

# Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlagen  
Blitzschutz

**Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de  
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Simon-Hermann Wobben  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis** Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken** Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt** Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

#### Dokumentinformation

<b>Dokument-ID</b>	D0260891-7		
<b>Vermerk</b>	Originaldokument		
<b>Datum</b>	<b>Sprache</b>	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b>
2018-02-16	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

**Mitgeltende Dokumente**

Dokument-ID	Titel
DIN EN 50308:2005 (VDE 0127-100:2005)	Windenergieanlagen - Schutzmaßnahmen - Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung; Deutsche Fassung EN 50308:2004
DIN EN 50522:2011	Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV; Deutsche Fassung EN 50522:2010
DIN EN 61400-1; VDE 0127-1:2011	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010
DIN EN 61400-24:2011-04 (VDE 0127-24:2011-04)	Windenergieanlagen - Teil 24: Blitzschutz (IEC 61400-24:2010); Deutsche Fassung EN 61400-24:2010
DIN EN 61936-1:2014; VDE 0101-1:2014	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV - Teil 1: Allgemeine Bestimmungen (IEC 61936-1:2010, modifiziert + Cor.:2011 + A1:2014); Deutsche Fassung EN 61936-1:2010 + AC:2011 + AC:2013 + A1:2014
DIN EN 62305-1; VDE 0185-305-1:2011	Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze (IEC 62305-1:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-1:2011
DIN EN 62305-2; VDE 0185-305-2:2013	Blitzschutz - Teil 2: Risiko-Management (IEC 62305-2:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-2:2012
DIN EN 62305-3; VDE 0185-305-3:2011	Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (IEC 62305-3:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-3:2011
DIN EN 62305-4; VDE 0185-305-4:2011	Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (IEC 62305-4:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-4:2011
DIN EN 62561-1; VDE 0185-561-1:2013	Blitzschutzsystembauteile (LPSC) - Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile (IEC 62561-1:2012, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62561-1:2012
DIN EN 62561-2; VDE 0185-561-2:2013	Blitzschutzsystembauteile (LPSC) - Teil 2: Anforderungen an Leiter und Erder (IEC 62561-2:2012, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62561-2:2012
IEC 60364-5-54	inhaltsgleich zur VDE 0100-540
IEEE P80	Richtlinie für die Sicherheit bei der Erdung von Wechselstrom-Umspannstationen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Äußerer Blitzschutz .....</b>	<b>9</b>
2.1	Übersicht des äußeren Blitzschutzes .....	9
2.2	Rotorblatt .....	10
2.3	Gondel .....	11
2.4	Turm .....	12
2.5	Fundament.....	15
2.5.1	Ausführung .....	15
2.5.2	Erdung im Betonturmfundament .....	16
2.5.3	Erdung im Stahlturmfundament.....	17
<b>3</b>	<b>Innerer Blitzschutz .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Zugrundeliegende Normen.....</b>	<b>19</b>

## Abkürzungsverzeichnis

LPL	Lightning protection level (Gefährdungspegel)
LPZ	Lightning protection zone (Blitzschutzzone)
PE	Protective earth (Schutzleiter)
RC	Resistance class (Widerstandsklasse)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (überwachende Steuerung und Datenerfassung)

## 1 Allgemeines

Blitzeinschläge können Teile von Gebäuden in Brand setzen und zerstören. Zudem können die hohen Ströme direkt durch leitende Verbindungen oder durch Induktion ins Gebäudeinnere übertragen werden und dort zu weiteren Beschädigungen führen. Windenergieanlagen sind aufgrund ihrer exponierten Lage besonders gefährdet.

Um mögliche Schäden durch Blitzeinschläge zu vermeiden und einen sicheren Anlagenbetrieb zu gewährleisten, werden ENERCON Windenergieanlagen mit einem Blitzschutz ausgestattet. Ein Blitzstrom wird dabei von den Rotorblättern oder der Gondeloberseite bis ins Erdreich abgeleitet.

Im Folgenden werden der Aufbau und die Funktion des Blitzschutzes der ENERCON Windenergieanlagen im Überblick dargestellt.

### **Äußerer Blitzschutz**

Zum äußeren Blitzschutz gehören alle Maßnahmen, die zur Verhinderung von Beschädigungen der Windenergieanlagen durch Blitzeinschläge getroffen werden. Fangeinrichtungen an den Rotorblättern, Ableitungen, die Erdungsanlage und anlagenspezifische Metallteile sind Bestandteile des äußeren Blitzschutzes. Der äußere Blitzschutz reduziert zudem die durch Blitzströme erzeugten Störfelder im Inneren der Windenergieanlagen. Das Eindringen größerer Blitzteilströme wird verhindert.

### **Innerer Blitzschutz**

Zum Schutz der elektrischen und elektronischen Einrichtungen sind weitere Maßnahmen ergriffen worden, die als innerer Blitzschutz bezeichnet werden. Hierzu zählen ein Potentialausgleichssystem sowie verschiedene Überspannungsschutzgeräte.

### **Gefährdungspegel – Lightning Protection Level (LPL)**

Der LPL wird von IV (niedrig) bis I (hoch) eingestuft. Die für LPL I geltenden Höchstwerte der Blitzstromparameter werden mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % nicht überschritten. Alle ENERCON Windenergieanlagen sind für LPL I ausgelegt.

Blitzschutzzonen

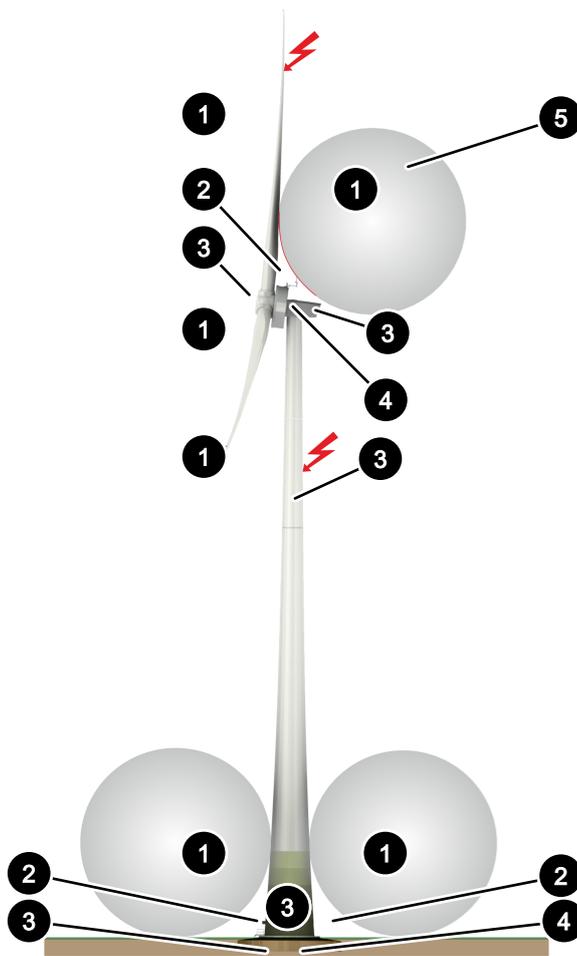


Abb. 1: Blitzschutzzonen am Beispiel der E-126 EP3

1	LPZ 0 <sub>A</sub>	2	LPZ 0 <sub>B</sub>
3	LPZ 1	4	LPZ 2
5	Blitzschutzklasse I (Blitzkugelradius 20 m)		

Überspannungsschutzeinrichtungen und elektrische Komponenten

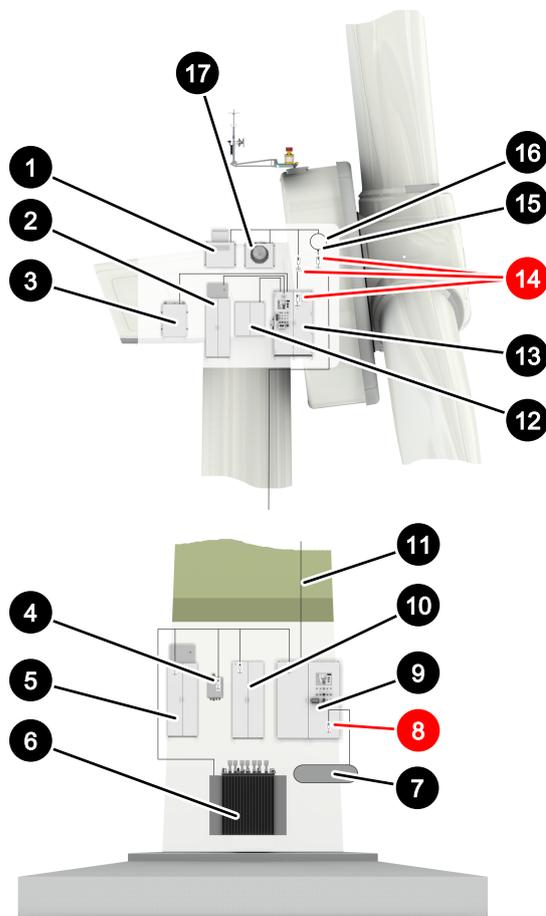


Abb. 2: Überspannungsschutzeinrichtungen und elektrische Komponenten am Beispiel der E-126 EP3

1	Filterschrank	2	Azimutschaltschrank
3	Frequenzumrichter Gondellüfter	4	Trafoüberwachung
5	Leistungsschrank	6	Transformator
7	Datenleitung SCADA	8	Überspannungsschutz: MCR-Plug-trab PT2x2
9	Steuerschrank	10	unterbrechungsfreie Stromversorgung
11	Turmkabel	12	Erregersteller
13	Gondelsteuerschrank	14	Überspannungsschutz: VAL-MS 230
15	Sternpunkt	16	Generator
17	Gleichrichter		

## 2 Äußerer Blitzschutz

### 2.1 Übersicht des äußeren Blitzschutzes

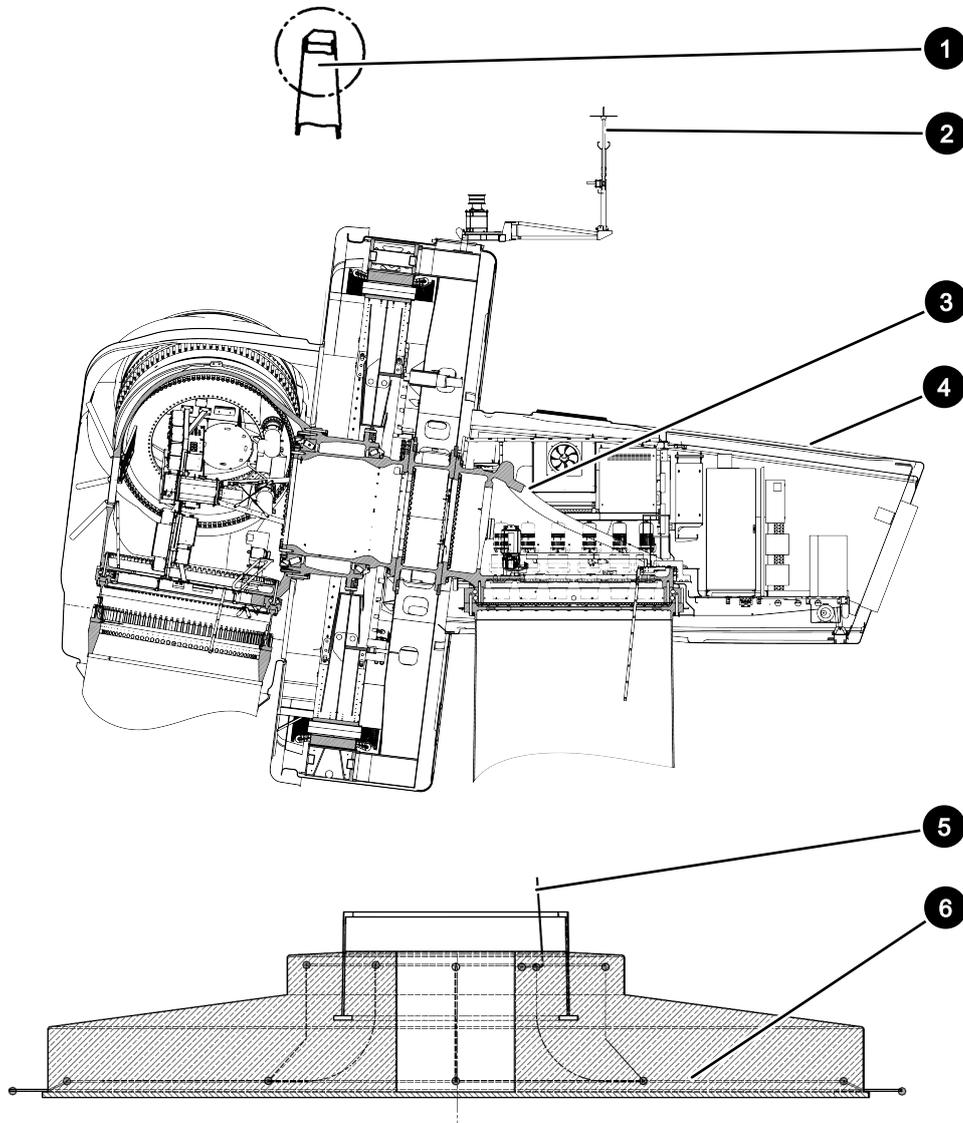


Abb. 3: Übersicht des äußeren Blitzschutzes am Beispiel der E-126 EP3

1	Blattspitze	2	Blitzfangkäfing Windmessgerät
3	Maschinenträger	4	Maschinenhausverkleidung
5	Anschlussfahne Blitzableiter/Er- dungsleiter	6	Erdungsring

## 2.2 Rotorblatt

In den Rotorblättern der ENERCON Windenergieanlagen ist ein Blitzschutz integriert, der den Blitzstrom sicher vom Blitzeinschlag an den Blitzfangeinrichtungen über den Blitzableiter zur Gondel führt. Der Blitzschutz des Rotorblatts besteht aus folgenden Elementen:

- Blattspitze aus Aluminiumguss (leitend)
- Blitzableiter (Kupfer oder Aluminium, 50 mm<sup>2</sup> bis 120 mm<sup>2</sup>)
- ggf. Metallrezeptoren
- Ableitring an der Blattwurzel

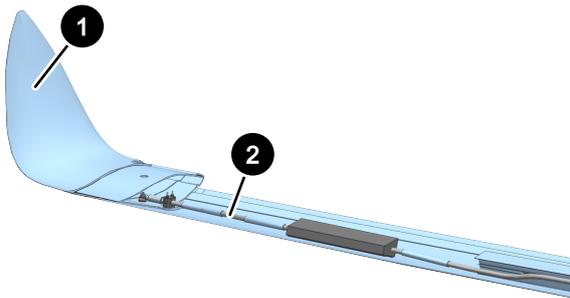


Abb. 4: Blattspitze mit Blitzableiter

1	Blattspitze	2	Blitzableiter
---	-------------	---	---------------

Die Blattspitze aus Aluminiumguss ist leitend. Sie ist durch einen Blitzableiter mit dem Ableitring an der Blattwurzel verbunden. Der Ableitring befindet sich in ausreichendem Abstand zu den leitenden Teilen im Blattanschlussbereich, so dass ein unerwünschter Überschlag verhindert wird.

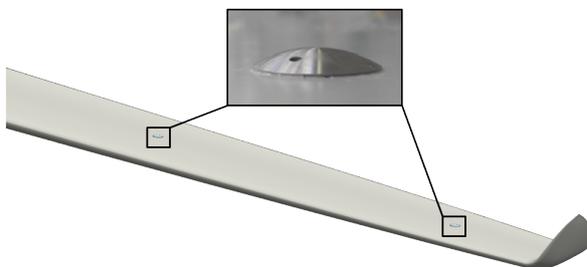


Abb. 5: Rotorblatt mit Rezeptoren auf der Druck- und Saugseite

Eine ungünstige Rotorstellung kann bei langen Rotorblättern zu einem undefinierten Blitzeinschlag zwischen der Blattspitze und der Gondel führen. Um dies zu verhindern, sind je nach Länge und Aufbau des Rotorblatts ggf. zusätzlich Rezeptoren auf der Saug- und Druckseite angeordnet. Die Rezeptoren sind an den Ableitpfad angeschlossen.

## 2.3 Gondel

### Verbindung Rotorblatt – Spinner/Rotor

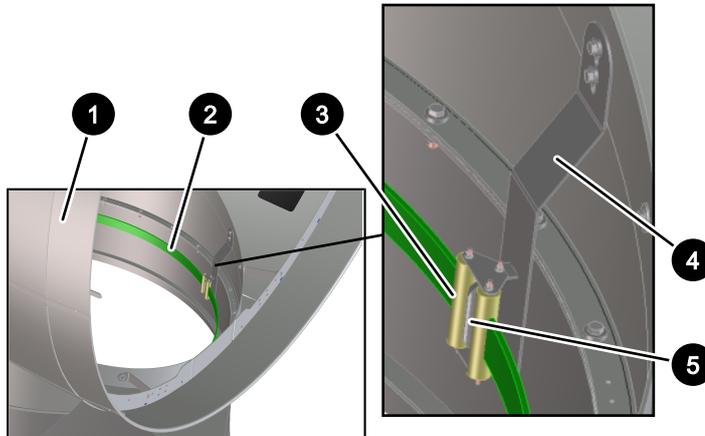


Abb. 6: Ableitring am Blattanschluss mit Rollenblitzableiter

1	Spinner/Rotor	2	Ableitring
3	Rollenkörper	4	Federblech
5	Blitzfänger		

Es werden Rollenblitzableiter eingesetzt. Die Grafik zeigt die Verwendung der Rollenblitzableiter beispielhaft bei einer E-82 auf. Rollenblitzableiter werden in jeder ENERCON Windenergieanlage verwendet. Das Blech, an das der Rollenkörper montiert ist, hat eine Federwirkung und drückt die Rollen an die Blattwurzel. Dadurch bleibt der Abstand zwischen Blitzfänger und Ableitring immer gleich.

### Verbindung Spinner/Rotor – Maschinenhaus

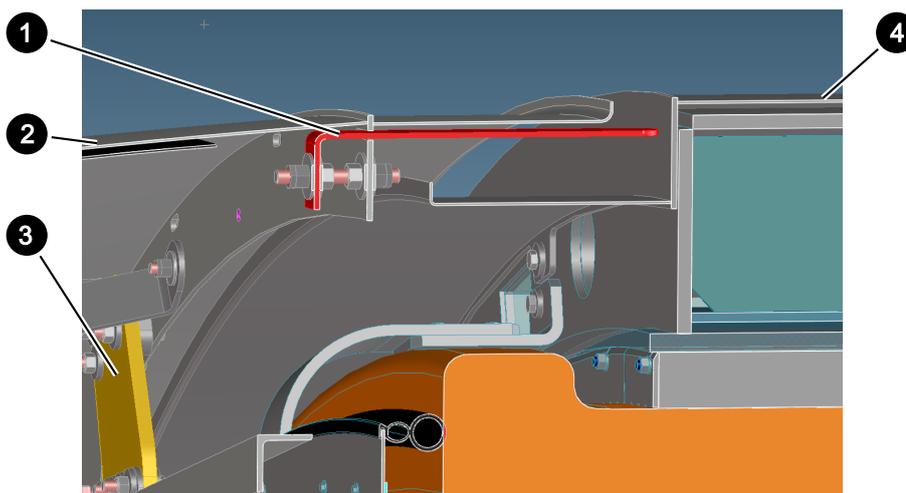


Abb. 7: Blitzfangwinkel

1	Blitzfangwinkel	2	Spinner
3	Spinnerisolierung	4	Maschinenhausverkleidung

Bei den folgenden Windenergieanlagen wird eine Funkenstrecke bestehend aus 3 Blitzfangwinkeln eingesetzt:

E-44, E-48, E-53, E-70 E4, E-82, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-101, E-101 E2, E-103 EP2, E-115, E-115 E2, E-126 EP4 und E-141 EP4

Bei Maschinenhausverkleidungen aus Aluminium führen 3 Blitzfangwinkel den Blitzstrom vom Spinner auf die Verkleidung. Von dort aus werden Blitzströme über die Metallverbindungssteile in den Maschinenträger abgeleitet. Bei isolierenden Verkleidungen führt die Funkenstrecke den Blitzstrom auf den Stator und dann zum Maschinenträger.

Durch die Anordnung der Blitzfangwinkel wird ein Blitzeinschlag unabhängig vom momentanen Rotorblattwinkel und von der momentanen Stellung des Rotors zur tragenden Struktur geführt.

Bei der E-126 EP3 und der E-138 EP3 wird der Blitzstrom vom Spinner über Metallverbindungssteile in den Rotor geführt. Kohlebürsten an den Statortragarmen nehmen den Blitzstrom vom Bremsreifen des Rotors auf und leiten diesen über die Statortragarme in den Maschinenträger ab.

### Verbindung Maschinenträger – Turm

Die Verbindung zwischen Maschinenträger und Turm wird durch das großflächige Azimutlager sichergestellt.

### Schutz der Messeinrichtungen

Auf dem hinteren Teil der Maschinenhausverkleidung sind zum Schutz der Messeinrichtungen Blitzfangstangen montiert, die auch das Windmessgerät als Käfig umhüllen.

## 2.4 Turm

### Stahlurm

Der Stahlurm ist leitend, so dass ein Blitzstrom über diesen abgeleitet wird. Die Flanschverbindungen der Segmente sind spritzverzinkt.

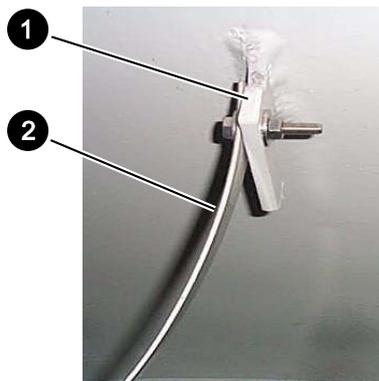


Abb. 8: Laschen mit Anschlussfahnen

1	Lasche	2	Anschlussfahne
---	--------	---	----------------

Zwei am Turm angeschweißte Laschen dienen dem Anschluss der Anschlussfahnen des Fundamenterders.

### Betonteil des Hybridturms

Die Betonfertigteilstegmente werden mit vielen meist durch Hüllrohre verlaufenden starken Stahlseilen mit dem Fundament verspannt.

Grundbestandteil eines Betonfertigteilstegments ist die Bewehrung, bestehend aus Innen- und Außenbewehrung.



Abb. 9: Verbindung Blitzschutzroten mit Bewehrung

Die zum Blitzschutz gehörenden Blitzschutzroten werden mit den Gewindehülsen innen angeschraubt, jeder Blitzschutz ist an der Bewehrung befestigt.

Der Betonteil des Hybridturms wird mit mindestens 4 gleichmäßig über den Turmumfang verteilten Blitzableitern ausgerüstet. Diese werden aus thermisch verzinktem Bandstahl (30 mm x 3,5 mm) ausgeführt, senkrecht in die Betonfertigteilstegmente eingesetzt und galvanisch durch Überbrückungslaschen vom Fundament nach oben bis zum Stahlturnaufsatz verbunden.

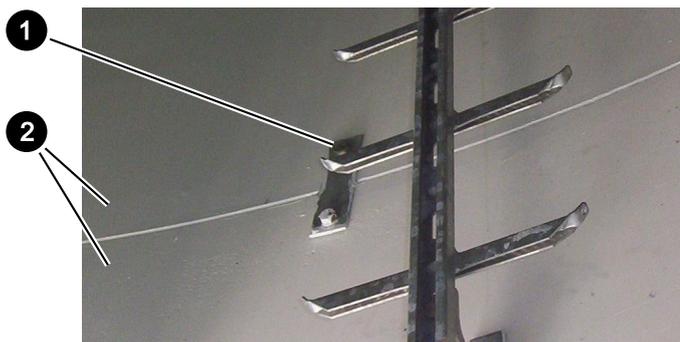


Abb. 10: Überbrückungslasche zwischen 2 Betonfertigteilstegmenten

1	Überbrückungslasche als Blitzableiter	2	Betonfertigteilstegmente
---	---------------------------------------	---	--------------------------

Zur Sicherstellung der Verbindung der Blitzableiter sind die horizontalen Fugen zwischen den einzelnen Betonfertigteilstegmenten mit Überbrückungslaschen aus thermisch verzinktem Bandstahl (30 mm x 3,5 mm) und Schraubverbindung (M16 und Spannscheibe) überbrückt. Der nach DIN EN 62305-3:2011-10 geforderte Mindestquerschnitt für Blitzableiter aus thermisch verzinktem Bandstahl von 50 mm<sup>2</sup> wird damit auch an der Schraubverbindung eingehalten.

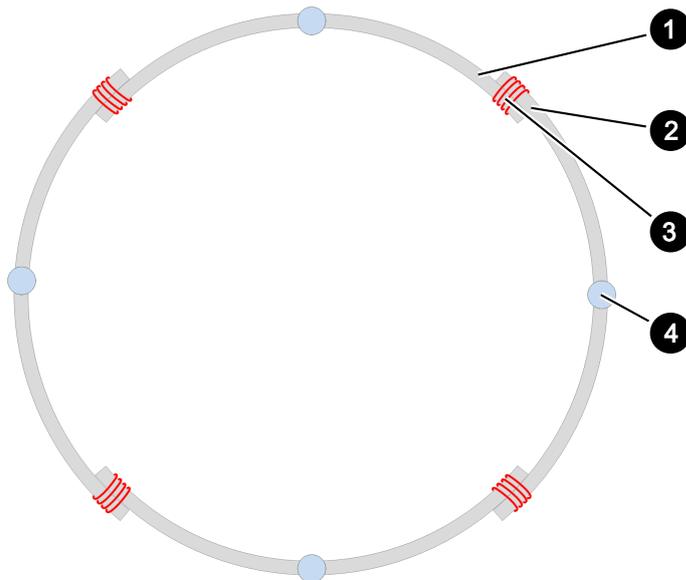


Abb. 11: Nutzung der Bewehrung als Ringleiter im Betonfertigteilstück

1	Bewehrungseisen-Teilstück (4x)	2	Bewehrungsüberlappung (4x)
3	Rödeldrahtschlaufe (16x)	4	Kreuzklemme (4x)

Die Bewehrungseisen-Teilstücke eines Betonfertigteilstücks bilden einen konzentrisch verlaufenden, galvanisch geschlossenen Ringleiter ( $\varnothing \geq 10 \text{ mm}$ ). Die Länge der Bewehrungsüberlappung beträgt jeweils mindestens 500 mm. Für jede Bewehrungsverbindung werden mindestens 4 straffe Rödeldrahtschlaufen um die Bewehrungsüberlappung gewickelt. Die Bewehrungseisen-Teilstücke werden mit den Blitzableitern mittels Kreuzklemmen verbunden.

Die Blitzableiter/Erdungsprofile führen zum Fuß des Hybridturms. Über weitere Kreuzklemmen sind sie mit den weiteren Ringerdern verbunden, um so eine gezielte Potentialsteuerung zu erreichen.

## 2.5 Fundament

Erdungsanlagen schützen Lebewesen und Sachwerte vor Gefahren, die durch Kurz- bzw. Erdschlüsse und transiente Vorgänge, wie Blitzeinschläge und Schalthandlungen, entstehen können. Sie stellen eine effektive Wirkung der (Fehlerstrom-)Schutzeinrichtungen und eine Bereitstellung eines Referenzpotenzials für elektrische Komponenten sicher. Zudem vermeiden sie übermäßige Spannungsspitzen und Potentialunterschiede.

Bei einem Blitzeinschlag entsteht im stromdurchflossenen Bodenbereich ein Potentialanstieg in Richtung Windenergieanlage. Die Höhe der Berührungs- und Schrittspannung ist u. a. abhängig vom Erdungswiderstand des Fundamenters und der äußeren Erdungsanlage. Die zulässige Berührungs- und Schrittspannung ist in DIN EN 50522:2011-11 definiert. Sie darf nach den Vorgaben der Standardisierung IEEE P80 nicht überschritten werden, um die Gefährdung für in der Nähe befindliche Personen auszuschließen.

### 2.5.1 Ausführung

Das Fundament ist mit Erdungsringen, die über mehrere Erdungsprofile miteinander verbunden sind, versehen. Die Erdungsringe sind auch mit dem Bewehrungsstahl des Fundaments verbunden. Sie bestehen jeweils aus thermisch verzinktem Bandstahl und sind mit einem Mindestquerschnitt von 100 mm<sup>2</sup> dimensioniert. Die Kreuzklemmen sind mit Korrosionsschutzbinden geschützt.

Je nach örtlichen Gegebenheiten werden zusätzliche Tiefenerder angebunden. Sofern das Fundament eine Tiefgründung mit Stahlbetonpfählen besitzt, sind auch diese mit den Erdungsringen verbunden.

Der Erdungswiderstand wird gemäß des Dokuments „Messung des Erdungswiderstands“ (PLM-EWES-DC008) gemessen. Bei zu hohen Erdungswiderständen müssen projektspezifische Anpassungen der Erdungsanlage vorgenommen werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die zulässigen Schritt- und Berührungsspannungen (siehe Kap. 1, S. 6) nicht überschritten werden.



Je nach vereinbartem Lieferumfang werden Verbesserungen der Erdungsanlage zur Senkung des Erdungswiderstands und damit zur Einhaltung der im Fehlerfall entstehenden Berührungs- und Schrittspannungen vom Kunden oder von ENERCON durchgeführt.

## 2.5.2 Erdung im Betonturmfundament

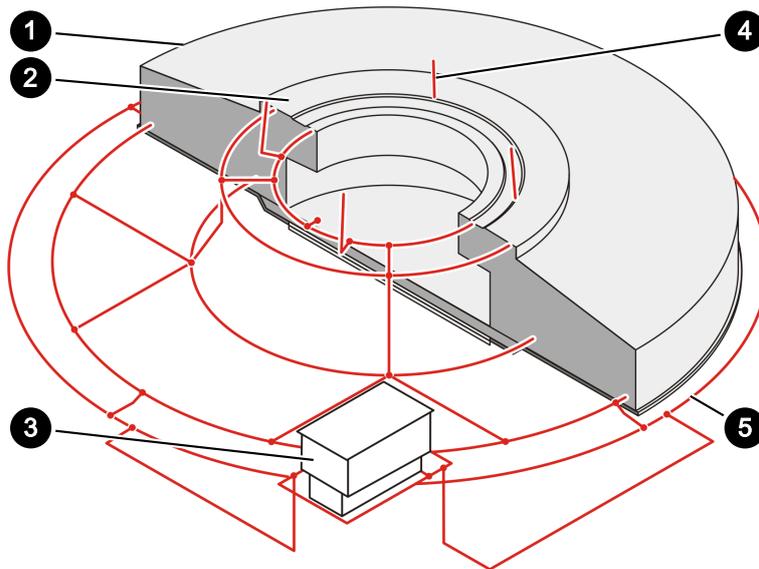


Abb. 12: Erdung im Betonturmfundament

1	Betonturmfundament	2	Socket für den Betonturm
3	externe Transformatorstation (falls vorhanden)	4	Anschlussfahne (mind. 2x)
5	Erdungsring		

### 2.5.3 Erdung im Stahlturmfundament

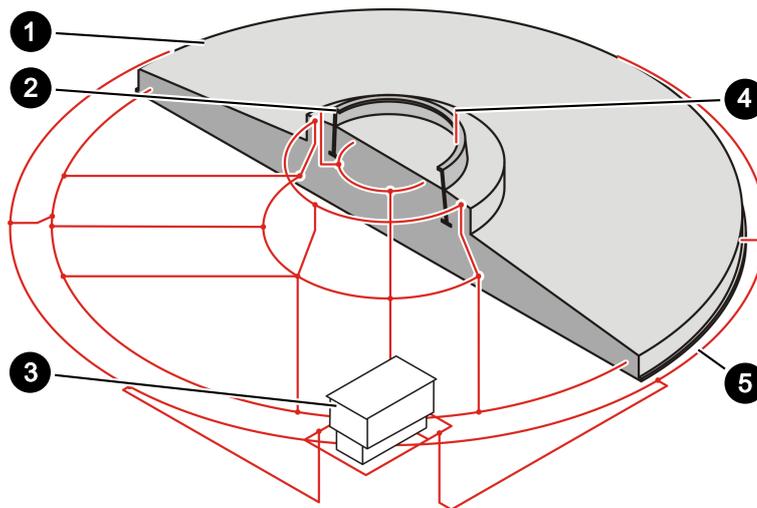


Abb. 13: Erdung im Stahlturmfundament

1	Stahlturmfundament	2	Sockel für den Stahlturm
3	externe Transformatorstation (falls vorhanden)	4	Anschlussfahne (mind. 2x)
5	Erdungsring		

### 3 Innerer Blitzschutz

Folgende Maßnahmen werden für den inneren Blitzschutz ergriffen.

- Alle leitenden Anlagenhauptkomponenten wie Rotornabe, Gondel, Turm, Schaltschränke, PE-Leiter der Transformatoren und das Fundament sind mit ausreichenden Leiterquerschnitten und möglichst kurzen Leitungslängen an der Potentialausgleichsschiene angeschlossen.
- Direkt am Niederspannungs-Netzeingang sind Überspannungsableiter angebracht, die niederohmig geerdet sind. Die Generatorphasen und die Sternpunkte sind über Überspannungsableiter geerdet.
- Alle Platinen mit eigenen Netzteilen sind mit Filtern mit hoher Dämpfung ausgerüstet.
- Sämtliche analogen und digitalen Signaleingänge und -ausgänge sind mit RC-Schutzbeschaltungen und Suppressordioden vor hohen Spannungen und Strömen geschützt.
- Steuer- und Regelungselektronik sind galvanisch über Optokoppler, Trennverstärker und Relais entkoppelt. Die Kommunikation innerhalb der Windenergieanlage erfolgt über Lichtwellenleiter.
- Die Datenübertragung (Modem) wird durch ein Überspannungsschutzmodul für Datenschnittstellen geschützt.
- Kondensatoren und Überspannungsableiter begrenzen die Netz- und Generatorüberspannung. Die Kapazität der Kondensatoren in Verbindung mit den Überspannungsableitern reicht aus, um die Energie durch Blitzeinschläge ohne Schäden zu absorbieren. Allein die Kapazität des Zwischenkreises kann, bereits geladen durch die Zwischenkreisspannung, genügend Energie aufnehmen.

## 4 Zugrundeliegende Normen

Bei der Konstruktion und der Umsetzung des Blitzschutzes für ENERCON Windenergieanlagen wurden folgende Normen und Standardisierungen beachtet.

- DIN EN 61400-1; VDE 0127-1:2011-08
- DIN EN 61400-24; VDE 0127-24:2011-04
- DIN EN 50308; VDE 0127-100:2005-03
- DIN EN 50522:2011-11
- DIN EN 62305-1; VDE 0185-305-1:2011-10
- DIN EN 62305-2; VDE 0185-305-2:2013-02
- DIN EN 62305-3; VDE 0185-305-3:2011-10
- DIN EN 62305-4; VDE 0185-305-4:2011-10
- DIN EN 62561-1; VDE 0185-561-1:2013-02
- DIN EN 62561-2; VDE 0185-561-2:2013-02
- DIN EN 61936-1:2014-12; VDE 0101-1:2014-12
- IEC 60364-5-54
- IEEE P80