

# ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ WINDKRAFTANLAGEN

## INHALT

I. Gewittergefahr auf hoher See und in Mittelgebirgen	3
II. Prinzipieller Aufbau einer Windenergieanlage	4/5
III. Blitzschutz-Zoneneinteilung	6
IV. Aufteilung der zu erwartenden Blitzstoßströme	7
V. Normen für Windenergieanlagen	7
VI. Das Schutzkonzept	8
VII. Installationsorte der Überspannungsschutzgeräte	9
Übersicht Leutron Produkte WEA-Einsatz	10/11



**ENDE 2009** waren weltweit Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 157.899 Megawatt <sup>1</sup> am Netz. Allein in Deutschland deckten zu diesem Stichtag die Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 25.777 Megawatt rund 8,6 % des Stromverbrauchs <sup>2</sup> ab. Fachleute legen bei Rentabilitätsberechnungen eine Mindestlaufzeit von 20 Jahren zugrunde.

Die hohen Investitionskosten müssen sich folglich über die Einspeisevergütung in möglichst kurzer Zeit amortisieren.

Dafür bildet eine unterbrechungsfreie Verfügbarkeit aller Systemkomponenten die entscheidende Voraussetzung. Stillstandzeiten sowie Reparaturkosten durch Blitz- und Überspannungsschäden sind für keinen Windparkbetreiber akzeptabel. Durch den Einsatz entsprechender Schutzgeräte lassen sich diese von Anfang an vermeiden.

### **I. Gewittergefahr auf hoher See und in Mittelgebirgen**

Entsprechend dem hohen Verlustrisiko muss nach den Berechnungsgrundlagen der DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2006-10 eine hohe Blitzschutzklasse angelegt werden. Für Onshore-Anlagen gilt Blitzschutzklasse II mit einer Absicherung gegen bis zu 150 kA, für Offshore gilt sogar Blitzschutzklasse I mit erwarteten Einschlägen bis 200 kA.

Grund dafür ist die exponierte Lage der Windräder und die damit verbundene hohe Einschlagwahrscheinlichkeit. So ergaben Berechnungen der Fachhochschule Kiel und REpower für eine Offshore-Anlage mit fünf Megawatt und einer Nabenhöhe von 120 Metern eine äquivalente Einfangfläche von etwa 80.000 Quadratmetern, die jährliche Einschlagwahrscheinlichkeit läge bei 60% direkter Einschläge. Im schlimmsten Fall könnte ein Funke eines solchen Treffers an den beweglichen Teilen das Schmieröl entzünden.

Verlässliche statistische Daten zur Gefährdung der Standorte im offenen Meer gibt es nicht, in Deutschland werden derartige Parks erst seit Kurzem realisiert.

Allerdings wurden bereits Forschungsprojekte auf den Weg gebracht, etwa RAVE (Research at Alpha Ventus) im ersten Offshore-Park Alpha Ventus oder die Plattformen FINO, auf denen unter anderem Blitz-Häufigkeiten und -Parameter für künftige Offshore-Anlagen gemessen werden sollen.

Onshore haben vor allem Windräder in den Mittelgebirgen mit Blitzschlägen zu kämpfen, von den 405 WEA im Mittelgebirge, die zwischen 1992 und 2005 im Windmonitor des IWES erfasst waren, kamen 497 Meldungen über Blitzschäden, 147 waren direkte Treffer.

<sup>1</sup> World Wind Energy Association (2009)

<sup>2</sup> Windenergienutzung in Deutschland, Stand 31.12.2009. DWEI Magazin Nr. 36, Febr. 2010



## II. Prinzipieller Aufbau von Windenergieanlagen

Aufgrund ihrer exponierten Standorte, sowie der Bauhöhen sind Windenergieanlagen besonders durch Blitzeinschläge gefährdet.

Daher legen die Hersteller von Windenergieanlagen verstärkt Wert auf ein umfassendes Überspannungsschutzkonzept. Betrachtet man die Anlagen verschiedener Hersteller, bleibt der prinzipielle Aufbau im Wesentlichen gleich (Abb. 1+ 2).

Die Trafostation dient der Anpassung der Generatorspannung an das Mittelspannungsnetz. Sie befindet sich bei vielen Windenergieanlagen in unmittelbarer Nähe zum Turmfuß.

Einige Hersteller siedeln sowohl die Mittelspannungsschaltanlage, als auch die Trafostation im Turm an.

Im Turmfuß befinden sich die Niederspannungshauptverteilung mit den Hauptschaltungselementen, der Frequenzrichter zur Frequenzanpassung des Generators an das 50/60 Hz-System sowie die Steuerungstechnik.

In der Gondel sind sowohl die Steuerungstechnik für die Sensorik und Aktorik, die Getriebe- und Generatorüberwachung als auch Antriebe für die Windnachführung der Gondel installiert.

Bei Anlagen mit Rotorblattverstellung, sogenannten Pitchanlagen, befindet sich in der Rotornabe noch eine zusätzliche Steuerungs- sowie Antriebstechnik.

Ein großer Teil der Elektrotechnik ist für sicherheitsrelevante Aufgaben zuständig. So muss beispielsweise die Anlage bei zu hohen Windstärken aus dem Wind gefahren werden, denn mit den verwendeten mechanischen Bremssystemen allein lassen sich die bewegten Massen nur schwer beherrschen.

Die Verfügbarkeit der elektrischen Sicherheitseinrichtung ist daher von entscheidender Bedeutung.

Überspannungen aus Blitzeinkopplungen oder Schaltvorgängen können in diesem Bereich erhebliche Schäden verursachen und zum Ausfall der Anlage führen. Folglich ist der Blitz- und Überspannungsschutz unverzichtbarer Bestandteil einer Windenergieanlage.

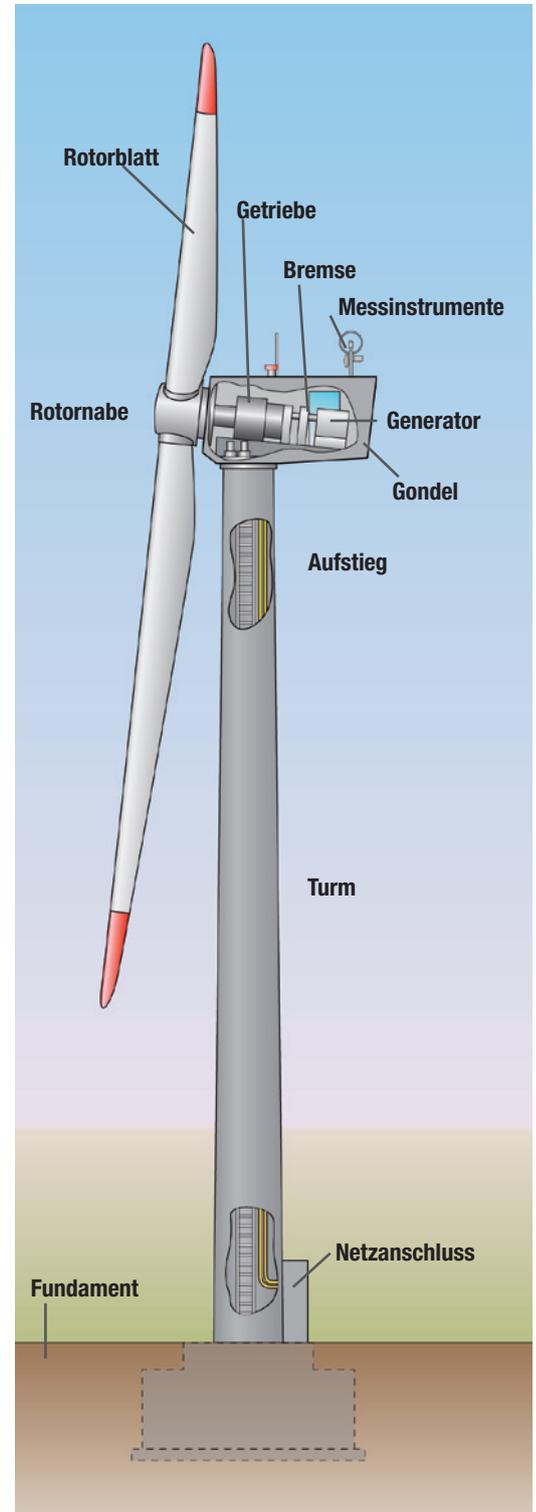


Abb.: 1 Prinzipieller Aufbau einer WEA

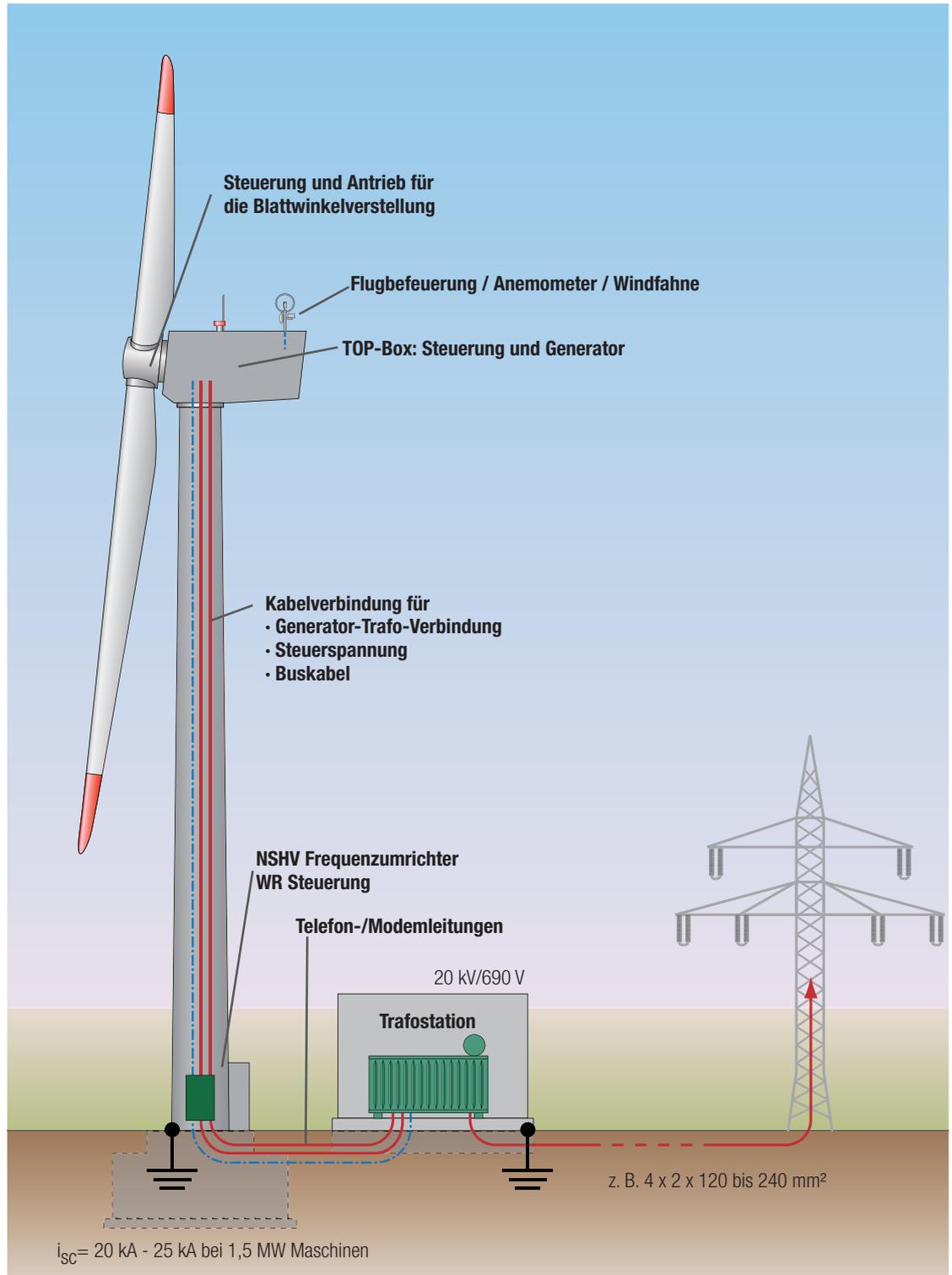


Abb.: 2 Detailkomponenten

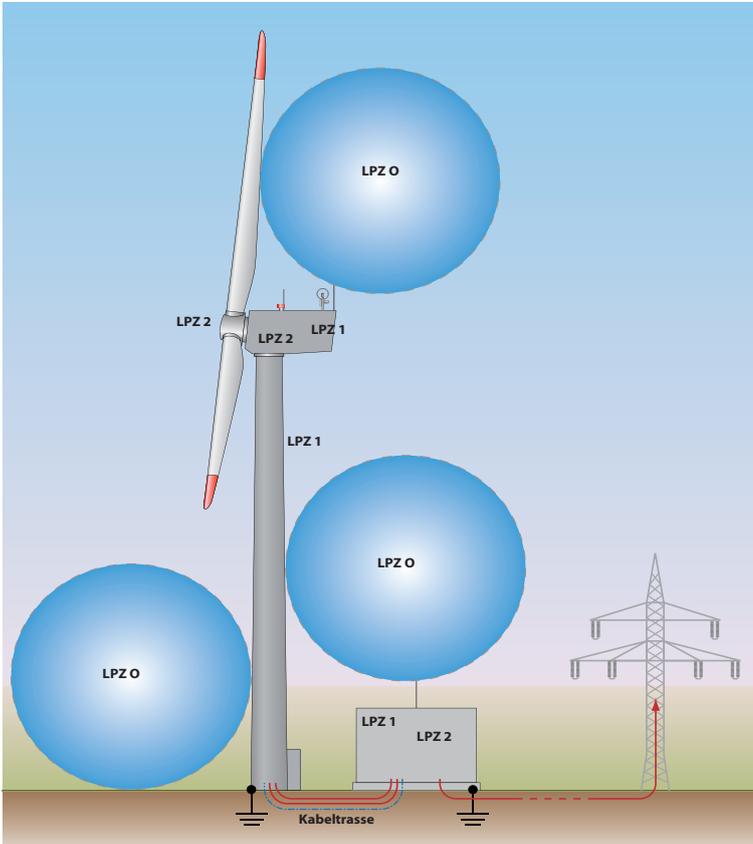


Abb.: 3 Blitzschutz-zonen (Lightning Protection Zone = LPZ )

### III. Blitzschutz-Zoneneinteilung

Die Blitzschutz-Zoneneinteilung erfolgt nach den gültigen Blitzschutznormen IEC 62305 und DIN EN 62305 (VDE 0185-305-x), siehe Abb. 3.

In der Trafostation befinden sich die Blitzschutz-zonen (LPZ) „1“ und „2“. Der Übergang von LPZ 0 zu LPZ 1 betrifft den Übergabepunkt des 400/690 V-Stromversorgungssystems zur Trafostation.

Die LPZ 2 wird hier angesetzt, wenn sich zusätzlich die Steuerungstechnik für die Datenfernübertragung der Leistungsparameter, Fehlerauslesung oder Fernschaltungen der Energieversorger an diesem Installationsort befindet.

Sind die Trafostationen und die Windenergieanlage getrennt voneinander aufgebaut, muss in der Niederspannungshauptverteilung im Turmfuß der Blitzschutz-Zonenübergang von LPZ 0 zu LPZ 1 ein weiteres Mal berücksichtigt werden.

Für die zusätzliche Steuerungstechnik sowie für die Frequenzumrichter oder Thyristorstarter wird die LPZ 2 definiert.

Die Gondel selbst ist in die Schutz-zonen LPZ 1 und LPZ 2 unterteilt.

Der Zonenübergang von LPZ 0 zu LPZ 1 und LPZ 2 muss in jedem Fall für die außen liegenden Sensoren wie Anemometer sowie die Flughindernissbefehrerung berücksichtigt werden.

Die Auslegung des äußeren Blitzschutzes sowie die Auswahl der Blitzstromableiter „class I“ richten sich nach der Blitzschutzklasse der Anlage.

Gemäß den Richtlinien des Germanischen Lloyd\* werden Windenergieanlagen mit Nabenhöhen kleiner als 60 m grundsätzlich zunächst in die Blitzschutzklasse III eingeordnet.

Bei Nabenhöhen größer als 60 m findet eine Zuordnung in die Blitzschutzklasse II statt.

Weitere Kriterien können zu Blitzschutzklassen mit höherem Schärfegrad führen.

### IV. Aufteilung der zu erwartenden Blitzstoßströme

Gemäß den lightning protection level (LPL) bzw. den Blitzschutzklassen (BSK) 1 bis 4 sind Blitzstoßströme, vorzugsweise in die Rotorblätter durch direkte Blitzeinschläge, von 100 bis 200 kA (10/350  $\mu$ s) in die Windenergieanlage zu erwarten.

#### \* Exkurs: Germanischer Lloyd

Neben der klassifikatorischen Arbeit von Schiffen haben sich weitere Arbeitsgebiete des Germanischen Lloyds entwickelt, die mittlerweile in den jeweiligen Branchen hohes Ansehen genießen: So gehört der Germanische Lloyd beispielsweise zu den weltweit führenden Zertifizierungsstellen für Windenergieanlagen.

Eingehende Blitzstoßströme teilen sich näherungsweise wie folgt auf: ca. 50 % fließen direkt in die Erdungsanlage und die restlichen ca. 50 % verteilen sich über die Versorgungsleitungen.

Dabei geht man ansatzweise wiederum von einer gleichmäßigen Verteilung über die Versorgungsleitungen aus (siehe Abb. 4).

## V. Normen und Richtlinien

- IEC 62305
- IEC 61400-24 Fd.1
- CLT/TS 50539-22:2010 „Low-voltage surge protective devices – Surge protective devices for specific application including d.c. – Part 22: Selection and application principles – Wind turbine applications“ wird als deutsche Fassung DIN CLC/TS 50539-22 (VDE 0675-39-22) im Oktober 2010 veröffentlicht
- Der Entwurf prEN 50539-21 „Low voltage surge protective devices – Surge protective devices for specific application including d.c. – Part 21: Requirements and tests for wind turbine applications“ befindet sich noch in der Beratung
- **Schwingprüfung nach DIN EN 60068-2-6:**
  - Regelstelle: Schwingtisch
  - Frequenzbereich: 10 bis 500 Hz
  - Frequenzänderung: 1 Oktave/min
  - Beschleunigungsprofil: 5 g
  - Prüffachsen: x,y,z
  - Prüfdauer: 10 Frequenzzyklen (2:53 h) / Raumachse
  - Temperatur: Raumtemperatur
- **Schockprüfung nach DIN EN 60068-2-27:**
  - Regelstelle: Schwingtisch
  - Schockform: Halbsinus
  - Spitzenbeschleunigung 30 g
  - Impulsdauer: 6 ms
  - Prüffachsen: x,y,z
  - Anzahl der Schocks:  $\pm 3$  pro Prüffachse
  - Prüftemperatur: Raumtemperatur

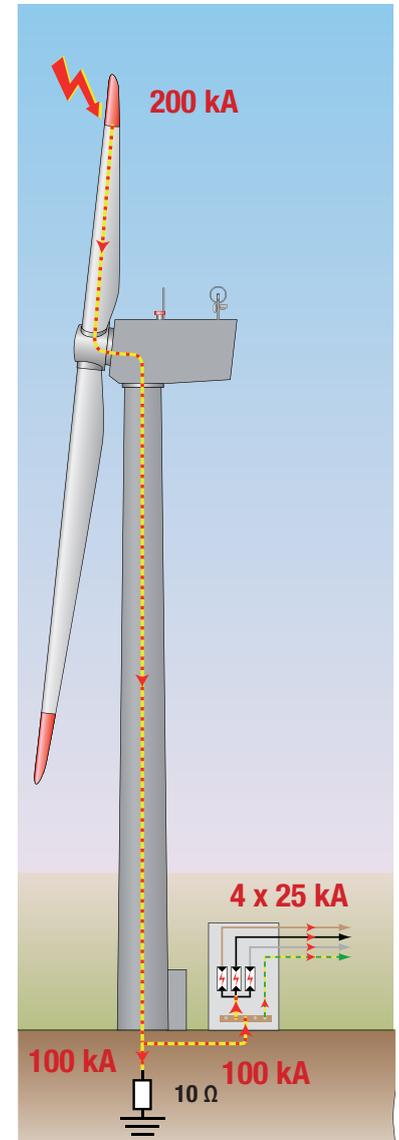
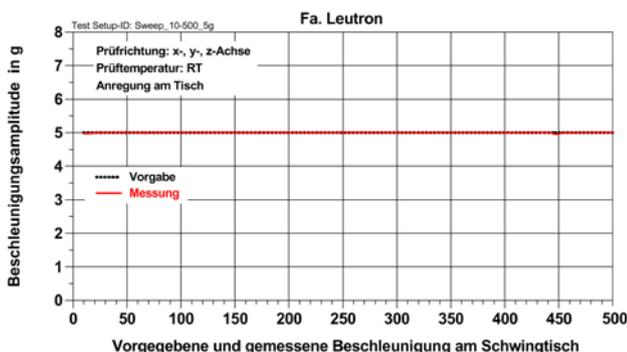


Abb.: 4 Blitzstromdivergenz





## VI. Das Schutzkonzept

Auf der für Windkraftanlagen typischen 690 V-Spannungsebene werden Frequenzumrichter oder Thyristorstarter mit geringerer Spannungsfestigkeit gegen Blitzteilströme, sowie gegen transiente Überspannungen durch Funkenstrecken vom „Typ 1 (class I) geschützt.

Der Generator in der LPZ 1 wird an der Stator- und Rotorwicklung jeweils mit Typ 2 (class II)-Ableitern geschützt.

Je nach dem vorherrschenden Netzsystem der Windenergieanlage (TN- oder IT-System) sind die Überspannungsableiter von Leutron auszuwählen.

Besonderes Augenmerk ist auf die Windmesstechnik, sowie die Busverbindungen zur Rotornabe und zum Turmfuß zu richten, da diese Komponenten das Abschalten, den Betrieb und das Hochfahren der Anlage steuern.

Windmesssensoren und Busleitungen werden daher am Eintritt in die Topbox mit D1/C2-Überspannungsschutzgeräten beschaltet. Auch die 24 V-Steuerspannung, sowie die Heizung müssen in das Schutzkonzept einbezogen werden.

Die Steuerungstechnik in der Rotornabe, welche die Rotorblätter bei zu starkem Wind oder Spannungsausfall aus dem Wind drehen lassen muss, befindet sich in der LPZ 2. Der Schutz der Antriebstechnik, Notstromversorgung, Pitchsteuerung sowie des Bussystems ist daher zwingend.

Eine weitere Anforderung für den sicheren Betrieb einer Windenergieanlage ist die Flughindernisbefeuerng.

Die Signalleuchte ist auf der Gondel in der LPZ 0B installiert. Die Stromversorgung der Steuerbox in LPZ 2 wird von Typ 2 (class II) -Ableitern geschützt. Außerdem müssen die Signalleitungen für die Taktung, Intensität und Fehlermeldung sowie die 24 V-Steuerspannung berücksichtigt werden.

Für den Datenaustausch und die Parametrierung sind Windenergieanlagen innerhalb eines Windparks miteinander vernetzt. Auch diese Schnittstellen werden mit Überspannungsschutzgeräten beschaltet oder neuerdings durch Funkübertragungssysteme galvanisch entkoppelt.

Einen Überblick über die zu schützenden Komponenten bei einer Windenergieanlage zeigt Abb. 5.

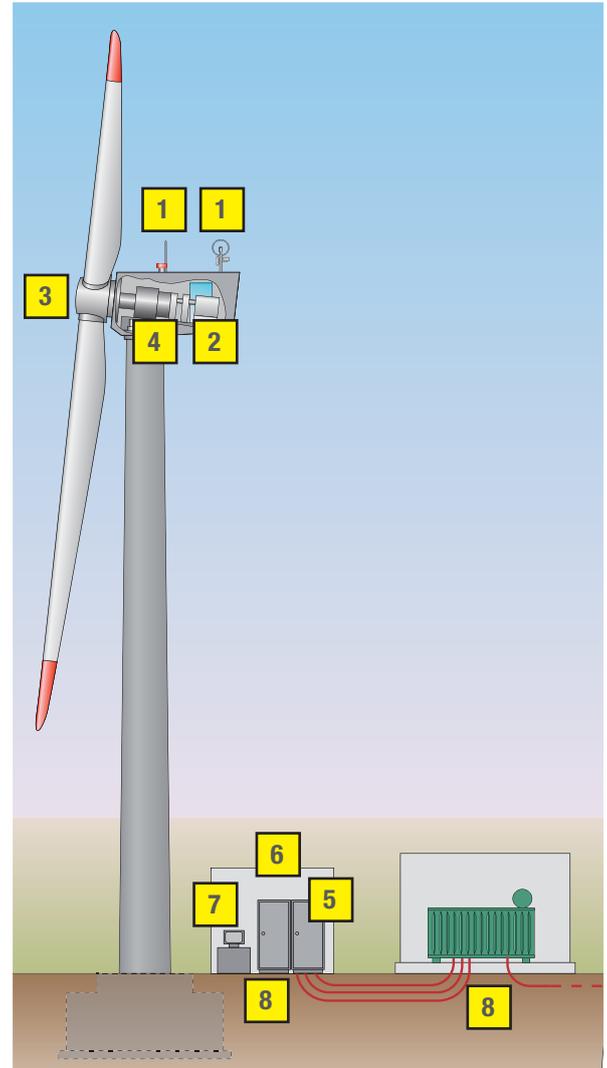


Abb. 5

- 1** Schutz der Flughindernisbefeuerng und der Wetterstation
- 2** Schutz für 230/400 V Stromversorgung für MSR-Einrichtungen
- 3** Schutz der Rotornabe (Stromversorgung und Signal-/Busleitungen)
- 4** Schutz des Generators, ständer- und rotorseitig
- 5** Schutz des Wechselrichters
- 6** Schutz des Steuerschaltschrankes
- 7** Schutz der Kommunikationseinrichtungen
- 8** Blitz- und Überspannungsschutz der Hauptspeisung

## VII. Installationsorte der Überspannungsschutzgeräte

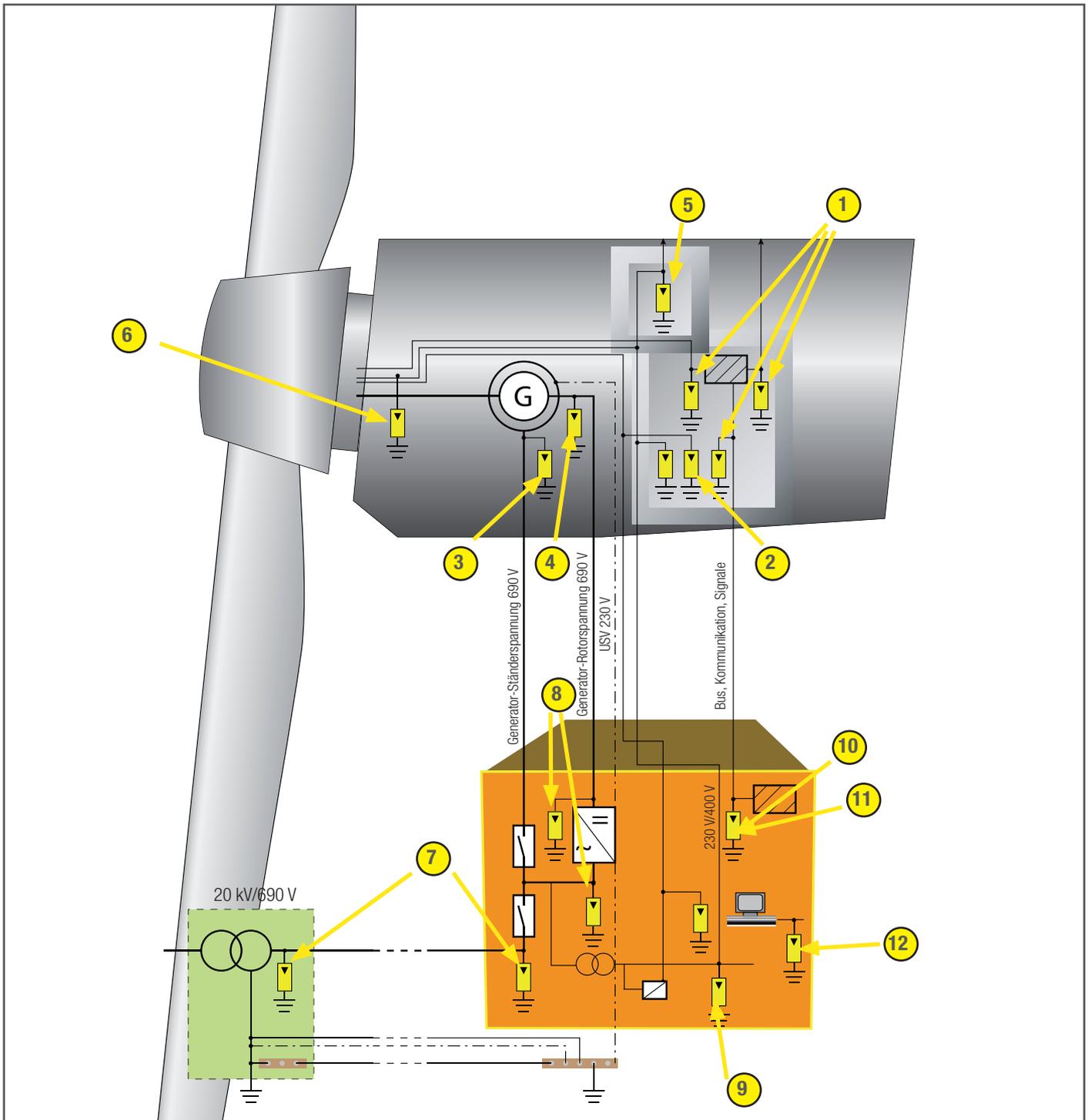


Abb.: 6 Installationsdetails und Produktzuordnung

1

12 nächste Seite



Installationsort	SPD Typ	Artikelname	Artikelnummer
1. z. B. Stromversorgung 24 V Windfahne Signalleitungen (analog, digital) Busleitungen RS 485		EP D TN 24V/16A*	38 05 50
		DP2x1-xxV/0,3 Ohm*	26 24 24
		DP2x1 SDSL-Tr*	24 00 18
		DP-RS 485-Tr*	27 04 85
2. Stromversorgung 230/400 V	2	EL-T2/1+0-275*	38 81 93
3. Generator Ständerseite bei 400/690 V TN-Systemen bei 690 V IT-Systemen Ggf. Sonderlösungen	2	EL-T2/1+0-440*	38 81 95
	2	EP WE TNC 750/FM	38 17 07
	1+2	NAK 600TT-100kA	37 80 01
	2	PP WEA Y 1000*	37 70 52
4. Generator Rotorseite (bei 400/690 V TN-Systemen) (bei 690 V IT-Systemen) Ggf. Sonderlösungen	2	EL-T2/1+0-440*	38 81 95
	2	EP EW TNC 750	38 17 06
	1+2	NAK 600TT-100kA (o. Abb.)	37 80 01
	2	PP WEA Y 1000*	37 70 52
5. Flugbefuerung (je nach Spannungsversorgung und Signal- bzw. Busleitungen)		MP 1x2 GDT+24V-Ad-Pg ST*	97 00 34 bzw.
		MP 1x2 24V-170-HF ST*	97 10 57
6. Rotornabe (Stromversorgung 230/400 V) Signal- bzw. Busleitungen	2	EL-T2/1+0-275*	38 81 93
		MP 1x2 GDT+24V-Ad-Pg ST*	97 00 34 bzw.
		MP 1x2 24V-170-HF ST*	97 10 57
7. Haupteinspeisung (400/690 V TN- oder IT-Blitzstromableiter)	1	PP BC TNC 50-400/690*	37 45 04
8. Wechselrichter Ggf. Sonderlösungen	2	EL-T2/1+0-440*	38 81 95
	2	EP WE TNC 750	38 17 06
	1+2	NAK 600TT-100kA (o. Abb.)	37 80 01
	2	PP WEA Y 1000*	37 70 52
9. Steuerschalttschrank (Stromversorgung 230/400 V)	2	EL-T2/1+0-275*	38 81 93
10. - 11. Steuerung (Stromversorgung 24 V) Signalleitungen (analog, digital)	3	EP D TN 24V/25A*	38 05 52
		MP 1x2 GDT+24V-Ad-Pg ST*	97 00 34
12. Modem/TK-Anlage (Stromversorgung 230/400 V) Kommunikation	2	EL-T2/1+0-275*	38 81 93
		MP 1x2 24V-170-HF ST*	97 10 57
		DP RJ45 f/f	24 00 11



**EP D TN 24V/16A u. EP D TN 24V/25A\***  
**Art.-Nr. 38 05 50 u. 38 05 52**  
 optional mit Fernmeldekontakt

- 1
- 10
- 11



**PP WEA Y 1000\***  
**Art.-Nr. 37 70 52**  
 optional mit Fernmeldekontakt

- 3
- 4
- 8



**DP2x1-24V/24V-0,30hm\***  
**Art.-Nr. 26 24 24**  
 Fein- und Grobschutz

- 1



**MP 1x2 GDT+24V-Ad-Pg ST\***  
**Art.-Nr. 97 00 34**  
 steckbares Modul für MSR

- 5 11
- 6
- 10



**DataPro2x1 SDSL\***  
**Art.-Nr. 24 00 18**  
 Fein- und Grobschutz

- 1



**MP 1x2 24V-170-HF ST\***  
**Art.-Nr. 97 10 57**  
 steckbares Modul für MSR

- 5
- 6
- 12



**DP-RS 485-Tr\***  
**Art.-Nr. 27 04 85**

- 1



**EP WE TNC 750/FM**  
**Art.-Nr. 38 17 07**  
 mit Fernmeldekontakt

- 3
- 4
- 8



**EL-T2/1+0-275\***  
**Art.-Nr. 38 81 93**  
 optional mit Fernmeldekontakt

- 2 12
- 6
- 9



**PP BC TNC 50-400/690\***  
**Art.-Nr. 37 45 04**  
 optional mit Fernmeldekontakt

- 7



**EL-T2/1+0-440\***  
**Art.-Nr. 38 81 95**  
 optional mit Fernmeldekontakt

- 3
- 4
- 8



**DP RJ45 f/f**  
**Art.-Nr. 24 00 11**  
 Schirmung

- 12

Alle mit \* gekennzeichneten Produkte erfüllen die Anforderungen zur Schockprüfung nach DIN EN 60068-2-27- und Schwingprüfung nach DIN EN 60068-2-6 (siehe Seite 7)

Weitere Produkte zum Blitz- und Überspannungsschutz bei Windkraftanlagen im Produktportfolio enthalten. Wir beraten Sie gerne!



**LEUTRON GMBH**

**BLITZ- UND ÜBERSpannungSSCHUTZ**

**HUMBOLDTSTRASSE 30/32**

**D-70771 LEINFELDEN-ECHTERDINGEN**

**T: +49-(0)711-94771-0**

**F: +49-(0)711-94771-70**

**INFO@LEUTRON.DE**

**WWW.LEUTRON.DE**

**WWW.LEUTRON.DE**