

## Windenergieanlagen

### Teil 24: Blitzschutz

(IEC 61400-24:2010)

Wind turbines – Part 24: Lightning protection  
(IEC 61400-24:2010)

Eoliennes – Partie 24: Protection contre la foudre  
(CEI 61400-24:2010)

---

#### Medieninhaber und Hersteller:

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik  
Austrian Standards Institute

ICS 27.180; 91.120.40

#### Copyright © OVE/Austrian Standards Institute – 2011.

Alle Rechte vorbehalten! Nachdruck oder  
Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstige Medien  
oder Datenträger nur mit Zustimmung gestattet!

Ident (IDT) mit IEC 61400-24:2010 (Übersetzung)  
Ident (IDT) mit EN 61400-24:2010

#### Verkauf von in- und ausländischen Normen und technischen Regelwerken durch

Austrian Standards Institute  
Heinestraße 38, 1020 Wien  
E-Mail: [sales@as-plus.at](mailto:sales@as-plus.at)  
Internet: <http://www.as-plus.at>  
24-Stunden-Webshop: [www.as-plus.at/shop](http://www.as-plus.at/shop)  
Tel.: +43 1 213 00-444  
Fax: +43 1 213 00-818

zuständig OVE/Komitee  
TK TM  
Traktion und Motorik

Alle Regelwerke für die Elektrotechnik auch erhältlich bei  
OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik  
Eschenbachgasse 9, 1010 Wien  
E-Mail: [verkauf@ove.at](mailto:verkauf@ove.at)  
Internet: <http://www.ove.at>  
Webshop: <https://www.ove.at/webshop>  
Tel.: +43 1 587 63 73  
Fax: +43 1 586 74 08

### Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm EN 61400-24:2010 hat sowohl den Status von ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK gemäß ETG 1992 als auch den einer ÖNORM gemäß NG 1971. Bei ihrer Anwendung ist dieses Nationale Vorwort zu berücksichtigen.

Für den Fall einer undatierten normativen Verweisung (Verweisung auf einen Standard ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste Ausgabe dieses Standards.

Für den Fall einer datierten normativen Verweisung bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Standards.

Der Rechtsstatus dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM ist den jeweils geltenden Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz zu entnehmen.

Bei mittels Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz verbindlich erklärten ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORMEN ist zu beachten:

- Hinweise auf Veröffentlichungen beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, auf den Stand zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM. Zum Zeitpunkt der Anwendung dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM ist der durch die Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz oder gegebenenfalls auf andere Weise festgelegte aktuelle Stand zu berücksichtigen.
- Informative Anhänge und Fußnoten sowie normative Verweise und Hinweise auf Fundstellen in anderen, nicht verbindlichen Texten werden von der Verbindlicherklärung nicht erfasst.

Europäische Normen (EN) werden gemäß den „Gemeinsamen Regeln“ von CEN/CENELEC durch Veröffentlichung eines identen Titels und Textes in das Gesamtwerk der ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORMEN übernommen, wobei der Nummerierung der Zusatz ÖVE/ÖNORM bzw. ÖNORM vorangestellt wird. Die nachstehende Tabelle listet jene ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORMEN auf, die in Titel, Nummerierung und/oder Inhalt (nicht ident) von den zitierten internationalen bzw. europäischen Standards abweichen.

Europäische Norm	Internationale Norm	ÖSTERREICHISCHE BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK bzw. ÖNORM
HD 588.1 S1	IEC 60060-1:1989	ÖVE-P 55-1

ÖVE-P 55-1 Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen

Deutsche Fassung

Windenergieanlagen –  
Teil 24: Blitzschutz  
(IEC 61400-24:2010)

Wind turbines –  
Part 24: Lightning protection  
(IEC 61400-24:2010)

Eoliennes –  
Partie 24: Protection contre la foudre  
(CEI 61400-24:2010)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-07-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

**CENELEC**

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

## Vorwort

Der Text des Schriftstücks 88/366/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61400-24, ausgearbeitet von dem IEC/TC 88 „Wind turbines“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-07-01 als EN 61400-24 angenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN und CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss

(dop): 2011-04-01

- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen

(dow): 2013-07-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

---

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61400-24:2010 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

---

## Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	10
4 Symbole und Einheiten.....	15
5 Abkürzungen.....	19
6 Blitzumgebung von Windenergieanlagen.....	19
6.1 Allgemeines .....	19
6.2 Blitzstromparameter und Gefährdungspegel.....	19
7 Bewertung der Blitzeinwirkung .....	21
7.1 Allgemeines .....	21
7.2 Bewertung der Blitzschlaghäufigkeit für eine WEA .....	22
7.3 Bewertung des Schadensrisikos .....	25
8 Blitzschutz von Teilkomponenten .....	27
8.1 Allgemeines .....	27
8.2 Rotorblätter .....	28
8.3 Gondel und andere Konstruktionsteile .....	31
8.4 Mechanischer Antriebsstrang und Giersystem.....	32
8.5 Elektrische Niederspannungssysteme und elektronische Systeme und Anlagen .....	34
8.6 Elektrische Hochspannungsversorgungsnetze .....	38
9 Erdung von Windenergieanlagen und Windparks.....	40
9.1 Allgemeines .....	40
9.2 Potentialausgleichsverbinding.....	41
9.3 Konstruktionsteile .....	42
9.4 Maße von Erdern.....	44
9.5 Windparks.....	44
9.6 Errichtung und Wartung von Erdungsanlagen .....	45
10 Sicherheit von Personen .....	45
11 Dokumentation der Blitzschutzanlage.....	46
11.1 Allgemeines .....	46
11.2 Für die Bewertung der Konstruktion erforderliche Dokumentation .....	46
11.3 Standortspezifische Informationen .....	48
11.4 Für die Inspektion der BSA vorzulegende Dokumentation .....	48
11.5 Handbücher .....	48
12 Inspektion der Blitzschutzanlage .....	48
12.1 Umfang der Inspektion .....	48
12.2 Reihenfolge der Inspektionen.....	49
12.3 Wartung .....	50
Anhang A (informativ) Blitzerscheinungen im Zusammenhang mit WEA .....	51
A.1 Blitzumgebung für WEA .....	51
A.1.1 Allgemeines .....	51
A.1.2 Eigenschaften von Blitzen .....	51
A.1.3 Entstehung der Blitzentladung und elektrische Parameter .....	51
A.1.4 Wolke-Erde-Blitze .....	52
A.1.5 Aufwärts gerichtete Blitze .....	57
A.2 Blitzstromparameter in Abhängigkeit vom Einschlagpunkt .....	59
A.3 Blitzkanalstrom ohne Rückentladung .....	60

	Seite
A.4 Auswirkungen elektromagnetischer Blitzimpulse .....	60
Anhang B (informativ) Bewertung der Blitzeinwirkung.....	61
B.1 Allgemeines .....	61
B.2 Erläuterung der Begriffe.....	61
B.2.1 Schäden und Verluste .....	61
B.2.2 Schadensrisiko und Risikokomponenten.....	63
B.2.3 Zusammensetzung der Risikokomponenten für eine WEA.....	64
B.2.4 Zusammensetzung von Risikokomponenten für eine Versorgungsleitung .....	65
B.3 Abschätzung der Schadenswahrscheinlichkeiten für WEA.....	65
B.3.1 Wahrscheinlichkeit $P_A$ , dass ein Blitzeinschlag in die WEA Verletzungen von Lebewesen verursacht .....	65
B.3.2 Wahrscheinlichkeit $P_B$ , dass ein Blitzeinschlag in die WEA physikalische Schäden verursacht .....	66
B.3.3 Wahrscheinlichkeit $P_C$ , dass ein Blitzeinschlag in die WEA den Ausfall innerer Systeme verursacht .....	66
B.3.4 Wahrscheinlichkeit $P_M$ , dass ein Blitzeinschlag neben der WEA den Ausfall innerer Systeme verursacht .....	67
B.3.5 Wahrscheinlichkeit $P_U$ , dass ein Blitzeinschlag in eine Versorgungsleitung die Verletzung von Lebewesen verursacht.....	67
B.3.6 Wahrscheinlichkeit $P_V$ , dass ein Blitzeinschlag in eine Versorgungsleitung einen physikalischen Schaden verursacht .....	68
B.3.7 Wahrscheinlichkeit $P_W$ , dass ein Blitzeinschlag in eine Versorgungsleitung einen Ausfall innerer Systeme verursacht.....	68
B.3.8 Wahrscheinlichkeit $P_Z$ , dass ein Blitzeinschlag neben einer eingeführten Versorgungsleitung den Ausfall innerer Systeme verursacht.....	68
B.4 Abschätzung des Wertes des Verlustes $L_X$ in einer WEA.....	69
B.4.1 Allgemeines .....	69
B.4.2 Mittlere relative jährliche Verluste.....	69
B.4.3 Verlust von Menschenleben .....	69
B.4.4 Wirtschaftliche Verluste .....	72
B.5 Abschätzung der Wahrscheinlichkeit $P'_X$ des Schadens an einer Versorgungsleitung .....	73
B.5.1 Versorgungsleitung mit metallischen Leitern.....	73
B.6 Abschätzung des Verlustes $L'_X$ für eine Versorgungsleitung.....	76
B.6.1 Allgemeines .....	76
B.6.2 Wirtschaftliche Verluste .....	76
B.7 Abschätzung der Kosten von Verlusten .....	77
B.8 Fallstudien.....	78
Anhang C (informativ) Schutzverfahren für Rotorblätter.....	79
C.1 Allgemeines .....	79
C.1.1 Arten von Rotorblättern und Schutzverfahren für Rotorblätter .....	79
C.1.2 Beschädigungsmechanismen an Rotorblättern.....	80
C.2 Schutzverfahren.....	81
C.2.1 Allgemeines .....	81
C.2.2 Blitzfangeinrichtungen an der Blattoberfläche oder in die Oberfläche eingebettet .....	81
C.2.3 Aufgeklebte Metallbänder und segmentierte Ableitstreifen .....	82
C.2.4 Innere Ableitungssysteme .....	82
C.2.5 Leitende Oberflächenwerkstoffe .....	82

	Seite
C.3	Konstruktionsteile aus CFK ..... 83
C.4	Besondere Aspekte leitender Bauteile ..... 84
C.5	Auffangwirksamkeit ..... 84
C.6	Bemessung von Blitzschutzanlagen ..... 85
C.7	Übergang Rotorblatt – Nabe ..... 88
Anhang D (informativ) Prüfspezifikation ..... 90	
D.1	Allgemeines ..... 90
D.2	Hochspannungs-Einschlagprüfungen ..... 90
D.2.1	Erstblitz-Einschlagprüfung ..... 90
D.2.2	Einschlagprüfung am überstrichenen Kanal ..... 99
D.3	Hochstrom-Zerstörungsprüfungen ..... 102
D.3.1	Allgemeines ..... 102
D.3.2	Lichtbogen-Eintrittsprüfung ..... 103
D.3.3	Prüfung von nichtleitenden Oberflächen ..... 105
D.3.4	Prüfung des leitungsgeführten Stromes ..... 107
Anhang E (informativ) Anwendung der Konzeption der Blitzschutzzonen auf Windenergieanlagen ..... 111	
E.1	Definition von Blitzschutzzonen ..... 111
E.2	LPZ 0 ..... 111
E.3	Weitere Zonen ..... 112
E.4	Zonengrenzen ..... 113
E.5	Anforderungen an Schutzzonen ..... 114
Anhang F (informativ) Auswahl und Installation eines koordinierten Überspannungsschutzes in Windenergieanlagen ..... 116	
F.1	Anordnung von SPDs ..... 116
F.2	Auswahl von SPDs ..... 116
F.3	Installation von SPDs ..... 116
F.4	Beanspruchung von SPDs durch die Umgebung ..... 117
F.5	SPD-Zustandsanzeige und SPD-Überwachung bei einem SPD-Ausfall ..... 117
F.6	Auswahl von SPDs unter Berücksichtigung des Schutzpegels ( $U_p$ ) und der Störfestigkeit des Systems ..... 118
F.7	Auswahl von SPDs unter Berücksichtigung von innerhalb der WEA erzeugten Überspannungen ..... 118
F.8	Auswahl von SPDs unter Berücksichtigung von Entladungsströmen ( $I_n$ ) und Stoßströmen ( $I_{imp}$ ) ..... 118
Anhang G (informativ) Weitere Informationen zu Potentialausgleich, Schirmung und Installationsverfahren ..... 120	
G.1	Weitere Informationen zum Potentialausgleich ..... 120
G.2	Weitere Informationen zum LEMP-Schutz ..... 121
G.3	Weitere Informationen zu Schirmung und Installationsverfahren ..... 121
Anhang H (informativ) Prüfverfahren für Störfestigkeitsprüfungen auf der Systemebene ..... 124	
Anhang I (informativ) Erdungsanlage ..... 126	
I.1	Allgemeines ..... 126
I.1.1	Arten von Erdungsanlagen ..... 126
I.1.2	Aufbau ..... 126
I.2	Maße des Erders ..... 128
I.2.1	Art der Anordnung ..... 128
I.2.2	Frequenzabhängigkeit der Erdungsimpedanz ..... 129
I.3	Gleichungen für den Erdungswiderstand für verschiedene Erderanordnungen ..... 130

	Seite
Anhang J (informativ) Beispiel für definierte Messpunkte.....	134
Anhang K (informativ) Typischer Fragebogen für Blitzschäden .....	136
Anhang L (informativ) Überwachungssysteme .....	138
Anhang M (informativ) Leitfaden für kleine WEA – Mikroerzeugung .....	139
Literaturhinweise .....	140
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	143
Bild 1 – Einfangfläche der WEA.....	23
Bild 2 – Effektive Höhe $H$ einer WEA auf einer Anhöhe .....	23
Bild 3 – Einfangfläche einer WEA der Höhe $H_a$ und eines weiteren Bauwerkes der Höhe $H_b$ , die durch ein Erdkabel der Länge $L_C$ verbunden sind .....	25
Bild 4a – Asynchrongenerator mit Käfigläufer.....	39
Bild 4b – Asynchrongenerator mit Schleifringläufer .....	39
Bild 4 – Beispiele für die Anordnung von Überspannungsableitern für Hochspannung in zwei typischen elektrischen Hauptstromkreisen von WEA .....	39
Bild A.1 – Vorgänge bei der Ausbildung eines Wolke-Erde-Blitzes.....	53
Bild A.2 – Typischer Verlauf eines negativen Wolke-Erde-Blitzes (nicht maßstabsgerecht) .....	53
Bild A.3 – Definition von Kurzentladungsparametern (gewöhnlich ist $T_2 < 2$ ms) .....	54
Bild A.4 – Definition von Langentladungsparametern (gewöhnlich $2$ ms $< T_{\text{long}} < 1$ s) (IEC 62305-1, Bild A.2) .....	54
Bild A.5 – Typische Komponenten von Abwärtsblitzen (typisch für ebenes Gelände und niedrige Bauwerke) (IEC 62305-1, Bild A.3).....	56
Bild A.6 – Typischer Verlauf eines positiven Wolke-Erde-Blitzes .....	56
Bild A.7 – Typischer Verlauf eines negativen, aufwärts gerichteten Blitzes .....	57
Bild A.8 – Mögliche Komponenten von Aufwärtsblitzen (typisch für exponierte und/oder hohe Bauwerke) (IEC 62305-1, Bild A.4).....	58
Bild C.1 – Bauarten von Rotorblättern .....	79
Bild C.2 – Blitzschutzkonzeptionen für große moderne WEA-Rotorblätter .....	81
Bild C.3 – Durch Blitze induzierte Spannungen zwischen Blitzableiter oder Konstruktion und Verdrahtung von Messfühlern.....	84
Bild D.1 – Prüfaufbau A für die Erstblitz-Einschlagprüfung (der Prüfling sollte in mehreren Stellungen geprüft werden, die verschiedene Richtungen des sich annähernden Blitzkanals repräsentieren).....	92
Bild D.2 – Mögliche Ausrichtungen für Prüfaufbau A für Erstblitz-Einschlagprüfungen .....	93
Bild D.3 – Der Blitzkanal-Verbindungspunkt muss entfernt vom Prüfling liegen .....	94
Bild D.4 – Prüfaufbau B für die Erstblitz-Einschlagprüfung .....	94
Bild D.5 – Prüfaufbau C für Bewertungsprüfungen der Anordnung örtlicher Schutzeinrichtungen (z. B. Ableitstreifen).....	96
Bild D.6 – Typischer Schaltstoßspannungsanstieg bis zum Überschlag ( $100$ $\mu$ s je Teilstrich) .....	97
Bild D.7 – Einschlagprüfung am überstrichenen Kanal .....	100
Bild D.8 – Kurvenform der Blitzstoßspannung (IEC 60060-1, Bild 6) .....	101
Bild D.9 – Kurvenform der Blitzstoßspannung mit Darstellung eines Überschlages an der Wellenfront (IEC 60060-1, Bild 7) .....	101
Bild D.10 – Typische Strahlableitungselektroden .....	104
Bild D.11 – Hochstrom-Prüfanordnung für nichtleitende Oberflächen.....	106
Bild D.12 – Beispiel für eine Prüfanordnung für Prüfungen des leitungsgeführten Stromes.....	109
Bild E.1 – Blitzkugelmodell.....	112
Bild E.2 – Geflecht mit großer Maschenweite für Gondeln mit GFK-Verkleidung .....	113



	Seite
Bild E.3 – Geflecht mit kleiner Maschenweite für Gondeln mit GFK-Verkleidung.....	113
Bild E.4 – Zwei Schränke, die beide als LPZ 2 festgelegt sind und über die Schirmung eines geschirmten Kabels miteinander verbunden sind .....	114
Bild E.5 – Beispiel: Unterteilung von WEA in verschiedene LPZ .....	114
Bild E.6 – Beispiel dafür, wie die LMPS-Unterteilung des elektrischen Systems in Schutzzonen zu dokumentieren ist mit der Angabe, wo die Stromkreise die LPZ-Grenzen überschreiten, und mit der Darstellung langer Kabel, die zwischen Turmfuß und Gondel verlaufen .....	115
Bild F.1 – Punkt-zu-Punkt-Installationsplan (IEC 60364-5-53, Bild 53E) .....	117
Bild F.2 – Installationsplan der Erdungsverbindungen (IEC 60364-5-53, Bild A.1).....	117
Bild G.1 – Zwei Steuerschränke, die auf unterschiedlichen metallischen Ebenen in einer Gondel angeordnet sind.....	120
Bild G.2 – Mechanismus der magnetischen Kopplung.....	121
Bild G.3 – Messung der Transferimpedanz .....	123
Bild H.1 – Beispielstromkreis für die SPD-Entladungsstromprüfung unter Betriebsbedingungen .....	125
Bild H.2 – Beispielstromkreis für die Induktionsprüfung für Blitzströme .....	125
Bild I.1 – Mindestlänge $l_1$ jedes Erders entsprechend der BSA-Schutzklasse (IEC 62305-3, Bild 2).....	128
Bild I.2 – Frequenzabhängigkeit der Erdungsimpedanz (übernommen von CIGRE WG C.4.4.02, Juli 2005) .....	129
Bild J.1 – Beispiel für Messpunkte.....	134
Bild K.1 – Rotorblattumrisse für die Markierung der Schadensstellen .....	137
Tabelle 1 – Größtwerte von Blitzparametern nach LPL (IEC 62305-1, Tabelle 5).....	20
Tabelle 2 – Kleinstwerte von Blitzparametern und zugehöriger Blitzkugelradius nach dem LPL (IEC 62305-1, Tabelle 6) .....	21
Tabelle 3 – Einfangflächen $A_1$ und $A_i$ der Versorgungsleitung in Abhängigkeit von der Verlegungsart (IEC 62305-2, A.3).....	24
Tabelle 4 – Parameter für die Bewertung von Risikokomponenten für WEA (IEC 62305-2, Tabelle 8) .....	27
Tabelle 5 – Kleinstmaße von Leitern, die verschiedene Potentialausgleichsschienen/-punkte miteinander verbinden oder die Potentialausgleichsschienen/-punkte mit der Erdungsanlage verbinden (IEC 62305-3, Tabelle 8) .....	41
Tabelle 6 – Kleinstmaße von Leitern, die innere metallische Installationen mit Potentialausgleichsschienen/-punkten verbinden (IEC 62305-3, Tabelle 9) .....	42
Tabelle 7 – Allgemeine Inspektionsabstände für BSA.....	50
Tabelle A.1 – Parameter eines Wolke-Erde-Blitzes (abgeleitet aus IEC 62305-1, Tabelle A.1).....	55
Tabelle A.2 – Parameter von aufwärts gerichteten Blitzen.....	58
Tabelle A.3 – Zusammenfassung der nachzubildenden Blitzgefährdungsparameter, die für die Berechnung der Prüfwerte für die verschiedenen Komponenten der BSA und für die verschiedenen LPL zu berücksichtigen sind (IEC 62305-1, Tabelle D.1).....	59
Tabelle B.1 – Schadensquellen, Schadensarten und Schadensursachen nach dem Einschlagpunkt (IEC 62305-2, Tabelle 1) .....	62
Tabelle B.2 – Risiko für jede Schadensart und Verlustart in einer WEA (IEC 62305-2, Tabelle 2) .....	62
Tabelle B.3 – Werte der Wahrscheinlichkeit $P_A$ , dass ein Blitzeinschlag in eine WEA dazu führt, dass ein Lebewesen einen elektrischen Schlag durch gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen erleidet (IEC 62305-2, Tabelle B.1).....	65
Tabelle B.4 – Werte der Wahrscheinlichkeit $P_B$ in Abhängigkeit von den Schutzmaßnahmen zur Verringerung physikalischer Schäden (IEC 62305-2, Tabelle B.2).....	66
Tabelle B.5 – Werte der Wahrscheinlichkeit $P_{SPD}$ in Abhängigkeit vom LPL, für den die SPDs ausgelegt sind (IEC 62035-2, Tabelle B.3) .....	66
Tabelle B.6 – Werte der Wahrscheinlichkeit $P_{LD}$ in Abhängigkeit vom Widerstand des Kabelschirmes $R_S$ und von der Steh-Stoßspannung $U_W$ der Einrichtungen	

	Seite
(IEC 62305-2, Tabelle B.6) .....	67
Tabelle B.7 – Werte der Wahrscheinlichkeit $P_{LI}$ in Abhängigkeit vom Widerstand des Kabelschirmes $R_S$ und der Steh-Stoßspannung $U_W$ der Einrichtungen (IEC 62305-2, Tabelle B.7).....	69
Tabelle B.8 – Werte der Reduktionsfaktoren $r_a$ und $r_u$ in Abhängigkeit von der Art der Oberfläche des Erdbodens oder Fußbodens (IEC 62305-2, Tabelle C.2).....	70
Tabelle B.9 – Werte des Reduktionsfaktors $r_p$ in Abhängigkeit von vorgesehenen Maßnahmen zur Verringerung der Folgen eines Brandes (IEC 62305-2, Tabelle C.3) .....	71
Tabelle B.10 – Werte des Reduktionsfaktors $r_f$ in Abhängigkeit vom Brandrisiko einer WEA (IEC 62305-2, Tabelle C.4).....	71
Tabelle B.11 – Werte des Faktors $h_z$ , der den relativen Wert eines Verlustes bei Vorhandensein einer besonderen Gefährdung erhöht (IEC 62305-2, Tabelle C.5) .....	71
Tabelle B.12 – Typische Mittelwerte für $L_t$ , $L_f$ und $L_o$ (IEC 62305-2, Tabelle C.7) .....	72
Tabelle B.13 – Werte des Faktors $K_d$ in Abhängigkeit von den Eigenschaften der geschirmten Versorgungsleitung (IEC 62305-2, Tabelle D.1).....	73
Tabelle B.14 – Werte des Faktors $K_p$ in Abhängigkeit von den Schutzmaßnahmen (IEC 62305-2, Tabelle D.2).....	73
Tabelle B.15 – Steh-Stoßspannung $U_w$ in Abhängigkeit vom Kabeltyp (IEC 62305-2, Tabelle D.3) .....	74
Tabelle B.16 – Steh-Stoßspannung $U_W$ in Abhängigkeit von der Art der Einrichtungen (IEC 62305-2, Tabelle D.4).....	74
Tabelle B.17 – Werte der Wahrscheinlichkeiten $P'_B$ , $P'_C$ , $P'_V$ und $P'_W$ in Abhängigkeit vom Ableitstrom $I_a$ (IEC 62305-2, Tabelle D.5).....	75
Tabelle C.1 – Werkstoff, Form und Nennquerschnitt von Fangleitungen, Fangstangen und Ableitungen (IEC 62305-3, Tabelle 6, zukünftige 2. Ausgabe) .....	86
Tabelle C.2 – Physikalische Eigenschaften üblicher Werkstoffe für den Einsatz in BSA (IEC 62305-1, Tabelle D.2).....	87
Tabelle C.3 – Erwärmung [K] von unterschiedlichen Leitern in Abhängigkeit von $W/R$ (IEC 62305-1, Tabelle D.3) .....	88
Tabelle E.1 – Definitionen der Blitzschutzzonen nach IEC 62305-1 .....	111
Tabelle F.1 – Entladungs- und Stoßstrompegel für TN-Systeme nach IEC 60364-5-53.....	118
Tabelle F.2 – Beispiele für erhöhte Entladungs- und Stoßstrompegel für TN-Systeme.....	119
Tabelle I.1 – Impulswirkungsgrad für verschiedene Anordnungen von Tiefenerdern bezogen auf einen senkrechten Tiefenerder mit 12 m Länge (100 %) (übernommen von CIGRE WG C.4.4.02, Juli 2005).....	130
Tabelle I.2 – In den Tabellen I.3 bis I.6 verwendete Symbole .....	130
Tabelle I.3 – Gleichungen für verschiedene Erderanordnungen .....	131
Tabelle I.4 – Gleichungen für erdverlegte Ringerder in Kombination mit Vertikalerdern.....	132
Tabelle I.5 – Gleichungen für erdverlegte Ringerder in Kombination mit Strahlenerdern .....	132
Tabelle I.6 – Gleichungen für erdverlegte gerade Horizontalerder in Kombination mit Vertikalerdern .....	133
Tabelle J.1 – Messpunkte und aufzuzeichnende Widerstände .....	135

## 1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm gilt für den Blitzschutz von Windenergieanlagen und Windkraftanlagen.

Die Norm enthält normative Verweisungen auf Fachgrundnormen für Blitzschutz sowie für Niederspannungs- und Hochspannungsanlagen für Maschinen und Anlagen und für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Diese Norm definiert die Blitzumgebung für Windenergieanlagen und beschreibt die Anwendung der Umgebung für die Risikobewertung für die Windenergieanlage. Es werden Anforderungen an den Schutz von Rotorblättern, anderen Konstruktionselementen und elektrischen Systemen und Betriebsführungssystemen sowohl gegen direkte als auch indirekte Auswirkungen von Blitzen festgelegt. Außerdem werden Prüfverfahren zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen empfohlen.

Es sind Richtlinien für die Anwendung geltender Normen für den Blitzschutz, von elektrotechnischen Industrienormen und EMV-Normen einschließlich der Erdung angegeben.

Außerdem werden Richtlinien für die Sicherheit von Personen bereitgestellt.

Die Norm enthält Richtlinien für Schadensstatistiken und -berichte.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60060-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068 (alle Teile), *Environmental testing*

IEC 60071 (alle Teile), *Insulation Co-ordination*

IEC 60071-2: 1996, *Insulation Co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60099-4, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60099-5, *Surge arresters – Part 5: Selection and application recommendations*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60243-3, *Electrical strength of solid insulating materials – Test methods – Part 3: Additional requirements for 1,2/50  $\mu$ s impulse tests*

IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-53: 2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

Änderung 1 (2002)<sup>1)</sup>

IEC 60464-2, *Varnishes used for electrical insulation – Part 2: Methods of test*

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60479-4, *Effects of current on human beings and livestock – Part 4: Effects of lightning strokes on human beings and livestock*

IEC 60587, *Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

<sup>1)</sup> Es liegt eine konsolidierte Ausgabe 3.1 (2002) vor, die IEC 60364-5-53 (2001) und deren Änderung 1 (2002) enthält.