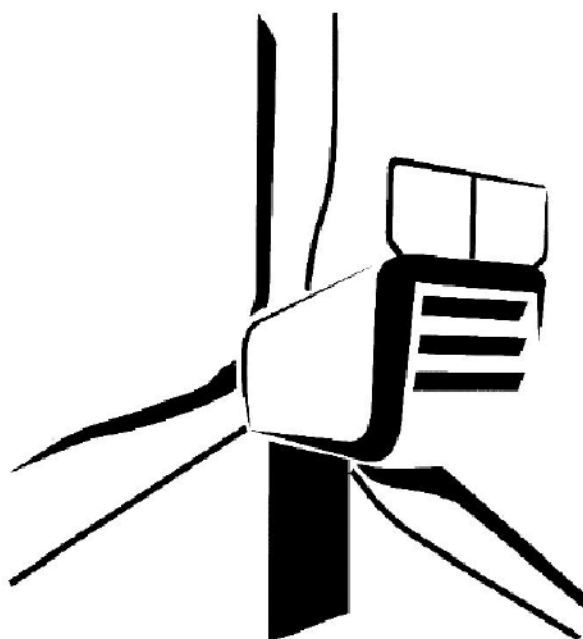


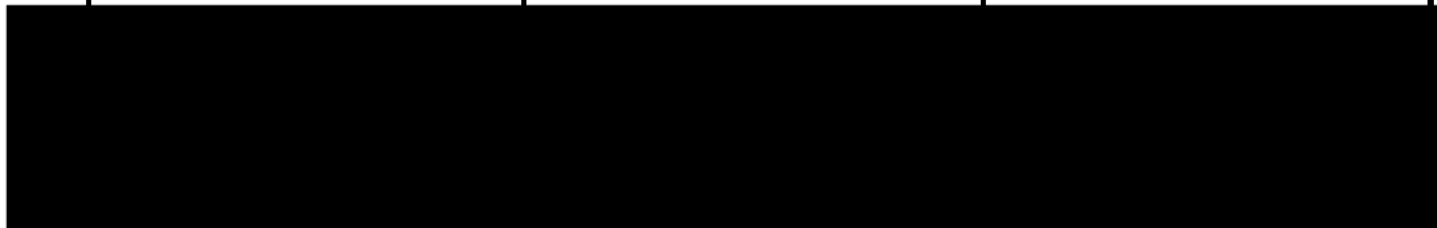
 	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME Produktserien K08 Delta und Delta4000		Seite: 1 / 14



- Übersetzung des Originaldokuments (NALL01_008521_EN, Rev. 15) -
Dies ist eine Übersetzung aus dem Englischen. Im Zweifelsfall ist der englische Text maßgebend.

Sprache: DE – Deutsch
Abteilung: Engineering / CPS / Processes & Documents

Bearbeiter	Prüfer	Freigeber
-------------------	---------------	------------------



	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 2 / 14

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung seines Inhalts, vollständig oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy SE & Co. KG. Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind ausschließlich für Nordex-Mitarbeiter und Mitarbeiter von Vertrauenspartnern und Unterauftragnehmern der Nordex Energy SE & Co. KG, der Nordex SE und der mit ihnen verbundenen Unternehmen im Sinne der §§ 15 ff. des Aktiengesetzes und dürfen nicht (auch nicht auszugsweise) an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2025 Nordex Energy SE & Co. KG., Hamburg, Deutschland

Dieses Dokument enthält Informationen, deren Eigentumsrechte bei der Nordex Group liegen und die ohne die vorherige schriftliche Genehmigung durch autorisiertes Personal der Nordex Group nicht kopiert, verwendet, veröffentlicht oder in irgendeiner Form an Dritte weitergegeben werden dürfen. Alle hierin enthaltenen Informationen sind vertraulich zu behandeln und ausschließlich zum Nutzen der Nordex Group zu verwenden.

Anschrift des Herstellers im Sinne der Maschinenrichtlinie

Nordex Energy SE & Co. KG.

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

Tel.: +49 (0)40 300 30 -1000

Fax: +49 (0)40 300 30 -1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Rev.: 15 Seite: 3 / 14

Gültigkeit

Produktreihe / Anlagentyp	Produkt
K08 Delta	N117/3.X N131/3.X
Delta4000	N133/4.X N149/4.X N155/4.X N149/5.X N155/5.X N163/5.X N163/6.X N169/5.X N175/6.X

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 4 / 14

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Zweck	5
1.2	Abkürzungen	5
1.3	Mitgeltende Dokumente	5
2	Fundamenterdungssysteme	6
2.1	Allgemeine Beschreibung	6
2.2	Details und Schnittstellen speziell für Stahlrohtürme	7
2.3	Details und Schnittstellen speziell für Beton- und Hybriddtürme	11
2.4	Messanforderungen	14
2.5	Dokumentationsanforderungen	14

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 5 / 14

1 Allgemeines

1.1 Zweck

Dieses Dokument beschreibt die grundlegenden Anforderungen an die Auslegung und Ausführung des Fundamenterdungssystems von Nordex-Windenergieanlagen (WEA). Es erklärt die Design-Schnittstellen mit den Türmen und bietet grundlegende Erdungsschemata für Stahlrohtürme, Betontürme und Hybridtürme.

Eine effektive Fundamenterdung basiert auf projektspezifischen Entwurfsunterlagen, projektspezifischen Ausführungszeichnungen und wird durch Messprotokolle und eine Fotodokumentation für jeden einzelnen Standort der Windkraftanlage dokumentiert.

Der Fundamenterdungsplaner muss das Fundamenterdungssystem an die projektspezifischen Anforderungen anpassen. Der für die Fundamenterdung zuständige Planer muss die Einhaltung der geltenden Normen sicherstellen und dafür sorgen, dass das Fundamenterdungssystem gemäß den Anforderungen geprüft und dokumentiert wird.

Die Verantwortung für die Erdungskonstruktion der Fundamente muss im Lieferumfang geklärt werden.

1.2 Abkürzungen

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit	–
MS	Mittelspannung	–
WEA	Windenergieanlage	–

1.3 Mitgeltende Dokumente

Dokumentennr.	Bezeichnung
2026250DE	Erdungsanlage – Durchgangsmessung des Fundamenterders
K0811_004718_DE	Erdungssysteme
NALL01_036727_DE	Erdungsanlage - Erdungswiderstand und Abnahmeprüfung
NALL01_058091_DE	Erdungsanlage – Erdungsimpedanz und Schrittspannung

 	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 6 / 14

2 Fundamenterdungssystem

2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Hauptziel des Fundamenterdungssystems der WEA besteht darin, die Schritt- und Berührungsspannungen bei Fehlern im Mittelspannungssystem auf zulässige Werte zu beschränken. Bauteile, die nicht Teil des elektrischen Betriebskreises sind, werden als Teil des Schutzpotentialausgleichs mit dem Erdungssystem verbunden, um den Schutz gegen Stromschläge zu gewährleisten. Als wichtiger Bestandteil des Blitzschutzsystems begrenzt das Erdungssystem die durch Blitzeinschläge verursachten Überspannungen und ermöglicht eine niederohmige Ableitung des Blitzstroms zur Erde. Das Erdungssystem leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

Die Auslegung des Erdungssystems für Nordex-Windenergieanlagen entspricht mindestens den folgenden Normen:

- IEC 61936-1 – Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1: Wechselstrom
- DIN 50522– Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV. (nur in Europa gültig)
- IEC 61400-24 – Windenergieerzeugungssysteme – Teil 24: Blitzschutz
- IEC 62305-3 – Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- IEC 62561-1 – Blitzschutzsystembauteile (LPSC) – Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile
- IEC 62561-2 – Blitzschutzsystembauteile (LPSC) – Teil 2: Anforderungen an Leitungen und Erder

Darüber hinaus werden länderspezifische Vorschriften und Anforderungen berücksichtigt.



Technische Spezifikation K0811_004718_DE Erdungssysteme

Genauere Anforderungen und Anwendungsrichtlinien für Nordex-Fundamenterdungssysteme sind in Dokument „Technische Spezifikationen“ K0811_004718_DE enthalten.

Vor der Installation jeder WEA müssen Ausführungsunterlagen wie Messberichte, Lagepläne usw. der Erdungsanlagen vorgelegt werden.

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Rev.: 15
		Seite: 7 / 14

Eine Standardausführung besteht aus drei Fundamenterdern aus verzinktem Bandstahl oder Kupfer, die als Ringelektroden mit verschiedenen Radien innerhalb des Fundaments verlegt werden, um eine gleichmäßige Verteilung der Erd- und Blitzstoßströme zu erreichen. Alle Fundamenterder müssen mindestens 10 cm mit Beton bedeckt und durch geeignete Verbindungsmethoden mit den Bewehrungsstäben verbunden sein.

Das Fundamenterdungssystem muss möglicherweise durch zusätzliche Ring-, Horizontal- oder Vertikal-Erder im Boden erweitert werden, um sicherzustellen, dass die Schritt- und Berührungsspannungen innerhalb der in IEC 61936-1 festgelegten Grenzwerte liegen.

Bei jedem Fundamenterdungsentwurf müssen der lokale spezifische Bodenwiderstand vor Ort, der erwartete Kurzschlussstrom im Mittelspannungsnetz des Windparks im Fehlerfall und die entsprechende Fehlerdauer berücksichtigt werden.

Die Blitzschutznorm für WEAs besagt, dass der Erdungswiderstand weniger als 10 Ω betragen sollte. Wenn der gemessene Erdungswiderstand jedoch mehr als 10 Ω beträgt, z. B. in felsigem Boden, müssen die Abmessungen des Erdungssystems den Mindestlängenanforderungen gemäß IEC 61400-24, Kapitel I.2.1 oder IEC 62305-3, Kapitel 5.4.2.2 entsprechen.

Erfahrungsgemäß ist ab einem spezifischen Bodenwiderstand von 500 Ωm und mehr eine zusätzliche Erdung erforderlich.

2.2 Details und Schnittstellen spezifisch für Stahlrohtürme

Ein Beispiel für eine Zeichnung, die das Fundamenterdungssystem für Stahlrohtürme zeigt, ist in Abbildung 4.

Bei Stahlrohtürmen wird das Fundamenterdungssystem über vier Anschlussfahnen mit dem Stahlflansch des Turms verbunden, die in das Innere des Turms geführt werden, um eine bestmögliche Ableitung des Blitzstroms zu ermöglichen. An den in Abbildung 1 beschriebenen Stellen befinden sich an der Innenfläche des Flansches Gewindebohrungen mit einem Durchmesser von M12. Die aus dem Fundament herausragenden Erdungsleiter müssen einen Kabelschuh oder ein Loch aufweisen, um die Verbindung mit der inneren Flanschfläche mit einer M12-Schraube zu gewährleisten. Abbildung 3 zeigt einige Beispiele für die innere Flanschverbindung.

Wenn zusätzliche Erdungsklemmen benötigt werden, z. B. für den Anschluss von Erdungselektroden entlang der Windparkverkabelung, kann die Haupterdungsschiene im Turmfuß (Cu-ETP, M12-Löcher) verwendet werden, wie in Abbildung 2 dargestellt.

 	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 8 / 14

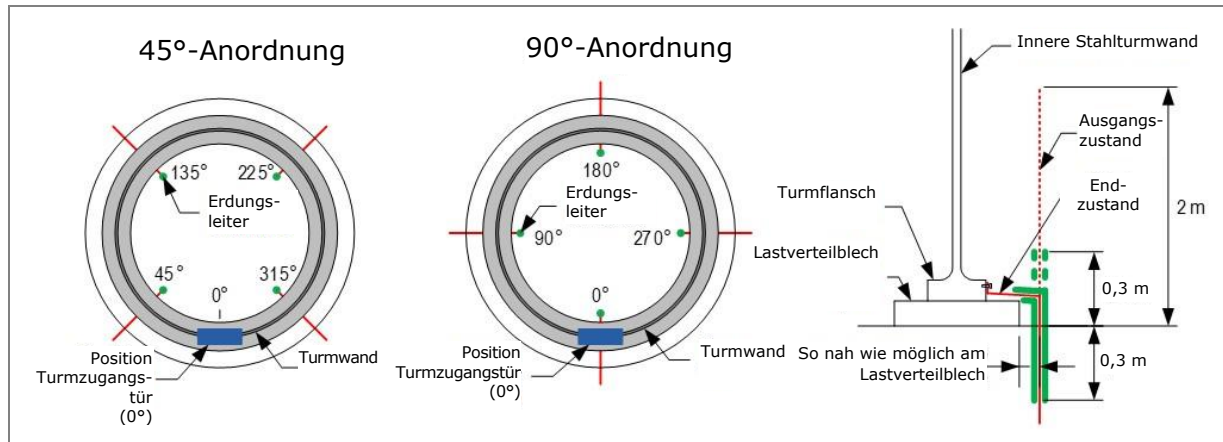


Abbildung 1: Schnittstellenanforderungen für den Anschluss der Erdungsleiter am Turmfuß von Stahlrohrtürmen

WEA-Klasse	Turmtyp	Anordnung gemäß Abbildung 1
K08 Delta	Stahlrohrturm	45°-Anordnung
Delta4000	Stahlrohrturm	90°-Anordnung

Tabelle 1: Korrelation von WEA-Klasse und erforderlicher Erdungsleiteranordnung

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 9 / 14

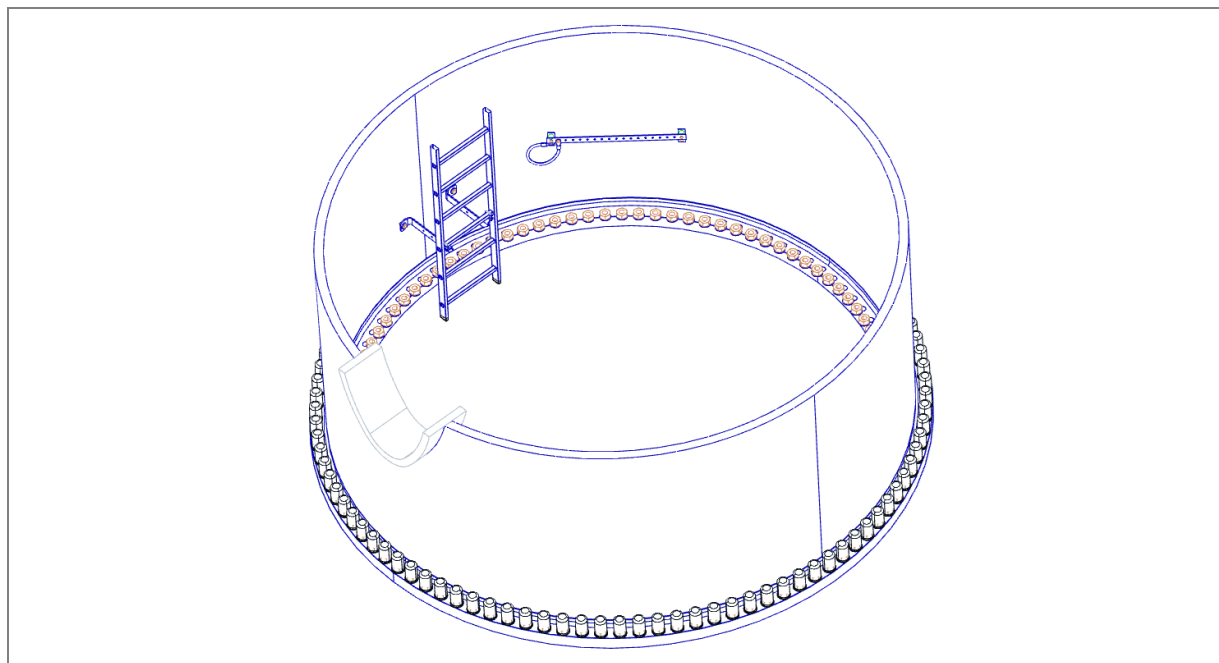


Abbildung 2: Repräsentatives Bild für eine Haupterdungsschiene im Turmfuß eines Stahlrohrturms



Abbildung 3: Beispiele für Verbindungen des Fundamenterdungssystems mit dem Turmflansch

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 10 / 14

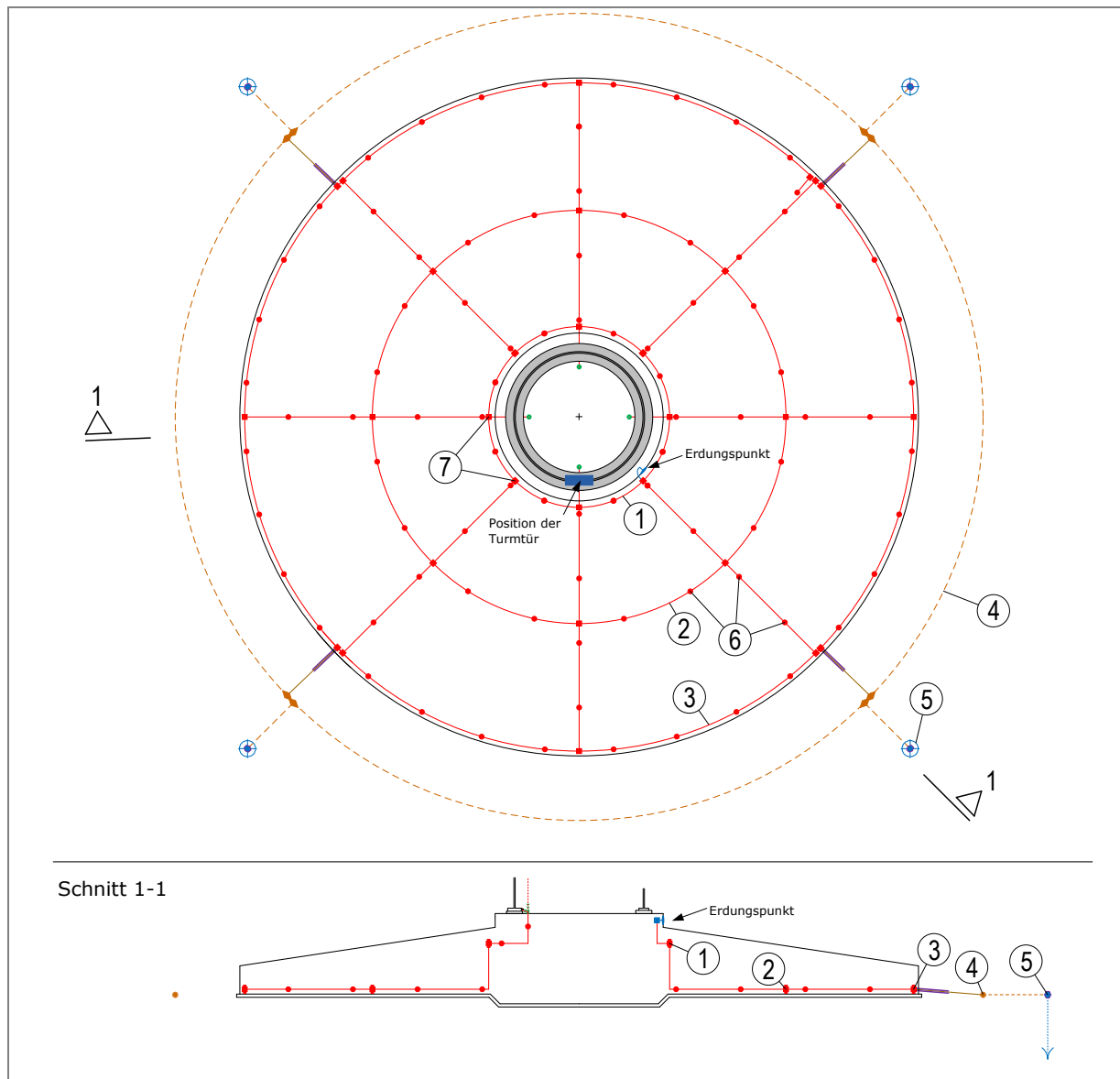


Abbildung 4: Beispiel für ein Fundamenterdungssystem eines Stahlrohrturms

- 1: Innerer Fundamenterder
- 2: Mittlerer Fundamenterder
- 3: Äußerer Fundamenterder
- 4: Zusätzlicher Ringerder

- 5: Zusätzlicher vertikaler Erdungsstab
- 6: Verbindungen des Erdungssystems mit der Bewehrung
- 7: Verbindungen zwischen den Fundamenterdern

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 11 / 14

2.3 Details und Schnittstellen spezifisch für Beton- und Hybridtürme

Ein Beispiel für eine Zeichnung, die das Fundamenterdungssystem für Hybrid- und Betontürme zeigt, ist in Abbildung 7.

Bei Hybrid- und Betontürmen ist das Fundamenterdungssystem mit einem Erdungsring im Turmsockel verbunden, der den Blitzstrom je nach Turmtyp von einer zentralen Ableitung oder mehreren Ableitungen verteilt. Dieser Erdungsring ist bei den Hybridtürmen von *Max Bögl* an der Turmwand befestigt und bei den Hybrid- und Betontürmen von Nordex auf dem Boden platziert, wie in Abbildung 6 dargestellt.

Bei den Hybridtürmen von *Max Bögl* befindet sich eine zusätzliche Haupterdungsschiene im MS-Kabelkeller unterhalb der MS-Schaltanlage und kann beispielsweise für den Anschluss von Erdungselektroden entlang der Windparkverkabelung (Cu-ETP, M12-Löcher) verwendet werden. Die Haupterdungsschiene in den Hybridtürmen von *Max Bögl* ist direkt mit dem Fundamenterdungssystem verbunden und in Abbildung 5 dargestellt.

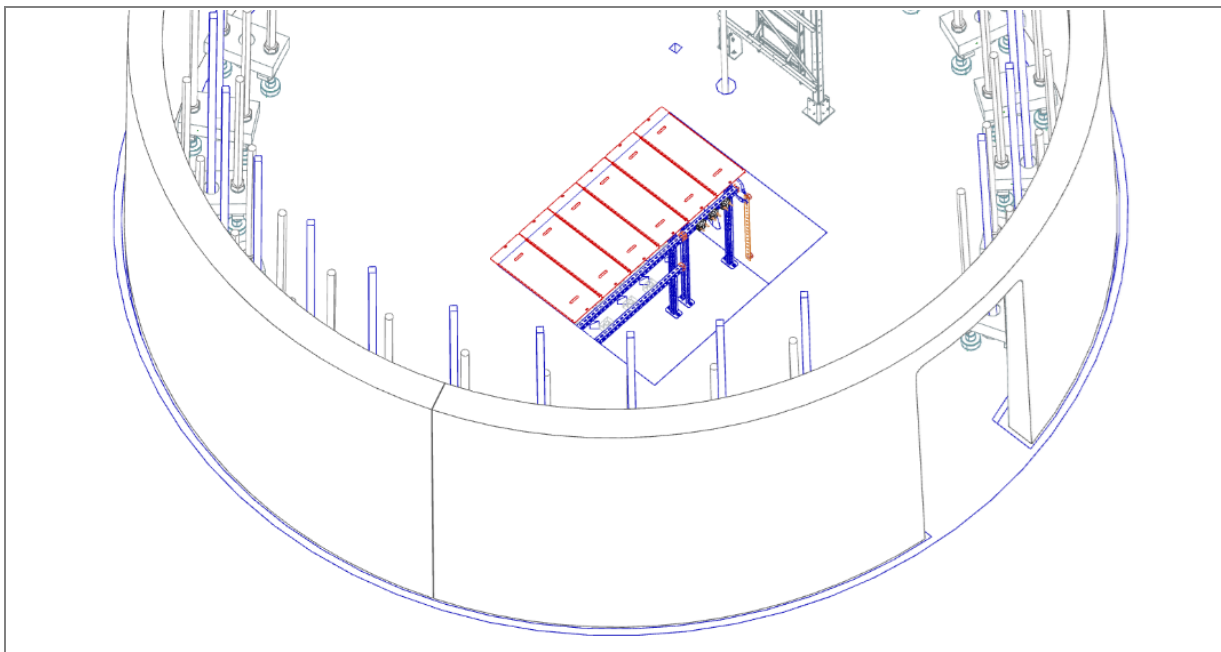


Abbildung 5: Repräsentatives Bild für eine Haupterdungsschiene in Hybridtürmen von Max Bögl

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 12 / 14

Bei Nordex-Beton- und Hybridtürmen dient der Erdungsring am Boden des Turms als Haupterdungsschiene. Dieser Ring besteht aus Aluminium mit einem Querschnitt von 95 mm² und kann beispielsweise für die Verbindung von Erdungselektroden entlang der Windparkverkabelung verwendet werden.

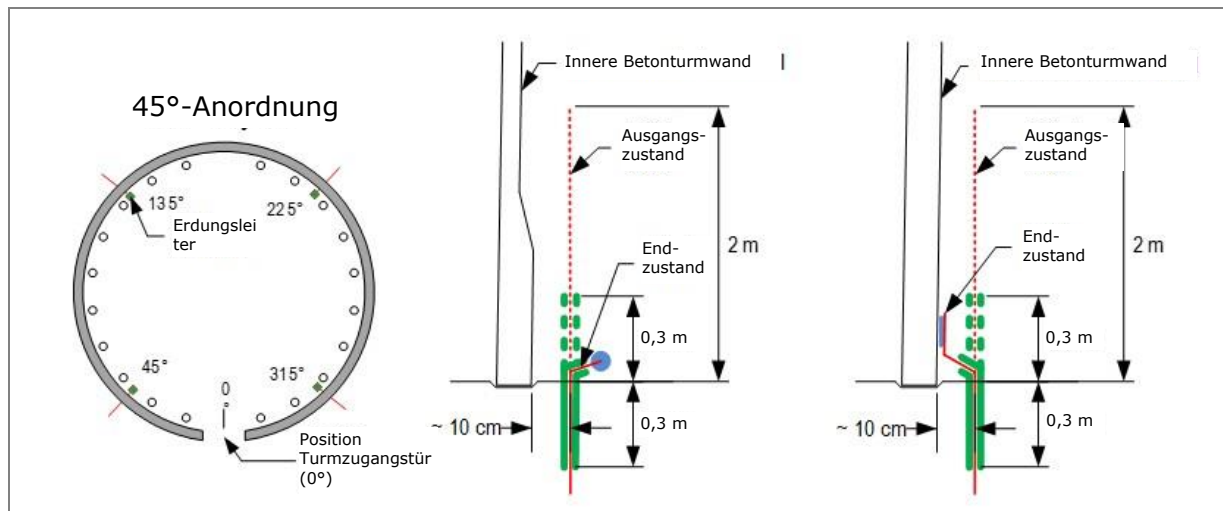


Abbildung 6: Schnittstellenanforderungen für die Anschlüsse der Erdungsleiter am Turmfuß von Beton- und Hybridtürmen (Mitte: Nordex Inhouse; rechts: Max Bögl)

Turmtyp	Position des Erdungsringes	Erdungsringleitung
Nordex In-house	Auf Bodenhöhe am Eingang platziert	95-mm ² -Aluminiumkabel
Max Bögl	An der Turmwand auf Höhe des Eingangs befestigt	Edelstahlband 3,5 mm x 30 mm

Tabelle 1: Korrelation von WEA-Klasse und erforderlicher Erdungsleiteranordnung

 	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 13 / 14

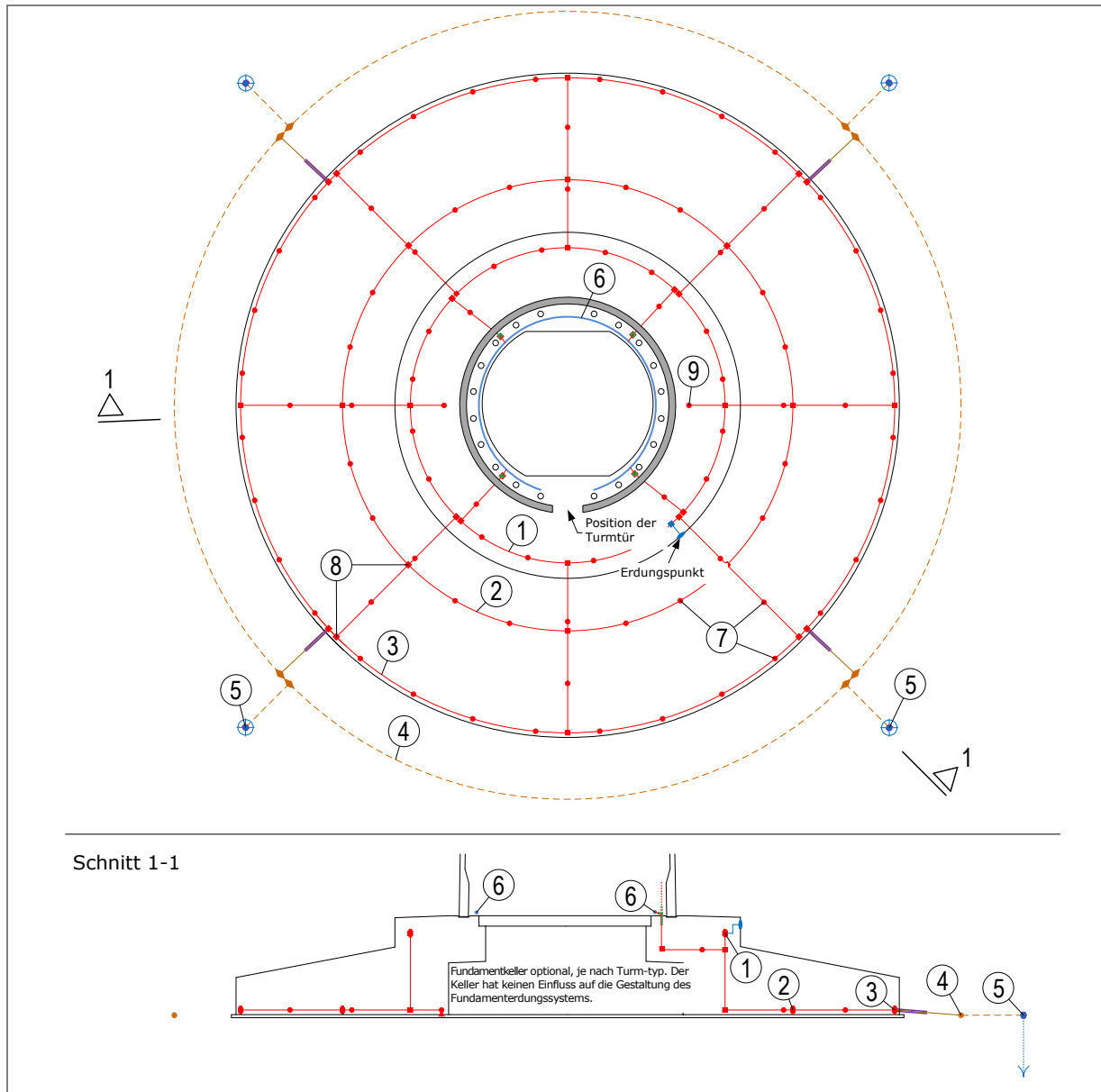


Abbildung 7: Beispiel für ein Fundamenterdungssystem eines Hybrid- und Betonturms

- | | |
|--|--|
| 1: Innerer Fundamenterder | 7: Verbindungen des Erdungssystems mit der Bewehrung |
| 2: Mittiger Fundamenterder | 8: Verbindungen zwischen den Fundamenterdern |
| 3: Äußerer Fundamenterder | 9: Anschluss an die Bewehrung der Kellerbodenplatte |
| 4: Zusätzlicher Ringerder | |
| 5: Zusätzlicher vertikaler Erdungsstab | |
| 6: Erdungsring im Turmfuß | |

	ALLGEMEINE DOKUMENTATION	Dok.: NALL01_008521_DE
		Rev.: 15
WEA-ERDUNGSSYSTEME		Seite: 14 / 14

2.4 Messanforderungen



Messbericht 2026250DE Erdungsanlage – Durchgangsmessung der Fundamenterdung

Messbericht NALL01_036727 Erdungsanlage - Erdungswiderstand und Abnahmeprüfung

Mesbericht NALL01_058091 Erdungsanlage – Erdungsimpedanz und Schrittspannung

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- Die Kontinuität des Erdungssystems muss vor dem Gießen des Fundaments gemessen werden, siehe Messbericht 2026250DE.
- Der Erdungswiderstand ohne Verbindung zu anderen Erdungssystemen muss vor der Errichtung des ersten Turmsegments gemessen werden, siehe Messbericht NALL01_036727. Die Einhaltung der Mindestlängenanforderungen gemäß IEC 61400-24, Kapitel I.2.1 oder IEC 62305-3, Kapitel 5.4.2.2 muss nachgewiesen werden.
- Die Erdungsimpedanz und die Schrittspannung müssen gemäß Messbericht NALL01_058091 gemessen werden. Die Einhaltung der Grenzwerte von IEC 61936-1 muss nachgewiesen werden.

2.5 Dokumentationsanforderungen

Folgende Dokumentation muss übergeben werden:

- Erdungsplan mit der Liste aller Materialien gemäß den genannten Normen
- Dokumentation zum Aufbau der Erdungsanlage mit Angaben zu den verwendeten Materialien und die Position der Erder und Erdungsleiter
- Alle Protokolle ausgefüllt
- Fotodokumentation