



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)

Medieninhaber und Hersteller:
OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik

ICS 27.180

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

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

Ersatz für siehe nationales Vorwort

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

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.

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)

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.

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.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
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	–

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
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	–	–

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

	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 Blattverstellungssystem	69
9.7 Mechanische Bremsen im Schutzsystem	69

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

	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

EN IEC 61400-1:2019

	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

	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

EN IEC 61400-1:2019

	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

	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_{X_i} 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

EN IEC 61400-1:2019

	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

	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

EN IEC 61400-1:2019**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*