

Allgemeine Dokumentation

**Technische Beschreibung**

**Anlagenklasse Nordex Delta4000**

**N149/4.0-4.5**

E0004051131

Revision 07/15.04.2019

- Originalvertriebsdokument -  
Dokument wird elektronisch verteilt.  
Originaldokument bei Nordex Energy GmbH, Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2019 by Nordex Energy GmbH.

## **Kontakt**

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

# 1. Aufbau

Die Windenergieanlage Nordex N149/4.0-4.5 ist eine drehzahlvariable Windenergieanlage mit einem Rotordurchmesser von 149 m und einer Nennleistung zwischen 4000 und 4500 kW (projektspezifisch bis zu 4800 kW), welche standortabhängig angepasst werden kann. Die Windenergieanlage ist für die Klasse S gemäß IEC 61400-1 bzw. Windzone S nach DIBt 2012 ausgelegt und wird in den Varianten für 50 Hz und 60 Hz angeboten.

Die Windenergieanlage der Nordex N149/4.0-4.5 besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

- Rotor, mit Rotornabe, drei Rotorblättern und dem Pitchsystem.
- Maschinenhaus mit Triebstrang, Generator, Azimutsystem, Mittelspannungstransformator und Umrichter.
- Rohrturm oder Hybridturm mit MS-Schaltanlage.

## 1.1 Turm

Die Windenergieanlage N149/4.0-4.5 kann auf einem Stahlurm oder einem Hybridturm errichtet werden. Der Stahlurm ist zylindrisch und besteht aus mehreren Sektionen. Der Turm wird mit dem im Fundament einbetonierten Ankerkorb verschraubt. Der Hybridturm besteht im unteren Teil aus einem Betonturm und im oberen Teil aus einem Stahlrohrturm mit zwei Sektionen.

Der Korrosionsschutz wird durch ein Beschichtungssystem der Oberfläche gemäß ISO 12944 gewährleistet. Eine Befahranlage, die Steigleiter mit dem Fallschutzsystem sowie Ruhe- und Arbeitsplattformen innerhalb des Turmes ermöglichen einen wettergeschützten Aufstieg in das Maschinenhaus.

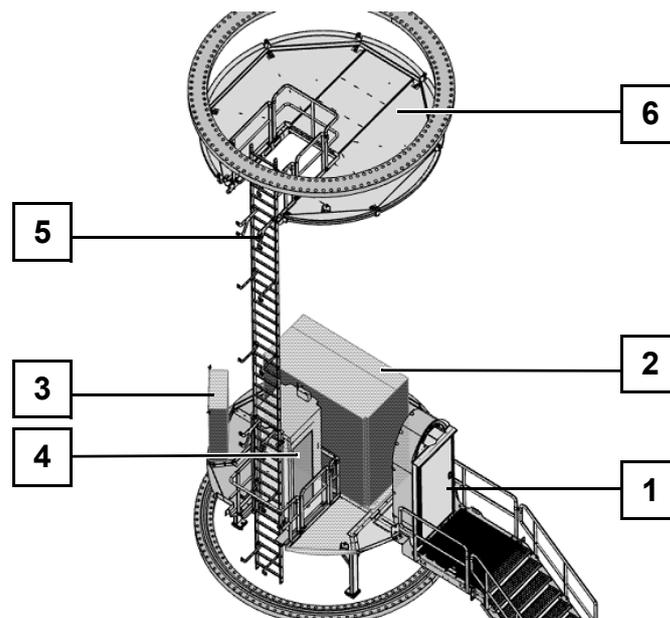


Abb. 1 Übersicht Bottomsektion des Stahlrohrturms, Turmbleche ausgeblendet

1	Turmzugang	2	MS-Schaltanlage	3	Steuerschrank
4	Turmbefahranlage	5	Leiterweg	6	Plattform Flansch

Die Fundamentkonstruktion aller Türme hängt von den Bodenverhältnissen am vorgesehenen Standort ab.

## 1.2 Rotor

Der Rotor besteht aus der Rotornabe mit drei Drehverbindungen, dem Pitchsystem zur Blattverstellung, sowie drei Rotorblättern.

Die **Rotornabe** besteht aus einem Grundkörper mit Tragsystem und Spinner. Der Grundkörper besteht aus einer steifen Gusskonstruktion, auf welcher die Pitchdrehverbindungen und die Rotorblätter montiert werden. Die Rotornabe ist verkleidet mit einem Spinner, der den direkten Zugang aus dem Maschinenhaus in die Rotornabe ermöglicht.

Die **Rotorblätter** sind aus hochwertigem glasfaser- und kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Das Rotorblatt wird gemäß der Richtlinien IEC 61400-23 und DNVGL-ST-0376 (2015) statisch und dynamisch getestet. Optional können die Blätter mit Serrations ausgestattet werden, welche eine Optimierung des Schalleleistungspegels bewirken. Die Serrations bestehen aus mehreren gezackten lichtgrauen Bauteilen aus Glasfaserlaminat, mit einer Länge von ca. 0,3 m bis ca. 0,7 m, die an der Hinterkante der Blätter befestigt werden.

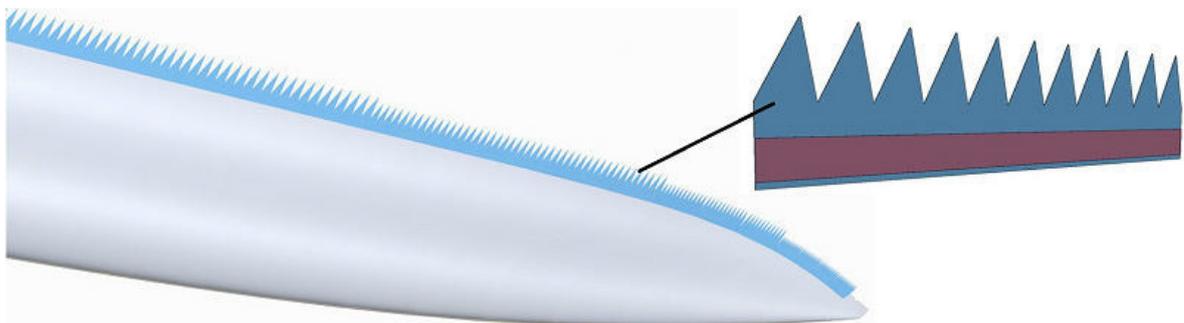


Abb. 2 Serrations an der Hinterkante eines Rotorblatts

Das **Pitchsystem** dient dem Einstellen des von der Steuerung vorgegebenen Rotorblattwinkels der Rotorblätter. Es besteht für jedes Rotorblatt aus einem elektromechanischen Antrieb mit Drehstrommotor, Planetengetriebe und Antriebsritzel sowie einer Steuereinheit mit Frequenzumrichter und Notstromversorgung. Spannungsversorgung und Signalübertragung erfolgen über einen Schleifring, der sich im Maschinenhaus befindet.

## 1.3 Maschinenhaus

Das Maschinenhaus beinhaltet wesentliche mechanische und elektrische Komponenten einer Windenergieanlage. Es ist auf dem Turm drehbar gelagert.

Der **Transformator** wandelt die Niederspannung des Generator-Umrichtersystems in die vom Netzanschlusspunkt definierte Mittelspannung um.

Im **Schaltschrank** sind alle notwendigen elektrischen Bauteile für die Steuerung und Versorgung der Anlage untergebracht.

Mit der mechanischen **Rotorbremse** wird der Rotor während der Wartungsarbeiten festgesetzt. Der nötige Öldruck wird im Bedarfsfall durch die Hydraulikpumpe erzeugt.

Der **Umrichter** verbindet des elektrische Netz mit dem Generator, wodurch der Generator drehzahlvariabel arbeiten kann.

Das **Getriebe** erhöht die Drehzahl des Rotors auf die für den Generator erforderliche Drehzahl.

Die Getriebelager und die Verzahnung werden kontinuierlich mit Öl versorgt. Für die Ölzirkulation sorgt eine Pumpe mit zwei Förderstufen. Ein Kombi-Filterelement mit Grob-, Fein- und Feinstfilter hält Feststoffe zurück. Die Verschmutzung des Filterelementes wird durch die Steuerung überwacht.

Das Getriebeöl übernimmt neben der Schmierung auch die Funktion der Kühlung des Getriebes. Die Getriebelager- und Öltemperaturen werden kontinuierlich überwacht. Ist die Betriebstemperatur noch nicht erreicht, führt ein Thermo-Bypass das Getriebeöl direkt zurück in das Getriebe. Wird die Betriebstemperatur des Getriebeöls überschritten, wird es gekühlt.

Die Getriebekühlung ist über einen Öl/Wasser-Kühler realisiert, der sich direkt am Getriebe befindet. Die Rückkühlung des Kühlwassers erfolgt in Kombination mit dem Kühlwasser von Generator, Umrichter und Transformator in einem Passivkühler auf dem Dach des Maschinenhauses.

Die **Rotorwelle** ist im Maschinenhaus im **Rotorlager** gelagert. Im Rotorlager ist eine Rotorarretierung integriert, mit welcher der Rotor zuverlässig mechanisch festgesetzt werden kann.

Alle Baugruppen im Maschinenhaus werden durch die **Maschinenhausverkleidung** vor den Einflüssen von Wind und Wetter geschützt.

Die **Kupplung** stellt die kraftübertragende Verbindung zwischen dem Getriebe und dem Generator her.

Der **Generator** ist eine 6-polige, doppelt gespeiste Asynchronmaschine. Der Generator besitzt einen aufgebauten Luft-Wasser-Wärmetauscher. Das Kühlwasser wird gemeinsam mit dem Kühlwasser der weiteren Großkomponenten in einem Passivkühler auf dem Dach des Maschinenhauses rückgekühlt.

Mit den **Azimutantrieben** wird das Maschinenhaus optimal in den Wind gedreht. Die Azimutantriebe befinden sich auf dem Maschinenträger im Maschinenhaus. Sie bestehen jeweils aus Elektromotor, mehrstufigem Planetengetriebe und Antriebsritzel. Die Antriebsritzel greifen in die Außenverzahnung der Azimutdrehverbindung ein. In ausgerichteter Position wird das Maschinenhaus mit den Azimutantrieben festgesetzt.

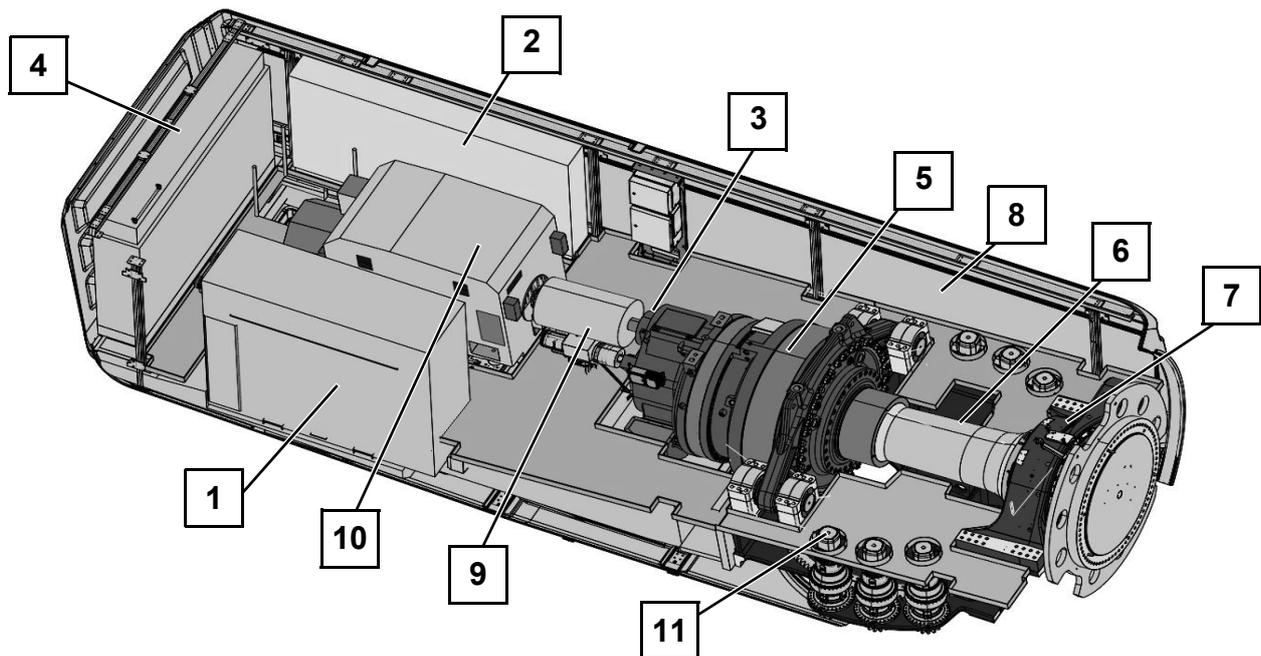


Abb. 3 Schematische Darstellung Maschinenhaus, beispielhaft

1	Transformator	2	Schaltschrank	3	Rotorbremse
4	Umrichter	5	Getriebe	6	Rotorwelle
7	Rotorlager	8	Maschinenhausverkleidung	9	Kupplung
10	Generator	11	Azimutantriebe		

## 1.4 Hilfssysteme

Generatorlager, Verzahnung der Pitchdrehverbindungen, Rotorlager und Verzahnung der Azimutdrehverbindung sind jeweils standarmäßig mit einem **automatischen Schmiersystem** ausgestattet. Für die Laufbahn der Pitchdrehverbindung ist der Einsatz einer automatischen Schmierung optional möglich.

Getriebe, Generator, der Kühlkreislauf und alle relevanten Schaltschränke sind mit **Heizungen** ausgestattet.

Im Maschinenhaus dient ein fest installierter elektrischer **Kettenzug** zum Heben von Werkzeugen, Bauteilen und sonstigem Arbeitsmaterial vom Erdboden in das Maschinenhaus. Ein zweiter, beweglicher **Brückenkran** dient zum Bewegen der Materialien innerhalb des Maschinenhauses.

Verschiedene Optionen für zusätzliche Ausstattungen der Windenergieanlage stehen zur Verfügung.

### Kühlung

Getriebe, Generator, Umrichter und Transformator werden über einen gekoppelten Luft/Wasser-Wärmetauscher gekühlt. Eine Pumpe fördert das Gemisch durch den Wärmetauscher. Durch einen Thermo-Bypass wird beim Anlaufen das leicht gewärmte Getriebeöl direkt zurück in das Getriebe geführt und erst nach Erreichen der Betriebstemperatur in den Plattenwärmetauscher gegeben.

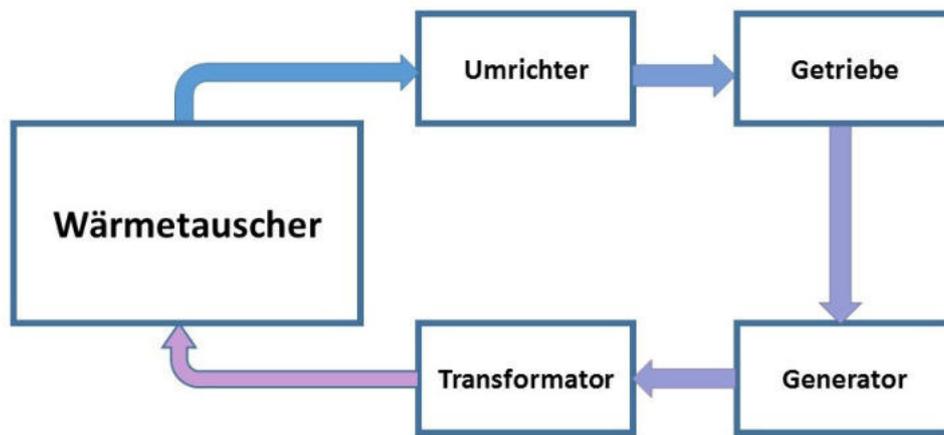


Abb. 4 Schema der Kühlung Großkomponenten im Maschinenhaus

Der Wärmeaustausch erfolgt über zwei Passivkühler auf dem Maschinenhausdach.

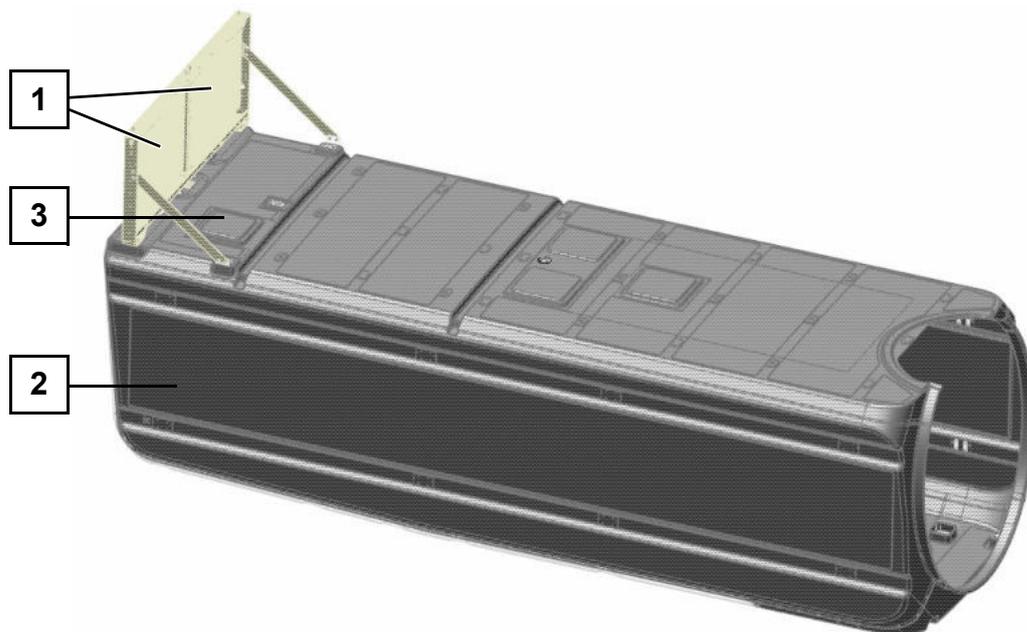


Abb. 5 Passivkühler im Rahmen auf dem Dach

1 Passivkühler                      2 Maschinenhaus                      3 Dach hinten

## 2. Mittelspannungsanlage

Die Mittelspannungskomponenten dienen dem Anschluss einer WEA an das Mittelspannungsnetz im Windpark oder an das Netz des örtlichen Netzbetreibers. Im Turmfuß befindet sich die **MS-Schaltanlage**. Diese besteht aus einem Transformatorfeld mit Leistungsschalter und mindestens einem Ringkabelfeld als Standard oder bis zu drei Ringkabelfeldern als Option (abhängig von Windpark-Konfiguration). Das Transformatorfeld setzt sich zusammen aus einem Vakuum-Leistungsschalter und dem Trennschalter mit Erdungsschalter. Das Ringkabelfeld besteht aus einem Lasttrennschalter mit Erdungsschalter. Die gesamte MS-Schaltanlage ist auf einem Bodenrahmen/Adapterrahmen montiert.

Weitere Eigenschaften der MS-Schaltanlage:

- Stückprüfungen jeder Schaltanlage gemäß IEC 62271-200
- Typgeprüft, SF6 isoliert
- Innenraumschaltanlage für abgeschlossene elektrische Betriebsstätten (min. IP2X)
- SF-6 Kessel: metallgeschottet, metallgekapselt (min. IP65), unabhängig gegenüber Umwelteinflüssen
- Angezeigte Schaltstellungen „Ein - Aus - Geerdet“
- Prüfklemmleiste für Sekundärprüfung
- Wartungsarm nach Klasse E2 (IEC 62271-100)

Der Anlagenschutz der MS-Schaltanlage wird durch folgende Punkte erreicht:

- Druckentlastung durch Druckabsorberkanal im Falle eines Störlichtbogens
- Erhöhter Personen- und Anlagenschutz bei Störlichtbögen durch Typprüfung nach IEC 62271-200
- Wandlerstromversorgtes und einschaltstromstabilisiertes Schutzgerät als UMZ-Relais (Unabhängiger Maximalstromzeitschutz)
- Betätigungsöffnungen für Schaltgeräte sind funktional gegeneinander verriegelt und optional abschließbar
- Korrosionsschutz der Schaltzellen durch Feuerverzinkung und lackierte Oberflächen

**Transformator** und Umrichter sind im Maschinenhaus platziert. Der Transformator ist nach IEC 60076-16 spezifiziert und erfüllt die Eco-Design-Anforderungen nach 548/2014/EU.

Die Stahlbauteile am Transformator sind nach Korrosionsschutzklasse C3 (H) ausgelegt.

Weitere Schutzvorkehrungen:

- Geerdetes Gehäuse (Trockentrafo) bzw. geerdeter Kessel (Estertrafo)
- Übertemperaturschutz durch Temperaturfühler und -relais
- Hermetikschutz (Leckage) und Überdruckschutz bei Estertrafo

### 3. Steuerung und elektrisches System

Die WEA arbeitet automatisch. Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) überwacht mit einer Vielzahl an Sensoren ständig die Betriebsparameter, vergleicht die Ist-Werte mit den entsprechenden Soll-Werten und erteilt an die Anlagenkomponenten die erforderlichen Steuerbefehle. Die Betriebsparameter werden von Nordex vorgegeben und sind auf den jeweiligen Standort abgestimmt.

Bei Windstille bleibt die WEA im Ruhezustand. Nur verschiedene Hilfssysteme, wie Heizungen, Getriebeschmierung, und die SPS, welche die Daten der Windmesseinrichtung überwacht, sind in Betrieb oder werden nach Bedarf zugeschaltet. Alle anderen Systeme sind ausgeschaltet und verbrauchen keine Energie. Der Rotor trudelt. Wenn die optionale STATCOM-Funktion aktiviert ist bleibt der Umrichter im Betrieb und ermöglicht die Speisung von Blindleistung in das Netz. Wird die Einschaltwindgeschwindigkeit erreicht, wechselt die WEA in den Zustand „Betriebsbereit“. Jetzt werden alle Systeme getestet, das Maschinenhaus nach dem Wind ausgerichtet und die Rotorblätter in den Wind gedreht. Ist eine bestimmte Drehzahl erreicht, wird der Generator ans Netz gekoppelt und die WEA produziert Energie.

Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten arbeitet die WEA im Teillastbetrieb. Dabei bleiben die Rotorblätter maximal in den Wind gedreht. Die von der WEA abgegebene Leistung hängt von der Windgeschwindigkeit ab.

Bei Erreichen der Nennwindgeschwindigkeit geht die WEA in den Nennlastbereich über. Erhöht sich die Windgeschwindigkeit weiter, bewirkt die Drehzahlregelung eine Änderung der Rotorblattwinkel, so dass im Ergebnis die Rotordrehzahl und damit die Leistungsabgabe der WEA konstant gehalten werden.

Das Azimutsystem sorgt dafür, dass sich das Maschinenhaus stets optimal im Wind ausrichtet. Dazu messen zwei getrennte Windmesssysteme auf dem Maschinenhaus die Windrichtung. Dabei wird für die Steuerung nur ein Windmesssystem herangezogen, während das zweite das erste überwacht und bei dessen Ausfall einspringt. Weicht die gemessene Windrichtung zu sehr von der Ausrichtung des Maschinenhauses ab, wird das Maschinenhaus aktiv nachgeführt.

Die Umwandlung der vom Rotor aufgenommenen Windenergie in elektrische Energie erfolgt mit einem doppelt gespeisten Asynchrongenerator mit Schleifringläufer. Sein Stator ist direkt und der Rotor über einen speziell gesteuerten Frequenzumrichter mit dem MS-Transformator verbunden, der die Anlage mit dem Netz verbindet. Dadurch muss nur ein Teil der Leistung über den Umrichter geführt werden, was geringe elektrische Systemverluste ermöglicht.

#### 3.1 Sicherheitssysteme

Nordex-Windenergieanlagen sind mit umfangreichen Ausrüstungen und Einrichtungen ausgestattet, die dem Personen- und Anlagenschutz dienen und

einen dauerhaften Betrieb gewährleisten. Die gesamte Anlage ist entsprechend der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG ausgelegt und nach DIN EN 61400 zertifiziert.

Bei Überschreitung von bestimmten Parametern, die die Sicherheit der Anlage betreffen, wird die Anlage gestoppt und in einen sicheren Zustand gesetzt. In Abhängigkeit von der Abschaltursache werden unterschiedliche Bremsprogramme ausgelöst. Bei äußeren Ursachen, wie zu hoher Windgeschwindigkeit oder Unterschreitung der Betriebstemperatur, wird die Anlage mittels Rotorblattverstellung sanft gebremst.

### 3.2 **Blitz-/Überspannungsschutz, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

Der Blitz-/Überspannungsschutz der Windenergieanlage basiert auf dem EMV-orientierten Blitzschutzzonenkonzept, welches aus der Ausführung von inneren und äußeren Blitz-/Überspannungsschutzmaßnahmen, unter Berücksichtigung der Norm IEC 61400-24, besteht.

Für die Windenergieanlage ist die Blitzschutzklasse I bestimmt. Sämtliche Bestandteile des inneren und äußeren Blitz-/Überspannungsschutzes sind nach der Blitzschutzklasse I bemessen.

Die Windenergieanlage mit den elektrischen Betriebsmitteln, Verbrauchern, der Mess-, Steuer-, Regelungs-, Schutz-, Informations- und Telekommunikationstechnik erfüllt die EMV-Anforderungen entsprechend der IEC 61400-1, Gliederungspunkt 10.11.

### 3.3 **Niederspannungsnetzformen**

Das **660-V- / 690-V-Niederspannungsnetz** ist als IT-Netzform und Dreiphasendrehstromnetz von der Erde isoliert und ist die primäre, energietechnische Niederspannungsanlage der Windenergieanlage. Die Elemente der elektrischen Betriebs- und Messmittel dieses Netzes sind direkt oder über separate Schutzpotenzialausgleichsleitungen geerdet. Als weitere Schutzmaßnahme des Personen- und Anlagenschutzes im 660-V- / 690-V-IT-Netz ist eine zentrale Isolationsüberwachungseinrichtung installiert.

Das **400-V-/230-V-Niederspannungsnetz** ist als TN-S-Netzform und Dreiphasendrehstromnetz an den speisenden Netztransformatoren direkt sternpunktgeerdet. Der Schutzerdungsleiter PE und Neutralleiter sind separat vorhanden. Die Körper elektrischer Betriebsmittel und Verbraucher sind unter Einbeziehung des zusätzlichen Schutzpotenzialausgleichs direkt und unmittelbar über Schutzerdungsleiterverbindungen mit den Sternpunkten der speisenden Netztransformatoren verbunden. Das 400-V-/230-V-Niederspannungsnetz ist die Niederspannungseigenbedarfsanlage der Windenergieanlage.

### 3.4 **Eigenbedarf der Windenergieanlage**

Der Niederspannungseigenbedarf der Windenergieanlage im WEA-Stand-by-Betrieb und WEA-Einspeisebetrieb wird durch folgende Verbraucher angefordert:

- Anlagensteuerung inklusive Steuerung Hauptumrichter
- 400-V-/230-V-Eigenbedarf Hauptumrichter
- 230-V-AC-USV-Versorgung inclusive 24-V-DC-Versorgung
- Azimutsystem
- Pitchsystem
- Nebenantriebe wie Pumpen, Lüfter und Schmieranlagen
- Heizungen und Beleuchtung
- Hilfssysteme wie Befahranlage, Gefahrenfeuer

Langzeitmessungen zeigen, dass die durchschnittliche, auf das Jahr bezogene Grundlast (mittlere Wirkleistung) der Niederspannungseigenbedarfsanlage im WEA-Einspeisebetrieb bei rund 15 kW liegt. Diese Werte sind bereits in den Leistungskurven enthalten.

Für Standorte mit einer mittleren Jahresgeschwindigkeit von 6,5 m/s fallen ca. 10 MWh Eigenverbrauch an, dieser Wert ist jedoch sehr standortabhängig. Der Eigenverbrauch ist definiert als der Energiebezug der WEA aus dem Stromnetz für den Zeitraum, in dem die WEA keinen Strom in das Netz einspeist.

### 3.5 **Leistungen größer als 4500 kW**

Die N149/4.0-4.5 kann projektspezifisch mit bis zu 4800 kW betrieben werden. Bei Leistungen über 4500 kW ist der Betrieb eines IT-Niederspannungsnetzes mit 690 V erforderlich.

## 4. Technische Daten

Technische Konzeption	
Auslegungstemperatur	Standard -20 °C bis +45 °C CCV -40 °C bis +45 °C
Betriebstemperaturbereich	-20 °C bis +40 °C <sup>1)</sup>
Betriebstemperaturbereich CCV	-30 °C bis +40 °C <sup>1)</sup>
Stopp	Standard: -20 °C, Wiederanlauf bei -18 °C CCV: -30 °C, Wiederanlauf bei -28 °C
Max. Höhe über N.N.	2000 m <sup>1)</sup>
Zertifikat	gemäß IEC 61400-1 und DIBt 2012
Typ	3-Blatt-Rotor mit horizontaler Achse Luv-Läufer
Leistungsregelung	aktive Einzelblattverstellung
Nennleistung	variabel 4000 - 4500 kW <sup>1)</sup>
Nennleistung ab Windgeschwindigkeit (bei einer Luftdichte von 1,225 kg/m <sup>3</sup> )	ca. 11,5 m/s
Betriebsdrehzahlbereich des Rotors	6,4 min <sup>-1</sup> bis 12,3 min <sup>-1</sup>
Nenndrehzahl	11,0 min <sup>-1</sup>
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	26 m/s <sup>2)</sup>
Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit	25,5 m/s <sup>2)</sup>
Rechnerische Lebensdauer	mindestens 20 Jahre

<sup>1)</sup> Nennleistung wird in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor bis zu definierten Temperaturbereichen erreicht. Die N149/4.0-4.5 kann projektabhängig mit bis zu 4800 kW betrieben werden.

<sup>2)</sup> Die Abschaltwindgeschwindigkeit kann projektspezifisch zur Sicherstellung der Standsicherheit reduziert werden.

### Leistungsanpassung in Abhängigkeit von Blindleistung, Temperatur und Einsatzhöhen $\leq 1000$ m N.N.

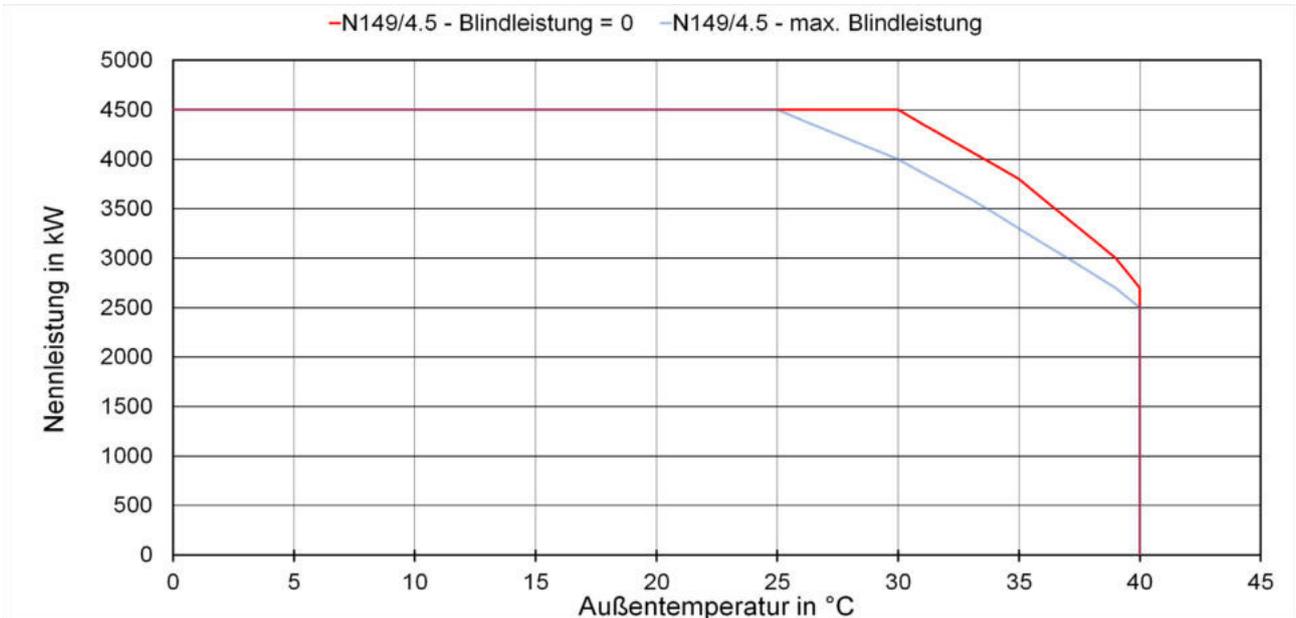


Abb. 6 Leistungsanpassung der Nordex N149 für Leistungen bis 4500 kW

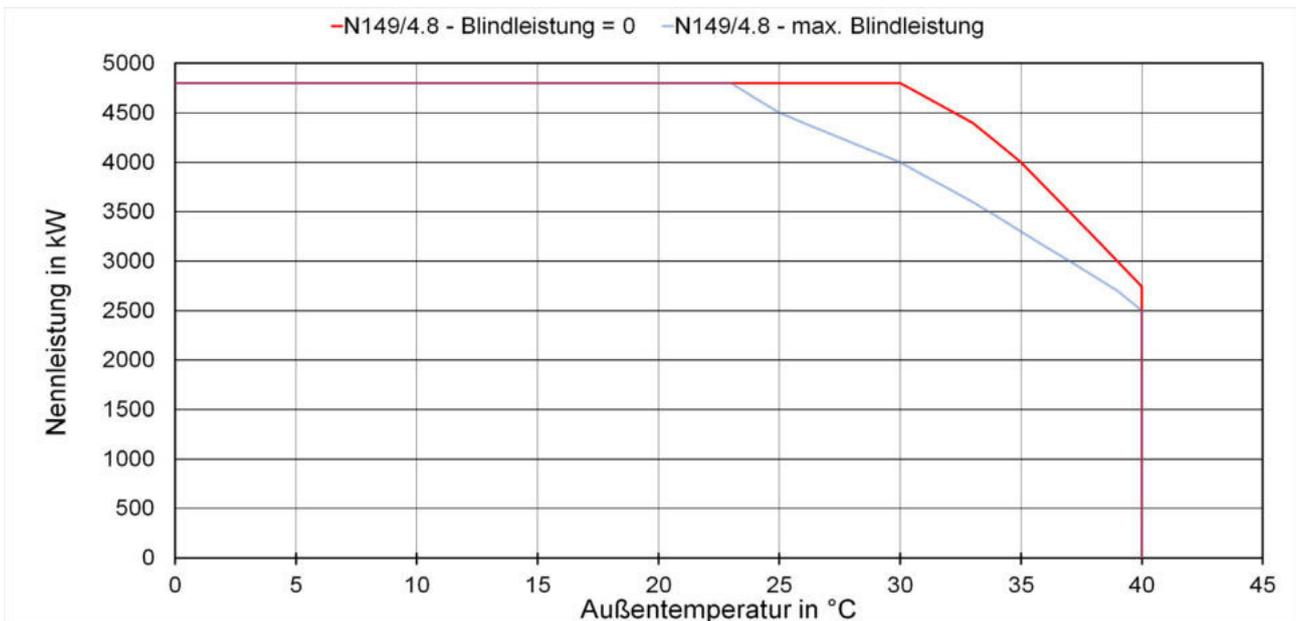


Abb. 7 Leistungsanpassung der Nordex N149 für Leistungen bis 4800 kW

Türme	TS105	TS125-01	TCS164 NV05	TCS164 NV06
Nabenhöhe	105 m	125 m	164 m	164 m
Windklasse	DIBt S/ IEC S	DIBt S/ IEC S	DIBt S/ IEC S	DIBt S/ IEC S
Anzahl Turmsektionen	4	6	2 Stahlsektionen 1 Betonteil	

Türme	TS135	TS145	TS145-01	TS155
Nabenhöhe	135 m	145 m	145 m	155 m
Windklasse	IEC S	IEC S	IEC S	IEC S
Anzahl Turmsektionen	5	6	5	6

Rotor	
Rotordurchmesser	149,1 m
Überstrichene Fläche	17460 m <sup>2</sup>
Nennleistung/Fläche	257,7 W/m <sup>2</sup>
Neigungswinkel der Rotorwelle	5°
Konuswinkel der Rotorblätter	3,5°

Rotorblatt	
Material	glasfaser- und kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
Gesamtlänge	72,40 m

Rotorwelle/Rotorlagerung	
Typ	geschmiedete Hohlwelle
Material	42CrMo4 oder 34CrNiMo6
Lagertyp	Pendelrollenlager
Schmierung	regelmäßig mit Schmierfett

mechanische Bremse	
Typ	aktive betätigte Scheibenbremse
Anordnung	auf der schnellen Welle
Anzahl der Bremskaliber	1
Material der Bremsbeläge	organisches Belagmaterial

<b>Getriebe</b>	
Typ	mehrstufiges Planetengetriebe + Stirnradstufe
Übersetzungsverhältnis	50 Hz: $i = 113,5$ 60 Hz: $i = 136,2$
Schmierung	Zwangsschmierung
Ölmenge inkl. Kühlkreislauf	max. 650 l
Öltyp	VG 320
Max. Öltemperatur	ca. 77 °C
Ölwechsel	Wechsel nach Bedarf

<b>Elektrische Anlage (660 V AC) - WEA mit Leistungen bis 4500 kW</b>	
Nennleistung $P_{nG}$	bis zu 4500* kW
Nennspannung	3 x AC 660 V $\pm$ 10 % (Grid-Code-spezifisch)
Nennstrom bei voller Blindstromspeisung $I_{nG}$ bei $S_{nG}$	4503 A
Nennscheinleistung $S_{nG}$ bei $P_{nG}$	5148 kVA
Leistungsfaktor bei $P_{nG}$	1,00 als Standardeinstellung 0,869 untererregt (induktiv) bis 0,885 übererregt (kapazitiv) möglich
Frequenz	50 und 60 Hz

\*Alle Angaben sind Maximalwerte. Abhängig von der jeweiligen Bemessungsspannung, Bemessungsscheinleistung und WEA-Bemessungswirkleistung können die Werte variieren.

<b>Elektrische Anlage (690 V AC) - WEA mit Leistungen bis 4800 kW</b>	
Nennleistung $P_{nG}$	bis zu 4800* kW
Nennspannung	3 x AC 690 V $\pm$ 10 % (Grid-Code-spezifisch)
Nennstrom bei voller Blindstromspeisung $I_{nG}$ bei $S_{nG}$	4571 A
Nennscheinleistung $S_{nG}$ bei $P_{nG}$	5463 kVA
Leistungsfaktor bei $P_{nG}$	1,00 als Standardeinstellung 0,8785 untererregt (induktiv) bis 0,8785 übererregt (kapazitiv) möglich
Frequenz	50 und 60 Hz

\*Alle Angaben sind Maximalwerte. Abhängig von der jeweiligen Bemessungsspannung, Bemessungsscheinleistung und WEA-Bemessungswirkleistung können die Werte variieren.

<b>20 kV Estertransformator*</b>	<b>660 V-Netzspannung</b>	<b>690 V-Netzspannung</b>
Gesamtgewicht	max. 9 t	
Bemessungsspannung $U_S, U_r$	0,66 kV	0,69 kV
Bemessungsspannung OS abhängig vom MS-Netz, $U_r$	20 kV	
Anzapfungen überspannungsseitig	+ 4 x 2,5 %	
Netzspannung OS	20 kV; 20,5 kV; 21 kV; 21,5 kV; 22 kV	
Bemessungsfrequenz, $f_r$	50 / 60 Hz	
Schaltgruppe	Dy5	
Aufstellungshöhe (NN)	bis 2000 m	
Bemessungsscheinleistung, $S_r$	5000 kVA	5350 kVA
Kurzschlussspannung, $u_z$	8 bis 9 % ± 10 % Toleranz	
Mindestwert des maximalen Wirkungsgrades, $\eta$	99,483 %	99,490 %
Einschaltstrom	≤ 5,5 x $I_N$ (Scheitelwert)	
Verlustleistung <sup>1)</sup> Leerlaufverluste Kurzschlussverluste	2800 W 57000 W	3000 W 60000 W

<sup>\*)</sup>Angaben sind (sofern nicht anders angegeben) Maximalwerte. Abhängig von der jeweiligen Bemessungsspannung, Bemessungsscheinleistung und WEA-Bemessungswirkleistung können die Werte abweichen.

<sup>1)</sup> Richtwerte

<b>20 kV Gießharztransformator*</b>	
Gesamtgewicht	max. 9 t
Bemessungsspannung $U_S, U_r$	0,66 kV
Bemessungsspannung OS abhängig vom MS-Netz, $U_r$	20 kV
Anzapfungen überspannungsseitig	+ 4 x 2,5 %
Netzspannung OS	20 kV; 20,5 kV; 21 kV; 21,5 kV; 22 kV
Bemessungsfrequenz, $f_r$	50 / 60 Hz
Schaltgruppe	Dy5
Aufstellungshöhe (NN)	bis 1000 m
Bemessungsscheinleistung, $S_r$	5000 kVA
Kurzschlussspannung, $u_z$	8 bis 9 % ± 10 % Toleranz
Mindestwert des maximalen Wirkungsgrades, $\eta$	99,354 %

<b>20 kV Gießharztransformator*</b>	
Einschaltstrom	$\leq 12,5 \times I_N$ (Scheitelwert)
Verlustleistung <sup>1)</sup> Leerlaufverluste Kurzschlussverluste	6000 W 42000 W

<b>30 kV Transformator*</b>	<b>660 V-Netzspannung</b>	<b>690 V-Netzspannung</b>
Gesamtgewicht	max. 9 t	
Isolationsmedium	Ester	
Bemessungsspannung $U_S, U_r$	0,66 kV	0,69 kV
Bemessungsspannung OS abhängig vom MS-Netz, $U_r$	30 kV / 34kV	
Anzapfungen oberspannungsseitig	+ 4 x 2,5 % / + 4 x 0,5 kV	
Netzspannung OS	30; 30,75; 31,5; 32,25; 33 kV / 34; 34,5; 35; 35,5; 36 kV	
Bemessungsfrequenz, $f_r$	50 / 60 Hz	
Schaltgruppe	Dy5	
Aufstellungshöhe (NN)	bis 2000 m	
Bemessungsscheinleistung, $S_r$	5000 kVA	5350 kVA
Kurzschlussspannung, $u_z$	8 bis 9 % $\pm$ 10 % Toleranz	
Mindestwert des maximalen Wirkungsgrades, $\eta$	99,483 %	99,490 %
Einschaltstrom	$\leq 5,5 \times I_N$ (Scheitelwert)	
Verlustleistung <sup>1)</sup> Leerlaufverluste Kurzschlussverluste	2800 W 57000 W	3000 W 60000 W

<sup>\*)</sup>Angaben sind (sofern nicht anders angegeben) Maximalwerte. Abhängig von der jeweiligen Bemessungsspannung, Bemessungsscheinleistung und WEA-Bemessungswirkleistung können die Werte abweichen.

<sup>1)</sup> Richtwerte

<b>MS-Schaltanlage</b>	
Bemessungsspannung (abhängig vom MS-Netz)	24, 36 oder 40,5 kV
Bemessungsstrom	630 A (>630 A optional)
Bemessungskurzschlussdauer	1 s
Bemessungskurzschlussstrom	24 kV: 16 kA (20 kA optional) 36 / 40,5 kV: 20 kA (25 kA optional)

<b>MS-Schaltanlage</b>	
Minimale/Maximale Umgebungstemperatur im Betrieb	NCV: -25 °C bis +40 °C
	CCV: -30 °C bis +40 °C
Anschlußtyp	Außenkonus Typ C nach EN 50181
<b>Leistungsschalter</b>	
Schaltzahl mit Bemessungsstrom	E2
Schaltzahl mit Kurzschlussausschaltstrom	E2
Mechanische Schaltzahl	M1
Schalten kapazitiver Ströme	min. C1 - gering
<b>Lasttrennschalter</b>	
Schaltzahl mit Bemessungsstrom	E3
Schaltzahl mit Kurzschlussausschaltstrom	E3
Mechanische Schaltzahl	M1
<b>Trennschalter</b>	
Mechanische Schaltzahl	M0
<b>Erdungsschalter</b>	
Schaltzahl mit Bem. Kurzschlusseinschaltstrom	E2
Mechanische Schaltzahl	≥ 1000

<b>Generator</b>	
Schutzart	IP 54 (Schleifringkasten IP 23)
Nennspannung	660 V / 690 V
Frequenz	50 und 60 Hz
Drehzahlbereich	50 Hz: 730 bis 1390 min <sup>-1</sup> 60 Hz: 876 bis 1668 min <sup>-1</sup>
Pole	6
Gewicht	ca. 10,6 t

<b>Kühlung und Filtration Getriebe</b>	
Typ	1. Kühlkreis: Ölkreislauf mit Öl/Wasser-Wärmetauscher und Thermobypass 2. Kühlkreis: Wasser/Luft gemeinsam mit Generator, Hauptumrichter und Transformator

<b>Kühlung und Filtration Getriebe</b>	
Filter	Grobfilter 50 µm / Feinfilter 10 µm / Feinstfilter < 5 µm
Volumenstrom	Stufe 1: ca. 100 l/min / Stufe 2: ca. 200 l/min

<b>Kühlung Generator und Umrichter</b>	
Typ	Wasserkreislauf mit Wasser/Luft-Wärmetauscher und Thermobypass
Volumenstrom	ca. 160 l/min
Kühlmittel	Wasser/Glykol basiertes Kühlmittel

<b>Kühlung Transformator</b>	
1. Kühlkreislauf	Variante 1: Esterkreislauf mit Ester/Wasser-Wärmetauscher Variante 2: Geschlossener Luft-Kreislauf mit Luft/Wasser-Wärmetauscher
2. Kühlkreislauf	Wasser/Luft gemeinsam mit Generator, Umrichter und Getriebe

<b>Pitchsystem</b>	
Pitchdrehverbindung	2-reihiges 4-Punktlager
Schmierung Verzahnung/ Laufbahn	regelmäßige Schmierung mit Fett
Antrieb	Elektromotoren inkl. Federkraftbremse und mehrstufigem Planetengetriebe
Notstromversorgung	Bleigelakkumulatoren

<b>Azimutsystem</b>	
Azimutdrehverbindung	2-reihiges 4-Punktlager
Schmierung Verzahnung/ Laufbahn	regelmäßige Schmierung mit Fett
Antrieb	Elektromotoren inkl. Federkraftbremse und vierstufigem Planetengetriebe
Anzahl der Antriebe	6
Nachführgeschwindigkeit	ca. 0,5 °/s

Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
<http://www.nordex-online.com>  
[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

Allgemeine Dokumentation

# Umwelteinwirkungen einer Windenergieanlage

**Gültig für alle Nordex-Anlagen**



NALL01\_008514\_DE

Revision 04 / 05.09.2017

- Originalvertriebsdokument -  
Dokument wird elektronisch verteilt.  
Originaldokument bei Nordex Energy GmbH, Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2017 by Nordex Energy GmbH.

## **Kontakt**

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

## 1. Warum brauchen wir Windenergie?

Eine Windenergieanlage (WEA) wandelt die Bewegungsenergie des Windes in elektrischen Strom um. Dieser Strom wird somit gewonnen, ohne das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu erzeugen. Ein großer Vorteil für unsere Umwelt gegenüber Kohle-, Öl- oder Gaskraftwerken. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung der Kohlendioxid-Emission und zur Verringerung des Treibhauseffektes geleistet.

Eine Windenergieanlage erzeugt in 20 Jahren ein Vielfaches der Energie als für ihren Bau, den Betrieb und die Entsorgung erforderlich ist. Bei konventionellen Kraftwerken beträgt dieser Wert (Erntefaktor) weit unter 1, weil ständig Rohstoffe als Energieträger zugeführt werden. Eine Windenergieanlage kann in wenigen Monaten die Energie wieder produzieren, die für die eigene Herstellung, Betrieb, Auf-, Abbau und Entsorgung benötigt wird.

## 2. Treibhausgasbilanzen für Stromerzeugung

Die Tabelle zeigt einen Vergleich der spezifischen Emissionen je kWh der unterschiedlichen Erzeugungssysteme, fossil/erneuerbar. Ein direkter Vergleich ist nur bei Berücksichtigung der Kosten für Bau, Betrieb, Wartung, Reparatur sowie Entsorgung der Anlagen möglich. Weiterhin sind starke Schwankungen durch Ort der Anlage, Güte des Energieträgers, Lebensdauer und Größe der Anlage möglich. Berücksichtigt sind ebenfalls die Emissionen die sich durch die Bereitstellung von Backup-Leistungen für Solar- und Windenergieanlagen ergeben.

Strom aus	spezifische äquivalente CO <sub>2</sub> -Emissionen in g/kWh
Kernenergie	10 - 30
Steinkohle	750 - 1100
Braunkohle	980 - 1230
Erdöl	890
Gas	400 - 640
Photovoltaik	50 - 100
Solarthermie	50 - 100
Biomasse	-580 – 156*
Windpark onshore	23
Windpark offshore	10 - 40
Wasser-Kraftwerk	10 - 40

\* direkter Vergleich nicht möglich, aufgrund unterschiedlicher Nutzungsvarianten (reine Stromerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung) und Techniken (Dampfturbine, Heizkraftwerk, Holzvergasung etc.)

Quelle: „CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung – Ein ganzheitlicher Vergleich verschiedener Techniken, BWK Das Energie-Fachmagazin Bd. 59 (2007) Nr. 10

### 3. Sonstige Umwelteinwirkungen

#### **Abfall**

Der Betrieb von Windenergieanlagen erzeugt kaum Abfälle, da keine Roh- oder Recyclingstoffe verarbeitet werden. Wichtigster Abfall sind die Schmierstoffe (Altöle). Diese fallen jedoch nicht regelmäßig, sondern nur nach Erfordernis an (Qualitätskontrolle im Labor). Sollte ein Ölwechsel notwendig sein, werden die dabei anfallenden Altöle über einen hierfür zugelassenen Entsorgungsbetrieb aus der Region entsorgt.

#### **Abwasser**

Auf der Baustelle und im Betrieb der Windenergieanlagen fällt kein Abwasser an. Regenwasser versickert, sodass auch kein gefasstes Niederschlagswasser abzuleiten ist.

#### **Blitzschlag**

Windenergieanlagen wirken in ihrer direkten Umgebung wie ein Blitzfänger. Daher besitzen sie ein spezielles Blitzschutzsystem, das die Blitze sicher ins Erdreich ableitet. Es gibt keine negativen Auswirkungen auf das öffentliche Stromnetz oder die Umgebung der Windenergieanlagen.

#### **Boden**

Durch das Fundament, die Montagefläche und die Zuwegung wird in das Gefüge des Bodens und seine Funktionen eingegriffen. Eine wichtige Funktion – die der Versickerung und Grundwasserneubildung – wird nur vernachlässigbar gering beeinträchtigt, da sämtliche Platz- und Wegeflächen in der Regel in wasserdurchlässiger Schotterbauweise erstellt werden. Niederschlagswasser wird weder gefasst noch abgeleitet.

#### **Eisansatz**

Die Windenergieanlage sollte stillgesetzt werden, wenn Vereisung der Rotorblätter auftritt. Das Eisdetektionssystem für Nordex- Windenergieanlagen (WEA) erkennt anhand von auffälligen Vibrationen oder Abweichungen zwischen theoretischer und tatsächlicher Leistung, ob Eisansatz auf dem Rotorblatt vorhanden ist. So erfolgt eine Alarmmeldung und mögliche Abschaltung der WEA.

#### **Elektromagnetische Wellen**

Auch von einer Windenergieanlage gehen – wie von jedem elektrischen Gerät – elektromagnetische Wellen aus. Der Aufenthalt auf der Anlage ist ungefährlich, Trägern eines Herzschrittmachers wird jedoch generell empfohlen Windkraftanlagen nicht zu betreten.

Da Windenergieanlagen im Allgemeinen mehrere hundert Meter von jedem Haus entfernt stehen und das elektrische Feld exponentiell mit dem Abstand abnimmt, sind keine Auswirkungen im Umfeld zu erwarten.

### **Energiebedarf**

Die verschiedenen Hilfssysteme einer Windenergieanlage verbrauchen Strom, z. B. für die Steuerung, die Windnachführung, Hydraulikpumpe usw. Bei sehr kleinen Windgeschwindigkeiten (keine Stromproduktion) wird dieser Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen. Der durchschnittliche Jahresenergiebedarf einer Windenergieanlage beträgt etwa ein Tausendstel bis maximal ein halbes Hundertstel (1...5 Promille) ihrer Jahresproduktion. Der Energiebedarf ist stark von den klimatischen Verhältnissen des Standortes abhängig.

### **Klima**

Für das örtliche Kleinklima sind keine Veränderungen durch eine Windenergieanlage zu erwarten. Allgemein wird jedoch die weltklimatisch bedeutende CO<sub>2</sub>-Bilanz entlastet, was zur Verringerung des Treibhauseffekts wichtig ist.

### **Geräusche**

Windenergieanlagen verursachen Geräusche, insbesondere durch die Bewegung der Rotorblätter im Wind. In den meisten Fällen sind jedoch die Umgebungsgeräusche in der Nähe des Ohrs weitaus lauter als das Geräusch der entfernten Windenergieanlage. Dies hängt vor allem von der Windgeschwindigkeit und der Umgebungsstruktur ab (z. B. Bäume).

Die Schallemissionen werden gemäß internationaler Normen gemessen und werden in der Planung von Windparks berücksichtigt. Gesetzlich vorgeschriebene Mindestabstände zu schallsensitiven Punkten, z. B. Gebäuden, werden eingehalten.

Wie jedes Bauwerk werfen auch Windenergieanlagen Schatten. Bei Windenergieanlagen wird besonders der bewegte Schatten der Rotorblätter betrachtet. Zum Schutz der umliegenden Wohnbebauung sind bezüglich des Schattenwurfs Grenzwerte einzuhalten. Bei langer Schattenwurfdauer besteht die Möglichkeit, ein Zusatzgerät zu installieren, das die betreffende Windenergieanlage ein- und ausschalten kann. Das Gerät wird so programmiert, dass die betroffenen Häuser der Umgebung nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

Infolge von Auflagen der örtlichen Luftfahrtbehörden kann es durch Luftfahrt-hinderniskennzeichen zu Einwirkungen kommen.

### **Luft**

Hinsichtlich der Luftqualität treten ausschließlich positive Effekte auf. Im Gegensatz zu herkömmlicher Stromproduktion entsteht keine Abluft, es wird sogar der Ausstoß von Treibhausgasen (Kohlendioxid) vermieden.

### Rohstoffbedarf

Zur Stromproduktion werden nahezu keine Roh- oder Recyclingstoffe eingesetzt. Lediglich die Schmierstoffe sind mehr oder weniger regelmäßig zu erneuern. Dies ist im Verhältnis zur produzierten Strommenge jedoch unerheblich.

### Wasser

Es wird in keiner Weise Wasser eingesetzt oder verbraucht.

Hinsichtlich eines möglichen Ölaustritts aus Maschinen sind mehrfach Sicherungen und Auffangwannen in der Windenergieanlage vorhanden. Ein Ölaustritt aus der Windenergieanlage wird damit sicher unterbunden, sodass keine Gefährdung für Oberflächen- oder Grundwasser besteht.

### Natur und Landschaft

Eine Windenergieanlage ist wie jedes menschliche Bauwerk ein Eingriff in Natur und Landschaft. Bei gesetzlich vorgeschriebenen Auflagen sind Eingriffe auszugleichen. Zur Bestimmung des notwendigen Ausgleichs wird ein Gutachten erstellt.

## 4. Umweltkosten der Stromerzeugung

Bei der Stromerzeugung entstehen vor allem durch die Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen Kosten, die abhängig vom eingesetzten Energieträger sind. Bei Beurteilung dieser Kosten gibt es verschiedene Ansätze, die direkte und indirekte Einwirkungen, aber auch gesamtgesellschaftliche Auswirkungen berücksichtigen. Bei Berücksichtigung der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten des Umweltbundesamtes ergeben sich die folgenden Kosten für die Stromerzeugung durch den Einsatz verschiedener Energieträger:

Stromerzeugung durch	Luftschadstoffe	Treibhausgase	Umweltkosten gesamt
	in Eurocent <sub>2010</sub> pro Kilowattstunde		
Braunkohle	2,07	8,68	10,75
Steinkohle	1,55	7,38	8,94
Erdgas	1,02	3,90	4,91
Öl	2,41	5,65	8,06
Windenergie	0,17	0,09	0,26
Braunkohle	2,07	8,68	10,75

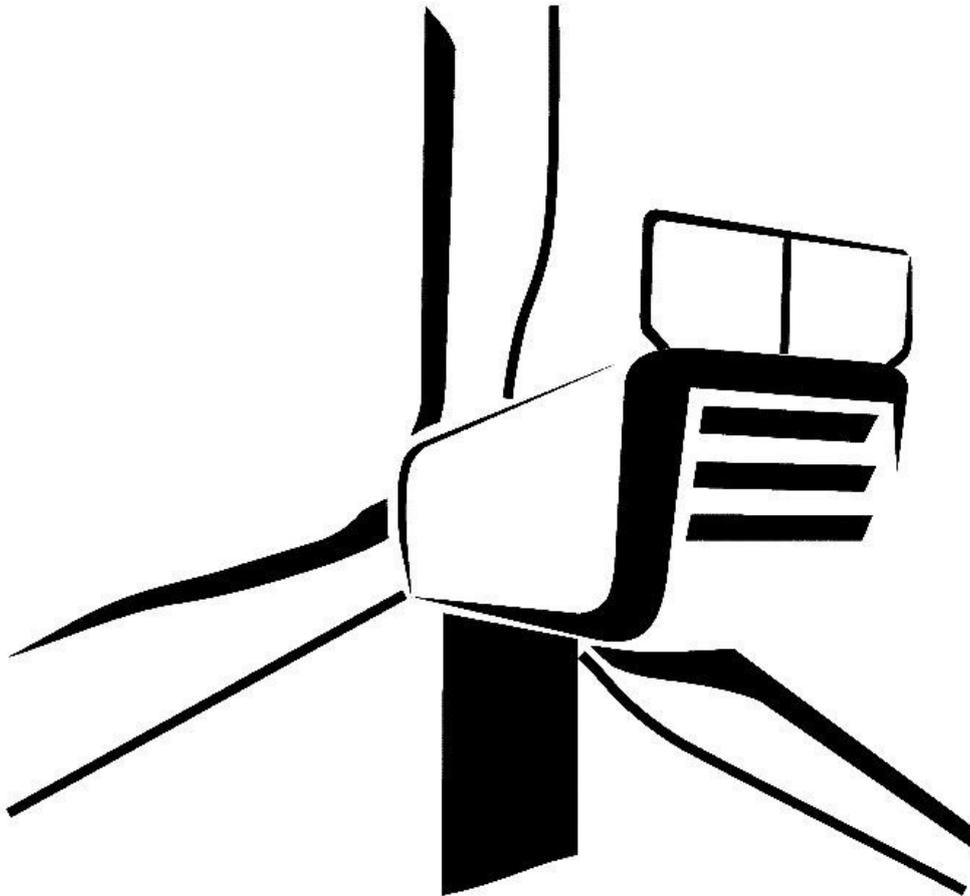
Quelle: Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung (Anhang B der Methodenkonvention 2.0), 2013

## **Vermiedene Umweltkosten durch den Einsatz von Windkraftanlagen**

Daraus ergeben sich für eine Windkraftanlage Nordex Delta4000 und einem Standort mit einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von 7,0 m/s (ca. 16,3 Mio. kWh) vermiedene Umweltkosten in Höhe von **ca. 1.7 Mio €** gegenüber dem Einsatz von Braunkohle zur Erzeugung der gleichen Strommenge.

Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
<http://www.nordex-online.com>  
[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

**Allgemeine Dokumentation**  
**Kennzeichnung von Nordex Windenergieanlagen**  
**Anlagenklasse Nordex Delta4000**



E0004000420  
Revision 01 / 05.09.2017

- Originalvertriebsdokument -  
Dokument wird elektronisch verteilt.  
Originaldokument bei Nordex Energy GmbH, Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2017 by Nordex Energy GmbH.

## **Kontakt**

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

## 1. Zweck dieses Dokumentes und Richtlinien

Zum Schutz tief fliegender Luftfahrzeuge, besteht in bestimmten Fällen die Pflicht zur Kennzeichnung und Befeuerung von Windenergieanlagen. Dieses Dokument gibt Hinweise zu den Richtlinien und zeigt die von Nordex verwendeten Markierungen und Gefahrenfeuer zur Kennzeichnung von Windenergieanlagen. Es werden nicht die Richtlinien für Offshore-Windenergieanlagen betrachtet. Weiterhin wird dargestellt, welche Möglichkeiten der Gestaltung sich für den Kunden ergeben.

### Richtlinien

Die International Civil Aviation Organisation (ICAO) hat für die Befeuerung und farbliche Gestaltung von hohen Bauwerken in Anhang 14 zur *"Convention on International Civil Aviation"* Empfehlungen ausgesprochen. Die Umsetzung geschieht in jedem Land auf unterschiedliche Weise. Dadurch sind die rechtlichen Anforderungen an Befeuerung und Markierung von Windenergieanlagen vor jedem Projekt detailliert zu planen.

Auch regional oder sogar lokal kann es unterschiedliche Regelungen geben, beispielsweise durch geographische Besonderheiten, Flugplätze, militärische Auflagen, etc. Für jedes Windpark-Projekt müssen deshalb die lokalen Richtlinien im Stadium der frühen Projektplanung bekannt sein.

## 2. Eigenschaften und Optionen für Gefahrenfeuer

Nordex bietet Gefahrenfeuer von verschiedenen Herstellern an. Der Verbauort ist auf dem hinteren Maschinenhausdach, bei Blickrichtung vom Rotor, s. Abb. 1.

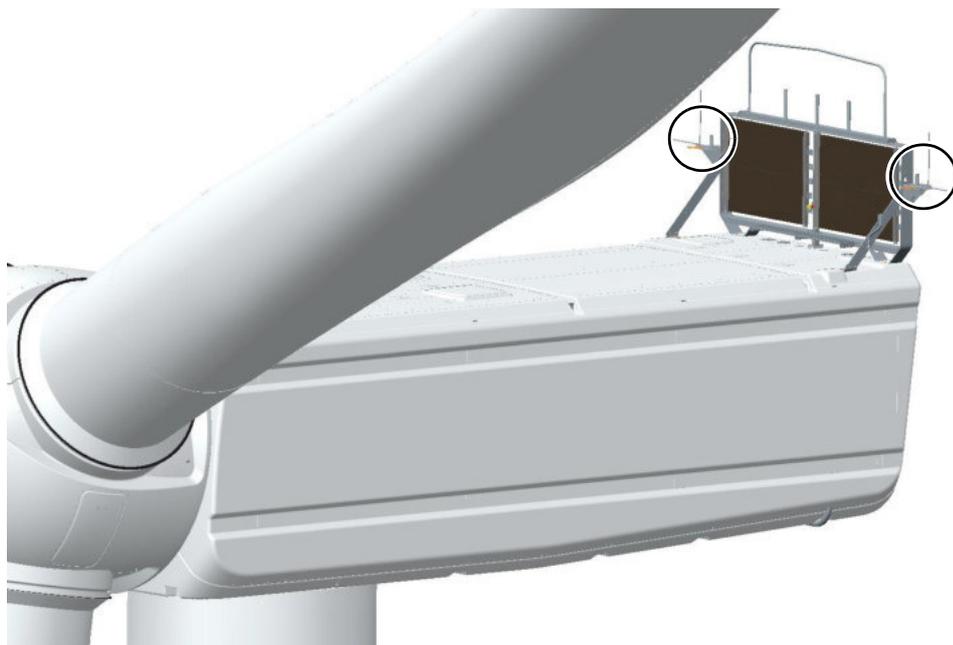


Abb. 1 Verbauposition der Gefahrenfeuer bei Delta4000

Nordex empfiehlt die Verwendung von zwei Feuern, da bei Windstille durch den stehenden Rotor aus bestimmten Blickrichtungen ein Feuer dauerhaft abgedeckt werden könnte.

Gemeinsame Merkmale der Gefahrenfeuer sind:

- nur LED-Leuchten
- blinkende Leuchten
- Dämmerungssensor bei Leuchten mit unterschiedlicher Tag- und Nachtkennzeichnung
- rote bzw. weiße Leuchten
- Synchronisation der Blinkfrequenz aller Feuer eines Parks durch GPS (Global Positioning System)

Folgende zusätzliche oder abweichende Eigenschaften sind als Option möglich:

- Einzel- oder Doppelfeuer
- Dauerlicht
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für unterschiedliche Zeiträume
- Nachtkennzeichnung mit weißem Licht
- Astronomische Uhr als Steuerung, die den Sonnenstand in Abhängigkeit von Datum und geographischer Position ermittelt, für die Umschaltung zwischen Tag und Nachtbefeuern
- Sichtweitenmessgerät zur Helligkeitsreduzierung, da bei klarem Wetter eine geringere Leuchstärke ausreichend ist

## **3. Kennzeichnungen Gondel**

### **3.1 Tagkennzeichnungen für die Gondel**

#### **Farbliche Gestaltung der Gondel**

Für Anlagen mit einer Gesamtbauwerkshöhe über 150 m, gemessen mit einer Blattspitze oben, wird in vielen Ländern eine Tageskennzeichnung vorgeschrieben. Diese kann durch eine rote Fläche definierter Größe auf der linken und rechten Gondelseite realisiert werden. Das Rot im Farbton RAL 3020, hat genau wie die graue Standardfarbe, RAL 7035, einen Glanzgrad von  $30 \pm 10$  Glanzeinheiten nach DIN 67530.



Abb. 2 *Beispielhafte Kennzeichnung Maschinenhaus Delta4000 mit roter Tageskennzeichnung*

### **Tagesbefeuerung**

Alternativ kann auch ein weißes Tagesfeuer mit den Lichtstärken 20.000, 50.000 oder 100.000 cd, abhängig von den lokalen Vorgaben, auf der Anlage montiert werden. Die Auswahl dieser Befeuerung kann auch einen Einfluss auf die farbliche Gestaltung der Blätter haben und muss im Vorfeld des Projektes immer mit Nordex abgestimmt werden. Weitere Infos hierzu und landespezifische Angaben sind in dem Dokument für das jeweilige Land dargestellt.

## **3.2 Kundenspezifische Gestaltung**

Bei der Gestaltung der Gondel können Kundenlogos angebracht werden, hierfür sind folgende Punkte zu beachten:

- Bei Gesamtbauwerkshöhe >150 m, Gestaltungsfläche von 1500 x 4000 mm pro Gondelseite, siehe Abb.3.
- bei Gesamtbauwerkshöhe unter 150 m, Gestaltungsfläche von 1500 x 11500 mm pro Gondelseite, siehe Abb.3.
- Die Logos müssen als Vektorgrafik vorliegen, Dateiformat .eps oder .ai.
- Farbangaben für das Logo sind am besten im RAL-Ton anzugeben, alternativ ist Verwendung von Pantone, HKS oder CMYK-System möglich.

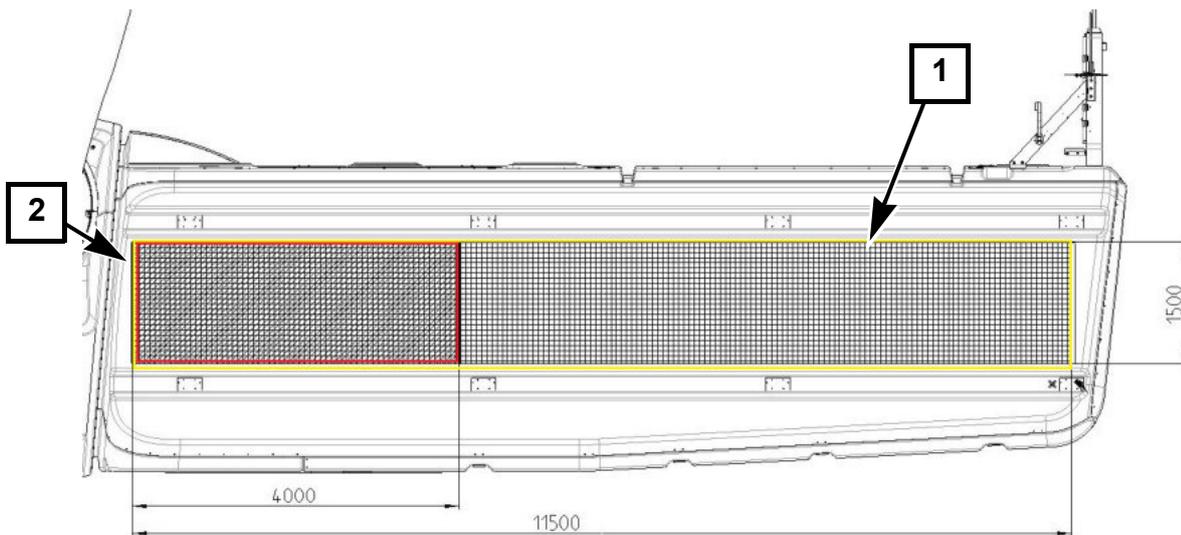


Abb. 3 Position und Größe für Kundenlogo an Delta4000-Anlagen

- 1 Bauwerkshöhe unter 150 m
- 2 Bauwerkshöhe über 150 m

### 3.3 Gefahrenfeuer für die Gondel

Für die Befuerung der Gondel in der Nacht bietet Nordex Feuer mit einer Stärke von 10, 32, 170, 200, 1.000, oder 2.000 cd an, die rot mit verschiedenen Frequenzen oder konstant leuchten. Da sich die Auswahl der Befuerung nach den Ländervorgaben und projektspezifischen Anforderungen richtet sind mögliche Kombinationen im Vorfeld immer mit Nordex abzustimmen.

Die angebotenen Leuchten decken national und international gängige Blinkfrequenzen ab. Hierbei insbesondere die ICAO-Richtlinien Kapitel 6 von ICAO Annex 14 Vol. I vom 10.11.2016..

Die Umschaltung bei unterschiedlicher Tag-/ Nachtbefuerung, bzw. Einschaltung bei nur Nachtbefuerung erfolgt durch einen Dämmerungssensor bei einem Umgebungslicht von 40-80 Lux. Bei Einsatz eines Master-Slave-Systems zur Umschaltung ist mindestens ein Master-System pro Windpark einzusetzen, da diese die Sichtweiteninformationen an die Slave-Systeme per Funk oder über das existente kabelgebundene Windparknetzwerk kommunizieren.

#### Infrarot-Gefahrenfeuer

LEDs der konventionellen Gefahrenfeuer strahlen im sichtbaren Lichtspektrum nur in einer sehr geringen Bandbreite und sind daher bei Nachtflügen mit Nachtsichtgerät nicht wahrnehmbar. Aus diesem Grund schreiben die nationalen Bestimmungen einiger Länder alternativ oder ergänzend zum konventionellen Gefahrenfeuer eine Gefahrenkennzeichnung mit IR-Feuern vor. Diese emittieren eine Wellenlänge im Empfindlichkeitsbereich von Nachtsichtgeräten.

Hierfür bietet Nordex verschiedene Ausstattungen an, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Der Einsatz von IR-Feuern kann je nach Landesansforderungen auch am Turm erfolgen.

## 4. Kennzeichnungen Turm

### 4.1 Tageskennzeichnung für den Turm

Abhängig von Landesvorgaben und Bauwerkshöhe können die Türme bei Bedarf mit einem Farbring markiert werden.



Abb. 4 Roter Farbring an Anlage mit Gesamthöhe >150 m

### 4.2 Turmbefeuerung zur Nachtkennzeichnung

Um den international unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich der Befeuerung der Türme gerecht zu werden, hat Nordex verschiedene Turmfeuervarianten zur Auswahl. Es ist der Einsatz von Leuchten mit einer Stärke von 10, 32 oder 50 cd möglich.

Pro Turmfeuerebene werden hierzu 4 bis 6 Leuchten (ICAO LIOL Typ A) gleichmäßig um den Turm verteilt. Die Höhe der Ebenen richten sich nach den regionalen oder nationalen Vorschriften. Das Ein-/ Ausschalten erfolgt bei einem Umgebungslicht von 40-80 Lux. Die genauen Einsatzmöglichkeiten sind im Vorfeld mit Nordex abzustimmen, da die Anforderungen sehr unterschiedlich sind.

**Tabelle 1:** mögliche Gefahrenfeuer Turm

Anzahl Leuchten	Nachtleuchtstärke [cd]	Nachtfarbe	Blinkfrequenz [fpm]
4 / 6	10	rot/ rot+IR	konstant
4	32	rot	konstant
4	50	rot	konstant

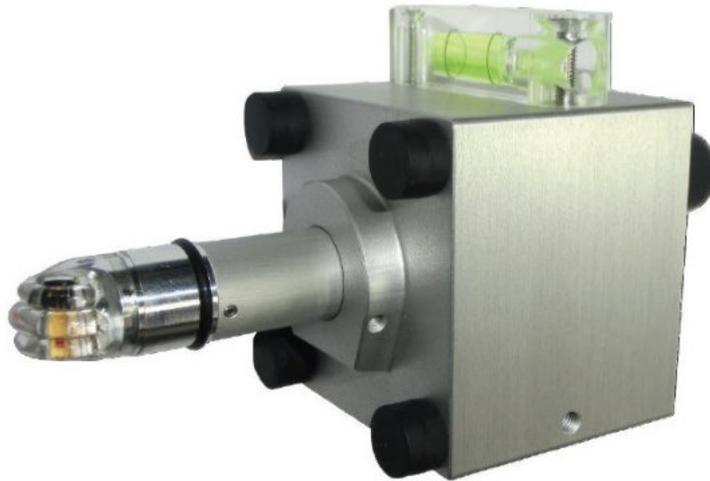


Abb. 5 Beispiel für eine Turmbefeuerungsleuchte

### Infrarot-Gefahrenfeuer

Der Einsatz von IR-Feuern kann je nach Landesanforderungen auch am Turm erfolgen und wird dann gemeinsam mit den Leuchten realisiert.

## 5. Blattkennzeichnungsvarianten

Die nationalen Gesetze schreiben für Windkraftanlagen in Abhängigkeit von lokalen Anforderungen oder der Gesamtbauwerkshöhe eine farbliche Kennzeichnung der Rotorblätter vor. Diese kann abhängig von alternativ zu verwendenden Tagesfeuern auch innerhalb eines Landes unterschiedlich sein.

Standardmäßig bietet Nordex die folgende farbliche Variante an, die komplett im RAL-Farbtönen 7035 und mit einem Glanzgrad von 30 lackiert ist.

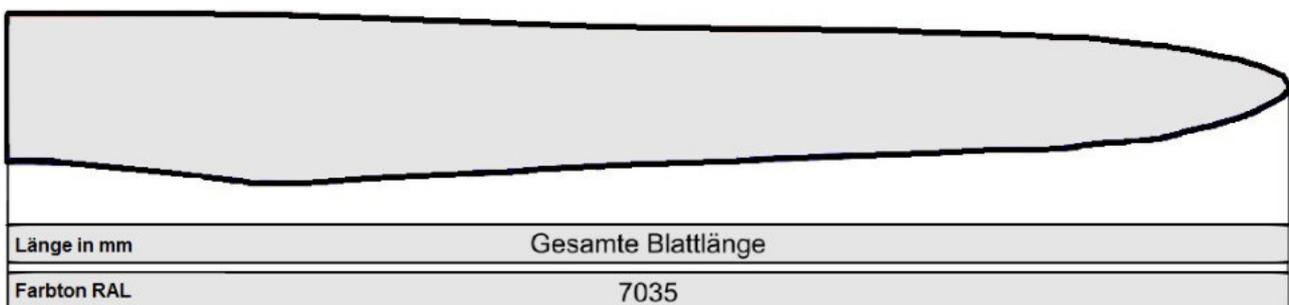
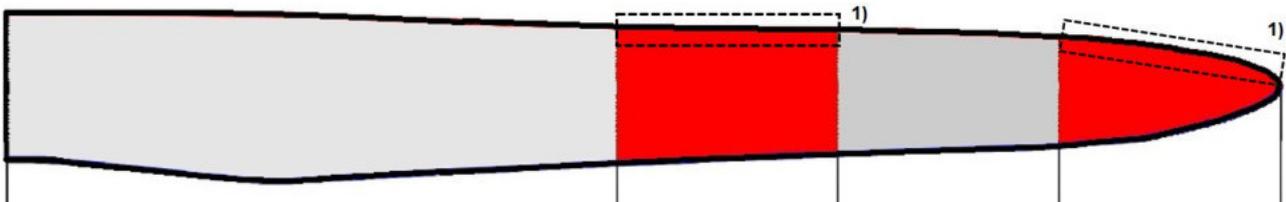


Abb. 6 Standardvariante für Farbgebung Blatt

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung des Blattes siehe Abb.7. Die Verwendung richtet sich nach der Gesamtbauwerkshöhe, Projektanforderungen oder den rechtlichen Landesvorgaben.

Hinweis: das Blatt kann an der Spitze eine graue Farbgebung (RAL 7035) von ca. 200 mm Länge haben.



Länge in mm		6000	6000	6000
Farbton RAL	7035	3020	7035	3020

Abb. 7 Möglich Farbvariante für Blattfarbgebung

1 möglicher grauer Streifen (RAL 7035) Erosionsschutzlack von 200 mm Breite

Weiterhin bietet Nordex Blätter mit einem roten Streifen von 6 m Breite, mit Streifen im Orange-Farbton RAL 2009 oder schwarz-gelben Streifen an. Aufgrund verschiedener Landesvorgaben ist die genaue Blattfarbgebung im Vorfeld mit Nordex abzustimmen.

## 6. Farbgebung der Außenkomponenten

Tabelle 2: Farbgebung der Komponenten

Komponente	Farbgebung/ Glanzgrad
Turm	RAL 7035 (lichtgrau) Glanzgrad von 30 Einheiten (matt-seidenmatt)
Maschinenhaus	
Rotornabe	
Rotorblätter	
<b>Gesamtbauwerkshöhe &gt;150 m</b>	
Turm	optionaler Farbring: RAL 3020 (verkehrsrot)
Maschinenhaus	optionale rote Kennzeichnung
Rotornabe	RAL 7035 (lichtgrau)
Rotorblätter	3 Streifen Rot-lichtgrau-rot von Spitze mit je 6 m Breite

Tabelle 3: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
GPS	Global Positioning System
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
ICAO	International Civil Aviation Organization
LIOL	Low Intensity Obstruction Light

Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
<http://www.nordex-online.com>  
[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

**Vertriebsdokument**

**Kennzeichnung von Nordex Windenergieanlagen in  
Deutschland  
Anlagenklasse Delta**

NALL01\_064691

Revision 06/28.02.2019

- Originalvertriebsdokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Originaldokument bei Nordex Energy GmbH, Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2019 by Nordex Energy GmbH.

## **Kontakt**

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

# 1. Deutschland

In Deutschland müssen Windenergieanlagen mindestens nach folgender rechtlicher Vorgabe mit Gefahrenfeuern ausgestattet sein:

**"Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vom: 26.08.2015, Veröffentlichung im Bundesanzeiger am 01.09.2015".**

Die Entwicklung der Anlage orientiert sich an der aktuellen AVV 2015 und ihrer Weiterentwicklung. Eine konstruktive projektspezifische Anpassung zur vollumfänglichen Erfüllung der AVV 2015 kann angeboten werden.

## 2. Kennzeichnungen bei Tag



### DOKUMENT BEACHTEN

- Vertriebsdokument E0004000420 *Kennzeichnung von Nordex Windenergieanlagen der Klasse Delta4000*
- Vertriebsdokument NALL01\_008531 *Kennzeichnung von Nordex Windenergieanlagen der Klasse K08 gamma und delta*



Abb. 1 Übersicht Kennzeichnungsmerkmale bei Anlagen 100 - 150 m (A) und >150 m (B) in Deutschland bei Tag

Gesamtbauwerkshöhe 100 - 150 m		
Blattkennzeichnung	Turm kennzeichnung	Gondelkennzeichnung
Drei Streifen von Blattspitze beginnend je 6 m rot - grau - rot	-	-

Gesamtbauwerkshöhe > 150 m		
Blattkennzeichnung	Turm kennzeichnung	Gondelkennzeichnung
Drei Streifen von Blattspitze beginnend je 6 m rot - grau - rot	Turm kennzeichnung: 3 m breiter roter Ring in $40 \pm 5$ m Höhe	rote Gondelkennzeichnung: mindestens 2 m hoher und umlaufender Streifen Mitte Maschinenhaus

### 3. Kennzeichnungen bei Nacht

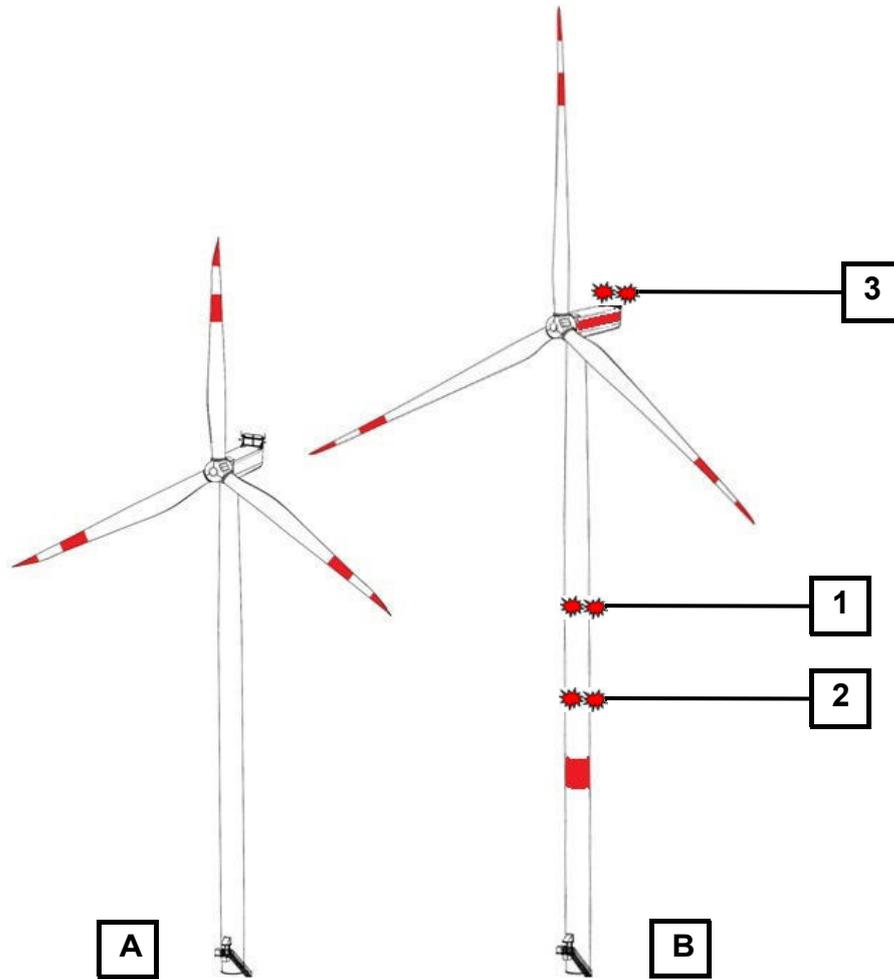


Abb. 2 Übersicht Kennzeichnungsmerkmale bei Anlagen 100 - 150 m (A) und >150 m (B) in Deutschland bei Tag

- 1 1. Turmfeuerebene
- 2 2. Turmfeuerebene
- 3 Gondelbefeuerung

Gesamtbauwerkshöhe 100 - 150 m		
Blattbefeuerung	Turmbefeuerung	Gondelbefeuerung
-	-	2 x 170 cd W-rot mit mindestens 12 h USV

Gesamtbauwerkshöhe > 150 m			
Blatt- befeuerung	Turmbefeuerung*		Gondel- befeuerung
	Anlage/Turm	1. Ebene	2. Ebene [m]
	<b>N117:</b> 4x10 cd rot konstant (min 12 h USV)		
	N117/TS106	44,5 m	-
	N117/R120 IEC IIA	59,0 m	-
	N117/TS120 IEC IIIA	58,0 m	-
	N117/PH141	81,6 m	-
	N117/TCS141	79,5 m	-
	<b>N131, N133, N149:</b> 6x10cd rot konstant (min 12 h USV) pro Turmfeuerebene		
	N131/TS99	41,2 m	-
	N131/TS106	44,5 m	-
	N131/TS114	52,7 m	-
	N131/TS120	58,0 m	-
	N131/PH134	81,5 m	-
	N131/TCS134	78,8 m	-
	N131/PH164**	101,7 m	59,0 m
	N133/TS110	ca. 72,5 m	-
	N149/TS105	68,6 m	-
	N149/TS125-01	79,8 m	-
	N149/ TCS164NV05**	105 m	63,0 m
	N149/ TCS164NV06**	115 m	72,5 m
-			2 x 170 cd W-rot mit mindestens 12 h USV

\*Positionen nach AVV, Ausgabe 2015

\*\*Zwischen Errichtung Beton- und Stahlteil des Turmes erfolgt keine Befeuerung, Ab der Errichtung des Stahlteils und Gondel wird die Befeuerung über einen Generator gewährleistet



Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
<http://www.nordex-online.com>  
[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

Kreisverwaltung Düren  
Umweltamt  
Herrn Erik Weber  
Bismarckstr. 16

52351 Düren

03.04.2019

Ihr Zeichen:

Unser Zeichen:  
SZA/Jül-BarMe

Tel: +49-(0)241-701 926 15  
Fax: +49-(0)241-701 926 10

E-Mail:  
steffen.zahr@energiekontor.com

**Unser Genehmigungsantrag vom 03.04.2019 gemäß § 4 Bundes-  
Immissionsschutzgesetz (BImSchG)**

Errichtung und Betrieb von insgesamt drei Windenergieanlagen des Typs Nordex N149/4.0-4.5 - Windpark Jülich-Barmen-Merzenhausen

*Hier: Antrag auf Erteilung einer Ausnahmegenehmigung nach Nr. 30 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (AVV)*

Sehr geehrter Herr Weber,  
sehr geehrte Damen und Herren,

die gültige AVV 2015 enthält unter Nr. 20.1 die Vorgabe, dass der unbefeuerte Teil der WEA das Feuer W, rot und W, rot ES um maximal 65 m überragen darf. Diese Anforderung stellt die Windenergiebranche angesichts der steigenden Längen der Rotorblätter vor immer größer werdende Herausforderungen. Weltweit haben Hersteller inzwischen auch Onshore-Windenergieanlagen mit Rotordurchmessern entwickelt, die mit einem zulässigen Abstand zwischen Blattspitze und Feuer von 65 Metern nicht mehr mit aktuell verfügbarer Technologie befeuert werden können. Diese Typen gehen nun in Serie.

Die Problemstellung wurde bereits für die deutsche Offshore-Windindustrie mit dem Empfehlungsschreiben des Bundesministeriums für Verkehr-, Bau und Stadtentwicklung, vom 20.06.2013 an das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie für Windenergieanlagen in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) gelöst, indem von der Anforderung maximaler Abstand zwischen Feuer W, rot und Blattspitze gleich 65m, für Windenergieanlagen auf See Abstand genommen wurde.

Diese 65 Meter Grenze muss daher auch für Windenergieanlagen an Land fallen.

Büro Bremen  
Mary-Somerville-Str. 5  
28359 Bremen  
Tel: +49-(0)421 3304 0  
Fax: +49-(0)421 3304 444  
info@energiekontor.de  
www.energiekontor.de

Büro Aachen  
Ritterstr. 12 a  
52072 Aachen  
Tel: +49-(0)241 70 19 26 0  
Fax: +49-(0)241 70 19 26 10

Registriert bei  
Amtsgericht Bremen  
HRB 20449 HB

Ust-Id. Nr. DE206575982  
St. Nr. 60/137/10781

Vorsitzender des  
Aufsichtsrates  
Dr. Bodo Wilkens

Vorsitzender des  
Vorstandes  
Peter Szabo  
Vorstand  
Günter Eschen  
Torben Möller

Bank  
Weser-Elbe Sparkasse  
BLZ 292 500 00  
Kto 100 038 778  
IBAN:  
DE64 2925 0000 0100 0387 78  
Swift-BIC:  
BRLADE21BRS

Demnach beantragen wir im Rahmen des o.g. hiermit die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung nach Nr. 30 der AVV bezüglich der 65m-Regelung gemäß Nr. 17 (Abschnitt 3) der AVV.

Begründung:

- Eine unbefeuerte Höhe von 100 Meter gewährleistet die gleiche flugsicherheits-technische Warnung für den Luftfahrzeugführer wie eine unbefeuerte Höhe von 65m.
- Auf der gleichen Grundlage, wie bei der Bestimmung der Tragweiten der Feuer W, rot, wurden rechnerisch unbefeuerte Höhen von über 100 Metern ermittelt, bei denen das Feuer W, rot noch sicher wahrnehmbar ist. Die Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (FVT) hat die Berechnungen für das Feuer W, rot erstellt und könnte die 100-Meter-Berechnung verifizieren.
- In dem Bereich der AWZ ist der unbefeuerte Teil der Windenergieanlage nach einem Empfehlungsschreiben des Bundesministeriums für Verkehr-, Bau und Stadtentwicklung vom 20.06.2013, nicht mehr begrenzt.
- Im internationalen Bereich sieht die ICAO Richtlinie Annex 14, Kapitel 6.2.4 (Seventh Edition, July 2016), keine Begrenzung des unbefeuerten Teils zwischen Blattspitze und Kennzeichnungsfeuer auf dem Maschinenhaus bei Windenergieanlagen von bis zu 315m Gesamthöhe vor.
- Die bestehende und unzureichend begründete Regelung stellt die Hersteller von Windenergieanlagen in Deutschland vor technische und ökonomische Herausforderungen.
- Die von der AVV 2015 trotz begründeter Ablehnung der Windenergiebranche vorgesehene Alternative der Blattspitzenbefeuerng scheidet entsprechend der Stellungnahme der Task Force „Kennzeichnung“ der Hersteller von Windenergieanlagen im VDMA Fachverband Power Systems vom 28. August 2014 an das BMVI aus wirtschaftlichen Gründen und Akzeptanzgründen aus.
- Auch die Aufständerng der Befeuerng ist u.a. aus statischen Gründen ab Rotordurchmessern von 140 Metern nicht mehr praktikabel.
- Mehrkosten von etwa EUR 20.000 pro Windenergieanlage für eine maximale Aufständerng von ca. 5 Meter Höhe, stehen im Widerspruch zur Forderung von Reduzierung der Energiekosten. Zudem sind die Grenzen des technisch Machbaren bereits bei dieser geringen Aufständerngshöhe erreicht.
- Eine Anstrahlung der Rotorblätter scheidet aufgrund der ggf. erforderlichen großen zu bestrahlenden Fläche, der Anstrahlung beider Blattspitzen-seiten sowie aus Akzeptanzgründen aus.

Wir bitten um Beteiligung der relevanten Stellen, d.h. der Luftfahrtbehörde bei der Bezirksregierung Düsseldorf sowie des BMVI (Hr. Willers) und um Erteilung der beantragten Ausnahmegenehmigung.

Für Rückfragen oder Erläuterungen stehen wir gerne unter der bekannten Rufnummer zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

  
i.V. Frank Breuer  
Niederlassungsleiter

  
i.V. Steffen Zahr  
Projektkoordinator

Allgemeine Dokumentation

**Technische Beschreibung Befahranlage**  
**Gültig für alle Nordex Windenergieanlagen**

NALL01\_022693

Revision 04 / 01.09.2017

- Originalvertriebsdokument -

Dokument wird elektronisch verteilt.

Original mit Unterschriften bei Nordex Energy GmbH, Engineering.

Das vorliegende Dokument wurde von der Nordex Energy GmbH und/oder einem mit der Nordex Energy GmbH im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen erstellt.

Dieses Dokument, einschließlich jeglicher Darstellung des Dokumentes im Ganzen oder in Teilen, ist geistiges Eigentum der Nordex Energy GmbH und/oder ihrer im Sinne der §§15ff AktG verbundenen Unternehmen. Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind vertraulich und dürfen nicht (auch nicht in Auszügen) ohne die ausdrückliche Zustimmung der Nordex Energy GmbH an Dritte weitergegeben werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Jegliche Weitergabe, Vervielfältigung, Übersetzung oder sonstige Verwendung dieses Dokuments oder von Teilen desselben, gleich ob in gedruckter, handschriftlicher, elektronischer oder sonstiger Form, ohne ausdrückliche Zustimmung durch die Nordex Energy GmbH ist untersagt.

Copyright 2017 by Nordex Energy GmbH.

## **Kontakt**

Bei Fragen zu dieser Dokumentation wenden Sie sich bitte an:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Deutschland

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

## 1. Einführung

Eine Befahranlage in Windenergieanlagen dient der vertikalen Beförderung von Personen und Material im Turm. Durch die Verwendung der Befahranlage wird die Personensicherheit in der Windenergieanlage erhöht und die Wirtschaftlichkeit über die gesamte Lebensdauer verbessert.

Eine Befahranlage kann in jede Nordex-Windkraftanlage installiert werden.

Diese technische Beschreibung erläutert die grundlegenden technischen Eigenschaften von Befahranlagen, die in Nordex-Windenergieanlagen eingesetzt werden können. Da Nordex die Befahranlagen nicht selbst fertigt, sind spezielle Details den Betriebs-, Montage-, und Wartungsanleitungen der zugelassenen Hersteller zu entnehmen.

## 2. Beschreibung der Befahranlage

Die Befahranlage fährt geführt an der Steigleiter durch den Turm bis zur oberen Ausstiegsplattform. Die untere Halteposition befindet sich auf der Zugangsplattform. In der Position liegt der Einstieg in den Fahrkorb 20 cm über der Plattform. Die obere Halteposition befindet sich direkt unter der obersten, öldichten Turmplattform. Diese Plattform befindet sich 5,30 m unterhalb des Maschinenhauses (Turmoberkante), direkt unter der obersten (öldichten) Plattform. Alle beliebigen Zwischenpositionen und Plattformen können mit der Befahranlage erreicht werden. Die Fahrt der Befahranlage kann mit den Bedienelementen nach Bedarf gesteuert werden.

Die bevorzugte Arbeitsweise der Befahranlage erfolgt mit einer Durchlaufwinde an einem Drahtseil (Tragseil), das an einem Träger im Turmkopf befestigt wird. Die Steigleiter dient zur Führung des Fahrkorbs im Turm. Die Leiterführung hat den Vorteil, dass im Notfall Personen aus dem Fahrkorb direkt an der Leiter sicher auf- bzw. absteigen können.

Der Fahrkorb ist eine Aluminium- oder Stahlkonstruktion bestehend aus Tragrahmen und Verkleidungselementen und ist zum Schutz der Benutzer und gegen Absturz von Materialien allseitig geschlossen.

Die Zugangstür zum Fahrkorb befindet sich auf der linken Seite mit Blickrichtung zur Steigleiter. Die Tür hat die Mindestabmessungen von 200 x 50 cm (Höhe x Breite). Der Fahrkorb verfügt über Sichtfelder, so dass alle außerhalb des Fahrkorbs befindlichen Teile der Befahranlage während des Betriebs einsehbar sind.

Die Stromversorgung des Antriebes erfolgt über ein Kabel, welches in der Mitte des Turmes angeschlossen und aufgehängt wird.

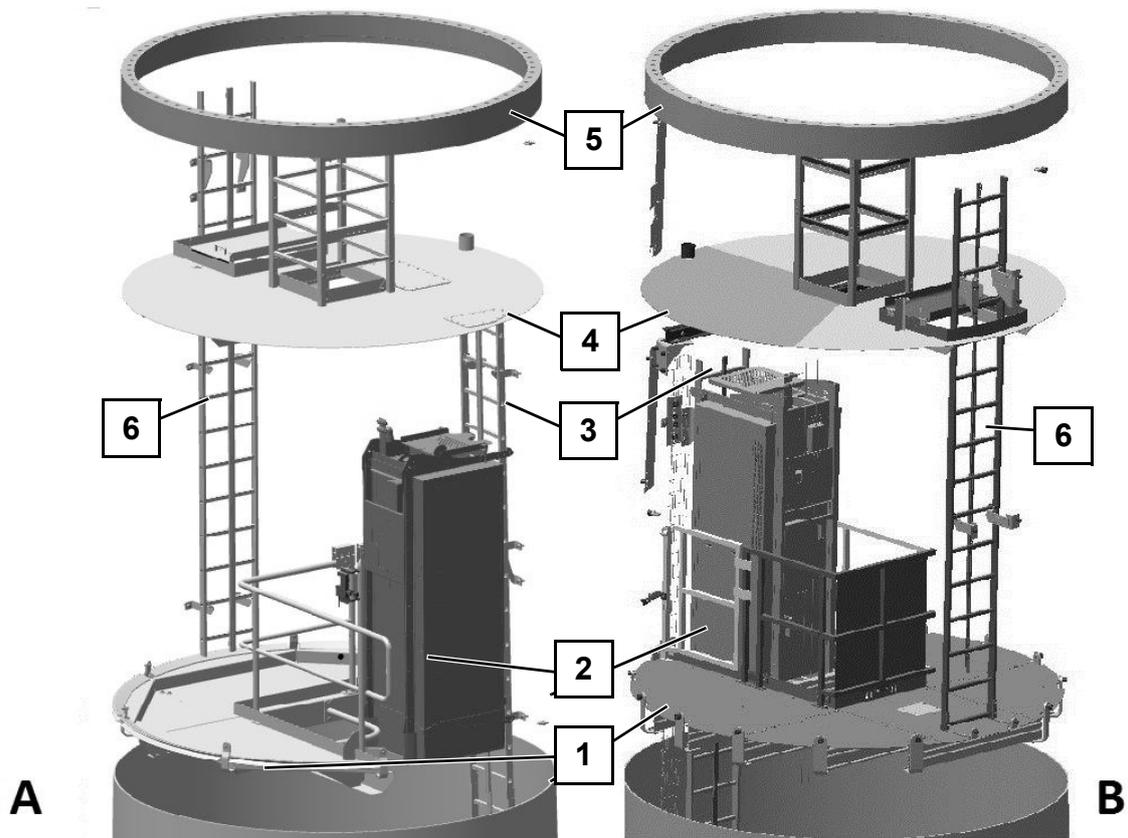


Abb. 1 Obere Ausstiegsplattform für Befahranlage Turmgeneration 6 (A), 5 (B)

1	Obere Ausstiegsplattform	2	Befahranlage
3	Steigleiter für Befahranlage	4	Öldichte Plattform
5	Oberer Flansch	6	Steigleiter von Plattform TBA zur öldichten Plattform

Für die Bedienung der Befahranlage bestehen zwei Möglichkeiten:

- Die Befahranlage kann manuell über die Bedienelemente im Fahrkorb bedient werden.
- Die Befahranlage verfügt über eine Automatikfunktion (Materialfahrt), die von außerhalb des Fahrkorbs bedient wird. An den beiden Haltepositionen oben und unten wird jeweils ein Endschalter am Fahrkorb betätigt, der die Automatikfahrt stoppt.

Alle wesentlichen Steuerelemente sind gut zugänglich.

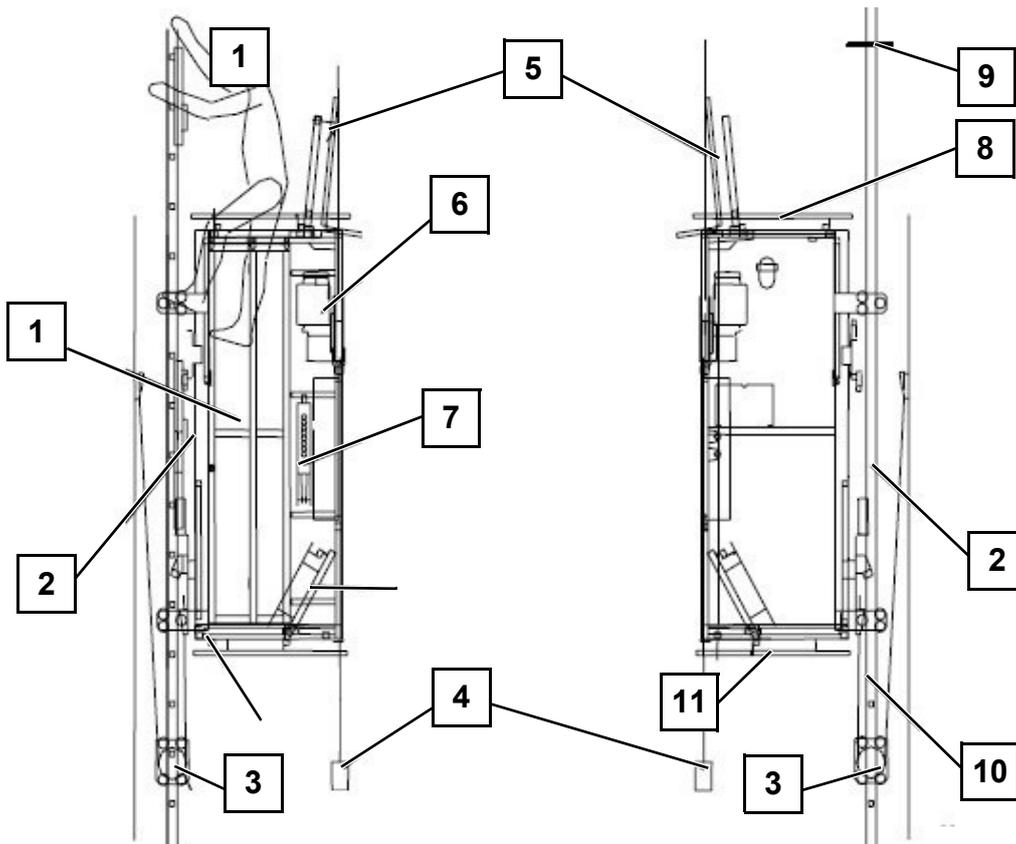


Abb. 2 Beispielhafte Darstellung einer Befahranlage auf der Steigleiter  
[Quelle: Betriebsanleitung Zarges]

- |    |  |    |                          |
|----|--|----|--------------------------|
| 1  | Seitliche Einstiegstür                     | 2  | Untere Abschaltung       |
| 3  | Kabelumlenkung                             | 4  | Ballastgewichte          |
| 5  | Deckentaster geklappt                      | 6  | Hubwinde + Blocstop      |
| 7  | Bedienelemente                             | 8  | Deckentaster geschlossen |
| 9  | Endschalterplatte<br>Betriebsende, Notende | 10 | Steigleiter              |
| 11 | Bodentaster mti Klappe                     |    |                          |

### 3. Technische Daten

Tabelle 1: Technische Daten einer Befahranlage

Parameter	Werte	
Nutzlast	250 kg	
Anzahl Personen	max. 2 Personen	
Winde	400 V, 50 Hz	USA: 400 V, 60 Hz
Betriebsgeschwindigkeit	18 m/min	USA: max. 15 m/min

Parameter	Werte
Max. Hubhöhe	140 m (Hybridtürme bis 160 m)
Schutzart	Winde: min. IP 54; Steuerung: min. IP 55
Äußere min. Abmessungen Fahrkorb	930 x 730 x 2300 mm (Tiefe x Breite x Höhe)
Lebensdauer	20 Jahre Verschleißteile 5 Jahre (außer Trag- und Sicherungsseile)
Betriebsbedingungen	Temperaturbereiche <b>Hailo</b> : -20°C bis +50°C (Normal Climate Variante) -35°C bis +50° (Cold climate Variante, optional) Temperaturbereiche <b>Zarges</b> : -25°C bis +45°C (Normal Climate Variante) -35°C bis +40° (Cold climate Variante, optional) Luftfeuchtigkeit: < 85 % rel. Feuchte

## 4. Sicherheitseinrichtungen

Die Befahranlage ist mit umfangreichen Sicherheitseinrichtungen ausgestattet. Hierzu zählen:

- Bremse
- Not-Aus-Funktion
- Fangvorrichtung
- Überlastabschaltung
- Schlaffseilabschaltung
- Notablass
- Boden- und Deckentaster
- Endschalter

Der Fahrkorb wird an einem zweiten Seil und der zugehörigen Fangvorrichtung gesichert. Die rechnerische Bruchkraft des Tragseils beträgt mindestens das 10-fache des zulässigen Gesamtgewichtes des Fahrkorbs. Das Sicherungsseil hat mindestens die gleiche Tragfähigkeit wie das Tragseil.

Innerhalb des Fahrkorbs befinden sich zwei farblich gekennzeichnete Anschlagpunkte zur Sicherung mit der persönlichen Schutzausrüstung.

Es gibt Notausstiegsmöglichkeiten aus dem Fahrkorb nach oben und nach unten. Über diese Funktion ist die Steigleiter bei nicht funktionsbereiter Befahranlage sicher zugänglich und weiter nutzbar. Der Fahrkorb ist mit einer Akku gepufferten Not-Leuchte ausgerüstet (minimale Pufferung 1/2 Stunden).

## 5. Einbau und Bedienhinweise

Der Einbau der Befahranlage erfolgt während der Montage der Turmeinbauten. Die Inbetriebnahme der Befahranlage erfolgt im Rahmen der Errichtung der Windenergieanlage.

Der Einbau der Befahranlage darf nur durch berechtigtes bzw. geschultes Fachpersonal vorgenommen werden. Der Einbau muss anschließend von entsprechend ausgebildetem Fachpersonal abgenommen werden.

Die Befahranlage darf nur von Personen in Betrieb genommen und benutzt werden, die das 18. Lebensjahr vollendet haben, mit der Bedienungsanweisung vertraut und in die Bedienung der Befahranlage eingewiesen sind. Des Weiteren müssen die Personen für Arbeiten in der Höhe entsprechend ausgebildet sein und es muss ein medizinischer Nachweis der Höhentauglichkeit vorliegen.

## 6. Inspektion und Wartung

Die Befahranlage ist mindestens einmal im Jahr vom Betreiber zu warten und durch eine befähigte Person auf arbeitssicheren Zustand zu prüfen. Zusätzlich sind die lokalen Vorschriften zum Betreiben der Befahranlage zu beachten.

## 7. Sicherheitsbestimmungen

Die Befahranlage dient ausschließlich zum Heben von Personen und Material. Weiterhin sind die Sicherheitsbestimmungen des Herstellers der Befahranlage zu beachten.

## 8. Vorschriften und Zulassungsgrundlagen

Befahranlagen sind gemäß EG-Maschinenrichtlinie eine Maschine mit Einsatz im Bereich „Heben von Personen und Material“.

Die Befahranlage genügt folgenden Normen und Verordnungen:

- EN 1808
- EG-Maschinenrichtlinie 06/42/EG
- Sicherheitsanforderung an hängende Personenaufnahmemittel  
DIN EN 1808
- BetrSichV und UVV
- BG BAU DGUV Regel 101-005 (BGR 159)
- UVV „Winden, Hub, und Zuggeräte“ BGV D8

Für die Befahranlage liegen Test- und Inspektionszertifikate, die Werksabnahme sowie die CE-Konformitätserklärung des jeweiligen Herstellers vor.

In den USA bildet die ASME sowie UL die Grundlage für die Auslegung der Befahranlage.

## **9. Lieferumfang**

Der Lieferumfang umfasst die Befahranlage wie in Kapitel beschrieben.

Die Dokumentation enthält die Inbetriebnahmeanleitung, Betriebsanleitung, Wartungsanleitung sowie eine Reparaturanleitung.



Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
<http://www.nordex-online.com>  
[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)