbildung 2-3: Ultraschall-Anemometer und Gefahrenfeuer an der Rückseite des Maschinenhausdaches (Mk-1-Variante des CoolerTop®)

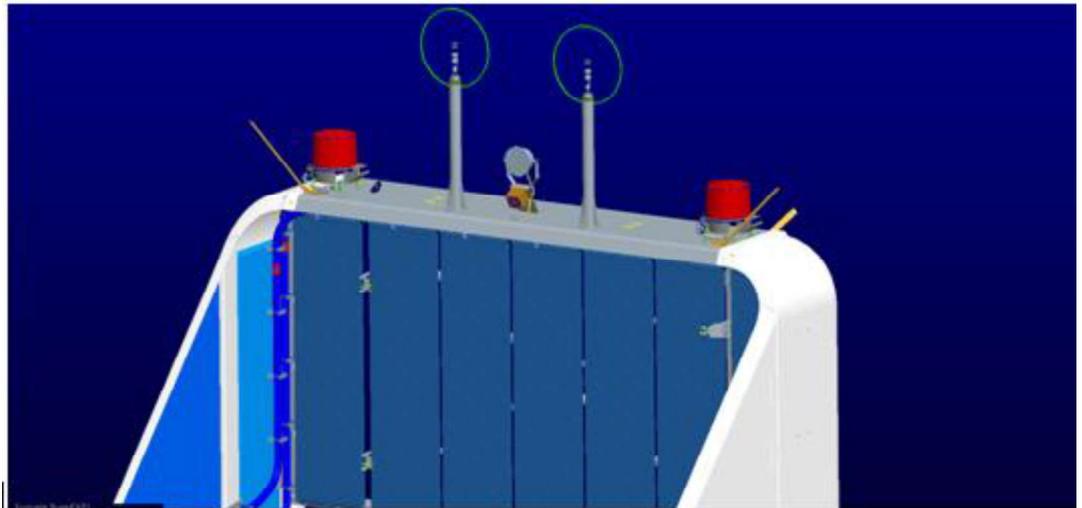


Abbildung 2-4: Ultraschall-Anemometer und Gefahrenfeuer an der Rückseite des Maschinenhausdaches (Mk-2-Variante des CoolerTop®)

2.6 Hauptlagerschutz

Um den Blitzstrom von den einzelnen Rotorblättern zum Maschinenhausboden zu leiten, ohne dass dabei Strom durch die Rotorblattnabe und die Hauptlager fließt, ist ein drehbarer Blitzstromableiter (LCTU) zwischen den Rotorblättern und dem Maschinenhaus vorgesehen.

Die Ableiter der einzelnen Rotorblätter werden vom Nabengehäuse getrennt gehalten und sind über die Blitzstrom-Übertragungseinheit (LCTU) mit dem Maschinenhausgehäuse verbunden.



Abbildung 2-5: Blitzstrom-Übertragungseinheit zwischen Rotorblättern und Maschinenhausgehäuse

Die Fähigkeit der LCTU, Blitzspannung abzuleiten, wurde in Tests bestätigt.

2.7 Ableitung vom Maschinenhaus zum Turm

Vom Maschinenhaus bestehen strukturelle Stahlverbindungen mit dem oberen Azimutflansch. Um eine Stromführung durch ein Azimutgetriebe oder -lager zu vermeiden, sind Blitzstromübertragungskontakte aus Messing im Azimutlager installiert.

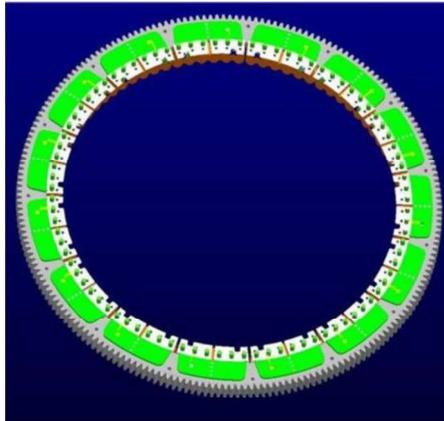


Abbildung 2-6: Azimutlagerschutz

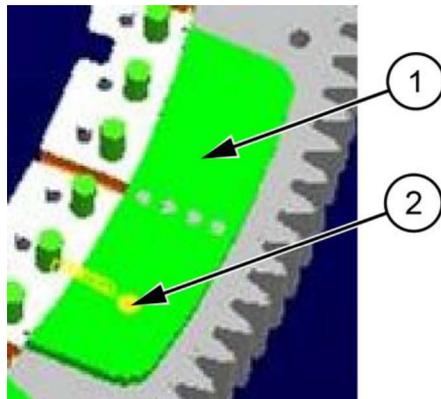


Abbildung 2-7: Ein Bronzeelement auf einer Nylon-Gleitplatte

1 Gleitplatte

2 Bronzeelement

2.8 Turmkonstruktion

Es gibt zwei Arten von Türmen: den Stahlrohrturm und den neueren Hybridturm (oben Stahl, unten Beton).

Die Türme fungieren als Ableiter mit sehr großem Querschnitt, wodurch der Spannungsabfall im Turm gering ist.

2.9 Ableitungssystem vom Turmfuß zum Erdungssystem

Im Turmsockel sind alle Erdungskabel und Erdungsverbindungen mit der Haupterdungsschiene verbunden.

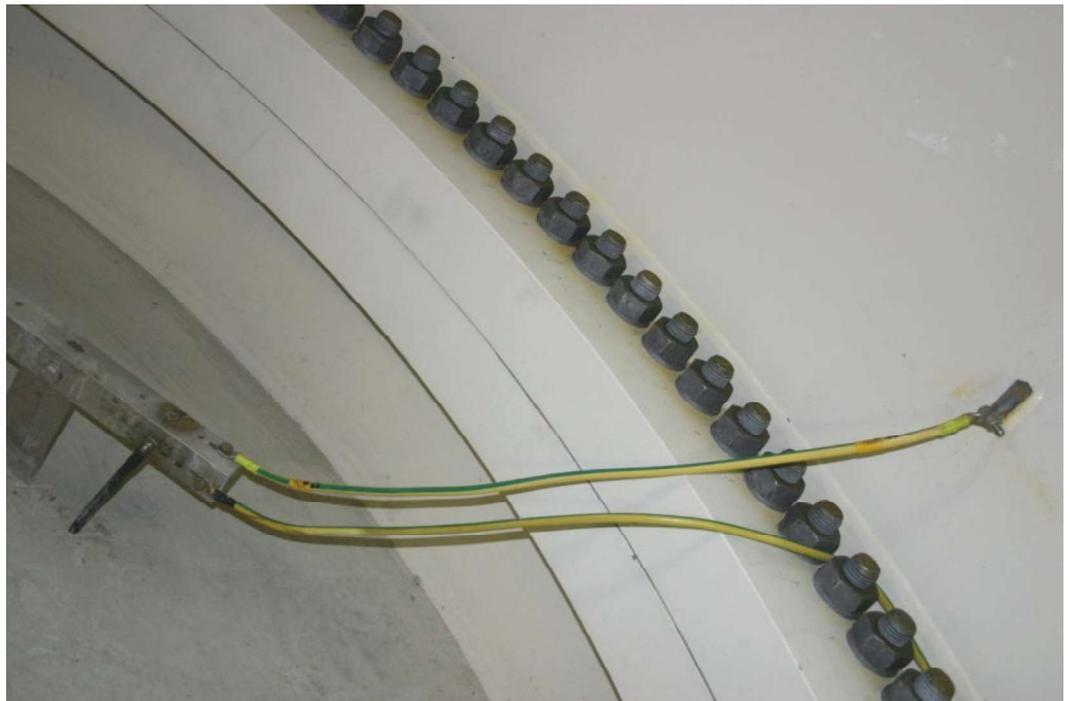


Abbildung 2-8: Verbindung zwischen Turm und Haupterdungsschiene

2.10 Schutz der Elektrik und der Steuerungssysteme

Der Mittelspannungstransformator muss unbedingt gegen Blitzschlag geschützt werden. Vestas gewährleistet dies durch den Einbau von Mittelspannungsableitern an den Mittelspannungsanschlüssen und am Überspannungsschutz auf der Niederspannungsseite.

2.11 Erdungsanlagen

2.11.1 Onshore-Windenergieanlage

Es gibt zwei Arten von Erdungssystemen: Das Erdungssystem von Vestas und das bei der Hybridturmlösung eingesetzte externe Erdungssystem.

Ein Hybridturm-Erdungssystem ist eine Kombination aus dem Erdungssystem von Vestas und dem Erdungssystem des Lieferanten. Ein Hybridturm besteht aus einem Oberteil aus Stahl und einem Betonsockel. Für die Erdungssysteme von Hybridtürmen ist der Lieferant zuständig (nicht Vestas). Die erforderlichen Zertifikate für den Hybridturm und die zugehörigen Erdungssysteme werden vom Lieferanten erworben.

Die nachfolgende Beschreibung gilt sowohl für das Erdungssystem von Vestas als auch für das Hybridturm-Erdungssystem:

Das Erdungssystem ist als Sicherheitserdung und Funktionserdung in einer „Typ-B-Anordnung“ konzipiert.

Aus Sicht einer einzelnen Windenergieanlage besteht das Erdungssystem prinzipiell aus drei einzelnen Erdungseinheiten. Die erste Einheit ist die Fundamenterdung. Die zweite und die dritte Einheit sind die

Erdverbindungskabel zwischen den einzelnen Windenergieanlagen und der horizontalen Erdungselektrode.

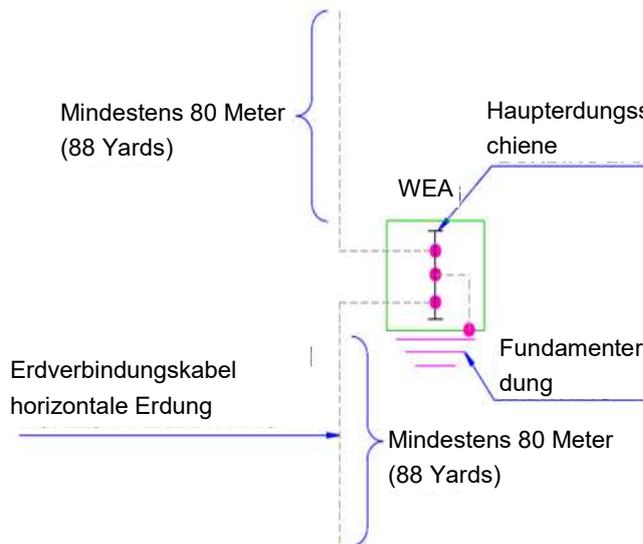


Abbildung 2-9: Prinzipdarstellung des Vestas-Erdungssystems

Im Erdungssystem sind die Windenergieanlagen in einem Windpark oder einem Netz von Windenergieanlagen zusätzlich mit einem Erdverbindungskabel als ein gemeinsames Erdungssystem verbunden.

Das Erdungssystem ist das Erdungssystem für das Mittelspannungssystem, das Niederspannungssystem sowie die Blitzschutzanlage für jede Windenergieanlage. Es ist darüber hinaus das Erdungssystem für die Mittelspannungsverteilung innerhalb des Windparks.

Bezüglich des Blitzschutzes der Windenergieanlage fordert Vestas für dieses System keinen bestimmten, in Ohm gemessenen Widerstand zur Bezugserde. Die Erdung der Blitzschutzsysteme basiert auf dem Aufbau und der Konstruktion des Vestas-Erdungssystems und erfüllt die IEC-Normen.

Ein Teil des Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zur Windenergieanlage befindet. Alle Erdungselektroden sind mit dieser Haupterdungsschiene verbunden. Zusätzlich sind Potenzialausgleichsverbindungen an allen Zu- oder Ableitungen der Windenergieanlage installiert.

Die Anforderungen der Spezifikation und der Arbeitsanweisung für das Vestas-Erdungssystem entsprechen den Mindestanforderungen von Vestas und den IEC-Normen. Lokale und nationale sowie projektspezifische Anforderungen können gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

Weitere Informationen zum Vestas-Erdungssystem siehe [0000-3388](#) „Vestas-Erdungssystem“.

HINWEIS

Weitere Informationen zum Hybridturm-Erdungssystem siehe Lieferantendokumentation, die zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar sein wird.

2.11.2 Offshore-Windenergieanlagen

Das Vestas-Erdungssystem ist als System vom Typ B mit Fundamenterdung (Monopile) konzipiert. Der Monopile fungiert als zusätzliche vertikale Erdungselektrode, damit das Erdungssystem die im Vergleich zum Blitzschutzsystem erforderliche Größe und Länge aufweist. Im Vestas-Erdungssystem sind die Windenergieanlagen in einem Windpark oder einem Netz von Windenergieanlagen zusätzlich mit einem Verbindungskabel als ein gemeinsames Erdungssystem verbunden.

Ein Teil des Vestas-Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zum Turm der Windenergieanlage befindet. Die Erdungselektrode ist mit der Haupterdungsschiene verbunden. Potenzialausgleichsverbindungen an allen Zu- oder Ableitungen der Windenergieanlage sind mit der Haupterdungsschiene verbunden. Die Haupterdungsschiene wird direkt an das Fundament des Turms geschweißt/geschraubt. Somit ist sie direkt mit dem Turm und allen anderen metallischen Teilen der Windenergieanlage verbunden. Siehe Abbildung 2-10, S. 13 Lage der Haupterdungsschiene.

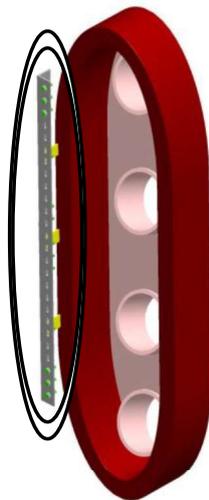


Abbildung 2-10: Mögliche Anordnung der Haupterdungsschiene

Lichtwellenleiterkabel mit Metallkabelschirmen oder anderen metallischen Komponenten werden auch direkt mit der Haupterdungsschiene am Eintrittspunkt verbunden. Siehe Abbildung 2-11, S. 14, und Abbildung 2-12, S. 14.

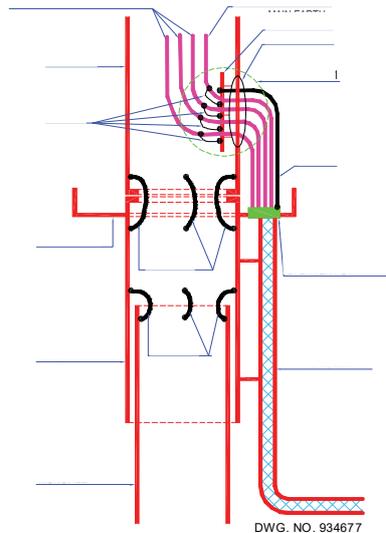


Abbildung 2-11:
Prinzipdarstellung
des Vestas-
Erdungssystems bei
J-Rohr-Aufstellung

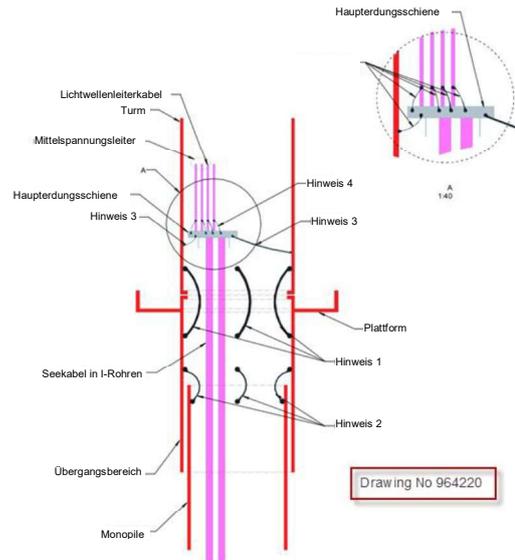


Abbildung 2-12: Prinzipdarstellung
des Vestas-
Erdungssystems bei I-
Rohr-Aufstellung

Generell sind alle metallischen Teile in und in unmittelbarer Reichweite der Windenergieanlage miteinander und mit dem Erdungssystem verbunden. Daher werden beim Auftreten von Strömen im Erdungssystem alle Teile und die umgebende Erde/das umgebende Wasser das gleiche Potenzial haben. Wenn alle metallischen Teile und die umgebende Erde/das umgebende Wasser auf das gleiche Potenzial gehoben werden, kann keine Berührungsspannung oder Schrittspannung entstehen.

Weitere Informationen zum Vestas-Erdungssystem siehe [0000-3388](#) „Vestas-Erdungssystem“.

2.12 Prüfung

Ein Maschinenhaus (mit Nabe) wurde in einem Mittelspannungs- und Starkstromlabor getestet. Maschinenhaus und Nabe wurden Blitzparametern ausgesetzt, die so weit wie möglich den in IEC 61400-24:2010 für Schutzklasse 1 beschriebenen Parametern entsprachen. Die Prüfungen wurden im Motorbetrieb der WEA durchgeführt, um sicherzustellen, dass alle Komponenten aktiv sind.

Die Ergebnisse der umfassenden Prüfung sollen bestätigen, dass die gesamte Windenergieanlage der Blitzumgebung mit den in IEC 61400-24:2010 genannten Spannungs- und Stromimpulsen widerstehen kann. Die vollständige Prüfung bestätigt außerdem, dass die Konstruktion die internen und externen Anforderungen an das Blitzschutzsystem von Nabe und Maschinenhaus erfüllt.

Die Rotorblätter wurden ebenfalls überprüft. Es wurde eine Blitzschutzprüfung der Rotorblätter gemäß IEC 61400-24:24 durchgeführt. Das Ergebnis war positiv.

Aufgrund der positiven Ergebnisse der umfassenden Blitzschutzprüfung des Rotorblatts und des V105-V126-Maschinenhauses, die sich auf die gesamten 3.3/3.45 MW-Baureihen übertragen lassen, hat Vestas beschlossen, kein Blitzmesssystem in der WEA zu implementieren. Die bisher verwendete Version des Blitzmesssystems liefert nicht mehr die für die Optimierung des Lichtschutzsystems erforderlichen Daten.

3 EMV

Vestas-Windenergieanlagen müssen die EMV-Richtlinie 2004/108/EG erfüllen.

Motivation für die EMV-Richtlinie ist die Gewährleistung elektromagnetischer Verträglichkeit zwischen elektrischen Geräten. Eine detaillierte Beschreibung ist in Abschnitt 3.1.1 Grundlegende EMV-Anforderungen, S. 16 zu finden.

Vestas konzentriert sich auf drei Bereiche, um die Anforderungen der europäischen EMV-Richtlinie zu erfüllen:

- Komponentenübergreifende Konformität
- Anerkannte Regeln der Technik
- Konformität der Windenergieanlagen

3.1 Rechtsvorschriften

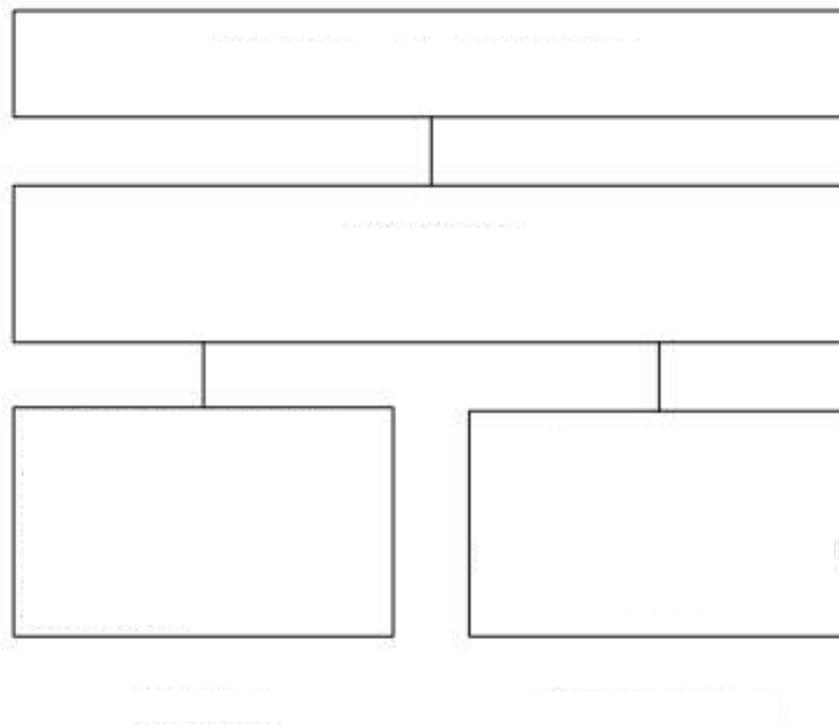


Abbildung 3-1: Rechtsvorschriften

Entwicklung und Produktion bei Vestas erfüllen die in der EMV-Richtlinie festgelegten EU-Anforderungen.

RICHTLINIE 2004/108/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Dezember 2004 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit.

Die Einhaltung der EMV-Richtlinie wird durch die in der Norm genannten Prüfungen belegt:

IEC 61400–1 „Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen“ behandelt Sicherheitsaspekte, Integrität von Qualitätssicherung und Konstruktion und legt die Sicherheitsanforderungen bei Entwicklung, Aufstellung und Betrieb von Windenergieanlagen-Generatorsystemen fest.

IEC 61400–1 nennt die grundlegenden Auslegungsanforderungen zur Gewährleistung der Konstruktionsintegrität von Windenergieanlagen. Ziel ist der angemessene Schutz vor Schäden durch unterschiedlichste Gefahren während der gesamten geplanten Lebensdauer. Diese Norm gilt für alle Untersysteme von Windenergieanlagen, darunter Steuer- und Schutzmechanismen, interne elektrische Systeme, mechanische Systeme und Trägerkonstruktionen. Diese Norm gilt für Windenergieanlagen jeder Größe.

IEC 61000–6–4:2006 + A1:2010 mit dem Titel „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen - Störaussendung für Industriebereiche“.

IEC 61000–6–4 definiert die Messmethoden und die zulässigen Grenzwerte für Industriegeräte.

Hinsichtlich Immunität gegenüber ausgestrahlter und leistungsgestrahlter Störungen erfüllen alle in der Windenergieanlage verbauten Komponenten die jeweiligen Produktstandards oder zumindest die Anforderungen der IEC 61000-6-2.

3.1.1 Grundlegende EMV-Anforderungen

Die grundlegenden EMV-Anforderungen sind in Anhang 1 der EMV-Richtlinie 2004/108/EG unter „Schutzanforderungen“ und „Besondere Anforderungen an ortsfeste Anlagen“ aufgeführt.

Schutzanforderungen:

Betriebsmittel müssen nach dem Stand der Technik so konstruiert und gefertigt sein, dass

- die von ihnen verursachten elektromagnetischen Störungen keinen Pegel erreichen, bei dem ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten oder anderen Betriebsmitteln nicht möglich ist;
- sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen hinreichend unempfindlich sind, um ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können.

3.2 Komponentenübergreifende Konformität

Zur Gewährleistung komponentenübergreifender Konformität müssen alle elektronischen Bauteile aufgrund der anspruchsvollen Blitzumgebung die

generischen EMV-Konformitätsanforderungen sowie die Zuverlässigkeitsanforderungen von Vestas erfüllen.

Die Zuverlässigkeitsanforderungen von Vestas umfassen zusätzliche EMV-Testfälle, die die Auswirkungen von Blitzschlägen behandeln.

3.3 Anerkannte Regeln der Technik

Zur Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik hat Vestas einige individuelle Richtlinien entwickelt, die sich besonders mit der Aufstellung spezieller Bauteile in einer Windenergieanlage befassen.

Die Beurteilung der EMV- und Blitzschutz-Installationsmethoden erfolgt auf Systemebene.

3.4 Konformität der Windenergieanlagen

Der Nachweis über die Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der EMV-Richtlinie wird durch Durchführung einer Messung der *endgültigen Emissionsmenge* erbracht.

Die Messungen der *endgültigen Emissionsmenge* sind verschiedene *in situ*-Messungen, die an der gesamten Windenergieanlage durchgeführt werden.

HINWEIS *In situ* kommt aus dem Lateinischen und bedeutet wörtlich „vor Ort“.

Diese Tests basieren auf den in CISPR16 definierten und gemäß CISPR11 überarbeiteten *in situ*-Messungen.

Vestas-Erdungssystem

Windenergieanlagen typ	Mk-Version
Alle Vestas-CTR	Alle Mk-Versionen

Dokumentenhistorie

Rev.-Nr.	Datum	Änderungsbeschreibung
12	08.04.2015	Vorlage und Dokumenttyp aktualisiert

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungen und technische Begriffe	2
2	Zweck	2
3	Einleitung	2
4	Systembeschreibung	3
5	Referenzdokumente	5
5.1	Liste der IEC-Normen	5
5.2	Liste der zugehörigen Dokumente	5
5.3	Referenzdokumente	7
5.3.1	Dokumente für Standardfundamente Typ 1	7
5.3.2	Dokumente für Standardfundamente von Patrick & Henderson	8
5.3.3	Dokumente für in Nordamerika verbreitete Fundamente	9
5.3.4	Dokumente für Offshore-Einzelpfahlgründung	9
5.3.5	Dokumente für Pfahlgründungen von Patrick & Henderson	10
5.3.6	Dokumente für Felsgründungen	10
5.3.7	Dokumente für Ankerkorbfundamente	11

1 Abkürzungen und technische Begriffe

Abkürzung	Erläuterung
Keine	

Tabelle 1-1: Abkürzungen

Begriff	Erläuterung
Keine	

Tabelle 1-2: Erläuterung von Begriffen

2 Zweck

Dieses Dokument enthält die technische Beschreibung des Vestas-Erdungssystems

3 Einleitung

Das Vestas-Erdungssystem besteht aus einzelnen Erdungselektroden, die zu einem gemeinsamen Erdungssystem verbunden sind.

Das Vestas-Erdungssystem ist als Sicherheitserdung und Funktionserdung konzipiert.

Das Vestas-Erdungssystem besteht aus den folgenden Untersystemen:

- Mittelspannungssystem,
- Niederspannungssystem,
- Blitzschutzsystem,
- Fundamenterdung,
- Erdung zwischen Windenergieanlagen.

In jedem Erdungsdokument werden je nach verwendetem Fundamenttyp verschiedene Arbeitsanweisungen angegeben. Siehe Kapitel 5.2 Liste der zugehörigen Dokumente, S. 5.

Die Blitzschutzfunktion ist in das Vestas-Erdungssystem integriert.

Ein Teil des Vestas-Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zur Windenergieanlage befindet. Die Erdungselektroden werden mit der Haupterdungsschiene verbunden. Zusätzlich sind an allen ankommenden und abgehenden Kabeln der Windenergieanlage Potenzialausgleichsverbindungen installiert.

Die Spezifikationen und die Arbeitsanweisung für das Vestas-Erdungssystem entsprechen den Mindestanforderungen von Vestas und den IEC-Normen. Regionale und nationale Anforderungen können zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

4 Systembeschreibung

Das Vestas-Erdungssystem für einzelne Windenergieanlagen besteht aus den folgenden beiden einzelnen Erdungsmethoden:

1. Fundamenterdung,
2. Erdverbindungskabel (horizontale Erdungselektrode).

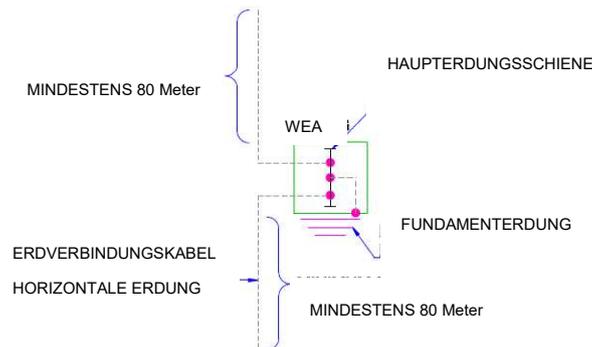


Abbildung 4-1: Vestas-Erdungssystem für eine einzelne Windenergieanlage
(Zeichnungsnr.: 934675)

Die Windenergieanlagen in einem Windpark oder Netz von Windenergieanlagen sind zusätzlich mit Erdverbindungskabeln verbunden.

Dieses Erdverbindungskabel ist sowohl Teil des Erdungssystems als auch Teil des Blitzschutzes. Zwischen den einzelnen Windenergieanlagen und dem Umspannwerk verlaufen Mittelspannungskabel.

Vestas-Erdungssystem

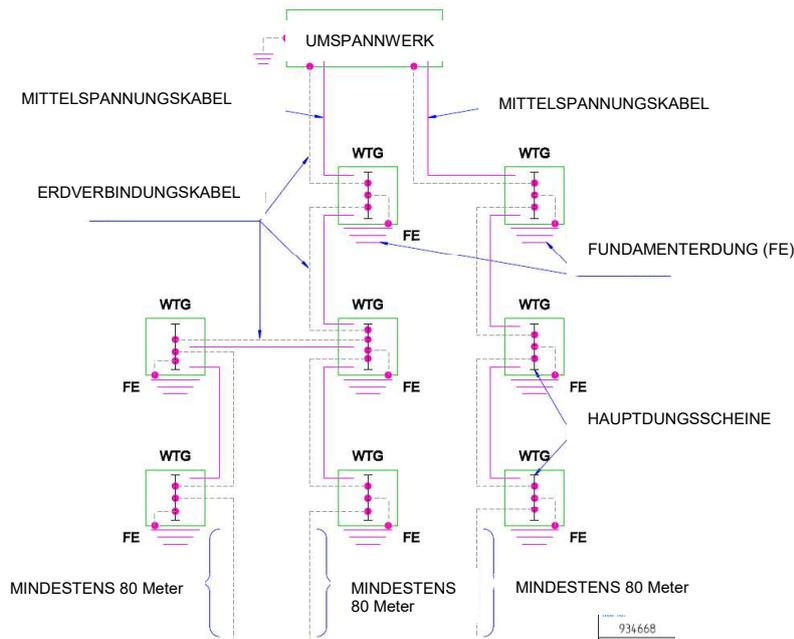


Abbildung 4-2: Erdungssystem in einem Netz (Transformator und Schaltanlage in der Windenergieanlage) (Zeichnungsnr.: 934668)

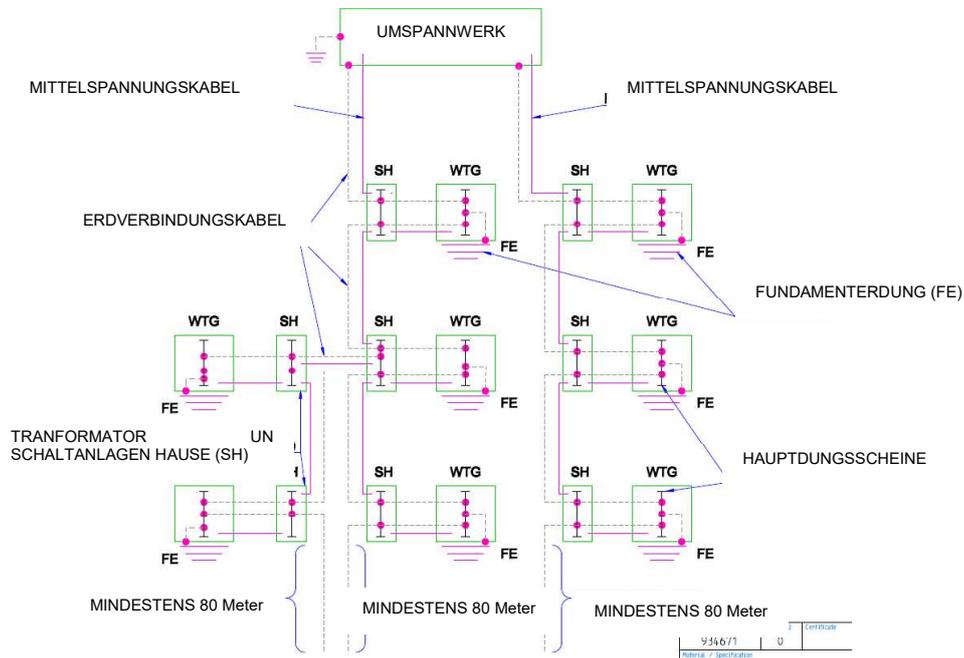


Abbildung 4-3: Erdungssystem in einem Netz (Transformator und/oder Schaltanlage außerhalb der Windenergieanlage) (Zeichnungsnr.: 934671)

5 Referenzdokumente

5.1 Liste der IEC-Normen

Die Bauweise des Vestas-Erdungssystems basiert auf und entspricht den Anforderungen der folgenden internationalen Normen und Richtlinien:

Dokumentennr.	Titel
IEC 61400-24	Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz
IEC 60364-5-54	Zweite Ausgabe 2002-06. Elektrische Anlagen in Gebäuden – Teil 5-54: Auswählen und Montieren von elektrischer Ausrüstung – Erdung, Schutzleiter und Potenzialausgleichsleiter
IEC 61936-1	Erste Ausgabe 2002-10. Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV - Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

5.2 Liste der zugehörigen Dokumente

In den im nachfolgenden Diagramm aufgeführten Dokumenten wird eine ausführliche Beschreibung des Erdungssystems gegeben. Die Dokumente werden in Abhängigkeit vom Fundamenttyp in verschiedene Modelle eingeteilt.

Nach der Auswahl des zu verwendenden Fundamenttyps sind die zum jeweiligen Fundamenttyp gehörigen Dokumente mit der ausführlichen Beschreibung des Erdungssystems einzusehen. Diese Liste von Dokumenten enthält Arbeitsanweisungen und Spezifikationen zur Qualitätskontrolle.

Im Erdungsüberblickdiagramm sind die zum Vestas-Erdungssystem gehörigen Dokumente angegeben. Siehe Abbildung 5-1, S. 6.

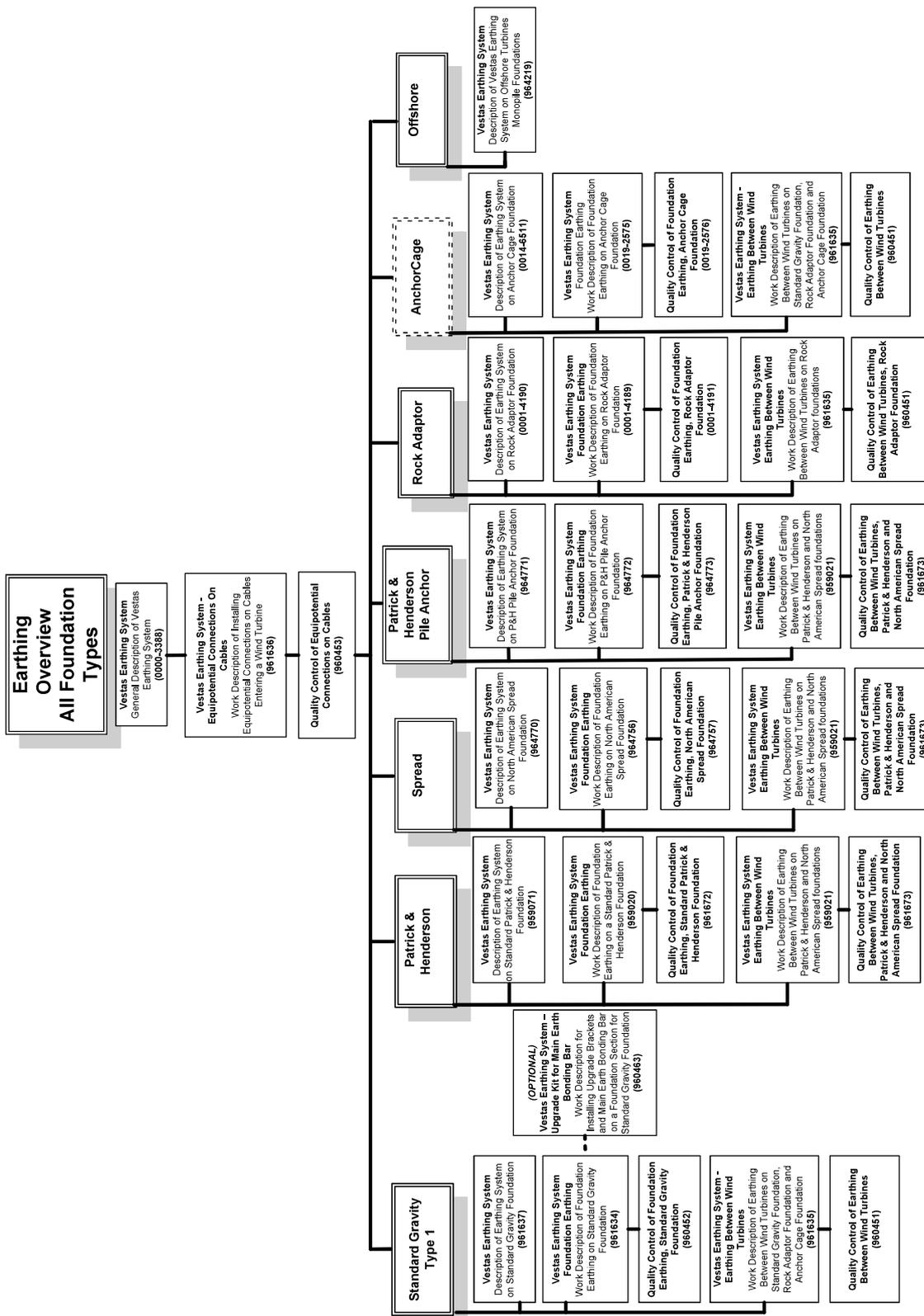


Abbildung 5-1: Erdungsüberblick

5.3 Referenzdokumente

5.3.1 Dokumente für Standardfundamente Typ 1

Dokumentennr.	Titel
961637	Vestas-Erdungssystem Beschreibung des Erdungssystems bei Standard-Schwerkraftfundamenten
961634	Fundamenterdung. Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung bei Standard-Schwerkraftfundamenten vom Typ 1
960452	Qualitätskontrolle der Fundamenterdung, Standard-Schwerkraftfundament
961635	Erdung zwischen Windenergieanlagen. Arbeitsanweisung für die Erdung zwischen Windenergieanlagen.
960451	Qualitätskontrolle der Erdung zwischen Windenergieanlagen
961636	Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln. Arbeitsanweisung für die Installation von Potentialausgleichsverbindungen von Kabeln, die in Windenergieanlagen eingeführt werden.
960453	Qualitätskontrolle der Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln
961699	Vestas-Erdungssystem, Erdungswiderstandsberechnung

Tabelle 5-1: Referenzdokumente für Standardfundamente vom Typ 1

5.3.2 Dokumente für Standardfundamente von Patrick & Henderson

Dokumentennr.	Titel
959071	Vestas-Erdungssystem Beschreibung des Erdungssystems bei Standardfundamenten von Patrick & Henderson
959020	Fundamenterdung. Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung bei Standardfundamenten von Patrick & Henderson
961672	Qualitätskontrolle der Fundamenterdung, Standardfundamente von Patrick & Henderson
959021	Erdung zwischen Windenergieanlagen. Arbeitsanweisung für die Erdung zwischen Windenergieanlagen bei Fundamenten von Patrick & Henderson und in Nordamerika verbreiteten Fundamenten
961673	Qualitätskontrolle der Erdung zwischen Windenergieanlagen
961636	Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln. Arbeitsanweisung für Potentialausgleichsverbindungen von Kabeln zu Windenergieanlagen
960453	Qualitätskontrolle der Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln
961699	Vestas-Erdungssystem, Erdungswiderstandsberechnung

Tabelle 5-2: Referenzdokumente für Standardfundamente von Patrick & Henderson

5.3.7 Dokumente für Ankerkorbfundamente

Dokumentennr.	Titel
0014-6511	Vestas-Erdungssystem Beschreibung des Erdungssystems bei Ankerkorbfundamenten
0019-2575	Vestas-Erdungssystem Fundamenterdung Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung für Ankerkorbfundamente
0019-2576	Qualitätskontrolle der Fundamenterdung, Ankerkorbfundament
961635	Vestas-Erdungssystem – Erdung zwischen Windenergieanlagen, Arbeitsanweisung für die Erdung zwischen Windenergieanlagen
960451	Qualitätskontrolle der Erdung zwischen Windenergieanlagen
961636	Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln. Arbeitsanweisung für Potentialausgleichsverbindungen von Kabeln zu Windenergieanlagen
960453	Qualitätskontrolle der Potentialausgleichsverbindungen bei Kabeln

Tabelle 5-7: Referenzdokumente für Ankerkorbfundamente

Dies Dokument ist eine Übersetzung (DE) des englischen Originaldokuments (0014-6511.V01). Die Übersetzung wurde beauftragt durch Vestas Central Europe.

Class 1

Document no.: 0014-6511 V01.2
30.06.2011 (korrigiert am 26.10.2012)

Vestas Erdungssystem

Beschreibung eines Erdungssystems für Ankerkorbfundamente

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
1.1	Zugehörige Dokumente	4
1.2	Liste der IEC-Normen	4
1.3	Grundlegende Konstruktionskriterien und Voraussetzungen	4
1.3.1	Blitzschutz	5
1.3.2	Mittelspannung	5
2	Haupterdungsschiene	6
3	Blitzschutzerdungssystem	9
3.1	Verweis auf IEC-Normen	9
3.2	Systembeschreibung	10
3.3	Aufbau und Konstruktion.....	11
4	Erdungssystem für Niederspannung	12
4.1	Verweis auf IEC-Normen	12
4.2	Systembeschreibung	12
4.3	Aufbau und Konstruktion.....	13
4.4	Haftung und Verantwortlichkeit	13
5	Erdungssystem für Mittelspannung	13
5.1	Verweis auf IEC-Normen	13
5.2	Systembeschreibung	13
5.3	Aufbau und Konstruktion.....	15
6	Erdung während der Windenergieanlagen-Montage	16

1 Vorwort

Das Vestas Erdungssystem besteht aus einzelnen Erdungselektroden, die zu einem gemeinsamen Erdungssystem verbunden sind.

In diesem Dokument werden das Erdungssystem und der Hintergrund für ein Ankerkorbfundament beschrieben

Das Vestas Erdungssystem ist als Sicherheitserdung und Funktionserdung konzipiert.

Das Vestas Erdungssystem besteht aus den folgenden Untersystemen:

- Mittelspannungssystem
- Niederspannungssystem
- Blitzschutzsystem
- Fundamenterdung
- Erdung zwischen Windenergieanlagen.

Bezüglich des Blitzschutzes der Windenergieanlage fordert Vestas für dieses System keinen bestimmten Widerstand zur Bezugserde. Die Erdung der Blitzschutzsysteme basiert auf dem Aufbau und der Konstruktion des Vestas Erdungssystems.

Ein Teil des Vestas Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zur Windenergieanlage befindet. Die Erdungselektroden werden mit der Haupterdungsschiene verbunden. Zusätzlich sind Potenzialausgleichsverbindungen an allen Zu- oder Ableitungen der Windenergieanlage installiert.

Die Spezifikationen und die Arbeitsanweisung für das Vestas Erdungssystem entsprechen den Mindestanforderungen von Vestas und den IEC-Normen. Örtliche und nationale Anforderungen können zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

Wenn aus irgendeinem Grund die Entfernung zwischen den Windenergieanlagen und dem Umspannwerk den Einsatz doppelter Verbindungen, wie in Abschnitt 1.3.2 Mittelspannung, S.5, dargestellt, nicht erlaubt, sind die Anforderungen an das Vestas Erdungssystem nicht erfüllt. Die Konstruktion und die Konstruktionsgrundsätze, die in diesem Dokument beschrieben werden, sind unwirksam. Vestas haftet nicht für die Auslegung des Erdungssystems.

Wenn das Vestas Erdungssystem in irgendeiner Weise geändert wird, muss durch Fallstudien sichergestellt werden, dass die alternative Konstruktion ausreichend Schutz für die Windenergieanlagen durch Sicherheitserdung und Funktionserdung bietet. Die Konstruktion muss geltende örtliche, nationale und Projektanforderungen einhalten.

1.1 Zugehörige Dokumente

Dokumentennr.	Titel
0019-2575	Vestas Erdungssystem - Fundamenterdung - Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung für Ankerkorbfundamente
0019-2576	Qualitätskontrolle der Fundamenterdung, Ankerkorbfundament
961635	Erdung zwischen Windenergieanlagen. Arbeitsanweisung für die Erdung zwischen Windenergieanlagen
960451	Qualitätskontrolle der Erdung zwischen Windenergieanlagen
961636	Potenzialausgleichsverbindungen bei Kabeln. Arbeitsanweisung für die Montage von Potenzialausgleichsverbindungen von Kabeln, die in Windenergieanlagen eingeführt werden.

Tabelle 1-1: Erforderliche Dokumentation.

1.2 Liste der IEC-Normen

Die Konstruktion des Vestas Erdungssystems basiert auf und entspricht den Anforderungen der folgenden internationalen Normen und Richtlinien:

- IEC 61400-24. Wind turbines - Part 24: Lightning protection (Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz).
- IEC 60364-5-54. Zweite Ausgabe. 06/2002. Electrical installations of buildings - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors (Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Aufstellung von elektrischer Ausrüstung - Erdung, Schutzleiter und Potenzialausgleichsleiter).
- IEC 61936-1. Erstaussgabe. 10/2002. Power installations exceeding 1kV a.c.- Part 1: Common rules (Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Regeln).

1.3 Grundlegende Konstruktionskriterien und Voraussetzungen

In den folgenden Unterkapiteln werden die grundlegenden Konstruktionskriterien und Voraussetzungen beschrieben, mit denen Vestas Wind Systems A/S die Anforderungen der spezifischen Normen erfüllt.

Die Normen erlauben verschiedene Möglichkeiten, die ausgewählt werden können, um festzulegen, wie die Norm erfüllt wird.

1.3.1 Blitzschutz

Das Erdungssystem ist bezüglich der Blitzschutzanlage und die Windenergieanlagen auf einer „Typ B-Anordnung“ aufgebaut, gemäß IEC 61400-24 Wind turbine - Part 24: Lightning protection (Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz).

Auf der Grundlage der Normen besteht das Vestas Erdungssystem aus einer Einheit für die Fundamenterde und mindestens zwei horizontalen Erdungselektroden (Verbindungskabel).

Die Normen fordern bezüglich des Blitzschutzes in diesem Erdungssystem keinen Mindestwiderstand zur Bezugserde. Basierend auf der Erfüllung der oben genannten Anforderungen spielen die Bodenverhältnisse um die Windenergieanlage und dem Fundament zwar keine Rolle, entscheidend ist aber die Ausdehnung von Fundament und zusätzlichen horizontalen Erdungselektroden.

Maßnahmen zum Schutz von Personen vor Verletzungen durch Berührungs- oder Schrittspannungen gemäß IEC 61400-24 werden durch die folgenden Maßnahmen abgedeckt:

- Die Ableitungen in der Windenergieanlage sind so ausgelegt, dass die Berührungsspannung auf einem vertretbaren Niveau gehalten wird, um Personen vor Verletzungen zu schützen. Die Ableitungen der Blitzschutzanlage bestehen aus dem gesamten Turmaufbau (natürliche Ableitung), der praktisch einen großen, umfassenden Metallrahmen darstellt.
- Durch Potenzialausgleich der Konstruktionen und der umgebenden Erde mittels eines vermaschten Erdungssystems wird die Schrittspannung auf einem unbedenklichen Niveau realisiert, um Personen vor Verletzungen zu schützen. Bei dieser Konstruktion wird dies durch Anschluss des gemeinsamen Erdungssystems mit allen Stahlstäben im Fundament an die Erdverbindungskabel zwischen den Windenergieanlagen erreicht.

1.3.2 Mittelspannung

Das Erdungssystem für Mittelspannung für Windenergieanlagen ist ein mehrfach geerdetes System (umfassendes Erdungssystem) gemäß IEC 61936-1. Erste Ausgabe 10/2002. Power installations exceeding 1kV a.c.- Part 1: Common rules (Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Regeln).

Das Erdungssystem für Mittelspannung wird als mehrfach geerdetes System bezeichnet, da alle Windenergieanlagen und Umspannwerke über Erdverbindungskabel und konzentrische Kabelschirme oder Erdungskabel miteinander verbunden sind. Dieses bildet einen Teil der Mittelspannungskabel, die ebenfalls mit den Windenergieanlagen dem Umspannwerk verbunden sind.

Durch diese doppelten Verbindungen aller Windenergieanlagen und des Umspannwerks im gleichen Netz ist das Erdungssystem als Rückleitung für Kurzschlussströme im Stromnetz nicht abhängig von der Erde bzw. dem Boden.

Aufgrund dieser Annahme sind die Bodenverhältnisse um die Windenergieanlage und der Widerstand zur Bezugserde des Erdungssystems nicht relevant, da alle Kurzschlussströme durch direkte Verbindungen bekannter Auslegung und Längen abgewickelt werden.

2 Haupterdungsschiene

Eine Haupterdungsschiene wird im Turmfuß installiert. Alle Erdungsverbindungen werden direkt mit dieser Schiene verbunden. Zusätzlich werden Potenzialausgleichsverbindungen an allen Kabeln oder Kabelschirmen direkt nach Eintritt der Kabel in die Windenergieanlage installiert.

Die Potenzialausgleichsverbindungen an allen Kabeln sichern die Einhaltung der strikten Vorgehensweise im Blitzschutzkonzept, das Grundlage der gesamten Blitzschutzanlage für Vestas Windenergieanlagen gemäß IEC-Normen ist. Die Verbindungen werden darüber hinaus auch durchgeführt, um große Stromschleifen im Turm zu vermeiden, die zu gefährlichen Induktionsspannungen in der Steuerung der Windenergieanlage führen können.

Die Haupterdungsschiene wird direkt an den Grundrahmen auf der Rückseite der Schaltanlage, die direkt auf die Fundamentsektion des Turms montiert ist, geschraubt. Die Haupterdungsschiene ist direkt mit dem Turm und allen anderen Metallteilen der Windenergieanlage über zwei 50 mm² starke Kupfererdungskabel verbunden.

Die Anordnung der Haupterdungsschiene ist in Abbildung 2-1, S. 6 dargestellt. Die Abmessungen der Haupterdungsschiene sind in Abbildung 2-5, S. 8 dargestellt.

Die Schaltanlage ist in drei Versionen verfügbar: mit zwei, drei und vier Konsolen. Die Montage der Haupterdungsschiene an den drei verschiedenen Versionen ist in Abbildung 2-2, S. 7, Abbildung 2-3, S. 7 und Abbildung 2-4 S. 7, dargestellt.

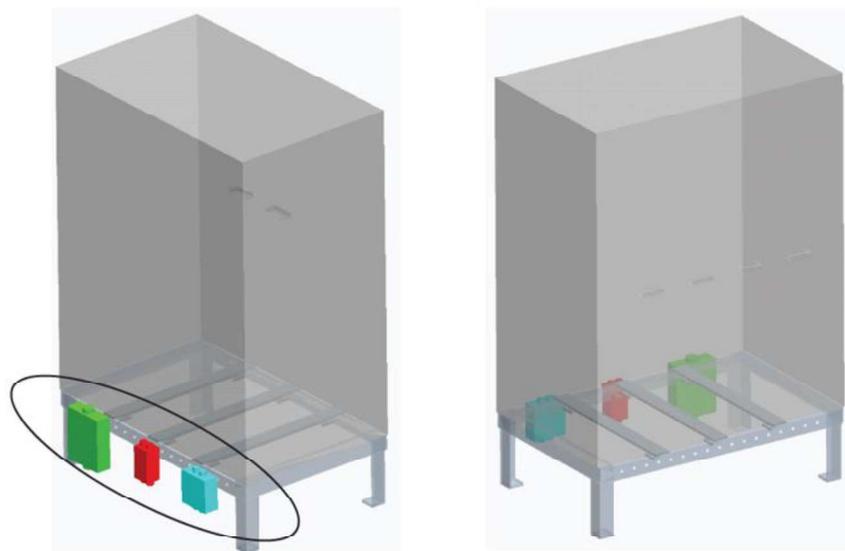


Abbildung 2-1: Platzierung der Haupterdungsschiene auf der Rückseite der Schaltanlage.



Abbildung 2-2: Auf der Rückseite eines Grundrahmens mit vier Konsolen montierte Haupterdungsschiene.



Abbildung 2-3: Auf der Rückseite eines Grundrahmens mit drei Konsolen montierte Haupterdungsschiene.



Abbildung 2-4: Auf der Rückseite eines Grundrahmens mit zwei Konsolen montierte Haupterdungsschiene.

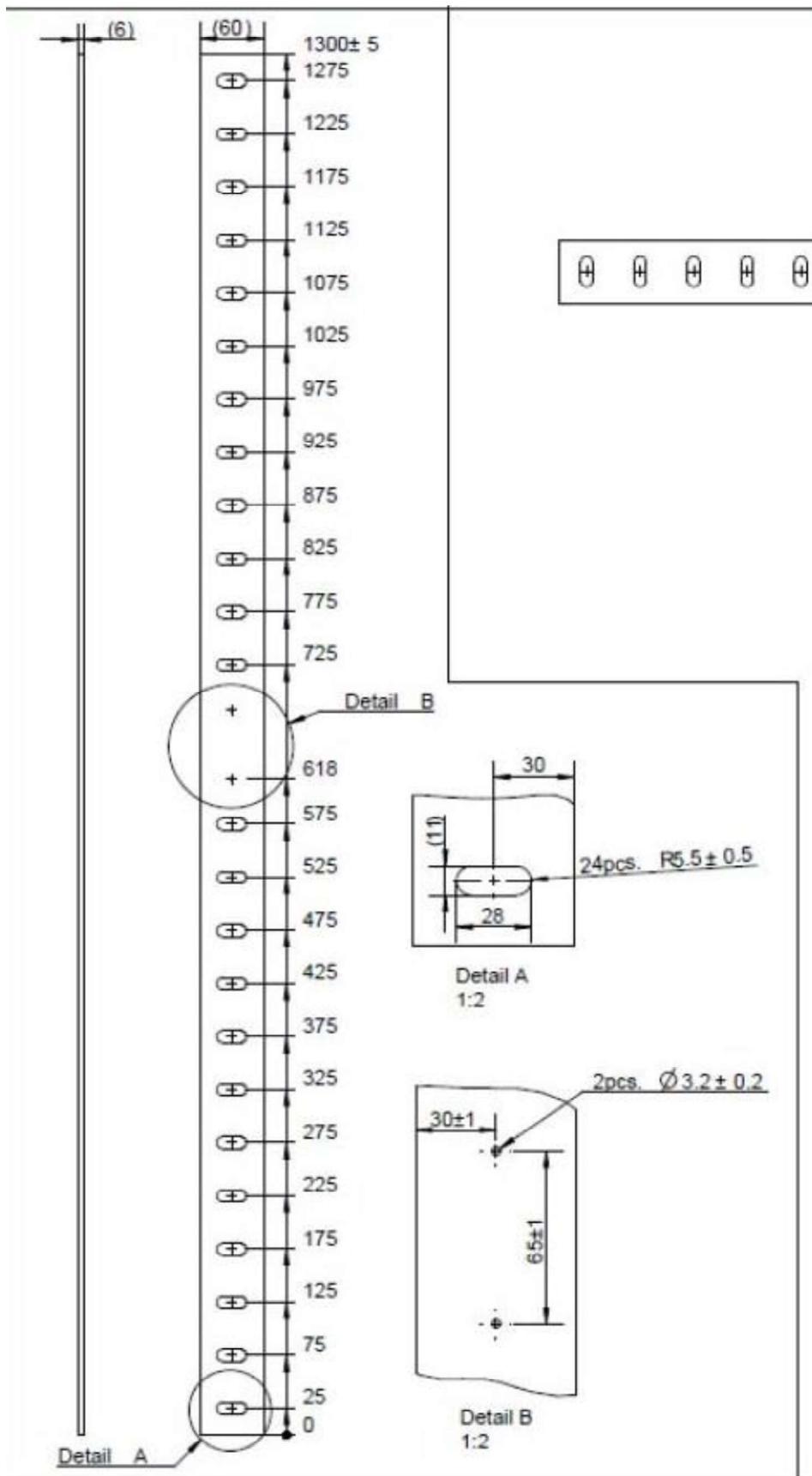


Abbildung 2-5: Abmessungen der Haupterdungsschiene.

Kabelschirme oder konzentrischer Erdungsdraht in allen Mittelspannungskabeln, die in den Turm führen, werden mit der Haupterdungsschiene verbunden. Sie werden direkt am Eintrittspunkt angeschlossen, es sei denn, die Schaltanlage befindet sich auf der unteren Bodenplatte am Eintrittsort der Mittelspannungskabel.

Lichtwellenleiterkabel mit Metallkabelschirmen und anderen metallischen Komponenten sind auch direkt mit der Haupterdungsschiene am Eintrittspunkt verbunden.

Alle konventionellen Kupfersignal-, Kupfersteuer- oder Kupferkommunikationskabel müssen in die Windenergieanlage über Überspannungsableiter führen, die in einem Potenzialausgleichskasten direkt an der Haupterdungsschiene verbunden werden.

Alle Niederspannungskabel, die in die Windenergieanlage führen (nicht das Hauptleistungskabel, aber die Versorgung für die Wetterstation, Außenbeleuchtung, Antennen usw.), müssen über Überspannungsableiter in einem Potenzialausgleichskasten in die Windenergieanlage geführt werden. Dieser Kasten enthält Überspannungsableiter für die Stromversorgungskabel, die in die Windenergieanlage hinein- oder aus dieser herausführen. Die Anzahl der Potenzialausgleichskästen ist abhängig von der Anzahl der Kabel, die in die Windenergieanlage führen.

Eine ausführliche Beschreibung, wie die Kabel und Kabelschirme mit der Haupterdungsschiene verbunden werden, enthält Dokument 961636 „Vestas Erdungssystem – Potenzialausgleichsverbindungen bei Kabeln“.

Lichtwellenleiterkabel ohne metallische Komponenten, die von Vestas freigegeben sind, können in die Windenergieanlage führen, ohne dass sie mit der Haupterdungsschiene verbunden werden müssen.

3 Blitzschutzerdungssystem

3.1 Verweis auf IEC-Normen

Die Konstruktion des Vestas Erdungssystems basiert auf und entspricht den folgenden internationalen Normen und Richtlinien in Bezug auf Blitzschutzerdungsanlagen:

- IEC 61400-24. Wind turbines - Part 24: Lightning protection (Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz).

Vestas stellt ein genehmigtes Erdungssystem für Ankerkorbfundamente mit Stahlrohrtürmen zur Verfügung.

Die Konstruktionsdokumentation umfasst:

- ein Dokument, das die Fundamenterdung an jedem Windenergieanlagen-Standort beschreibt
- ein Dokument, das die Erdung zwischen den Windenergieanlagen und/oder einem Umspannwerk beschreibt
- ein Dokument, das die Potenzialausgleichsverbindungen aller Kabel, die in eine Windenergieanlage führen, beschreibt und

- ein Dokument, das die Anforderungen an ein gesamtes Vestas Erdungssystem beschreibt.

3.2 Systembeschreibung

Das im Vestas Erdungssystem enthaltene Blitzschutzsystem besteht aus den folgenden drei einzelnen Erdungseinheiten:

- Die Fundamenterdung
- Die Erdverbindungskabel (horizontale Erdungselektrode) für eine einzelne Windenergieanlage
- Die verbundenen Erdverbindungskabel in einem Windpark oder in einem Stromnetz

Die beiden horizontalen Erdungselektroden sollen in verschiedene Richtungen bei einem Winkel von mindestens 90 Grad laufen. Der Abstand zwischen den Windenergieanlagen muss mindestens 80 Meter betragen. Nur die ersten 80 Meter der zwischen den Windenergieanlagen verlaufenden Erdverbindungskabel tragen positiv zur Erdung von Hochfrequenzblitzströmen bei.

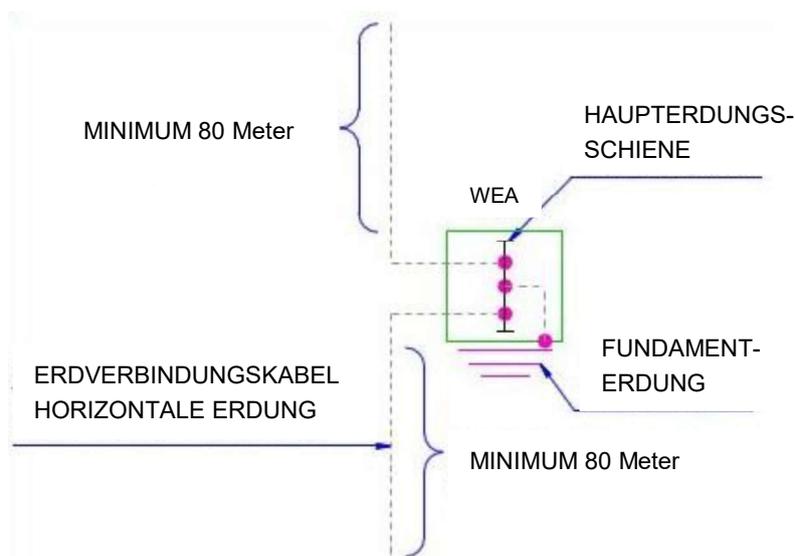


Abbildung 3-1: Prinzipdarstellung des Vestas Erdungssystems.
(Zeichnungsnummer 934675)

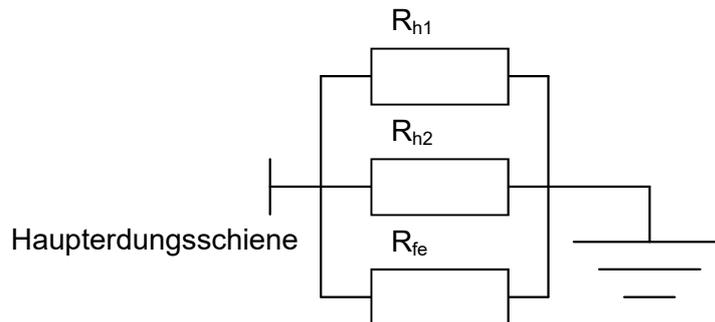


Abbildung 3-2: Ersatzschaltbild des Vestas Erdungssystems.

- R_{h1} Horizontale Erdung 1.
 R_{h2} Horizontale Erdung 2.
 R_{fe} Fundamenterdung

3.3 Aufbau und Konstruktion

Das Vestas Erdungssystem ist als „Typ B-Anordnung“ ausgelegt und basiert auf einer Fundamenterdung und mindestens zwei ergänzenden horizontalen Erdungselektroden. Die Erdungselektroden haben eine Mindestlänge von 40 Metern. Daher bestehen bezüglich des Blitzschutzes in diesem System keine Anforderungen an einen bestimmten Mindestwiderstand zur Bezugserde. Zuweilen fordern lokale Anforderungen aus anderen Gründen einen bestimmten Mindestwiderstand zur Bezugserde. Dieser Punkt wird später beschrieben.

Die Leiter in diesem System bestehen aus unisolierten 50-mm²-Kupferdrahtkabeln und Stahlbewehrungsstäben im Betonfundament. Alle Verbindungen in diesem System werden doppelt ausgeführt.

Alle Teile des Erdungssystems haben das gleiche galvanische Potenzial. Auf diese Weise tritt keine galvanische Korrosion im Erdungssystem auf, vorausgesetzt, dass nur in der Arbeitsanweisung von Vestas spezifizierte Teile in diesem System verwendet werden.

Zusätzliche Erdungselektroden können außerhalb des Fundaments der Windenergieanlage an das System angeschlossen werden. Diese zusätzlichen Erdungselektroden oder Leiter müssen jedoch zum Schutz vor Korrosion aus Kupfer und/oder Edelstahl bestehen.

Die 50-mm²-Kupferdrahtkabel (AWG 1/0), die in das stahlarmierte Betonfundament eingebettet sind, werden alle 5 Meter entlang des Erdungskabels mit Kabelklemmen verbunden, damit eine sichere Verbindung zwischen dem Kupfererdungskabel und den kreuzenden Stahlbewehrungsstäben gewährleistet wird. Das Kupfererdungskabel wird weiterhin an allen kreuzenden Stahlbewehrungsstäben mit Stahldrahtverbindern befestigt.

HINWEIS In den folgenden Dokumenten wird die Fundamenterdung bei Windenergieanlagen beschrieben:

0019-2575 Vestas Erdungssystem – Fundamenterdung – Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung für Ankerkorbfundamente

0019-2576 Qualitätskontrolle der Fundamenterdung, Ankerkorbfundament.

HINWEIS In den folgenden Dokumenten wird die Erdung zwischen den Windenergieanlagen beschrieben:

961635 Vestas Erdungssystem – Erdung zwischen Windenergieanlagen – Arbeitsanweisung für die Erdung zwischen Windenergieanlagen.

960451 Qualitätskontrolle der Erdung zwischen Windenergieanlagen

HINWEIS Für eine ausführliche Beschreibung der Potenzialausgleichsverbindungen bei Kabeln zu einer Windenergieanlage siehe 961636 „Vestas Erdungssystem – Potenzialausgleichsverbindungen bei Kabeln“.

Diese Beschreibungen enthalten auch die Mindestanforderungen zur Prüfung während und nach den Montagearbeiten.

Alle Erdungsverbindungen und Ableitungen werden mit der Haupterdungsschiene im Turmfuß verbunden. Alle Zuleitungskabel (Kabelschirme) werden auch mit der Haupterdungsschiene verbunden.

Alle metallischen Teile in und in unmittelbarer Reichweite der Windenergieanlage sind miteinander verbunden und mit dem Fundamenterdungssystem verbunden. Daher werden alle Teile und die umgebende Erde auf das gleiche Potenzial gehoben, wenn im Erdungssystem Ströme auftreten. Wenn alle metallischen Teile und die umgebende Erde auf das gleiche Potenzial gehoben werden, kann keine Berührungsspannung oder Schrittspannung entstehen.

4 Erdungssystem für Niederspannung

4.1 Verweis auf IEC-Normen

Die Konstruktion des Vestas Erdungssystems basiert auf und entspricht den folgenden internationalen Normen in Bezug auf Niederspannungssysteme:

- IEC 60364-5-54. Zweite Ausgabe. 06/2002. Electrical installations of buildings - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors (Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Aufstellung von elektrischer Ausrüstung - Erdung, Schutzleiter und Potenzialausgleichsleiter).

4.2 Systembeschreibung

Das Vestas Erdungssystem für die Niederspannungsanlage in der Windenergieanlage entspricht der Beschreibung in Abschnitt 3.2 Systembeschreibung, S. 10.

4.3 Aufbau und Konstruktion

Der Aufbau und die Konstruktion des Vestas Erdungssystems für die Niederspannungsanlage bei Windenergieanlagen entspricht der Beschreibung in Abschnitt 3.3 Aufbau und Konstruktion, S. 11.

4.4 Haftung und Verantwortlichkeit

Vestas hat keinerlei Verantwortlichkeit, Erdungssysteme zu prüfen und abzunehmen, die von der Konstruktion des Vestas-Erdungssystems abweichen. Vestas lehnt jegliche Haftung für Konstruktionen, die von der Vestas-Konstruktion des Erdungssystems abweichen, ab.

5 Erdungssystem für Mittelspannung

5.1 Verweis auf IEC-Normen

Die Konstruktion des Vestas Erdungssystems basiert auf und entspricht den folgenden internationalen Normen in Bezug auf Mittelspannungssysteme:

- IEC 61936-1. Erstausgabe. 10/2002. Power installations exceeding 1kV a.c. - Part 1: Common rules (Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Regeln).

5.2 Systembeschreibung

Das Vestas Erdungssystem für Mittelspannung entspricht bei allen Windenergieanlagen der Beschreibung in Abschnitt 3.2 Systembeschreibung, S. 10. Jede Windenergieanlage und jedes Umspannwerk sind außerdem über ein Erdverbindungskabel miteinander verbunden, wie in Abbildung 5-1, S. 14 und Abbildung 5-2, S. 15 dargestellt.

Dieses Erdverbindungskabel ist sowohl Teil des Erdungssystems als auch Teil des Blitzschutzes der Mittelspannungskabel. Die Kabel verlaufen zwischen den einzelnen Windenergieanlagen und zwischen Windenergieanlagen und Umspannwerken.

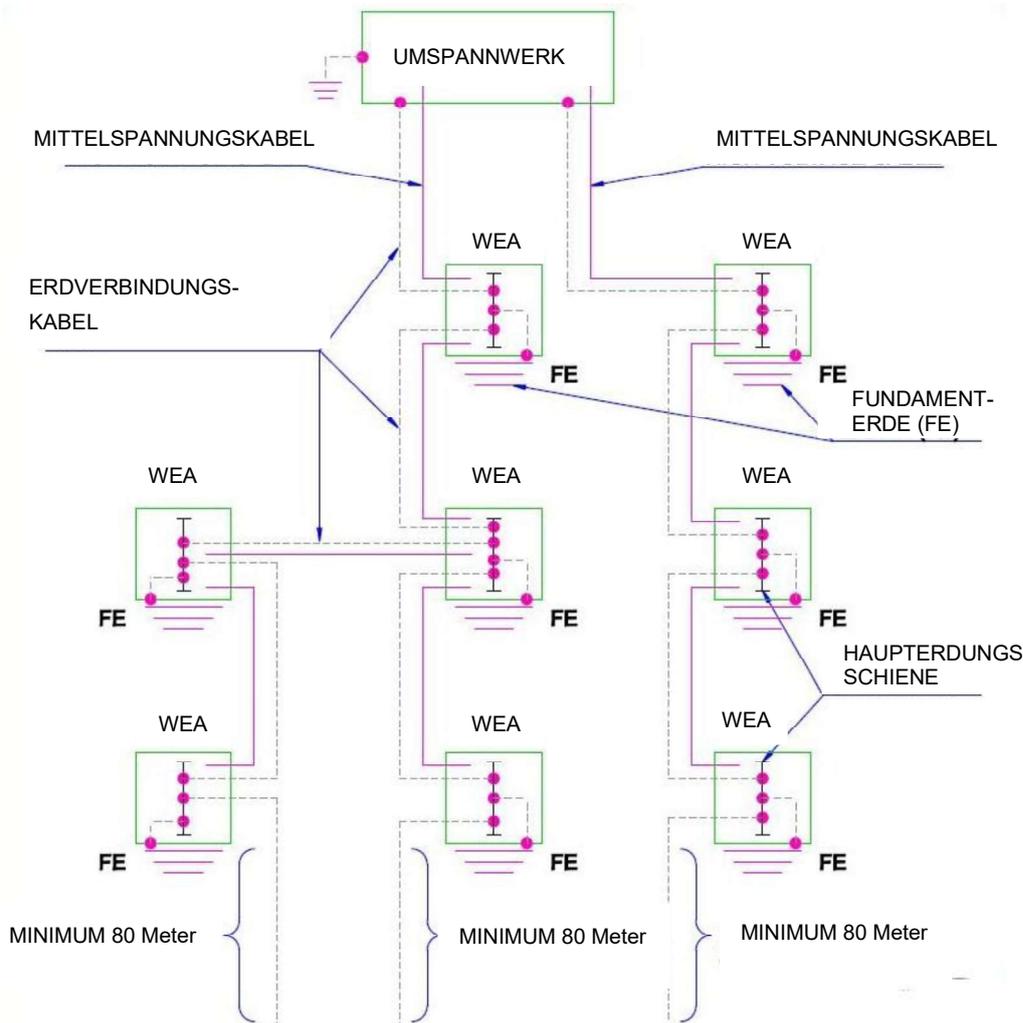


Abbildung 5-1: Prinzipdarstellung eines Erdungssystems in einem Stromnetz (Transformator und Schaltanlage in der Windenergieanlage). (Zeichnungsnummer 934668)

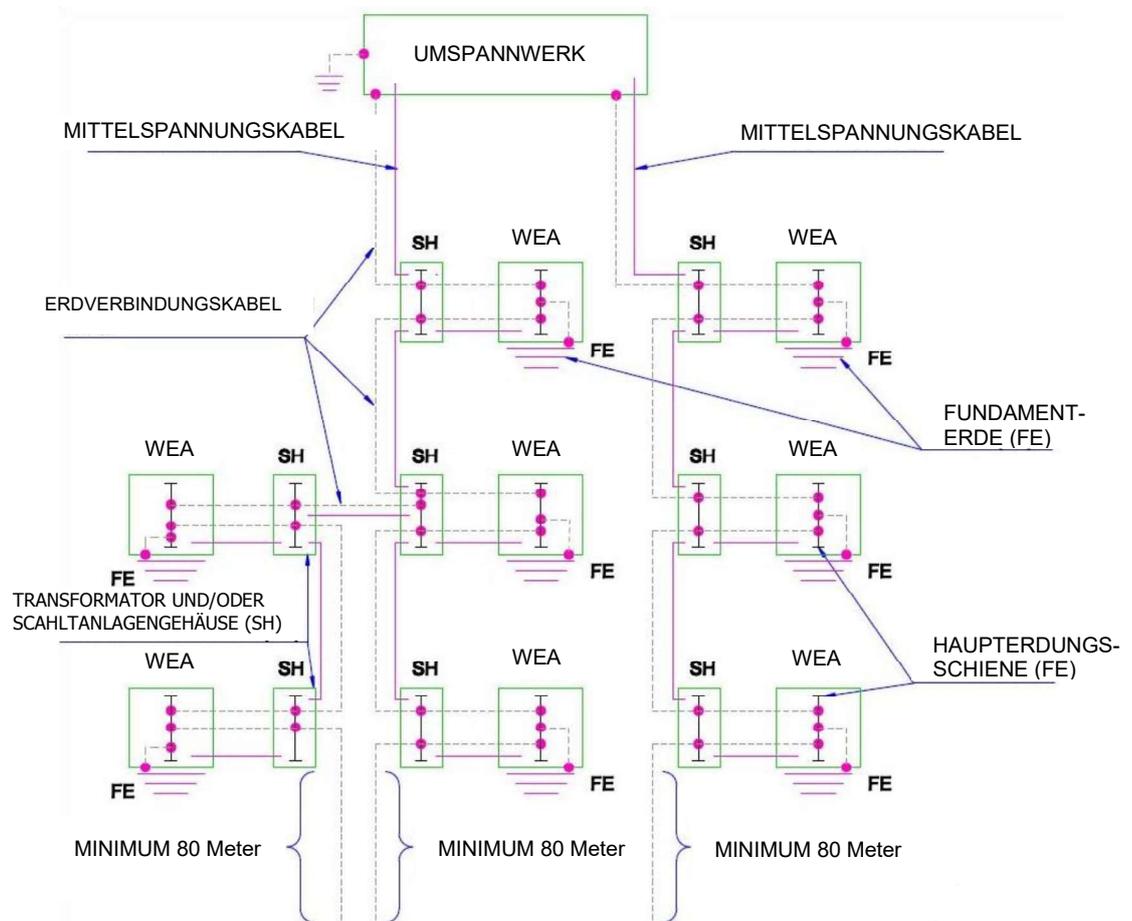


Abbildung 5-2: Prinzipdarstellung eines Erdungssystems in einem Stromnetz (Transformator und/oder Schaltanlage außerhalb der Windenergieanlage). (Zeichnungsnummer 934671)

5.3 Aufbau und Konstruktion

Der Aufbau und die Konstruktion des Vestas Erdungssystems der Mittelspannungsanlage in einer Windenergieanlage entspricht der Beschreibung in Abschnitt 3.3 Aufbau und Konstruktion, S. 11. Zusätzlich besteht das System aus unisolierten 50-mm²-Erdverbindungskabeln (AWG 1/0), die die Windenergieanlagen und wenn möglich das Umspannwerk miteinander verbinden.

Zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Schritt- und Berührungsspannung um den Turm und/oder das Schaltanlagen-/Transformatorhaus können auf der Basis von Berechnungen der Erdanschlussströme erforderlich sein. Zusätzliche Erdungselektroden zur Reduzierung der Schritt- und Berührungsspannung können an das Vestas Erdungssystem außerhalb des Fundaments angeschlossen werden. Es dürfen nur Erdungselektroden aus Kupfer bzw. Edelstahl verwendet werden, um Korrosion zu vermeiden.

6 Erdung während der Windenergieanlagen-Montage

Sobald die Erdverbindungskabel mit der Haupterdungsschiene verbunden sind, kann die Fundamenterdung als vorläufige Erdung bei der Montage der Windenergieanlage eingesetzt werden. Die Erdung erfolgt durch Anschluss an die Haupterdungsschiene.

Dieses Verfahren gilt entsprechend für alle Teile der Windenergieanlage: Rotorblatt, Rotor, Maschinenhaus, Turmsektionen usw. Dabei sollen statische Entladungen bei der Montage der Teile an der Windenergieanlage vermieden werden.

Die Fundamenterdung kann auch verwendet werden, wenn für einen Generatorsatz eine Zwischenerdung erforderlich ist.