

Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieser Norm ist

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Symbole und Abkürzungen	24
4.1 Symbole	24
4.2 Koordinatensystem	29
5 Grundsätze	31
5.1 Allgemeines	31
5.2 Bemessungsverfahren	31
5.3 Qualitätssicherung	31
I. Bewertung der Bemessung	33
6 Externe Bedingungen	33
6.1 Allgemeines	33
6.2 KWEA-Klassen	33
6.3 Windbedingungen	34
6.4 Sonstige Umweltbedingungen	40
6.5 Kontrollierte Prüfbedingungen	41
6.6 Elektrische Lastbedingungen	41
7 Strukturbemessung	43
7.1 Allgemeines	43
7.2 Methodologie der Bemessung	43
7.3 Lasten und Lastfälle	43
7.4 Vereinfachtes Lastmodell	44
7.5 Simulationsmodell	51
7.6 Lastmessungen	54
7.7 Spannungsberechnung	54
7.8 Sicherheitsbeiwerte	54
7.9 Grenzzustandsanalyse	56
8 Sicherheits- und Abschaltssystem	57
8.1 Allgemeines	57
8.2 Funktionsanforderungen an das Sicherheitssystem	58
8.3 Abschalten von Hand	58
8.4 Abschalten zur Instandhaltung	58
9 Elektrische Anlage	59
9.1 Allgemeines	59
9.2 Schutzeinrichtungen	59

	Seite
9.3 Trenneinrichtungen	59
9.4 Erdungssysteme.....	59
9.5 Blitzschutz	60
9.6 Elektrische Leiter und Kabel	60
9.7 Elektrische Lasten	60
9.8 Lokale Anforderungen	61
10 Tragende Struktur	61
10.1 Allgemeines.....	61
10.2 Dynamische Anforderungen.....	61
10.3 Umweltfaktoren	62
10.4 Erdung.....	62
10.5 Fundament	62
10.6 Bemessungslasten bei Zugang zur Anlage	62
11 Anforderungen an die Dokumentation	62
11.1 Allgemeines.....	62
11.2 Produkthandbücher	62
11.3 Verbraucher-Label	66
12 Kennzeichnung der Windenergieanlage	66
II. Typprüfungen	66
13 Messungen.....	66
13.1 Allgemeines.....	66
13.2 Prüfungen zum Nachweis der Bemessungsdaten	67
13.3 Messung von mechanischen Lasten.....	68
13.4 Dauerprüfung	69
13.5 Prüfung mechanischer Bauteile	73
13.6 Sicherheit und Funktion	75
13.7 Umweltprüfungen	75
13.8 Elektrische Prüfungen	75
Anhang A (informativ) Varianten von kleinen Windenergieanlagen.....	76
A.1 Allgemeines.....	76
Anhang B (normativ) Bemessungsparameter zur Beschreibung der KWEA-Klasse S.....	78
B.1 Allgemeines.....	78
Anhang C (informativ) Stochastische Turbulenzmodelle	80
C.1 Allgemeines.....	80
C.2 Exponentielles Kohärenzmodell.....	81
C.3 Isotropes Turbulenzmodell nach von Karman	81
Anhang D (informativ) Deterministische Turbulenzbeschreibung	83
D.1 Allgemeines.....	83
Anhang E (informativ) Literaturhinweise	85

	Seite
E.1 Allgemeines	85
Anhang F (informativ) Teilsicherheitsbeiwerte für Materialien	86
F.1 Allgemeines	86
F.2 Symbole	86
F.3 Vergleich von charakteristischen Werten und Bemessungswerten	86
F.4 Materialbeiwerte und Anforderungen	87
F.5 Formeffekte	93
F.6 Literaturhinweise	94
Anhang G (informativ) Herleitung der einfachen Bemessungsgleichungen	96
G.1 Symbole, die im Anhang G verwendet werden	96
G.2 Allgemeines	97
G.3 Hinweis	98
G.4 Allgemeine Beziehungen	98
G.5 Literaturhinweise	105
Anhang H (informativ) Beispielformate für Prüfberichte	106
H.1 Dauerprüfung	106
H.2 Leistungs-/Energieverhalten	108
H.3 Schallprüfung	110
Anhang I (informativ) EMV-Messungen	111
I.1 Messung der abgestrahlten Aussendungen	111
I.2 Messung der leitungsgeführten Aussendungen	112
Anhang J (normativ) Eigenfrequenzanalyse	113
Anhang K (informativ) Extreme Umweltbedingungen	114
K.1 Extreme Bedingungen	114
K.2 Geringe Temperatur	114
K.3 Eis	114
K.4 Hohe Temperatur	115
K.5 Meeresbedingungen	115
Anhang L (informativ) Extreme Windbedingungen durch tropische Wirbelstürme	116
L.1 Allgemeines	116
L.2 KWEA-Klassen	116
L.3 Extreme Windbedingungen	116
L.4 Stochastische Simulation (Monte-Carlo-Simulation)	119
L.5 Literaturhinweise	119
Anhang M (informativ) Andere Windbedingungen	121
M.1 Allgemeines	121
M.2 Typische Situationen	121
M.3 Symbole	121
M.4 Richtungsabhängige Anströmung	122

	Seite	
M.5	Schräganströmung.....	122
M.6	Turbulenz	123
M.7	Extreme Windrichtungsänderungen.....	126
M.8	Böenreaktionsfaktoren	127
M.9	Literaturhinweise	128
Anhang N (informativ) Verbraucher-Label.....		129
N.1	Allgemeines.....	129
N.2	Verwaltung	129
N.3	Label-Prüfungen.....	130
N.4	Aufbau des Labels.....	131
N.5	Literaturhinweise	131
Bild 1	– Definition der Koordinatensysteme für HAWT	29
Bild 2	– Definition der Koordinatensysteme für VAWT.....	30
Bild 3	– Entscheidungspfad nach IEC 61400-2.....	32
Bild 4	– Charakteristische Windturbulenz.....	36
Bild 5	– Beispiel für eine extreme Betriebsbö ($N = 1$, $V_{hub} = 25$ m/s).....	37
Bild 6	– Beispiel für den Betrag einer extremen Richtungsänderung ($N = 50$, $D = 5$ m, $z_{hub} = 20$ m).....	38
Bild 7	– Beispiel für die Dauer einer extremen Windrichtungsänderung ($N = 50$, $V_{hub} = 25$ m/s).....	38
Bild 8	– Extreme kohärente Bö ($V_{hub} = 25$ m/s) (ECG)	39
Bild 9	– Richtungsänderung für ECD	40
Bild 10	– Zeitlicher Verlauf der Richtungsänderung für $V_{hub} = 25$ m/s.....	40
Bild F.1	– Normal- und Weibull-Verteilung	87
Bild F.2	– Typisches Wöhler-Diagramm für die Ermüdung von Glasfaser-Verbundmaterialien (Bild 41 aus [F.2]).....	89
Bild F.3	– Typische Umwelteffekte auf Glasfaser-Verbundmaterialien (Bild 25 aus [F.2])	89
Bild F.4	– Ermüdungsdehnungsdiagramm für „large-tow“ unidirektionale 0°-Kohlefaser/Vinylester- Verbundwerkstoffe, $R = 0,1$ und $R = 10$ (Bild 107 aus [F.2]).....	89
Bild F.5	– Wöhler-Kurven für die Ermüdung typischer Metalle	90
Bild F.6	– Ermüdungsdauerdaten für verleimtes Weichholz [F.5].....	91
Bild F.7	– Typische Wöhler-Kurve für Holz [F.5].....	91
Bild F.8	– Effekte des Feuchtegehaltes auf die Druckfestigkeit des Holzes parallel zur Faser (Bild 4-13 aus [F.6]).....	92
Bild E.9	– Effekte des Feuchtegehaltes auf die Festigkeitseigenschaften von Holz; A, Zug parallel zur Faser; B, Biegung; C, Druck parallel zur Faser; D, Druck senkrecht zur Faser; E, Zug senkrecht zur Faser (Bild 4-11 aus [F.6]).....	92
Bild F.10	– Effekte des Faserwinkels auf die mechanischen Eigenschaften von astfreiem Holz nach der Hankinson-Formel; Q/P ist der Quotient der mechanischen Eigenschaft entlang der Faser (P); n ist eine empirisch bestimmte Konstante (Bild 4-4 aus [F.6]).....	93
Bild I.1	– Messaufbau zur Messung abgestrahlter Aussendungen.....	111
Bild I.2	– Messaufbau zur Messung leitungsgeführter Aussendungen.....	112

	Seite
Bild J.1 – Beispiel für ein Campbell-Diagramm	113
Bild L.1 – Vergleich von vorhergesagten und gemessenen extremen Windgeschwindigkeiten in einem Gebiet mit Mischklima (nach T. Isihara und A. Yamaguchi)	119
Bild L.2 – Bahnen tropischer Wirbelstürme zwischen 1945 und 2006 (Daten des Joint Typhoon Warning Center und der U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration)	120
Bild M.1 – Simulation zur Darstellung der Schräganströmung eines Gebäudes, mit freundlicher Genehmigung von Sander Mertens	122
Bild M.2 – Beispiel für die Windanströmung eines Gebäudes; Stellen, die besonders ungeeignet für KWEAs sind, sind mit X gekennzeichnet	123
Bild M.3 – Verteilung der Turbulenzintensität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit 5 m über den Baumspitzen in einem Wald nördlich von Uppsala, Schweden, von Januar bis Dezember 2009	124
Bild M.4 – Verteilung der Turbulenzintensität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit 69 m über den Baumspitzen in einem Wald nördlich von Uppsala, Schweden, im Jahr 2009 (begrenzte Daten für hohe Windgeschwindigkeiten)	124
Bild M.5 – Verteilung der Turbulenzintensität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit 4 m über einem Dach in Uppsala, Schweden, von September bis November 2010	125
Bild M.6 – Verteilung der Turbulenzintensität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit 5,7 m über einem Dach in Port Kennedy, Westaustralien, von Februar bis März 2010	125
Bild M.7 – Beispiel für extreme Windrichtungsänderungen; 1,5 m über einem Dach in Tokio, Japan, während eines Zeitraumes von 3 Monaten von Februar bis Mai 2007 (0,5-Hz-Daten, siehe M.5).....	126
Bild M.8 – Beispiel für extreme Windrichtungsänderungen; 1,5 m über einem Dach in Tokio, Japan, während eines Zeitraumes von fünf Monaten von September 2010 bis Februar 2011 (1,0-Hz-Daten, siehe M.5)	127
Bild M.9 – Messungen des Böenreaktionsfaktors während eines Sturmes in Port Kennedy, Westaustralien, im März 2010, gemessen 5 m über einem Dach mit dem 10-Minuten-Mittelwert der Windgeschwindigkeit	127
Bild N.1 – Musterlabel in deutscher Sprache	132
Bild N.2 – Zweisprachiges Musterlabel (in englischer/französischer Sprache).....	133
Tabelle 1 – Grundparameter für KWEA-Klassen.....	34
Tabelle 2 – Bemessungslastfälle für das vereinfachte Lastberechnungsverfahren	45
Tabelle 3 – Kraftbeiwerte C_f	50
Tabelle 4 – Mindestumfang an Bemessungslastfällen für die Simulation durch aeroelastische Modelle	51
Tabelle 5 – Vergleichspannungen	54
Tabelle 6 – Teilsicherheitsbeiwerte für Materialien	55
Tabelle 7 – Teilsicherheitsbeiwerte für Lasten	56
Tabelle C.1 – Spektralparameter der Turbulenz für das Modell nach Kaimal.....	80
Tabelle F.1 – Faktoren für verschiedene Überlebenswahrscheinlichkeiten und Variationen.....	87
Tabelle F.2 – Unregelmäßigkeiten der Form.....	94
Tabelle L.1 – Die von Wetterstationen aufgezeichneten fünf höchsten 10-Minuten-Mittelwerte von Extremwindgeschwindigkeiten (Es ist zu beachten, dass es sich dabei nicht um momentane Höchstwerte handelt, sondern um anhaltende mittlere Höchstwerte, die für jeden Datensatz definiert sind.)	117

Tabelle L.2 – Die an Wetterstationen aufgezeichneten Extremwindgeschwindigkeiten (Es ist zu beachten, dass es sich dabei nicht um momentane Höchstwerte handelt, sondern um anhaltende mittlere Höchstwerte, die für jeden Datensatz definiert sind.)..... 118