OVE EN IEC 61400-1

Ausgabe: 2020-01-01

Windenergieanlagen
Teil 1: Auslegungsanforderungen
(IEC 61400-1:2019)

Wind energy generation systems –
Part 1: Design requirements
(IEC 61400-1:2019)

Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 1: Exigences de conception
(IEC 61400-1:2019)

Copyright OVE

Medieninhaber und Hersteller:
OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik

Copyright © OVE – 2020.
Alle Rechte vorbehalten! Nachdruck oder Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstige Medien oder Datenträger nur mit Zustimmung gestattet!

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik
Eschenbachgasse 9, 1010 Wien
E-Mail: verkauf@ove.at
Internet: http://www.ove.at
Webshop: www.ove.at/webshop
Tel.: +43 1 587 63 73

ICS 27.180

Ident (IDT) mit IEC 61400-1:2019 (Übersetzung)
Ident (IDT) mit EN IEC 61400-1:2019

Ersatz für siehe nationales Vorwort

zuständig OVE/TK GMT
Generatoren, Motoren, Transformatoren

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm EN IEC 61400-1:2019 hat den Status einer nationalen elektrotechnischen Norm gemäß ETG 1992. 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 nationalen elektrotechnischen Norm ist den jeweils geltenden Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz zu entnehmen.

Bei mittels Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz verbindlich erklärten rein österreichischen elektrotechnischen Normen ist zu beachten:

- Hinweise auf Veröffentlichungen beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, auf den Stand zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser rein österreichischen elektrotechnischen Norm. Zum Zeitpunkt der Anwendung dieser rein österreichischen elektrotechnischen Norm 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) von CENELEC werden gemäß den CENELEC-Regeln durch Veröffentlichung eines identen Titels und Textes in das Gesamtwerk der nationalen elektrotechnischen Normen übernommen, wobei der Nummerierung der Zusatz OVE vorangestellt wird.
Die nachstehende Tabelle listet jene nationalen elektrotechnischen Normen auf, die in Titel, Nummerierung und/oder Inhalt (nicht ident) von den zitierten internationalen bzw. europäischen Standards abweichen.

Europäische Norm	Internationale Norm	Nationale elektrotechnische Norm
HD 60364 (alle Teile)	IEC 60364 (alle Teile)	OVE E 8101

OVE E 8101 Elektrische Niederspannungsanlagen

Erläuterung zum Ersatzvermerk

Gemäß Vorwort zur EN wird das späteste Datum, zu dem nationale (elektrotechnische) Normen, die der vorliegenden Norm entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen, mit dow (date of withdrawal) festgelegt. Bis zum Zurückziehungsdatum (dow) 2022-03-15 ist somit die Anwendung folgender Norm(en) noch erlaubt:

ÖVE/ÖNORM EN 61400-1:2011-09-01.

Copyright OVE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN IEC 61400-1

April 2019

ICS 27.180

Ersatz für EN 61400-1:2005

Deutsche Fassung

Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen

(IEC 61400-1:2019)

Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements (IEC 61400-1:2019)

Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 1: Exigences de conception (IEC 61400-1:2019)

Copyright OVE

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2019-03-15 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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

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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2019 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN IEC 61400-1:2019 D

EN IEC 61400-1:2019

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 88/696/FDIS, zukünftige 4. Ausgabe der IEC 61400-1, erarbeitet vom IEC/TC 88 „Wind energy generation systems“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 61400-1:2019 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

– spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2019-12-15

– spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2022-03-15

Dieses Dokument ersetzt EN 61400-1:2005.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61400-1:2019 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60146 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 60146.
IEC 60269 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 60269.
IEC 60898 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 60898.
IEC 61000-6-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN IEC 61000-6-1.
IEC 61000-6-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-6-4.
IEC 61310-1:2007	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61310-1:2008 (nicht modifiziert).
IEC 61310-2:2007	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61310-2:2008 (nicht modifiziert).
IEC 61400-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61400-2.
IEC 61400-3-1[Z1]	ANMERKUNG	Harmonisiert als FprEN IEC 61400-3-1.[Z2]
IEC 61400-6[Z3]	ANMERKUNG	Harmonisiert als prEN 61400-6.[Z4]
IEC 61400-12-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61400-12-1.
IEC 61400-13	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61400-13.
IEC 61400-21	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61400-21.
IEC 61508 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 61508.
IEC 61508-1:2010	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61508-1:2010 (nicht modifiziert).
IEC 61508-6	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61508-6.
IEC 62061:2005	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62061:2005 (nicht modifiziert).

[Z1] In Vorbereitung. Dokumentstufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC CDV 61400-3-1:2017.

[Z2] In Vorbereitung. Dokumentstufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: FprEN IEC 61400-3-1:2018.

[Z3] In Vorbereitung. Dokumentstufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC CDV 61400-6:2017.

[Z4] In Vorbereitung. Dokumentstufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN IEC 61400-6:2017.

Copyright OVE

IEC 62061:2005/AMD1:2012	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62061:2005/A1:2013 (nicht modifiziert).
IEC 62061:2005/AMD2:2015	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62061:2005/A2:2015 (nicht modifiziert).
IEC 62305-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62305-1.
ISO 12100:2010	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 12100:2010 (nicht modifiziert).
ISO 9001	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 9001.
ISO 13849-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 13849-2.

Copyright OVE

Anhang ZA
(normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60034	Reihe	Rotating electrical machines	–	Reihe
IEC 60038	–	IEC standard voltages	EN 60038	–
IEC 60071-1	–	Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules	EN 60071-1	–
IEC 60071-2	–	Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines	EN IEC 60071-2	–
IEC 60076	Reihe	Power transformers	EN 60076	Reihe
IEC 60204-1	–	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements	EN 60204-1	–
IEC 60204-11	2000	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	EN 60204-11	2000
–	–		+ Corrigendum Februar	2010
IEC 60364	Reihe	Low-voltage electrical installations	HD 60364	Reihe
IEC 60529	–	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	–	–
IEC 60664-1	–	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests	EN 60664-1	–
IEC 60664-3	–	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution	EN 60664-3	–
IEC 60721	Reihe	Classification of environmental conditions	EN 60721	Reihe
IEC 61000-6-2	–	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments	EN IEC 61000-6-2	–
IEC 61400-3	–	Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbines	EN 61400-3	–

Copyright OVE

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 61400-4	–	Wind turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes	EN 61400-4	–
IEC 61400-24	–	Wind turbines – Part 24: Lightning protection	EN 61400-24	–
IEC 61439	Reihe	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies	EN 61439	Reihe
IEC 61800-4	–	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV	EN 61800-4	–
IEC 61800-5-1	–	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy	EN 61800-5-1	–
IEC 62271	Reihe	High-voltage switchgear and controlgear	EN 62271	Reihe
IEC 62305-3	–	Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard	EN 62305-3	–
IEC 62305-4	–	Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures	EN 62305-4	–
IEC 62477-1	2012	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General	EN 62477-1	2012
–	–		+ A11	2014
ISO 76	–	Rolling bearings – Static load ratings	–	–
ISO 281	–	Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life	–	–
ISO 2394	–	General principles on reliability for structures	–	–
ISO 4354	–	Wind actions on structures	–	–
ISO 6336-2	–	Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)	–	–
ISO 6336-3	2006	Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength	–	–
ISO 12494	2001	Atmospheric icing of structures	–	–
ISO 13850	–	Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design	EN ISO 13850	–
ISO/TS 16281	–	Rolling bearings – Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings	–	–

Copyright OVE

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 2

Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen ... 4

Einleitung ... 16

1 Anwendungsbereich ... 17

2 Normative Verweisungen ... 17

3 Begriffe ... 18

4 Symbole und Abkürzungen ... 27

4.1 Symbole und Einheiten ... 27

4.2 Abkürzungen ... 30

5 Grundsätze ... 31

5.1 Allgemeines ... 31

5.2 Auslegungsmethoden ... 31

5.3 Sicherheitsklassen ... 31

5.4 Qualitätssicherung ... 32

5.5 Aufschriften auf der WEA ... 32

6 Umgebungsbedingungen ... 32

6.1 Allgemeines ... 32

6.2 WEA-Klassen ... 33

6.3 Windbedingungen ... 34

6.3.1 Allgemeines ... 34

6.3.2 Normale Windbedingungen ... 35

6.3.3 Extreme Windbedingungen ... 37

6.4 Sonstige Umgebungsbedingungen ... 42

6.4.1 Allgemeines ... 42

6.4.2 Normale sonstige Umweltbedingungen ... 43

6.4.3 Sonstige extreme Umweltbedingungen ... 43

6.5 Elektrische Netzbedingungen ... 44

7 Strukturauslegung ... 44

7.1 Allgemeines ... 44

7.2 Auslegungsmethodik ... 44

7.3 Lasten ... 45

7.3.1 Allgemeines ... 45

7.3.2 Gravitations- und Trägheitslasten ... 45

7.3.3 Aerodynamische Lasten ... 45

7.3.4 Funktionslasten ... 45

7.3.5 Sonstige Lasten ... 45

7.4 Auslegungszustände und Lastfälle ... 45

Copyright OVE

Seite

7.4.1 Allgemeines ... 45
7.4.2 Produktionsbetrieb (DLC 1.1 bis DLC 1.5) ... 48
7.4.3 Produktionsbetrieb und Auftreten eines Fehlers oder Netzausfall (DLC 2.1 bis DLC 2.5) ... 49
7.4.4 Anlauf (DLC 3.1 bis DLC 3.3) ... 51
7.4.5 Normale Abschaltung (DLC 4.1 und DLC 4.2) ... 51
7.4.6 Notabschaltung (DLC 5.1) ... 52
7.4.7 Parken (Stillstand oder Leerlauf) (DLC 6.1 bis DLC 6.4) ... 52
7.4.8 Parken und Fehlzustände (DLC 7.1) ... 53
7.4.9 Transport, Montage, Instandhaltung und Reparatur (DLC 8.1 und DLC 8.2) ... 53
7.5 Lastberechnungen ... 53
7.6 Grenzzustandsanalyse der Tragfähigkeit ... 55
7.6.1 Verfahren ... 55
7.6.2 Tragfähigkeitsnachweis ... 57
7.6.3 Betriebsfestigkeitsversagen ... 61
7.6.4 Stabilität ... 61
7.6.5 Nachweis kritischer Verformungen ... 62
7.6.6 Spezielle Teilsicherheitsbeiwerte ... 63
8 Betriebsführungssystem ... 63
8.1 Allgemeines ... 63
8.2 Betriebsführungsfunktionen ... 63
8.3 Sicherheitsfunktionen ... 64
8.4 Analyse von Ausfällen des Betriebsführungssystems ... 64
8.4.1 Allgemeines ... 64
8.4.2 Unabhängige Ausfälle und Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache ... 65
8.4.3 Fehlerausschluss ... 65
8.4.4 Wiederkehrzeiträume von Ausfallarten ... 65
8.4.5 Systematische Fehler ... 65
8.5 Handbetrieb ... 65
8.6 Funktion des Not-Halt-Schalters ... 66
8.7 Manueller, automatischer und fernausgelöster Wiederanlauf ... 66
8.8 Bremssystem ... 67
9 Mechanische Systeme ... 67
9.1 Allgemeines ... 67
9.2 Montagefehler ... 68
9.3 Hydraulische oder pneumatische Systeme ... 68
9.4 Hauptgetriebe ... 68
9.5 Giersystem ... 68
9.6 Blattverstellsystem ... 69
9.7 Mechanische Bremsen im Schutzsystem ... 69

Copyright OVE

EN IEC 61400-1:2019

Seite
9.8 Wälzlager ... 69
9.8.1 Allgemeines ... 69
9.8.2 Hauptwellenlager ... 70
9.8.3 Generatorlager ... 70
9.8.4 Blatt- und Gierlager ... 70
10 Elektrisches System ... 70
10.1 Allgemeines ... 70
10.2 Allgemeine Anforderungen an die elektrische Anlage ... 70
10.3 Interne Umgebungsbedingungen ... 71
10.4 Schutzeinrichtungen ... 72
10.5 Trennung von Stromversorgungsquellen ... 72
10.6 Erdungssystem ... 72
10.7 Blitzschutz ... 73
10.8 Elektrische Leitungen ... 73
10.9 Selbsterregung ... 73
10.10 Schutz gegen elektromagnetische Impulse durch Blitzschlag ... 74
10.11 Spannungsqualität ... 74
10.12 Elektromagnetische Verträglichkeit ... 74
10.13 Leistungshalbleiter-Umrichtersysteme und -betriebsmittel ... 74
10.14 Verdrillung/Kabelschlaufe ... 74
10.15 Schleifringe ... 75
10.16 Senkrecht verlegte Energieübertragungsleitungen und Komponenten ... 75
10.17 Motorantriebe und Umrichter ... 76
10.18 Elektrische Maschinen ... 76
10.19 Leistungstransformatoren ... 76
10.20 Niederspannungsschaltanlagen und -schaltgeräte ... 76
10.21 Hochspannungsschaltanlagen ... 76
10.22 Naben ... 77
11 Bewertung einer WEA für standortspezifische Bedingungen ... 77
11.1 Allgemeines ... 77
11.2 Bewertung der topographischen Komplexität des Standortes und deren Auswirkung auf die Turbulenz ... 78
11.2.1 Bewertung der topographischen Komplexität ... 78
11.2.2 Bewertung der Turbulenzstruktur am Standort ... 81
11.3 Für die Bewertung benötigte Windbedingungen ... 82
11.3.1 Allgemeines ... 82
11.3.2 Parameter der Windbedingungen ... 82
11.3.3 Messaufbau ... 83
11.3.4 Auswertung der Daten ... 84

Copyright OVE

Seite

11.4 Bewertung der Einflüsse vom Nachlauf benachbarter WEA 84
11.5 Bewertung sonstiger Umweltbedingungen 84
11.6 Bewertung der Erdbebenbedingungen 85
11.7 Bewertung der elektrischen Netzbedingungen 86
11.8 Bewertung der Bodenverhältnisse 86
11.9 Nachweis der strukturellen Integrität anhand von Winddaten 86
11.9.1 Allgemeines 86
11.9.2 Nachweis der Betriebsfestigkeitseignung anhand von Winddaten 86
11.9.3 Nachweis der Tragfähigkeitseignung anhand von Winddaten 88
11.10 Nachweis der strukturellen Integrität durch Lastberechnungen anhand standortspezifischer Bedingungen 89
12 Montage, Installation und Errichtung 89
12.1 Allgemeines 89
12.2 Planung 90
12.3 Installationsbedingungen 90
12.4 Zugang zum Standort 90
12.5 Umweltbedingungen 91
12.6 Dokumentation 91
12.7 Übernahme, Handhabung und Lagerung 91
12.8 Fundament/Verankerungssysteme 91
12.9 Montage der WEA 91
12.10 Errichtung der WEA 91
12.11 Befestigungselemente und Halterungen 92
12.12 Krane, Hebezeuge und Hebevorrichtungen 92
13 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung 92
13.1 Allgemeines 92
13.2 Anforderungen an die Konstruktion für sicheren Betrieb, Inspektionen und Instandhaltung 92
13.3 Anweisungen für die Inbetriebnahme 93
13.3.1 Allgemeines 93
13.3.2 Inbetriebnahme der elektrischen Anlage 93
13.3.3 Inbetriebnahmeprüfungen 93
13.3.4 Protokolle 94
13.3.5 Tätigkeiten nach der Inbetriebnahme 94
13.4 Handbuch für den Betreiber 94
13.4.1 Allgemeines 94
13.4.2 Anweisungen für das Betriebs- und Instandhaltungsprotokoll 94
13.4.3 Anweisungen für außerplanmäßige automatische Abschaltungen 95
13.4.4 Anweisungen für eine verminderte Zuverlässigkeit 95
13.4.5 Plan für Arbeitsanweisungen 95

Copyright OVE

Seite

13.4.6 Maßnahmenplan für den Notfall ... 95
13.5 Instandhaltungshandbuch ... 96
14 Kaltes Klima ... 96
14.1 Allgemeines ... 96
14.2 Klima mit niedrigen Temperaturen und Vereisungsklima ... 96
14.3 Umgebungsbedingungen für kaltes Klima ... 97
14.3.1 Allgemeines ... 97
14.3.2 WEA-Klasse für kaltes Klima ... 97
14.4 Strukturelle Auslegung ... 97
14.5 Auslegungszustände und Lastfälle ... 97
14.5.1 Allgemeines ... 97
14.5.2 Lastberechnungen ... 98
14.5.3 Auswahl geeigneter Materialien ... 98
14.6 Betriebsführungssysteme ... 98
14.7 Mechanische Systeme ... 99
14.8 Elektrische Systeme ... 99
Anhang A (normativ) Auslegungsparameter für Umgebungsbedingungen ... 100
A.1 Auslegungsparameter für die WEA-Klasse S ... 100
A.1.1 Allgemeines ... 100
A.1.2 Anlagenparameter ... 100
A.1.3 Windbedingungen ... 100
A.1.4 Bedingungen des elektrischen Netzes ... 100
A.1.5 Sonstige Umweltbedingungen (wo erforderlich) ... 101
A.2 Weitere Auslegungsparameter für die Beschreibung der WEA-Klasse S für kaltes Klima (CC-S) ... 101
Anhang B (informativ) Auslegungslastfälle für die Sonderklasse S für die WEA-Auslegung oder die Bewertung der Eignung für einen Standort ... 103
B.1 Allgemeines ... 103
B.2 Produktionsbetrieb (DLC 1.1 bis DLC 1.9) ... 103
Anhang C (informativ) Turbulenzmodelle ... 107
C.1 Allgemeines ... 107
C.2 Gleichförmiges Gradienten-Turbulenzmodell von Mann [3] ... 107
C.3 Spektral- und exponentielles Kohärenzmodell von Kaimal [1] ... 110
C.4 Bezugsdokumente ... 112
Anhang D (informativ) Nachweis der Erdbebenbelastung ... 113
D.1 Allgemeines ... 113
D.2 Antwortspektrum der Auslegung ... 113
D.3 Strukturmodell ... 114
D.4 Nachweis der Erdbebenbelastung ... 115

Copyright OVE

Seite

D.5 Weitere Lasten 116
D.6 Bezugsdokumente 116
Anhang E (informativ) Nachlauf und Windparkturbulenz 117
E.1 Methode der verstärkten Nachlaufturbulenz 117
E.2 Dynamisches mäanderförmiges Nachlaufmodell 119
E.2.1 Allgemeines 119
E.2.2 Nachlaufdefizit 120
E.2.3 Mäanderbildung 121
E.2.4 Durch den Nachlauf induzierte Turbulenz 122
E.2.5 Nachlaufüberlagerung 122
E.2.6 Modellsynthese 123
E.3 Bezugsdokumente 123
Anhang F (informativ) Vorhersage der Windverteilung für WEA-Standorte mittels einer Langzeitkorrektur (MCP) 124
F.1 Allgemeines 124
F.2 Langzeitkorrektur (MCP) 124
F.3 Anwendung auf Jahresmittel und Verteilung der Windgeschwindigkeit 124
F.4 Anwendung auf die extreme Windgeschwindigkeit 124
F.5 Bezugsdokumente 125
Anhang G (informativ) Statistische Extrapolation von Lasten für den Tragfähigkeitsnachweis 126
G.1 Allgemeines 126
G.2 Datengewinnung für die Extrapolation 126
G.3 Lastenextrapolationsverfahren 127
G.3.1 Allgemeines 127
G.3.2 Globale Extremwerte 127
G.3.3 Lokale Extremwerte 129
G.3.4 Empirische Langzeitverteilungen 129
G.4 Konvergenzkriterien 130
G.4.1 Allgemeines 130
G.4.2 Schätzwert des Last-Quantils 130
G.4.3 Vertrauensgrenzen 131
G.4.4 Vertrauensbereiche auf der Basis des Bootstrap-Verfahrens 131
G.4.5 Vertrauensbereiche auf der Basis der Binomialverteilung 131
G.5 IFORM (en: inverse first-order reliability method) 132
G.6 Bezugsdokumente 135
Anhang H (informativ) Betriebsfestigkeitsberechnung mit der Miner-Regel mit Lastenextrapolation 136
H.1 Betriebsfestigkeitsanalyse 136
H.2 Bezugsdokumente 140
Anhang I (informativ) Gleichzeitig auftretende Lasten 141

Copyright OVE

Seite

I.1 Allgemeines ... 141

I.2 Skalierung ... 142

I.3 Mittelwertbildung ... 142

Anhang J (informativ) Vorhersage der extremen Windgeschwindigkeit tropischer Wirbelsturm mit der Monte-Carlo-Simulationsmethode ... 143

J.1 Allgemeines ... 143

J.2 Vorhersage von durch tropische Wirbelstürme hervorgerufenen extremen Windgeschwindigkeiten ... 143

J.2.1 Allgemeines ... 143

J.2.2 Ermittlung der Parameter tropischer Wirbelstürme ... 143

J.2.3 Erzeugung von künstlichen tropischen Wirbelstürmen ... 144

J.2.4 Vorhersage von Windgeschwindigkeiten am Rand tropischer Wirbelströme ... 144

J.3 Vorhersage der extremen Windgeschwindigkeit in Gebieten mit Mischklima ... 145

J.3.1 Allgemeines ... 145

J.3.2 Verteilungen von extremen Windgeschwindigkeiten außertropischer Zyklone nach dem MCP-Verfahren ... 146

J.3.3 Verteilungen extremer Windgeschwindigkeiten tropischer Wirbelstürme nach dem MCP-Verfahren ... 146

J.3.4 Bestimmung der extremen Windgeschwindigkeit in Gebieten mit Mischklima ... 146

J.4 Bezugsdokumente ... 147

Anhang K (informativ) Kalibrierung von Materialsicherheitsbeiwerten und testbasierte Strukturauslegung ... 148

K.1 Überblick und Anwendungsbereich ... 148

K.2 Zielzuverlässigkeitsgrad ... 148

K.3 Sicherheitsformate ... 148

K.4 Zuverlässigkeitsbasierte Kalibrierung ... 150

K.5 Kalibrierung mit dem Format des Auslegungswertes ... 151

K.6 Teilsicherheitsbeiwerte für die Betriebsfestigkeit für geschweißte Stahlkonstruktionen ... 151

K.7 Arten von Materialtests ... 153

K.8 Planung von Tests ... 153

K.8.1 Allgemeines ... 153

K.8.2 Zielsetzung und Anwendungsbereich ... 153

K.8.3 Vorhersage der Testergebnisse ... 154

K.8.4 Spezifikation der Prüfkörper und Proben ... 154

K.8.5 Spezifikation der Belastungen ... 154

K.8.6 Testaufbau ... 155

K.8.7 Messungen ... 155

K.8.8 Auswertung und Testbericht ... 155

K.9 Allgemeine Grundsätze für die statistische Auswertung ... 155

K.10 Ableitung von Kennwerten ... 156

Copyright OVE

Seite

K.11 Statistische Bestimmung der Kennwerte einer einzelnen Eigenschaft 156
K.12 Statistische Bestimmung der Kennwerte für Widerstandsmodelle 157
K.12.1 Allgemeines 157
K.12.2 Schritt 1: Entwicklung eines Auslegungsmodells 158
K.12.3 Schritt 2: Vergleich der experimentellen und theoretischen Werte 158
K.12.4 Schritt 3: Schätzung des Mittelwertkorrekturfaktors (systematischer Fehler) b 159
K.12.5 Schritt 4: Schätzung des Variationskoeffizienten des Fehlers 159
K.12.6 Schritt 5: Kompatibilitätsanalyse 160
K.12.7 Schritt 6: Bestimmung der Variationskoeffizienten V_{Xi} der Grundeinflussgrößen 160
K.12.8 Schritt 7: Bestimmung des Kennwertes r_k des Widerstandes 160
K.13 Bezugsdokumente 162
Anhang L (informativ) Kaltes Klima: Feststellung und Auswirkungen von Vereisungsklima 163
L.1 Feststellung von Bedingungen eines Vereisungsklimas 163
L.1.1 Allgemeines 163
L.1.2 Vereisungsklima 163
L.1.3 Rotorvereisung 164
L.1.4 Messverfahren 165
L.1.5 Modifizierung der Profilbeiwerte für Vereisungsbedingungen 165
L.2 Auswirkungen der Eismasse auf WEA-Rotorblätter 166
L.3 Auslegungszustände und Lastfälle für kaltes Klima 167
L.3.1 Allgemeines 167
L.3.2 Produktionsbetrieb (DLC 1.1 bis DLC 1.6) 167
L.3.3 Parken (Stillstand oder Leerlauf) (DLC 6.1 bis DLC 6.5) 167
L.3.4 Parken und Fehlzustand (DLC 7.1) 167
L.4 Lastberechnungen bei kaltem Klima 167
L.5 Referenzdokumente und Literaturhinweise 168
Anhang M (informativ) Windenergieanlagen mittlerer Größe 169
M.1 Überblick 169
M.2 Umgebungsbedingungen 169
M.2.1 Allgemeines 169
M.2.2 Windgradient 169
M.3 Montage, Installation und Errichtung 169
M.4 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung 170
M.5 Dokumentation 171
Literaturhinweise 173

Bilder

Bild 1 – Standardabweichung der Turbulenz und Turbulenzintensität für das normale Turbulenzmodell (NTM) 36
Bild 2 – Beispiel einer extremen Betriebsböe 38

Copyright OVE

Seite

Bild 3 – Beispiel für die Höhe der extremen Windrichtungsänderung ... 40

Bild 4 – Beispiel für den Zeitverlauf der extremen Windrichtungsänderung ... 40

Bild 5 – Beispiel für die Überhöhung einer extremen kohärenten Böe für ECD ... 40

Bild 6 – Richtungsänderung für ECD ... 41

Bild 7 – Beispiel für den Zeitverlauf der Richtungsänderung ... 41

Bild 8 – Beispiele für einen extremen positiven und negativen vertikalen Windgradienten, Windprofil vor Beginn (t = 0, gestrichelt) und bei maximalem Gradienten (t = 6 s, durchgezogen) ... 42

Bild 9 – Beispiel für die Windgeschwindigkeiten am oberen bzw. unteren Punkt des Rotors zur Darstellung des transienten positiven Windgradienten ... 42

Bild 10 – Beispiele für 30°-Sektoren für die Annäherung der Geländedaten ... 79

Bild 11 – Geländeabweichung (Δz) und Geländeneigung (θ) ... 79

Bild 12 – Mögliche Kombinationen der normierten mittleren Windgeschwindigkeit und dem Weibull-Formparameter k der Weibull-Verteilung (schraffierte Fläche) ... 87

Bild D.1 – Strukturmodell für das Antwortspektrumverfahren ... 114

Bild E.1 – Anordnung innerhalb eines Windparks mit mehr als zwei Reihen ... 119

Bild E.2 – Die drei grundlegenden Teile des DWM-Modells ... 120

Bild K.1 – r_e-r_t-Diagramm ... 159

Bild L.1 – Definition der meteorologischen Vereisung und der Rotorvereisung ... 164

Bild L.2 – Repräsentative, vom Eis beeinflusste Rotorfläche nach Festlegung der Vereisungshöhe des Rotors ... 165

Bild L.3 – Korrekturfaktoren für Auftrieb und Widerstand für vereiste Profile ... 166

Tabellen

Tabelle 1 – Grundlegende Parameter für WEA-Klassen ... 33

Tabelle 2 – Auslegungslastfälle (DLC) ... 47

Tabelle 3 – Teilsicherheitsbeiwerte für die Lasten γ_f ... 59

Tabelle 4 – Mindestsicherheitsbeiwerte $S_{H,min}$ und $S_{F,min}$ für das Getriebe des Giersystems ... 69

Tabelle 5 – Schwellenwerte für die Geländekomplexitätskategorien L, M und H ... 81

Tabelle 6 – Werte der Standardabweichungen der transversalen und der vertikalen Turbulenz bezogen auf die longitudinale Komponente in Abhängigkeit von den Geländekomplexitätskategorien L, M und H ... 81

Tabelle 7 – Werte der Korrekturparameter der Turbulenzstruktur in Abhängigkeit von den Geländekomplexitätskategorien L, M und H ... 82

Tabelle A.1 – Auslegungsparameter für die Beschreibung der WEA-Klasse S für kaltes Klima (CC-S) ... 102

Tabelle B.1 – Auslegungslastfälle ... 104

Tabelle C.1 – Spektralparameter der Turbulenz für das Kaimal-Modell ... 111

Tabelle E.1 – Anzahl (N) benachbarter WEA ... 118

Tabelle G.1 – Parameter, die zur Ermittlung von Vertrauensbereichen auf der Basis der Binomialverteilung notwendig sind ... 132

Tabelle G.2 – Überschreitenswahrscheinlichkeiten der Kurzzeitbelastung als Funktion der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe für verschiedene WEA-Klassen zur Anwendung mit der IFORM-Methode ... 134

Copyright OVE

Seite

Tabelle I.1 – Matrix der extremen Belastung 141

Tabelle K.1 – Teilsicherheitsbeiwert für die Modellunsicherheit γ_δ 151

Tabelle K.2 – Empfohlene Werte für den Teilsicherheitsbeiwert für die Betriebsfestigkeit γ_{Mf} 153

Tabelle K.3 – Empfohlene Werte für den Teilsicherheitsbeiwert für die Dauerbeanspruchung γ_{Ff} 153

Tabelle K.4 – Werte für k_n für charakteristische Werte (5-%-Quantil) 157

Tabelle L.1 – Auslegungslastfälle für kaltes Klima 167

Tabelle L.2 – Korrekturfaktoren für die Eismasse und das Profil bei unterschiedlichen Analysearten 168

Copyright OVE

Einleitung

Der vorliegende Teil von IEC 61400 fasst die Mindestanforderungen für die Auslegung von Windenergieanlagen zusammen und ist nicht als vollständige Entwurfsgrundlage oder als Bedienungsanleitung gedacht.

Die Anforderungen dieses Dokuments dürfen geändert werden, wenn angemessen nachgewiesen werden kann, dass die Sicherheit des Systems nicht beeinträchtigt wird. Diese Bedingung gilt jedoch nicht für die Klassifikation und die zugehörigen Definitionen der Umgebungsbedingungen in Abschnitt 6. Die Einhaltung dieses Dokuments entbindet Personen, Organisationen oder Firmen nicht von der Verantwortung der Einhaltung anderer geltender Regelungen.

Es ist nicht beabsichtigt, in diesem Dokument Anforderungen für Offshore-Windenergieanlagen, insbesondere nicht für die tragende Struktur, anzugeben. Für Offshore-Anlagen wird auf die Normenreihe IEC 61400-3 verwiesen.

Copyright OVE

1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil von IEC 61400 legt die wesentlichen Auslegungsanforderungen zur Sicherstellung der strukturellen Integrität von Windenergieanlagen (WEA) fest. Die Einhaltung der Anforderungen dieser Norm bietet einen angemessenen Schutz gegen Beschädigung durch sämtliche Gefahren während der vorgesehenen Lebensdauer.

Dieses Dokument gilt für alle Teilsysteme der WEA wie Betriebsführungs- und Sicherheitsfunktionen, interne elektrische Anlagen, mechanische Systeme und tragende Strukturen.

Dieses Dokument gilt für WEA jeder Größe. Für kleine Windenergieanlagen kann IEC 61400-2 angewendet werden. IEC 61400-3-1 enthält zusätzliche Anforderungen für Offshore-WEA.

Das vorliegende Dokument sollte in Verbindung mit den entsprechenden IEC- und ISO-Normen, die in Abschnitt 2 angegeben sind, angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60034 (alle Teile), *Rotating electrical machines*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60076 (alle Teile), *Power transformers*

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

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (alle Teile), *Low voltage electrical installations*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60721 (alle Teile), *Classification of environmental conditions*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61400-3, *Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbines*

IEC 61400-4, *Wind Turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes*

Copyright OVE