

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	6
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	7
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	9
Einleitung	12
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Symbole und Abkürzungen	21
4.1 Symbole und Einheiten.....	21
4.2 Abkürzungen	22
5 Grundsätze	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Auslegungsmethoden.....	23
5.3 Sicherheitsklassen.....	25
5.4 Qualitätssicherung.....	25
5.5 Aufschriften auf der Rotor-Gondel-Baugruppe.....	25
6 Externe Bedingungen – Definition und Bewertung	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Klassen von Windenergieanlagen.....	26
6.3 Definition externer Bedingungen am Standort einer Windenergieanlagen auf offener See	27
6.4 Bewertung der externen Bedingungen am Standort einer Windenergieanlage auf offener See	35
7 Strukturauslegung	44
7.1 Allgemeines	44
7.2 Methodologie der Strukturauslegung	45
7.3 Lasten	45
7.4 Auslegungszustände und Auslegungslastfälle	46
7.5 Last- und Lastwirkungsberechnungen	64
7.6 Grenzzustandsanalyse der Tragfähigkeit.....	69
8 Betriebsführungssystem	72
9 Mechanische Systeme	73
10 Elektrische Anlage.....	73
11 Auslegung von Fundament und Unterbau.....	73
12 Montage, Installation und Errichtung.....	74
12.1 Allgemeines	74
12.2 Planung	75
12.3 Installationsbedingungen.....	75
12.4 Zugang zum Standort.....	75
12.5 Umweltbedingungen.....	76

	Seite	
12.6	Dokumentation	76
12.7	Annahme, Handhabung und Lagerung	76
12.8	Fundament/Verankerungssysteme	76
12.9	Montage von Windenergieanlagen auf offener See.....	76
12.10	Errichtung von Windenergieanlagen auf offener See	77
12.11	Befestigungselemente und Halterungen	77
12.12	Krane, Hebezeuge und Hebevorrichtungen.....	77
13	Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung	77
13.1	Allgemeines	77
13.2	Auslegungsanforderungen für sicheren Betrieb, Inspektionen und Wartung	78
13.3	Anweisungen für die Inbetriebnahme	79
13.4	Handbuch für den Betreiber	79
13.5	Wartungshandbuch	81
Anhang A (informativ) Die wichtigsten Auslegungsparameter für eine Windenergieanlage auf offener See.....		83
A.1	Kennzeichnung der Windenergieanlage auf offener See	83
A.1.1	(Maschinen-)Parameter der Rotor-Gondel-Baugruppe.....	83
A.1.2	Parameter der tragenden Struktur	83
A.1.3	Windverhältnisse (auf der Basis einer 10-min-Referenzperiode und mit Nachlaufeffekten in einem Windpark, soweit zutreffend).....	84
A.1.4	Meeresbedingungen (auf der Basis einer 3-h-Referenzperiode, soweit zutreffend)	84
A.1.5	Elektrischen Netzzustände an der Windenergieanlage	85
A.2	Sonstige Umweltbedingungen	85
A.3	Grenzbedingungen für Transport, Errichtung und Wartung.....	85
Anhang B (informativ) Hydrodynamik von Flachwasser und brechenden Wellen		86
B.1	Auswahl von geeigneten Wellentheorien.....	86
B.2	Modellierung unregelmäßiger Wellenzüge	87
B.3	Verteilungen der Wellenhöhe.....	87
B.3.1	Schätzung der größten Wellenhöhe nach Goda.....	87
B.3.2	Verteilung der Wellenhöhe nach Battjes und Groenendijk	90
B.3.3	Verteilungen von Wellenhöhe und Wellenberghöhe nach Forristall	94
B.4	Brechende Wellen	95
B.5	Referenzdokumente	97
Anhang C (informativ) Leitfaden für die Berechnung hydrodynamischer Lasten.....		98
C.1	Allgemeines	98
C.2	Morison-Gleichung	99
C.3	Beugung	100
C.4	Schlag- und Aufschlagbelastung.....	101
C.5.1	Kritische Geschwindigkeiten für die Querstrombewegung	104
C.5.2	Kritische Geschwindigkeiten bei gleichgerichteter Bewegung.....	105
C.6	Ausrüstungsteile.....	106
C.6.1	Alternatives Verfahren zur Ermittlung hydrodynamischer Koeffizienten zur Berücksichtigung von Ausrüstungsteilen und Bewuchs im Meerwasser.....	106
C.7	Berechnungsverfahren.....	113
C.7.1	Expliziter Ansatz.....	113

	Seite
C.7.2 Ansatz mit einfachen beschränkten Wellen	113
C.8 Referenzdokumente	114
Anhang D (informativ) Empfehlungen für die Auslegung der tragenden Strukturen von Windenergieanlagen auf offener See unter Berücksichtigung von Eislasten	115
D.1 Einleitende Anmerkungen	115
D.2 Allgemeines	115
D.3 Wahl der Eisdicke	116
D.4 Lastfälle	117
D.4.1 Allgemeine Betrachtungen	117
D.4.2 Horizontallast von festen Eisdecken, die durch Temperaturschwankungen verursacht wird (DLC D1)	117
D.4.3 Horizontallast von festen Eisdecken, die durch Schwankungen des Wasserstandes und die Bogenwirkung verursacht wird (DLC D2)	117
D.4.4 Horizontallast durch Treibeis (DLCs D3, D4, D7 und D8)	118
D.4.5 Vertikallast durch eine feste Eisdecke (DLC D5)	122
D.4.6 Druck durch Eisrücken (DLC D6)	123
D.4.7 Dynamische Belastung (DLCs D3, D4, D7 und D8)	123
D.5 Anforderungen an die stochastische Simulation	126
D.6 Anforderungen an die Modellprüfung	126
Anhang E (informativ) Auslegung von Fundament und Unterbau für Windenergieanlagen	129
Anhang F (informativ) Statistische Extrapolation von Metocean-Betriebsparametern für die Tragfähigkeitsanalyse	130
F.1 Allgemeines	130
F.2 Anwendung von IFORM zur Bestimmung der signifikanten Wellenhöhe in 50 Jahren, die durch die mittlere Windgeschwindigkeit bedingt ist	130
F.3 Beispiele für gemeinsame Verteilungen von V und H_s und Näherungen des Umweltprofils	132
F.4 Auswahl der Dauer des Seegangs	133
F.5 Bestimmung der extremen Einzelwellenhöhe, die in den SSS einzubetten ist	134
F.6 Referenzdokumente	134
Anhang G (informativ) Korrosionsschutz	135
G.1 Allgemeines	135
G.2 Meeresumgebung	135
G.3 Merkmale des Korrosionsschutzes	136
G.4 Korrosionsschutzsysteme – Tragende Strukturen	136
G.5 Korrosionsschutz in der Rotor-Gondel-Baugruppe	137
G.6 Referenzdokumente	138
Anhang H (informativ) Vorhersage extremer Wellenhöhen bei tropischen Zyklonen	139
H.1 Allgemeines	139
H.2 Bestimmung des Windfeldes für tropische Zyklone	139
H.3 Wellenermittlung für tropische Zyklone	139
H.4 Referenzdokumente	140
H.5 Datenbanken für tropische Windverhältnisse	140
Anhang I (informativ) Empfehlungen für die Anpassung von Sicherheitsniveaus in Regionen mit tropischen Zyklonen	141
I.1 Allgemeines	141

	Seite
I.2 Kriterien für globale Belastbarkeitsniveaus	141
I.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS).....	141
I.4 Auslegungslastfälle	141
Literaturhinweise	144
Bilder	
Bild 1 – Teile einer Windenergieanlage auf offener See	15
Bild 2 – Auslegungsprozess für eine Windenergieanlage auf offener See	24
Bild 3 – Definition der Wasserstände	32
Bild 4 – Die beiden Ansätze zur Berechnung der Auslegungslastwirkung	70
Bild B.1 – Auswahldiagramm für die Theorie der regelmäßigen Wellen.....	86
Vergleich des Schätzwertes für H_{\max} anhand der Modelle nach Battjes und Groenendijk und nach Goda.....	90
Bild C.1 – Parameter einer brechenden Welle und eines Zylinders.....	102
Bild C.2 – Parameter bei Schräganströmung.....	102
Bild C.3 – Verteilung der maximalen Stoßkraft über der Höhe ($\gamma = 0^\circ$).....	103
Bild C.4 – Verhalten von Modell und einem Zylinder in Einsatzgröße bei gleichgerichteter Bewegung und bei Querstrombewegung (aus [4])	105
Bild 1 – Veranschaulichung der geometrischen Definition von Blockierung und Abschirmung.....	110
Bild 2 – Einfluss einer festen Grenze auf den Widerstandsbeiwert eines Zylinders bei einer oszillierenden superkritischen Strömung, $K_C > 20$, $R_e = 10^5 - 2 \cdot 10^6$ ([7], Bild 6.4)	111
Bild 3a – [11], Bild A.9.6-8	111
Bild 3b – Teilweise Abschirmung	112
Bild 4 – Empfohlener Wert für den zusätzlichen Massenkoeffizient $C_{m\infty}$ eines kreisförmigen Zylinders mit den Auswirkungen einer festen Grenze [7], Bild 6.1	113
Bild D.1 – Koeffizienten der Eiskraft für eine Analyse der Plastizitätsgrenze (aus [17]).....	121
Bild D.2 – Eislastverlauf unter Frequenz-Lock-in-Bedingungen nach [7].....	125
Bild D.3 – Zeitverlauf der horizontalen Kraftkomponente der Eislast, die auf eine konische Konstruktion wirkt, nach [7].....	125
Bild F.1 – Beispiel für die Konstruktion des 50-Jahres-Umweltprofils für einen Seegang mit einer Dauer von 3 h.....	131
Tabellen	
Tabelle NA.1	7
Tabelle 4 – Umrechnung zwischen extremen Windgeschwindigkeiten unterschiedlicher Mittelwertbildungszeiten.....	37
Tabelle 1 – Auslegungslastfälle.....	48
Tabelle 2 – Auslegungslastfälle für Meer-/Seeeis	64
Tabelle B.1 – Die Konstanten h_1 und h_2 und die normierten Wellenhöhen $h_{x\%}$ als Funktion von H_{tr}	92
Tabelle B.2 – Arten brechender Wellen	96