

Mehr Informationen zum Titel

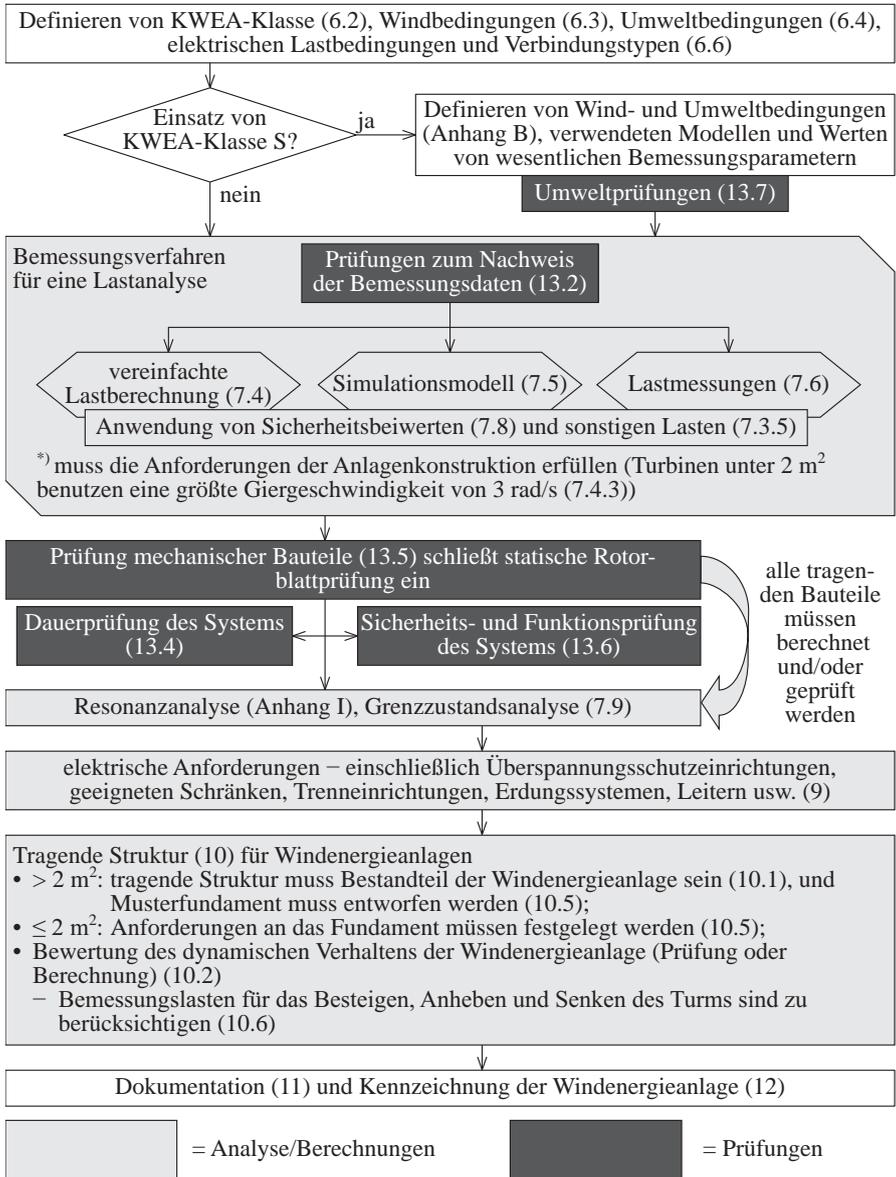


Bild 3.1 Entscheidungspfad nach IEC 61400-2 (Quelle: DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2))

Alle zutreffenden Kombinationen von externen Bedingungen und Betriebsarten müssen untersucht werden. In der vorliegenden Norm wurde eine Mindestanzahl solcher Kombinationen als Lastfälle definiert.

- Volllastmessungen an der Anlage
Volllastmessungen an der Anlage mit Lastextrapolation.

Jedes dieser Verfahren weist andere Unsicherheiten auf. Deshalb müssen, abhängig vom verwendeten Lastermittlungsverfahren, unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte benutzt werden.

Für alle Anlagen ist eine statische Rotorblattprüfung erforderlich. Zum Nachweis dafür, dass weitere tragende Bauteile angemessen dimensioniert sind, sind Berechnungen und/oder Messungen erforderlich. Die Messbedingungen müssen die Bemessungslasten einschließlich der zutreffenden Sicherheitsbeiwerte widerspiegeln. Schließlich werden für sämtliche Anlagen eine Sicherheits- und Funktionsprüfung und eine Dauerprüfung gefordert.

3.2.2 KWEA-Klassen

Die bei der Bemessung zu berücksichtigenden externen Bedingungen sind vom vorgesehenen Standort oder Standorttyp für die KWEA abhängig. KWEA-Klassen werden anhand von Windgeschwindigkeits- und Turbulenzparametern definiert. Die Werte der Windgeschwindigkeits- und Turbulenzparameter sind so gewählt, dass sie die charakteristischen Werte vieler verschiedener Standorte abdecken und nicht repräsentativ für einen speziellen Standort sind. Das Ziel ist eine KWEA-Klassifizierung mit deutlich unterschiedlicher Festigkeit, in Abhängigkeit vom Wind, zu erzielen. **Tabelle 3.2** gibt Grundparameter zur Definition von KWEA-Klassen an.

KWEA-Klasse	I	II	III	IV	S
V_{ref} in m/s	50	42,5	37,5	30	Werte sind vom Konstrukteur festzulegen
V_{ave} in m/s	10	8,5	7,5	6	
I_{15} ^(Anmerkung 2) (-)	0,18	0,18	0,18	0,18	
a (-)	2	2	2	2	
Anmerkung:					
1) Die Werte gelten in Nabenhöhe und					
2) I_{15} ist der dimensionslose Kennwert der Turbulenzintensität bei 15 m/s, dabei muss 0,18 der verwendete Kleinstwert sein, und es ist Anhang M von DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2) zu beachten, der Untersuchungen in Bezug auf die Turbulenzintensität erläutert;					
3) a ist der dimensionslose Anstiegsparameter, der in Gl. (7) von DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2) einzusetzen ist.					

Tabelle 3.2 Grundparameter für KWEA-Klassen gemäß DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2)

Es ist beabsichtigt, mit den Klassen die meisten Anwendungsfälle zu erfassen. Für Fälle, in denen eine spezifische Bemessung erforderlich ist (z. B. besondere Windbedingungen oder andere Windbedingungen oder andere äußere Bedingungen oder eine besondere Sicherheitsklasse), ist eine weitere KWEA-Klasse festgelegt, und zwar Klasse S. Die Bemessungswerte für KWEA der Klasse S müssen vom Konstrukteur ausgewählt und in den Konstruktionsunterlagen angegeben werden (siehe Anhang B der Norm). Bei diesen spezifischen Bemessungen müssen die für die Bemessungsbedingungen gewählten Werte eine schärfere Umgebung widerspiegeln, als für den Einsatz der KWEA erwartet wird.

Die für die Klassen I, II, III und IV festgelegten besonders extremen Bedingungen sind weder für Offshore-Bedingungen noch für Windbedingungen in tropischen Wirbelstürmen, wie Hurrikans, Zyklone oder Taifune, vorgesehen. Diese Bedingungen können eine Bemessung der Windenergieanlage nach Klasse S erfordern.

3.2.3 Strukturbemessung

Die Strukturbemessung von Windenergieanlagen muss auf einem Nachweis der strukturellen Integrität der Bauteile in den kritischen Lastpfaden zwischen Rotorblättern und Fundament basieren. Die Tragfähigkeit und die Betriebsfestigkeit aller Konstruktionselemente (z. B. Rotorblätter, Rotornabe, Rotorwelle, Gondel, Gierwelle, Turm, Verbindungen) müssen durch Berechnungen und/oder Messungen nachgewiesen werden, um die strukturelle Integrität einer KWEA mit dem entsprechenden Sicherheitsniveau festzustellen. Der Umfang der Nachweisprüfungen bleibt unabhängig von der ausgewählten Methodologie der Bemessung gleich.

Die Strukturanalyse muss nach ISO 2394 oder, soweit zutreffend, nach einer gleichwertigen Norm durchgeführt werden.

3.2.4 Sicherheits- und Abschaltssystem

Die KWEA muss so bemessen sein, dass alle Parameter bei allen Bemessungslastfällen innerhalb ihrer Bemessungsgrenzwerte bleiben. Dies wird durch die Konstruktion eines aktiven und/oder passiven Sicherheitssystems erreicht. Besondere Vorkehrungen sind zu treffen, damit der Bemessungsgrenzwert für die Rotordrehzahl n_{\max} nicht überschritten wird.

Die Anlage muss mit einem sicheren System oder nach einem sicheren Verfahren unter allen normalen externen Bedingungen (d. h., diejenigen äußeren Bedingungen, die mit einem Wiederkehrzeitraum von weniger als einem Jahr eintreten) für die KWEA-Bemessungsklasse in den Parkzustand überführt werden können, sofern nicht nachgewiesen werden kann, dass das System in einem anderen Zustand sicherer ist.

3.2.5 Elektrische Anlage

Die elektrische Anlage einer KWEA und jedes dafür verwendete elektrische Bauteil, wie Steuer- und Regeleinrichtungen, Generatoren und dergleichen, müssen den zutreffenden Abschnitten der IEC 60204-1:2009-02 und allen einschlägigen Produktnormen entsprechen. Wenn eine KWEA an ein elektrisches Energieversorgungsnetz angeschlossen ist, muss Abschnitt 9.7.3 der IEC 61400-2 angewendet und die zutreffenden nationalen Anschlussbedingungen eingehalten werden (z. B. für Deutschland VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4120 „Kundenanlagen am Hochspannungsnetz“). Jedes elektrische Bauteil muss allen Bemessungsumweltbedingungen standhalten sowie den mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen, denen das Bauteil während des Betriebs ausgesetzt sein kann.

Jedes elektrische Bauteil, das aufgrund seiner Leistungskennwerte ausgewählt wurde, muss für den von der Anlage geforderten Betrieb geeignet sein, wobei die Bemessungslastfälle einschließlich der Ausfallbedingungen zu berücksichtigen sind. Wenn jedoch ein elektrisches Bauteil der Bemessung nach nicht die Eigenschaften für seine Endanwendung aufweist, darf es unter der Bedingung eingesetzt werden, dass ein ausreichender zusätzlicher Schutz als Teil der kompletten elektrischen Anlage der KWEA vorgesehen wird.

3.2.6 Installation

Der Hersteller von KWEA muss Zeichnungen, Verfahren, Spezifikationen, Anweisungen und Packzettel für Montage, Installation, Betrieb und die Errichtung der KWEA liefern. Die Dokumentation muss Einzelheiten über alle Lasten, Gewichte, Hubwerkzeuge und Verfahren für eine sichere Handhabung und Installation der KWEA enthalten.

Wenn der Hersteller fordert, dass die KWEA von geschultem Personal installiert wird, muss auf dem Einband des Installationshandbuchs Folgendes vermerkt sein: „NUR VON GESCHULTEM PERSONAL ZU ERRICHTEN“.

Es müssen Anforderungen an Kräne, Hebezeuge und Hubvorrichtungen einschließlich aller Anschlagseile, Haken und sonstiger Vorrichtungen, die zum sicheren Heben erforderlich sind, enthalten sein. Im Handbuch und auf dem Bauteil müssen spezielle Anschlagpunkte deutlich gekennzeichnet sein. Es müssen Angaben zu Spezialwerkzeugen, Vorrichtungen und Befestigungen sowie sonstigen Geräten, die zur sicheren Installation erforderlich sind, enthalten sein.

In der Dokumentation müssen eindeutige Anforderungen an die Vorbehandlung und die richtige Schmierung aller Bauteile angegeben sein.

Im betreffenden Abschnitt des Handbuchs muss ein elektrischer Verdrahtungsplan mit international gültigen Kennzeichnungen für Anschlüsse elektrischer Maschinen enthalten sein mit ausreichenden Informationen für die Auswahl der geeigneten Leiterquerschnitte, wenn diese vom Eigentümer/Errichter zu liefern sind. Im Teil des Handbuchs (der Handbücher) über die Installation oder die Wartung muss ein Anlagenschaltplan enthalten sein.

3.3 DIN EN 61400-3 (VDE 0127-3) Windenergieanlagen – Teil 3: Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See

Dieser Teil der IEC 61400 legt die Mindestanforderungen an die Auslegung von Windenergieanlagen auf offener See fest und stellt keine vollständige Entwurfsgrundlage oder Bedienungsanleitung dar.

Für die Durchführung der verschiedenen Tätigkeiten der Auslegung, Herstellung, Montage, Installation, Errichtung, Inbetriebnahme, von Betrieb und Wartung einer Windenergieanlage auf offener See und für die Einhaltung der Anforderungen der vorliegenden Norm sind mehrere unterschiedliche Gruppen zuständig. Die Aufteilung der Verantwortung zwischen diesen Gruppen muss vertraglich vereinbart werden und gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm.

Die Anforderungen dieser Norm dürfen geändert werden, wenn angemessen nachgewiesen werden kann, dass die Sicherheit des Systems nicht beeinträchtigt wird. Die Einhaltung dieser Norm entbindet keine Personen, Organisationen und Firmen von der Verantwortung der Einhaltung anderer geltender Regelungen.

Es werden zusätzliche Anforderungen an die Bewertung der externen Bedingungen am Standort einer Windenergieanlage auf offener See sowie weitere wesentliche Auslegungsanforderungen festgelegt, die die technische Integrität von Windenergieanlagen auf offener See sicherstellen. Die Einhaltung der Anforderungen dieser Norm bietet einen angemessenen Schutz gegen Beschädigung durch sämtliche Gefahren während der vorgesehenen Lebensdauer.

Diese Norm bezieht sich auf die technische Integrität der Konstruktionsteile einer Windenergieanlage auf offener See, sie betrifft aber auch Teilsysteme wie Betriebsführungs- und Schutzmechanismen, innere elektrische Systeme und mechanische Systeme.

Eine Windenergieanlage wird als Windenergieanlage auf offener See betrachtet, wenn die tragende Struktur einer hydrodynamischen Belastung ausgesetzt ist. Die in der vorliegenden Norm festgelegten Auslegungsanforderungen sind nicht notwendi-

gerweise ausreichend zur Sicherung der technischen Integrität von schwimmenden Windenergieanlagen auf offener See.

Diese Norm stimmt vollständig mit den Anforderungen von IEC 61400-1 überein. Das Sicherheitsniveau einer nach dieser Norm konstruierten Windenergieanlage auf offener See muss das in IEC 61400-1 angegebene Niveau erreichen oder übertreffen. In einigen Abschnitten, in denen die umfassende Angabe der Anforderungen das Verständnis fördert, wurde der Text aus IEC 61400-1 aufgenommen.

3.3.1 Grundsätze

3.3.1.1 Allgemeines

In den nachfolgenden Abschnitten sind Anforderungen an die Auslegung und die Technik angegeben, um die Sicherheit der konstruktiven, mechanischen, elektrischen sowie der Betriebsführungssysteme einer Windenergieanlage auf offener See zu gewährleisten. Die angegebenen Anforderungen sind anwendbar auf Konstruktion, Fertigung, Errichtung und Handbücher für Betrieb und Wartung einer Windenergieanlage auf offener See und das damit verbundene Qualitätsmanagement. Darüber hinaus sind die in den unterschiedlichen Technikbereichen angewandten Sicherheitsvorschriften für die Bereiche Errichtung, Betrieb und Wartung von Windenergieanlagen auf offener See zu berücksichtigen.

3.3.1.2 Auslegungsmethoden

Diese Norm verlangt die Verwendung eines dynamischen Strukturmodells zur Ermittlung der Bemessungslasten. Mit diesem Modell müssen die Lastwirkungen für alle zutreffenden Kombinationen externer Bedingungen und Auslegungszustände bestimmt werden. Ein Mindestumfang solcher Kombinationen ist in dieser Norm als Lastfall definiert.

Die Auslegung der tragenden Struktur einer Windenergieanlage auf offener See muss auf den standortspezifischen externen Bedingungen beruhen. Diese müssen daher nach den Anforderungen für die Bewertung der externen Bedingungen am Standort bestimmt werden. Die Bedingungen sind in der Bemessungsgrundlage zusammenzufassen.

Für eine Rotor-Gondel-Baugruppe, die zunächst auf der Grundlage einer Standardklasse von Windenergieanlagen nach der Definition in IEC 61400-1 ausgelegt wurde, muss nachgewiesen werden, dass die standortspezifischen externen Bedingungen auf dem Meer die konstruktive Integrität nicht beeinträchtigen. Der Nachweis muss einen Vergleich der Lasten und Auslenkungen, die für die spezifischen Standort-

bedingungen einer Windenergieanlage auf offener See errechnet wurden, mit den Bedingungen, die für die Anfangsauslegung berechnet wurden, umfassen, wobei eine Sicherheitsspanne einzurechnen ist und der Einfluss der Umgebung auf den Widerstand der Konstruktion und die geeignete Werkstoffauswahl zu berücksichtigen ist. Bei der Berechnung der Lasten und Auslenkungen müssen außerdem der Einfluss der standortspezifischen Bodenmerkmale auf die dynamischen Eigenschaften einer Windenergieanlage auf offener See berücksichtigt werden sowie mögliche langfristige Veränderungen dieser dynamischen Eigenschaften infolge einer Bewegung des Meeresgrunds und von Unterspülung.

Der Auslegungsprozess für eine Windenergieanlage auf offener See ist in **Bild 3.2** dargestellt. Die Zahlen geben die Schlüsselemente des Auslegungsprozesses an und verweisen auf die zutreffenden Abschnitte in dieser Norm. Der Prozess ist iterativ und muss Last- und Lastwirkungsberechnungen für die vollständige Windenergieanlage einschließlich der tragenden Struktur und der Rotor-Gondel-Baugruppe umfassen. Die Strukturauslegung einer Windenergieanlage auf offener See kann als abgeschlossen betrachtet werden, wenn ihre konstruktive Integrität mit einer Grenzzustandsanalyse nachgewiesen wurde.

Daten von Einsatzprüfungen können verwendet werden, um das Vertrauen in die berechneten Bemessungswerte zu erhöhen und das dynamische Strukturmodell und die Auslegungssituationen zu verifizieren. Hinweise für die Messung von mechanischen Lasten bei Einsatzprüfungen sind IEC 61400-13 zu entnehmen.

Die Verifikation, dass die Auslegung ausreichend ist, muss rechnerisch und/oder durch Messungen erfolgen. Wenn bei dieser Verifikation Prüfergebnisse verwendet werden, ist nachzuweisen, dass die externen Bedingungen während der Prüfung die Kennwerte und Auslegungszustände, die in dieser Norm definiert sind, widerspiegeln. Bei der Auswahl der Prüfbedingungen, einschließlich der Prüflasten, müssen die anzuwendenden Sicherheitsbeiwerte berücksichtigt werden.

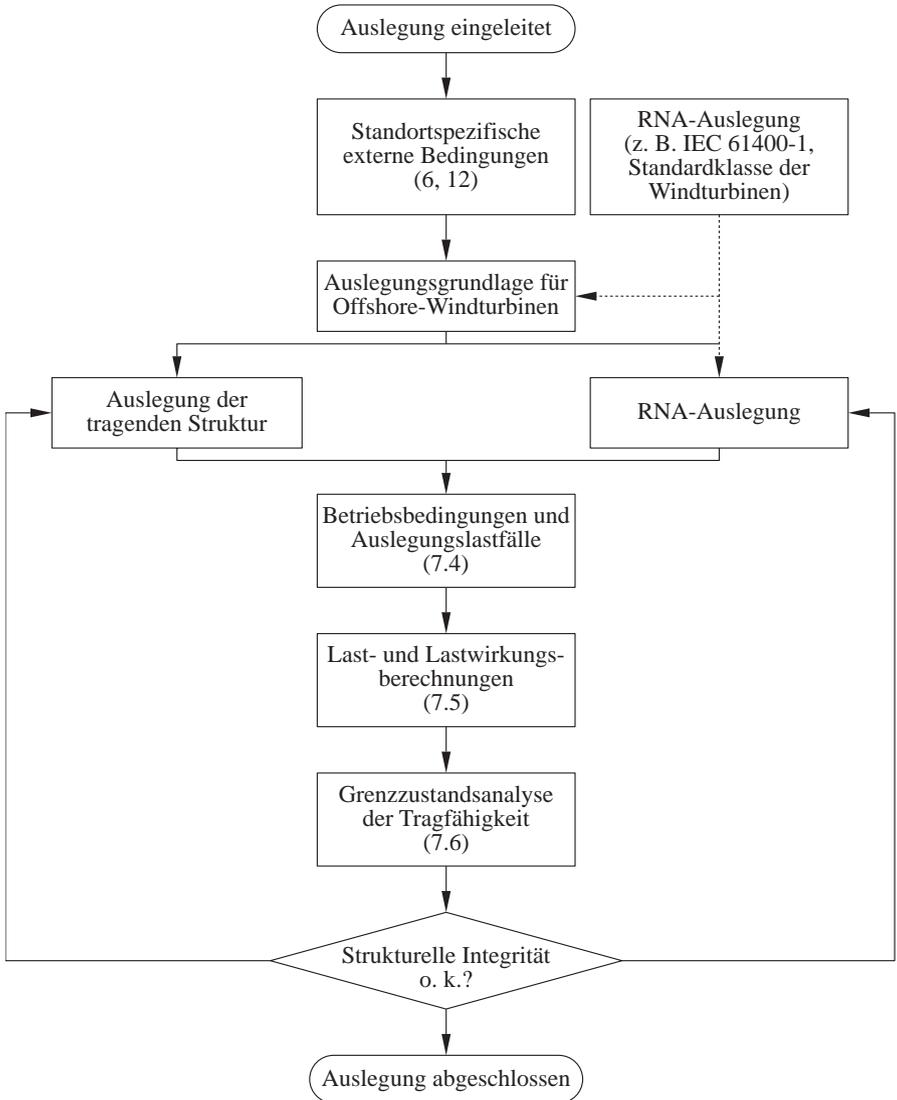


Bild 3.2 Auslegungsprozess für eine Windenergieanlage auf offener See gemäß DIN EN 61400-3 (VDE 0127-3)

3.3.1.3 Sicherheitsklassen

Eine Windenergieanlage auf offener See muss entsprechend einer der beiden folgenden Sicherheitsklassen ausgelegt sein:

- Die Normal-Sicherheitsklasse gilt, wenn ein Ausfall zur Gefährdung von Personen oder zu sozialen und wirtschaftlichen Folgen führt;
- die Sonder-Sicherheitsklasse gilt, wenn die Sicherheitsanforderungen von örtlichen Vorschriften bestimmt und/oder zwischen Hersteller und Auftraggeber vereinbart werden.

Teilsicherheitsbeiwerte für Windenergieanlagen der Normal-Sicherheitsklasse sind in der vorliegenden Norm festgelegt.

Teilsicherheitsbeiwerte für die Sonder-Sicherheitsklasse von Windenergieanlagen müssen zwischen Hersteller und Auftraggeber vereinbart werden. Eine Windenergieanlage auf offener See, die entsprechend der Sonder-Sicherheitsklasse ausgelegt wird, ist eine Turbine der Klasse S.

3.3.2 Externe Bedingungen

3.3.2.1 Allgemeines

Die in dem vorliegenden Abschnitt beschriebenen externen Bedingungen müssen bei der Auslegung einer Windenergieanlage auf offener See berücksichtigt werden.

Windenergieanlagen auf offener See sind Umweltbedingungen und elektrischen Zuständen ausgesetzt, die Belastung, Haltbarkeit und Betrieb beeinträchtigen können. Um das entsprechende Niveau an Sicherheit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten, müssen bei der Auslegung die elektrischen Parameter sowie auch die Umwelt- und Bodenparameter berücksichtigt und in den Konstruktionsunterlagen ausführlich und eindeutig dokumentiert werden.

Die Umweltbedingungen werden weiter unterteilt in Windverhältnisse, Meeresbedingungen (Wellen, Meeresströmungen, Wasserstand, Meereis, Bewuchs im Meerwasser, Bewegung des Meeresgrunds und Unterspülung) sowie andere Umweltbedingungen. Die elektrischen Zustände beziehen sich auf Netzzustände.

Die Bodenmerkmale am Standort, einschließlich zeitabhängiger Veränderungen, infolge der Bewegung des Meeresgrunds, von Unterspülung und anderen Elementen der Instabilität des Meeresgrunds sind zu berücksichtigen.

Für die konstruktive Integrität der Rotor-Gondel-Baugruppe sind die Windverhältnisse die primären äußeren Einwirkungen, obwohl die Meeresbedingungen abhängig

von den dynamischen Eigenschaften der tragenden Struktur in einigen Fällen auch einen bestimmten Einfluss ausüben können. Auch wenn sich bei der Auslegung der Rotor-Gondel-Baugruppe gezeigt hat, dass der Einfluss der Meeresbedingungen vernachlässigbar ist, muss unter allen Umständen die konstruktive Integrität unter Berücksichtigung der Meeresbedingungen an jedem Standort nachgewiesen werden, an dem die Windenergieanlage auf offener See letztendlich errichtet wird.

Andere Umgebungsbedingungen, wie die Funktion des Betriebsführungssystems, die Dauerhaftigkeit, die Korrosion usw., beeinflussen die Auslegung ebenfalls.

Die externen Bedingungen werden in normale und extreme Bedingungen unterteilt. Die normalen externen Bedingungen betreffen im Allgemeinen wiederkehrende Belastungen der Konstruktion, während die extremen externen Bedingungen seltene äußere Auslegungsbedingungen darstellen. Die Auslegungslastfälle müssen möglicherweise kritische Kombinationen dieser externen Bedingungen mit den Betriebsarten und anderen Auslegungszuständen der Windenergieanlage umfassen.

In den folgenden Abschnitten werden die normalen und die extremen Bedingungen beschrieben, die bei der Auslegung zu berücksichtigen sind.

3.3.2.2 WEA-Klassen

Die bei der Auslegung zu berücksichtigenden externen Bedingungen sind vom vorgesehenen Standort oder Standorttyp einer Windenergieanlage auf offener See abhängig. In IEC 61400-1 sind die Klassen der Windenergieanlagen (WEA-Klassen) in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Turbulenzparametern definiert. Das Ziel ist die Festlegung von Klassen für die meisten Anwendungsfälle auf dem Festland.

Für eine Windenergieanlage auf offener See bleibt die Definition der WEA-Klassen in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeits- und Turbulenzparametern als Grundlage für die Auslegung der Rotor-Gondel-Baugruppe gültig.

Eine weitere WEA-Klasse, die Klasse S, ist für die Fälle definiert, in denen besondere Windverhältnisse oder externe Bedingungen vorliegen oder vom Konstrukteur und/oder Abnehmer eine besondere Sicherheitsklasse gewünscht wird.

Zusätzlich zur extremen Windgeschwindigkeit und zur Turbulenzintensität, die die WEA-Klassen definieren, sind einige andere wichtige Parameter erforderlich – im vorliegenden Fall sind es die Meeresbedingungen –, um die bei der Auslegung einer Windenergieanlage auf offener See verwendeten externen Bedingungen vollständig festzulegen. Die Werte dieser zusätzlichen Parameter sind in dieser Norm angegeben.

Die Auslegungsliebensdauer muss mindestens 20 Jahre betragen.

Der Hersteller muss in den Konstruktionsunterlagen die verwendeten Modelle beschreiben und die Werte der wesentlichen Auslegungsparameter dokumentieren.

Wenn die Modelle nach Abschnitt 6 der Norm angewendet werden, ist es ausreichend, die Werte der Parameter anzugeben. Die Konstruktionsunterlagen sollten die zur Information im Anhang A der Norm aufgeführten Angaben enthalten.

3.3.2.3 Sonstige Umweltbedingungen

Die Integrität und Sicherheit einer Windenergieanlage auf offener See können infolge anderer Umwelt-(Klima-)Bedingungen als durch Windverhältnisse und Meeresbedingungen beeinträchtigt werden, die als thermische, fotochemische, korrosive, mechanische, elektrische oder andere physikalische Einwirkungen auftreten. Kombinationen der angegebenen Klimaparameter können deren Wirkungen außerdem erhöhen.

Die folgenden sonstigen Umweltbedingungen müssen mindestens in Betracht gezogen und die entsprechenden Maßnahmen in den Konstruktionsunterlagen dokumentiert werden:

- Lufttemperatur,
- Feuchtigkeit,
- Luftdichte,
- Sonneneinstrahlung,
- Regen, Hagel, Schnee und Eis,
- chemisch aktive Substanzen,
- mechanisch aktive Partikel,
- Salzhaltigkeit, die Korrosion verursacht,
- Blitzschlag,
- Erdbeben­tätigkeit,
- Wasserdichte,
- Wassertemperatur,
- Verkehr.

Die berücksichtigten Klimabedingungen müssen in Form von repräsentativen Werten oder Grenzwerten der veränderlichen Bedingungen definiert werden. Bei der Auswahl von Auslegungswerten muss die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von Klimabedingungen berücksichtigt werden.

Schwankungen in den Klimabedingungen innerhalb der normalen Grenzwerte mit einem Wiederkehrzeitraum von 1 Jahr oder öfter dürfen sich auf den normalen Betrieb einer Windenergieanlage auf offener See nicht erschwerend auswirken.