

Dok.-Nr.: 0039-5557 V01
05.12.2013

Blitzschutz und EMV

V112-3.0 MW

V112-3.3 MW, Mk 2

V117-3.3 MW, Mk 2

V126-3.3 MW, Mk 2

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	10
2.9	Ableitungssystem vom Turmfuß zum Erdungssystem.....	10
2.10	Schutz der Elektrik und der Steuerung.....	11
2.11	Erdungsanlagen.....	11
2.11.1	Onshore-Windenergieanlage	11
2.11.2	Offshore-Windenergieanlagen	12
2.12	Prüfung	14
3	EMV	14
3.1	Rechtsvorschriften	14
3.1.1	Grundlegende EMV-Anforderungen	16
3.2	Komponentenübergreifende Konformität.....	16
3.3	Anerkannte Regeln der Technik.....	16
3.4	Konformität der Windenergieanlage.....	16

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.

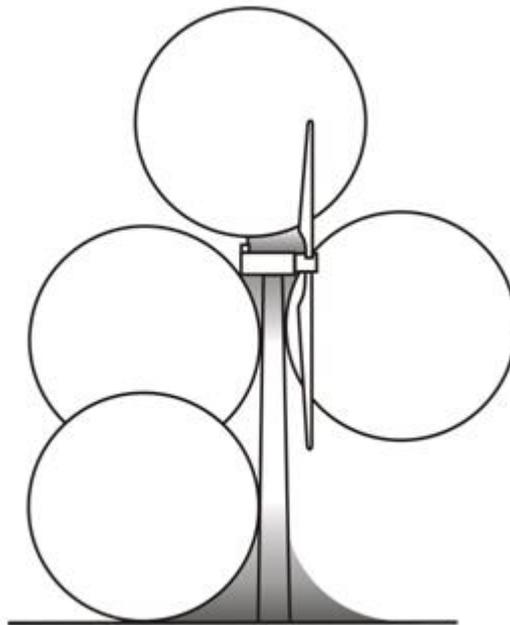


Abbildung 2-1: Das „Rollkugelverfahren“

2.3 Überblick über das Blitzschutzsystem

Die Windenergieanlage ist darauf ausgelegt, direkte Blitzeinschläge auszuhalten.

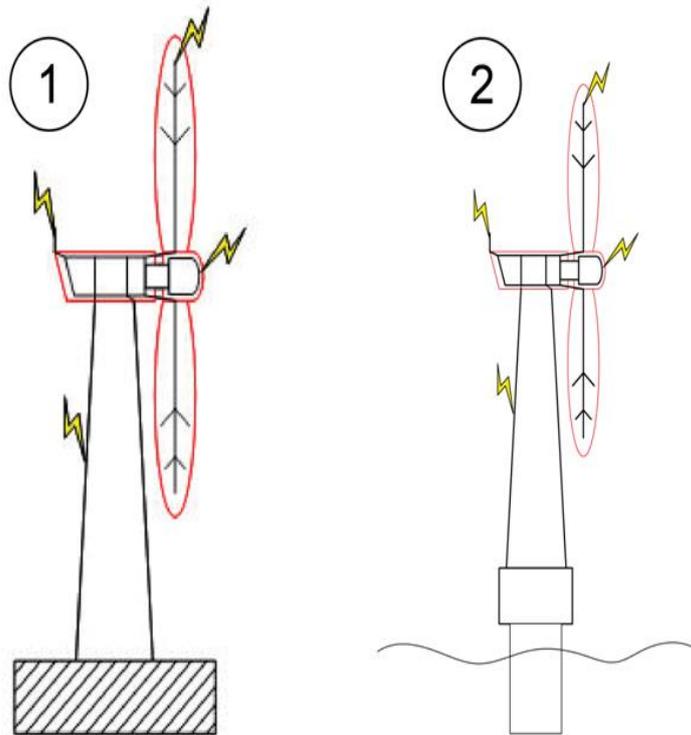


Abbildung 2-2: Blitzschlagpunkte und Blitzableitungssystem

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 auf Abbildung 2-2, 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 Blattableiter 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

V112- und V117-Rotorblätter

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.

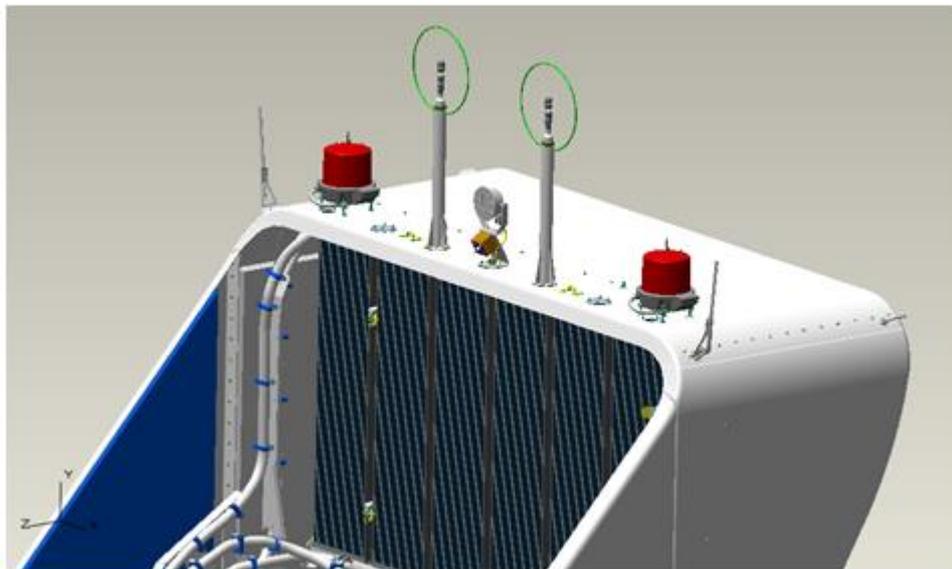


Abbildung 2-3: Ultraschall-Anemometer und Gefahrenfeuer an der Rückseite des Maschinenhausdaches (Mk-1-Variante des CoolerTop®)

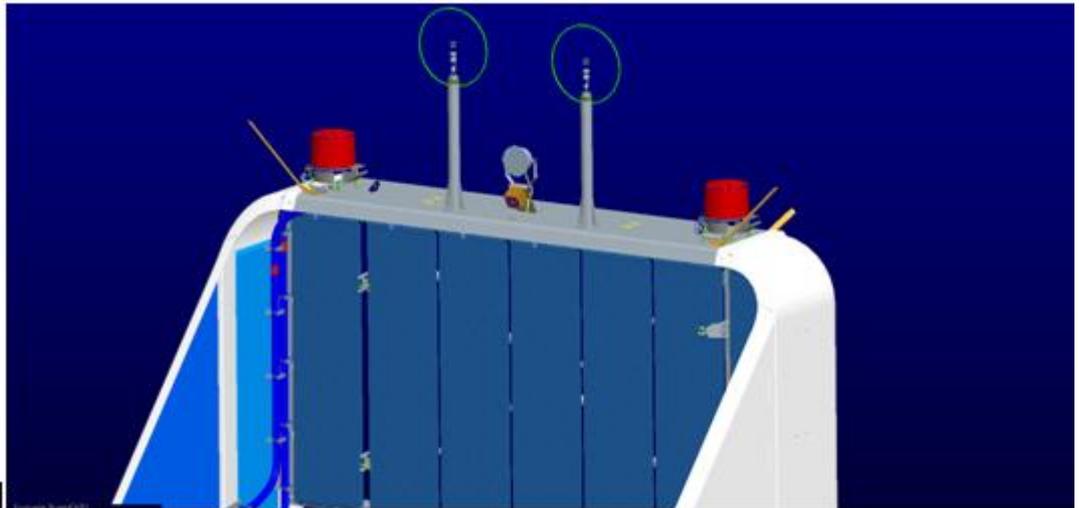


Abbildung 2-4: Ultraschall-Anemometer und Gefahrenfeuer an der Rückseite des Maschinenhausdaches (Mk-2-Variante des CoolerTop®)

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.

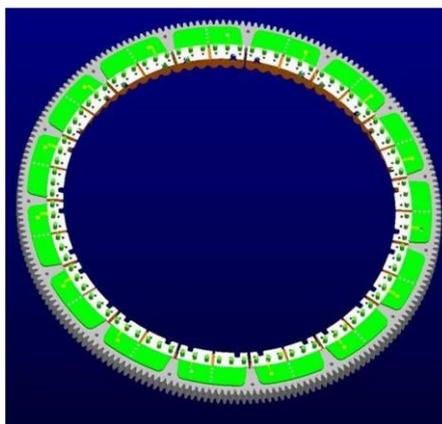


Abbildung 2-6: Windnachführungslagerschutz

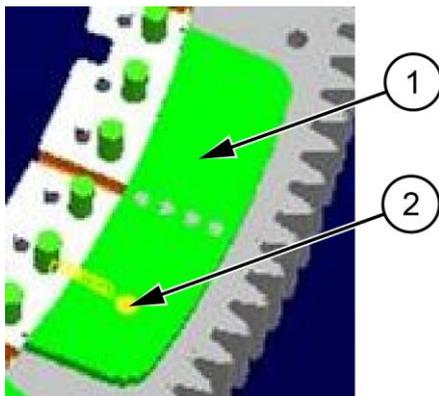


Abbildung 2-7: Ein Bronzeelement auf einer Nylon-Gleitplatte

1 Gleitplatte

2 Bronzeelement

2.8 Turmkonstruktion

Es gibt zwei Arten von Türmen: den Stahlurm und den neueren Hybridurm (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.

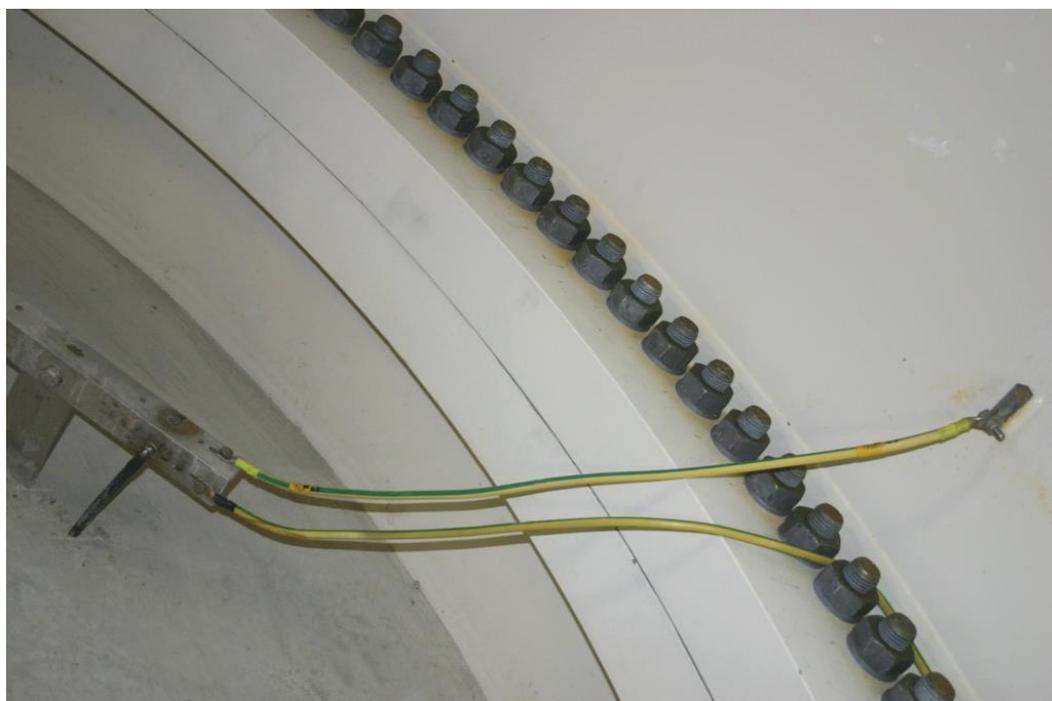


Abbildung 2-8: Verbindung zwischen Turm und Haupterdungsschiene

2.10 Schutz der Elektrik und der Steuerung

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 Hybridturm-lösung 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.

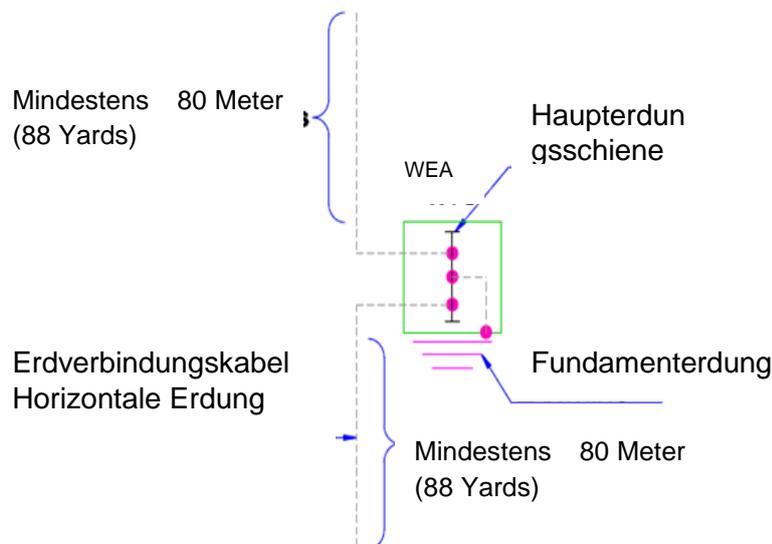


Abbildung 2-9: Prinzipdarstellung des Vestas-Erdungssystems

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 Dokument 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 und ist somit direkt mit dem Turm und allen anderen metallischen Teilen der WEA verbunden. Siehe Abbildung 2-10, S. 13 Lage der Haupterdungsschiene.

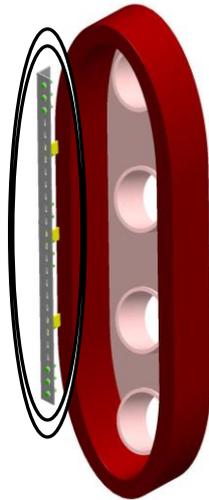


Abbildung 2-10: Mögliche Anordnung der Haupterdungsschiene

Lichtwellenkabel mit Metallkabelschirmen oder anderen metallischen Komponenten werden auch direkt mit der Haupterdungsschiene am Eintrittspunkt verbunden. Siehe Abbildung 2-11, S. 13 und Abbildung 2-12, S. 13.

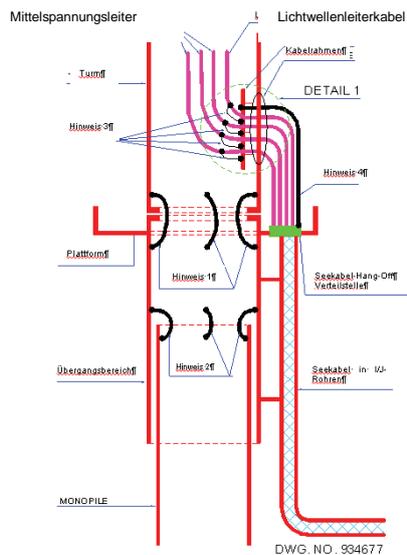


Abbildung 2-11: Prinzipdarstellung des Vestas-Erdungssystems bei J-Rohr-Aufstellung

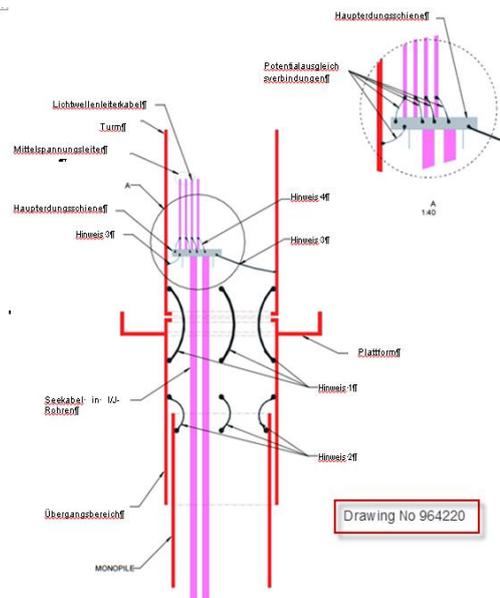


Abbildung 2-12: Prinzipdarstellung des Vestas-Erdungssystems bei I-Rohr-Aufstellung

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 Dokument 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 V112-Maschinenhauses, die sich auf die gesamte 3.3 MW-Baureihe übertragen lassen, hat Vestas beschlossen, kein Blitzmesssystem in die 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

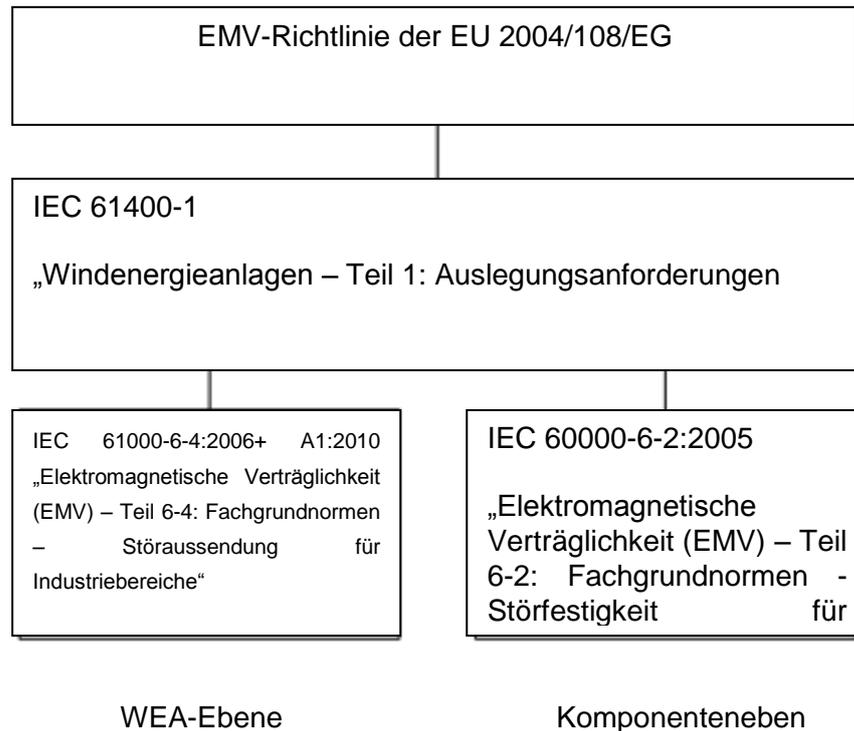


Abbildung 3-1: Rechtsvorschriften

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 Industrieeräte.

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 Windenergieanlage

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.