

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort..... | 2 |
| Einleitung..... | 7 |
| 1 Anwendungsbereich | 7 |
| 2 Normative Verweisungen..... | 7 |
| 3 Begriffe..... | 8 |
| 4 Symbole und Abkürzungen..... | 14 |
| 4.1 Symbole und Einheiten..... | 14 |
| 4.2 Abkürzungen..... | 16 |
| 5 Grundsätze | 16 |
| 5.1 Allgemeines | 16 |
| 5.2 Auslegungsmethoden | 17 |
| 5.3 Sicherheitsklassen | 18 |
| 5.4 Qualitätssicherung | 18 |
| 5.5 Aufschriften auf der Rotor-Gondel-Baugruppe | 19 |
| 6 Externe Bedingungen | 19 |
| 6.1 Allgemeines | 19 |
| 6.2 WEA-Klassen..... | 20 |
| 6.3 Windverhältnisse..... | 20 |
| 6.4 Meeresbedingungen | 21 |
| 6.5 Sonstige Umweltbedingungen | 30 |
| 6.6 Elektrische Netzzustände | 31 |
| 7 Strukturauslegung..... | 32 |
| 7.1 Allgemeines | 32 |
| 7.2 Methodologie der Strukturauslegung..... | 32 |
| 7.3 Lasten | 32 |
| 7.4 Betriebsbedingungen und Auslegungslastfälle..... | 33 |
| 7.5 Last- und Lastwirkungsberechnungen..... | 49 |
| 7.6 Grenzzustandsanalyse der Tragfähigkeit | 52 |
| 8 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem | 55 |
| 9 Mechanische Systeme..... | 55 |
| 10 Elektrische Anlage | 56 |
| 11 Auslegung des Fundamentes | 56 |
| 12 Bewertung der externen Bedingungen am Standort einer Windenergieanlage auf offener See..... | 57 |
| 12.1 Allgemeines | 57 |
| 12.2 Die Metocean-Datenbank..... | 57 |
| 12.3 Bewertung der Windbedingungen | 58 |
| 12.4 Bewertung von Wellen | 60 |

| | Seite |
|-----------------------|---|
| 12.5 | Bewertung von Strömungen 61 |
| 12.6 | Bewertung von Wasserstand, Gezeiten und Sturmfluten 61 |
| 12.7 | Bewertung von Meereis 62 |
| 12.8 | Bewertung von Bewuchs im Meerwasser 62 |
| 12.9 | Bewertung der Bewegung des Meeresgrundes und von Unterspülungen 62 |
| 12.10 | Bewertung der Einflüsse durch den Nachlauf benachbarter Windenergieanlagen 63 |
| 12.11 | Bewertung sonstiger Umweltbedingungen 63 |
| 12.12 | Bewertung von Erdbebentätigkeit 63 |
| 12.13 | Bewertung von Witterungsfenstern und Ausfallzeiten durch die Witterung 63 |
| 12.14 | Bewertung der elektrischen Netzzustände 63 |
| 12.15 | Bewertung der Bodenverhältnisse 64 |
| 13 | Montage, Installation und Errichtung 65 |
| 13.1 | Allgemeines 65 |
| 13.2 | Planung 66 |
| 13.3 | Installationsbedingungen 66 |
| 13.4 | Zugang zum Standort 66 |
| 13.5 | Umweltbedingungen 66 |
| 13.6 | Dokumentation 67 |
| 13.7 | Annahme, Handhabung und Lagerung 67 |
| 13.8 | Fundament/Verankerungssysteme 67 |
| 13.9 | Montage von Windenergieanlagen auf offener See 67 |
| 13.10 | Errichtung von Windenergieanlagen auf offener See 67 |
| 13.11 | Befestigungselemente und Halterungen 68 |
| 13.12 | Krane, Hebezeuge und Hebevorrichtungen 68 |
| 14 | Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung 68 |
| 14.1 | Allgemeines 68 |
| 14.2 | Auslegungsanforderungen für sicheren Betrieb, Inspektionen und Wartung 68 |
| 14.3 | Anweisungen für die Inbetriebnahme 69 |
| 14.4 | Handbuch für den Betreiber 70 |
| 14.5 | Wartungshandbuch 72 |
| Anhang A (informativ) | Die wichtigsten Auslegungsparameter für eine Windenergieanlage auf offener See 73 |
| Anhang B (informativ) | Ansatz für das Wellenspektrum 76 |
| Anhang C (informativ) | Hydrodynamik von Flachwasser und brechenden Wellen 81 |
| Anhang D (informativ) | Hinweise für die Berechnung hydrodynamischer Lasten 88 |
| Anhang E (informativ) | Empfehlungen für die Auslegung der tragenden Strukturen von Windenergieanlagen auf offener See unter Berücksichtigung von Eislasten 100 |
| Anhang F (informativ) | Auslegung des Fundamentes für Windenergieanlagen 111 |
| Anhang G (informativ) | Statistische Extrapolation von Metocean-Betriebsparametern für die Tragfähigkeitsanalyse 112 |

| | Seite |
|--|-------|
| Anhang H (informativ) Korrosionsschutz | 117 |
| Literaturhinweise | 121 |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen..... | 123 |
| | |
| Bild 1 – Teile einer Windenergieanlage auf offener See | 9 |
| Bild 2 – Auslegungsprozess für eine Windenergieanlage auf offener See..... | 18 |
| Bild 3 – Definition der Wasserstände | 28 |
| Bild 4 – Die beiden Ansätze zur Berechnung der Lastannahmewirkung..... | 53 |
| Bild B.1 – PM-Spektrum..... | 77 |
| Bild B.2 – Jonswap-Spektrum und PM-Spektrum für den Seegang bei einem typischen Nordseesturm | 78 |
| Bild C.1 – Auswahl diagramm für die Theorie der regelmäßigen Wellen | 81 |
| Bild D.1 – Parameter einer brechenden Welle und eines Zylinders | 92 |
| Bild D.2 – Parameter bei Schräganströmung | 92 |
| Bild D.3 – Verteilung der maximalen Stoßkraft über der Höhe ($\gamma = 0^\circ$) | 93 |
| Bild D.4 – Verhalten von Modell und einem Zylinder natürlicher Größe bei gleichgerichteter Bewegung und bei Querstrombewegung | 95 |
| (aus Referenzdokument [4])..... | 95 |
| Bild E.1 – Koeffizienten der Eiskraft für eine Analyse der Plastizitätsgrenze | 105 |
| (aus Referenzdokument [6])..... | 105 |
| Bild E.2 – Gezahntes Lastprofil ($T_{0,1} = 1/f_N$ oder $1/f_b$) | 108 |
| Bild G.1 – Beispiel für die Konstruktion des 50-Jahres-Umweltprofils für einen Seegang mit einer Dauer von 3 h | 113 |
| | |
| Tabelle 1 – Auslegungslastfälle | 35 |
| Tabelle 2 – Auslegungslastfälle für Meereis | 48 |
| Tabelle 3 – Teilsicherheitsbeiwerte für die Lasten γ | 54 |
| Tabelle 4 – Umrechnung zwischen extremen Windgeschwindigkeiten unterschiedlicher Mittelwertbildungszeiten | 59 |
| Tabelle C.1 – Die Konstanten h_1 und h_2 und die normierten Wellenhöhen $h_{x\%}$ als Funktion von H_T | 84 |
| Tabelle C.2 – Arten brechender Wellen..... | 87 |