

## Offshore-Windenergie



## Zusammenfassung

In der vorliegenden Publikation zu Schadenverhütung bei Offshore-Windenergie werden die offshore-typischen Gefahren und damit verbundenen Risiken identifiziert, analysiert und bewertet, u. a. auch im Vergleich mit der Offshore-Förderung von Gasen und Öl. Auf dieser Grundlage sind Maßnahmen zum Brand- und Maschinenschutz systematisch aufbereitet, insbesondere für Offshore-Plattformen und einschließlich der Instandhaltung und des Ersatzteil-Konzepts. Sie ergänzen die bestehenden Empfehlungen der Versicherer zum Risikomanagement bei der Errichtung von Offshore-Windparks (VdS 3549) und zum Brandschutz bei Windenergieanlagen (VdS 3523).

## Summary

In the present publication on loss prevention in offshore wind power, the offshore-typical hazards and associated risks are identified, analysed, and assessed, e.g. in comparison to offshore extraction of gas and oil. On this basis we have systematically elaborated measures for fire and machinery protection, in particular for offshore platforms and including the servicing issues and the concept for replacement parts. They complement the existing recommendations by insurers on risk management in the construction of offshore wind farms (VdS 3549) and for fire protection in wind turbines (VdS 3523).

Die vorliegende Publikation ist unverbindlich. Die Versicherer können im Einzelfall auch andere Sicherheitsvorkehrungen oder Installations- oder Wartungsunternehmen zu nach eigenem Ermessen festgelegten Konditionen akzeptieren, die diesen technischen Spezifikationen oder Richtlinien nicht entsprechen.

# Offshore-Windenergie

## Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Summary</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Vorbemerkungen</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Gefahren und Risiken</b> .....	<b>5</b>
<b>5 Schutzmaßnahmen</b> .....	<b>8</b>
5.1 Brandschutz.....	9
5.1.1 Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren der Brandentstehung.....	9
5.1.1.1 Nicht betriebsbedingte Zündquellen.....	9
5.1.1.2 Betriebsbedingte Zündquellen.....	11
5.1.1.3 Blitz-/Überspannungsschutz.....	12
5.1.2 Maßnahmen zur Begrenzung der Brandausbreitung (Baulicher Brandschutz).....	14
5.1.3 Maßnahmen zur wirksamen Branderkennung und -bekämpfung.....	15
5.1.3.1 Branderkennung.....	18
5.1.3.2 Brandbekämpfung.....	18
5.1.4 Brandschutzorganisation.....	20
5.1.4.1 Brandschutzbeauftragter.....	20
5.1.4.2 Alarm- und Gefahrenabwehrplan (Notfallplan).....	20
5.1.4.3 Feuerlöscher.....	21
5.1.4.4 Schadenminderung.....	21
5.2 Maschinenschutz.....	22
5.2.1 Standfestigkeit und Widerstandsfähigkeit.....	22
5.2.1.1 Korrosionsschutz.....	22
5.2.1.2 Schutz gegen Kolkung.....	22
5.2.1.3 Schutz vor Naturgefahren.....	22
5.2.1.4 Schutz vor Diebstahl und Vandalismus.....	23
5.2.2 Sicherstellung der Verfügbarkeit, Betriebssicherheit.....	23
5.2.2.1 Betriebssicherheit, Notbetrieb, Notstromversorgung.....	24
5.2.2.2 Diversifikation und redundante Systeme.....	25
5.2.2.3 Fail-Safe.....	25
5.2.2.4 Anlagenüberwachung, Monitoring.....	26
5.2.3 Instandhaltung und Ersatzteilkonzept.....	27
5.2.3.1 Instandhaltung.....	27
5.2.3.2 Ersatzteilkonzept.....	27
5.3 Transporte während des Betriebs.....	28
<b>6 Literatur</b> .....	<b>28</b>
6.1 Gesetze und Verordnungen.....	28
6.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)...	28
6.3 Technische Regeln.....	28
6.4 Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung.....	29
6.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS).....	29
6.6 weiterführende Literatur.....	30

## 1 Vorbemerkungen

Mit dem politisch erklärten Ziel, regenerative Energiequellen und -träger zu fördern sowie ihren Anteil an der gesamten Energieversorgung deutlich zu steigern, gewinnt die Offshore-Windenergie (OWE) zunehmend an Bedeutung. Dabei ist die Offshore-Windenergie insbesondere gekennzeichnet durch die im Vergleich zu Onshore-Anlagen härteren, unbeständigeren Einsatzbedingungen und wesentlich höhere Investitionen. Auch mit Blick auf die Anforderungen an die erforderliche Verfügbarkeit von OWE-Anlagen (OWEA) sieht der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) veranlasst, einen neuen Leitfaden zu Schadenverhütung bei OWE in Abstimmung mit Planern und Industrie zu erarbeiten.

In diesem Leitfaden werden typische Schadenursachen beschrieben, die unter den besonderen Verhältnissen des Betriebs von OWEA gegeben sind und aus der systematischen Gefahrenanalyse klar zu erkennen sind. Auf dieser Grundlage werden Maßnahmen zur Schadenverhütung empfohlen.

Ziel ist es, die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder das Ausmaß eines Schadens bei OWEA-Anlagen, z. B. eines Brand- oder Maschinenschadens, zu minimieren. Mit Bezug auf den Brandschutz können die notwendigen Maßnahmen wie folgt gegliedert werden:

- Verringerung der Brandentstehungsgefahren
- Begrenzung der Ausbreitung von Feuer und Rauch im Brandfall
- Sicherstellung der erforderlichen Rettung von Personen, was in der Regel bereits gesetzlich/behördlich geregelt ist
- wirksame Branderkennung und Brandbekämpfung

Für den Maschinenschutz treten offshore beispielsweise folgende Aspekte hervor:

- Vermeidung von ungeplanten Anlagenstillständen durch eine vorbeugende Instandhaltung, die unabdingbar auf die teils stark eingeschränkte Offshore-Zugänglichkeit der Anlagen abgestimmt sein sollte.
- Vorbeugende Instandhaltung auf Grund der eingeschränkten Zugänglichkeit und kostenintensiven Schiffs- und Hubschraubereinsätze, insbesondere in Verbindung mit Condition Monitoring Systems und mittels Sensorik und Kamerasystemen zur Fernüberwachung, damit Schäden gezielt vermieden werden können.
- Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft durch die Bereitstellung von Redundanzen.

- Sicherung der Betriebsbereitschaft und Verhütung von Anlagenschäden infolge der Stillstände bei unvorhergesehenen Stromunterbrechungen durch Not-Energieversorgung.

Die nachfolgend dargestellten sicherheitsrelevanten Hinweise erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und entbinden nicht von der Einhaltung behördlicher Auflagen oder Anordnungen.

Die vorliegende Publikation basiert insbesondere auf den derzeit vorliegenden Schadenerfahrungen von vergleichbaren Offshore-Anlagen und vorausschauenden Gefahrenanalysen. Sobald sich grundsätzliche Änderungen in der Technik oder risikotechnischen Bewertung ergeben, ist beabsichtigt, diesen Leitfaden zu aktualisieren.

Die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und einschlägiger Regelwerke, die den Stand der Sicherheitstechnik widerspiegeln, wird vorausgesetzt.

## 2 Anwendungsbereich

Der vorliegende Leitfaden bezieht sich auf die Planung und den Betrieb von Offshore-Windparks, wozu insbesondere

- Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)
- Plattformen und
- deren Kabelanlagen

gehören. Bezüglich der Gefahren, Risiken und Schadenverhütung bei der Errichtung von Offshore-Windparks einschließlich des zugehörigen Transports von Bauteilen und Anlagen wird auf den Code of Practice des EWTC (European wind turbine committee) sowie einschlägige Regelwerke verwiesen.

Dieser Leitfaden gilt grundsätzlich für neu zu errichtende Anlagen. Bestehende Anlagen und Plattformen sollten im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten den Empfehlungen dieses Leitfadens angepasst werden.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Gefahren und Risiken ggf. projekt- bzw. objektbezogen im Einzelfall gesondert geprüft werden müssen, etwa hinsichtlich der Installation und des Betriebs von Batteriespeichern. Dementsprechend können Lösungen zur Schadenverhütung und zum Risikomanagement nötig werden, die über die Anforderungen der Regelwerke hinausgehen.

### 3 Begriffe

Offshore-Windparks bestehen gemäß dem *BSH-Standard zur konstruktiven Ausführung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)* insbesondere aus folgenden baulichen Komponenten:

- Windenergieanlagen bestehend aus Turbine, Gondel, Rotorblättern, Turm und Unterkonstruktionen sowie der zugehörigen Gründungsstruktur zur statischen Einbindung in den Meeresboden
- der parkinternen Verkabelung der einzelnen OWEA einschließlich der Zusammenführung an der Umspannstation
- Plattformen für
  - AC-Umspannstation,
  - Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) (AC-/DC-Wandlung)
  - Wohn- und Arbeitstationen sowie
  - ggf. weitere parkinterne Stationen
- Stromabführungssystemen zwischen OWEA und Umspannstation, zwischen Umspannstationen selbst und zwischen Umspannstationen und Netzanbindung an Land

### 4 Gefahren und Risiken

Empfehlungen zur Schadenverhütung, die in nachfolgenden Abschnitten aufgeführt sind, zielen insbesondere darauf ab, die bei OWEA typischen

Gefahren und die damit verbundenen Risiken mithilfe geeigneter Maßnahmen zu minimieren und zu beherrschen. Neben möglichen Gefährdungen von Personen sind hierbei insbesondere die Sach- und Betriebsunterbrechungsschäden zu betrachten. Zur Ableitung dieser Empfehlungen werden

- Erfahrungen bei Onshore-Windenergieanlagen (WEA) und OWEA in der Küstennähe,
- Erfahrungen bei der Offshore-Förderung von Gas und Öl sowie
- die Gefahrenanalyse und Risikobewertung, die anhand der verfügbaren Erfahrungen entwickelt und ggf. projektspezifisch anzupassen sind,

herangezogen.

Erfahrungen bei Onshore-WEA sind u. a. im bestehenden Leitfaden VdS 3523 systematisch und beispielhaft aufbereitet. Erfahrungen bei OWEA in der Küstennähe und bei der Offshore-Förderung von Gas und Öl sind in zugehörigen Regelwerken verankert.

*Hinweis:*

- *Windenergieanlagen (WEA), Leitfaden für den Brandschutz (VdS 3523)*
- *International Maritime Organization Code for the Construction and Equipment of mobile Offshore Drilling Units*

Nutzungsbereiche	Bohr-/Förder-Plattformen	Windenergie-Plattformen
Kommandozentrum/Leitstelle	ja	ja
Flüssigkeitsseparator im Keller, Bohrlochkeller (Sicherheitsventile), Pipelinebereich im Unterkeller	ja	nein
Transformatoren	nein	ja
plattformeigene Elektrosysteme und elektrotechnische Systeme, Batteriesysteme	ja	ja
elektrische Betriebsräume		
Großsysteme, z. B. zur Energieweiterleitung	nein	ja
■ Schaltanlagen	ja	ja
■ Technikräume (Luft, Wasser, Entsalzungsanlagen)	ja	ja
Lagerräume (ggf. auch für Gefahrstoffe, Abfälle)	ja	ja
Maschinenräume, z. B. Dieselgenerator	ja	ja
Werkstätten	ja	ja
Aufenthaltsräume (Schlafkabinen, TV-Räume, Fitness-Räume)	ja	ja (sofern bemannt)
Küchen/Essbereich	ja	ja (sofern bemannt)
offener Deckbereich	ja	ja
Verkehrswege (Rettungswege)	ja	ja

**Tabelle 1:** Vergleich der typischen Nutzungsbereiche auf Offshore-Plattformen

Eine Analyse der Brandgefahren – basierend auf dem Vergleich zwischen den typischen Nutzungsbereichen jeweils auf der parkinternen Umspannstation und Bohr-/Förder-Plattform – ist nachfolgend tabellarisch dargestellt.

Ausgehend von den jeweils in der Tabelle 1 aufgeführten Nutzungsbereichen und die damit verbundenen Gefahren der Brandentstehung und Brandausbreitung können die Brandgefahren auf der Plattform identifiziert und bewertet werden.

Auf dieser Basis und mit Bezug auf die jeweils relevanten Schutzziele und Schutzinteressen können die notwendigen Brandschutzmaßnahmen abgeleitet werden.

Der Maschinenschutz für die Windparks ist für den funktionssicheren Betrieb unerlässlich, da die parkinternen AC-Umspannstation/-en die von den OWEA generierte Energie bündeln und transformieren. Auf diese Umspannstationen ist besonderes Augenmerk zu richten. Fällt die AC-Umspannstation aus, so ist die Stromausspeisung des betroffenen Windparks nicht mehr möglich, trotz funktionsfähiger OWEA.

In der Abbildung 1 ist eine Plattform mit drei Ebenen im Grundriss beispielhaft dargestellt.

Um größere Übertragungsentfernungen mit geringeren Verlusten zu ermöglichen, kann es sein, dass die Einspeisungen auf die HGÜ-Ebene umgerichtet werden.

Bei einem Ausfall der HGÜ-Station würde die Weiterleitung der erzeugten Energie der angeschlossenen Windparks gleichzeitig ausfallen. Des Weiteren muss bei einem Ausfall des Stromnetzes die Stromversorgung der Windparks für den eigenen Bedarf über eine Netzersatzversorgung abgedeckt werden.

Diese Risikobetrachtung gilt auch für sämtliche Kabelverbindungen bis zur Netzanbindung an Land.

Bei Maschinenschäden kann es sich um zufällige Einzelschäden oder um Serienschäden handeln. Typische Schadenursachen sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Grundsätzlich sind bei OWE erhöhte Aufwendungen notwendig, nicht zuletzt durch die offshore-typischen Umgebungsbedingungen. Im laufenden Betrieb sind z. B. die Zugänglichkeit und das Arbeiten wetterbedingt stark eingeschränkt. Im Schadenfall müssen darüber hinaus erschwerte De-/Remontage und Trümmerbeseitigung erwartet werden.

<b>Nutzung</b>		<b>Bohr-/Förderplattform</b>	<b>Windenergie-Plattform</b>
<b>Brandgefahren</b>			
Gefahren der Brandentstehung			
■ Blitz		ja	ja
■ Mängel und Fehler in der Elektroinstallation			
■ allgemein		ja	ja
■ spezifisch		keine	Transformatoren
■ feuergefährliche Arbeiten		Werkstätten	Werkstätten
■ feuergefährliche Einrichtungen		Küchen	Küchen
■ sonstige Ursachen		unkontrollierter Austritt von Fördermedien	nein
Gefahren der Brandausbreitungen			
Brandlasten:	brennbare Fördermedien	ja	nein
	Lagergut und Gefahrstoffe	ja	ja
	Dämm- und Isolierungsmaterial	ja	ja
Kabel-, Rohr- und Lüftungsleitungen		begrenzte Möglichkeit zur baulichen Abtrennung	
unzureichende Abtrennungen		ja	ja

**Tabelle 2:** Typische Brandgefahren auf Offshore-Plattform

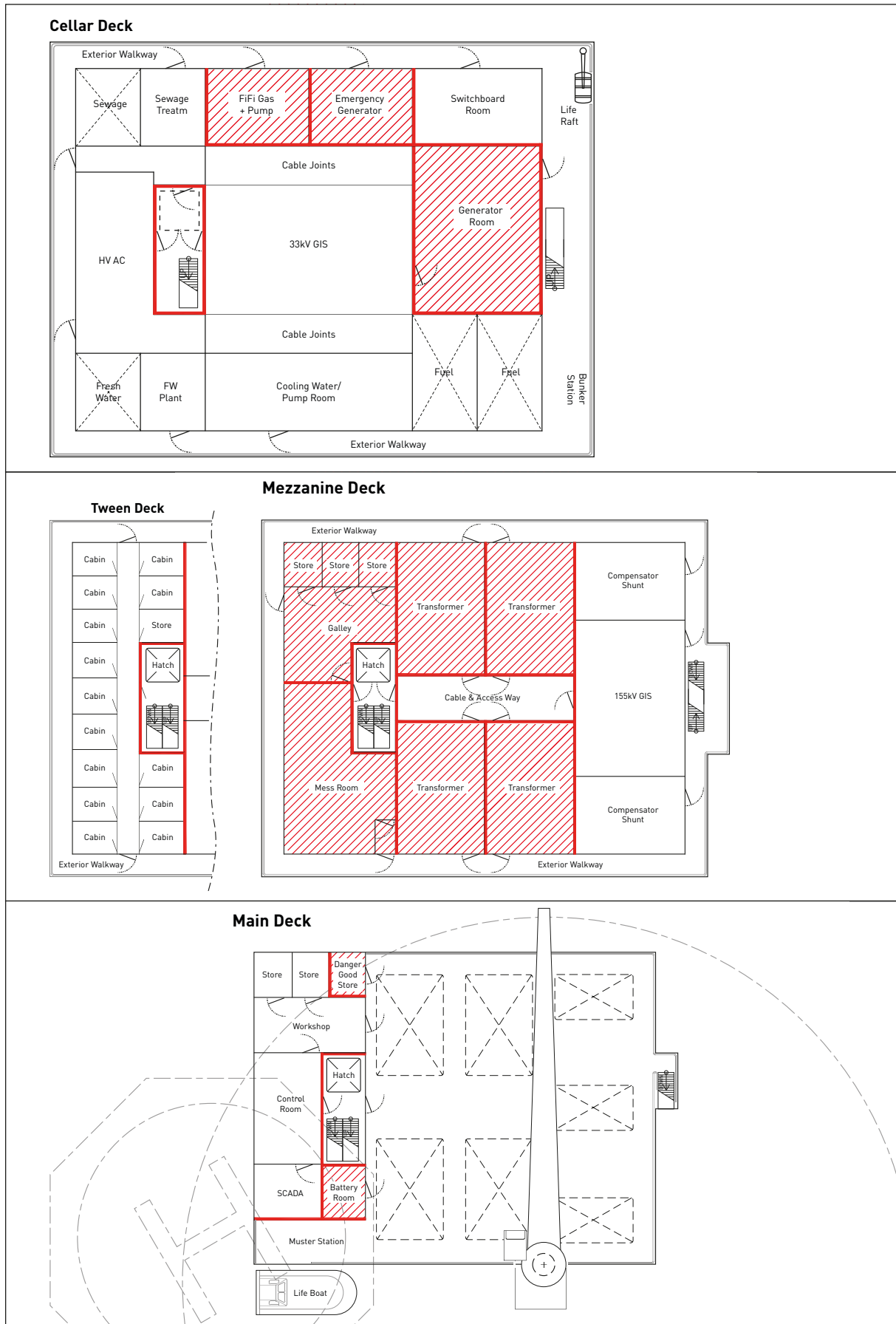


Abb. 1: Grundaufbau einer Plattform für Umspannstation (Skizzen)

Schadenursache	Beschädigung oder Zerstörung folgender Anlagenteile
menschliche Fehler: Planungs-, Konstruktions-, Material-, Ausführungs-/Montage- und Bedienungsfehler, Ungeschicklichkeit, Vorsatz	sämtliche Anlagenteile
Naturgefahren: Sturm, Seegang, Frost, Eisgang, Erd/Seebeben	sämtliche Anlagenteile, insbesondere Rotorblätter und Rotorlager, Gondel
Schwingungen	Tragwerk einer Plattform, Gründungsstruktur, Antriebsstrang einer OWEA
Baugrundversagen	Tragwerke von Plattformen und OWEA, Schiefstellung/Umstürzen
Kurzschluss, Überstrom, Überspannung	elektrische Einrichtungen, elektrische Betriebsräume
Versagen von Mess-, Regel- oder Sicherheitseinrichtungen	unkontrollierbarer Betrieb, z. B. Ausfall von Brandmelde- und Löschsystemen auf einer Plattform, mechanische Folgeschäden durch Überdrehzahl
Betriebsmittelmangel (Kühlwasser, Öl, Schmiermittel)	zu kühlende Aggregate (z. B. Umformer, Transformatoren) und bewegliche Teile (z. B. Lager, Getriebe, Antriebsstrang der OWEA); Brandentstehung möglich
Brand, Explosion, feuergefährliche Arbeiten	sämtliche Anlagenteile, z. B. Lager mit brennbaren Betriebsstoffen, technische Betriebsräume, Wohnbereiche
Blitzschlag und Blitz-Überspannung	Elektrische Einrichtungen, Mess-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen, Rotor, Antriebsstrang, Gondel; Turm teilweise
Kollision (Anprall und Absturz von Fahrzeugen jeder Art)	Tragwerke und Topsite von Plattformen, Türme von OWEA sowie Hubschrauberlandeflächen und Kräne
Gewaltbruch in Folge Fliehkraft	Rotor, Nabe, Antriebsstrang der OWEA
Überdruck oder Unterdruck	Lagertanks, Einhausungen, Raumabschlüsse auf Plattformen
Überlastung	Lager, Getriebe, Antriebsstrang, Elektroinstallation
Meeresströmungen	Fundamente (Auskolkung), Seekabel (Freispülen)
ankernde Schiffe	Seekabel (Beschädigung durch Anker)

**Tabelle 3:** Typische Schadenursachen und deren Folgen

## 5 Schutzmaßnahmen

Die umfangreichen Anforderungen des Brand- und Explosionsschutzes und des Maschinenschutzes im Hinblick auf Personen-/Umweltschutz und Sachschutz erfordern zur Planung und Installation von Offshore-Windparks die Erarbeitung eines umfassenden Schutzkonzepts.

Bereits bei der Erstkonzeption soll darauf geachtet werden, dass Maßnahmen zum Brand- und Maschinenschutz sich nicht gegenseitig in ihren Funktionen beeinträchtigen.

Um während der gesamten vorgesehenen Betriebsdauer des Windparks die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Maßnahmen zum Brand- und Maschinenschutz sicherzustellen, müssen bereits in der Planung und Projektierung die baulichen,

technischen und organisatorischen Anforderungen berücksichtigt werden. Zu nennen sind u. a.:

- Verwendung von Produkten und Systemen, die hinsichtlich ihrer Eignung für die Offshore-Anwendung geprüft und anerkannt sind.
- Verwendung nicht brennbarer Bauteile und Baustoffe.
- Planung und Installation von Produkten und Systemen, die nach anerkannten Regeln der Technik, z. B. VdS-Richtlinien für Planung und Einbau der Brandmelde- und Feuerlöschtechnik, erfolgen.
- Beauftragung von Unternehmen mit geeigneten Ausstattungen und Fachkräften, die für die Planung, den Transport und die Installation hinreichend qualifiziert sind.
- Abnahme betriebsfertig installierter Anlagen und Einrichtungen durch anerkannte Sachverständige.



- Regelmäßige und ordnungsgemäße Durchführung von Wartung und Prüfung.
- Dokumentation der Brandschutzinstallationen sowie der Wartungen und Prüfungen.

Die einzelnen Maßnahmen sollen aufeinander abgestimmt sein, um eine mögliche gegenseitige Beeinträchtigung zu vermeiden.

Darüber hinaus kann ggf. eine Zertifizierung von z. B. Anlagen, Maßnahmen und Prozessen zur weiteren Risikominderung beitragen.

## 5.1 Brandschutz

Beim Betrieb von Offshore-Windparks sind Brandschutzmaßnahmen erforderlich, um die brandbedingte Gefährdungen

- der ggf. anwesenden Personen (Betriebspersonal und/oder Personal der Fremdfirmen, z. B. zur Instandhaltung),
- der planmäßigen Energieübertragung und damit der Versorgungssicherheit sowie
- der investitionsintensiven Bauten und Anlagen

zu minimieren.

Bei der Errichtung der Plattformen in der Werft und vor Ort sind ebenfalls brandschutztechnische Vorkehrungen gemäß den o. g. Zielsetzungen zu ergreifen. Sind bauliche und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen während der Errichtung ggf. noch nicht betriebsbereit, müssen bis zu ihrer Inbetriebnahme Ersatzmaßnahmen zur Brandvermeidung und rechtzeitigen Brandbekämpfung ergriffen werden.

Zum Brandschutz sind Maßnahmen zur Vermeidung der Brandentstehung sowie zur Begrenzung der Brandausbreitung und zur wirksamen Brandbekämpfung im Brandfall notwendig.

### 5.1.1 Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren der Brandentstehung

Durch die Beherrschung von betriebsbedingten und Vermeidung von nicht betriebsbedingten Zündquellen sollen Brände und Explosionen von vornherein vermieden werden. Dies erfordert, dass Maßnahmen des vorbeugenden Brand- und Explosionsschutzes bereits in der Planungs- und Konstruktionsphase sowie auch im späteren Betrieb beachtet werden.

Eine lückenlose Brandschutzorganisation ist Voraussetzung für eine dauerhafte Sicherstellung des geplanten und installierten Brandschutzstandards.

#### 5.1.1.1 Nicht betriebsbedingte Zündquellen

Einen entscheidenden Beitrag hierzu leisten organisatorische Brandschutzmaßnahmen, die die anwesenden Personen (Betriebspersonal und Personal der Fremdfirmen) zu einem sicherheitsgerechten Verhalten veranlassen und sie auf einen möglichen Brandfall vorbereiten sollen. Es ist daher zweckmäßig, die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen in einer Brandschutzordnung, Hausordnung oder Betriebsanweisung für den Windpark festzuschreiben:

- Ordnung und Sauberkeit

Eine Grundvoraussetzung für sicheres Arbeiten sind Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz. Dies gilt sowohl für den einzelnen Arbeitsbereich als auch für die gesamte Plattform. Und zwar sowohl für den Normalbetrieb als auch insbesondere während und nach Montage-, Wartungs- und Reparaturarbeiten.

Die betroffenen Bereiche sind während der Arbeiten soweit wie möglich sauber zu halten. Brennbares Material, insbesondere brennbare Flüssigkeiten, sind maximal für den Schichtbedarf im Arbeitsbereich vorzuhalten, ansonsten an den hierfür vorgesehenen Lagerstätten aufzubewahren (z. B. im Materiallager). Während der Arbeiten anfallende brennbare Abfälle und Verpackungen sind kurzfristig sicherheitsgerecht zu lagern und der Entsorgung zuzuführen (siehe Abfall/Restabfallentsorgung), nicht benötigte Werkzeuge und Maschinen sind beiseite zu stellen. Brandschutzeinrichtungen, wie etwa Feuerschutzabschlüsse, Brandmelde- und Löschanlagen sind soweit wie möglich einsatzbereit zu halten, andernfalls sind adäquate Ersatzmaßnahmen zu treffen.

- Verbot von Rauchen und offenem Feuer

Für den gesamten Bereich der OWEA und der Plattformen sind ein Rauchverbot und ein Verbot des Umgangs mit offenem Feuer auszusprechen.

Um die Einhaltung des Rauchverbots sicherzustellen, sollten Betriebspersonal und Personal der Fremdfirmen belehrt und Verstöße gegen das Rauchverbot mit Sanktionen geahndet werden.

Das Rauchverbot ist bereits an den Zugängen zur OWEA deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen.

Für Plattformen mit Aufenthaltsräumen ist es zweckmäßig, einen Raucherbereich einzurichten. Dieser sollte baulich von anderen Bereichen getrennt sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Er muss mit mindestens einem Handfeuerlöscher und einer automatischen Feuerlöschanlage ausgestattet sein. Zur Entsorgung von Tabakresten sind großvolumige Sicherheitsaschenbecher aufzustellen.

- Keine Einrichtung behelfsmäßiger Heizungen

Die Aufstellung und der Betrieb mobiler Heizgeräte sind zu untersagen.

- Getrennte Entsorgung von Abfällen

Mit Ölen, Fetten und Lösemitteln verschmutzten Putzlappen in geschlossenen Behältern entsorgen (Selbstentzündungsgefahr).

Abfälle aus den Arbeits- und Aufenthalts-/Wohnbereichen sind einmal pro Schicht, mindestens jedoch täglich, einzusammeln und bis zur Verbringung von der Plattform in geschlossenen Behältern aufzubewahren. Sofern die Behälter in geschlossenen oder überdachten Bereichen aufgestellt werden, sind diese Bereiche mit einer automatischen Feuerlöschanlage auszustatten.

Tabakreste und sonstige Abfälle, die möglicherweise noch Glut enthalten können, sind gesondert einzusammeln und in geschlossenen, nichtbrennbaren Behältern aufzubewahren. Sie dürfen nicht mit den übrigen Abfällen vermengt werden.

- Feuergefährliche Arbeiten und Vermeiden von Funkenbildung

Feuergefährliche Arbeiten in Zusammenhang mit Reparatur-, Montage- und Demontearbeiten sollten vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte geprüft werden, ob anstelle dieser Arbeiten auch sogenannte kalte Verfahren (Sägen, Schrauben, Kaltkleben etc.) eingesetzt werden können.

Sind feuergefährliche Arbeiten (Schweißen, Brennschneiden, Trennschleifen, Löten, Heißkleben usw.) unvermeidbar, muss ein schriftliches Erlaubnisverfahren für feuergefährliche Arbeiten erfolgen, um eine Brandentstehung zu vermeiden oder einen Brand frühzeitig zu erkennen und wirksam zu beherrschen.

Im Erlaubnischein müssen die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen vor, während und nach diesen Arbeiten detailliert dokumentiert sein. Die Arbeiten müssen durch den Betreiber bzw. seinen Beauftragten vor Arbeitsaufnahme freigegeben werden (Sicherheitsbeauftragten, Brandschutzbeauftragten).

Für feuergefährliche Arbeiten in speziell dafür eingerichteten (stationären) Werkstattbereichen kann das Erlaubnisverfahren entfallen. Diese Bereiche sind vor Beginn der Arbeiten auf ihre Sicherheit und Sauberkeit zu überprüfen, da sie ggf. über längere Zeit nicht oder anderweitig genutzt sein können.

In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen feuergefährliche Arbeiten nicht ausgeführt werden. Zuvor müssen die Explosionsgefahren restlos beseitigt werden.

Feuergefährliche Arbeiten dürfen nur von Mitarbeitern oder Fremdfirmen ausgeführt werden, die die entsprechende fachliche Ausbildung besitzen und mit diesen Arbeiten vertraut sind. Ferner müssen sie an einer Sicherheits- und an einer Brandschutz-Unterweisung für die Plattform teilgenommen haben, die jeweils längstens zwölf Monate zurückliegen.

Für unfallgefährliche Arbeiten sollte ein schriftliches Erlaubnisverfahren praktiziert werden, bei dem die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen vor, während und nach den Arbeiten festgelegt werden.

Brandwachen sind während und nach der Arbeit aufzustellen. Auch Nebenräume sind zu kontrollieren.

- Zugangsüberwachung

Die Zugänge zur OWEA sind so zu sichern, dass Unbefugte keinen einfachen Zugang zu den technischen Anlagen haben.

Insbesondere bei nicht permanent besetzten Plattformen sind sensible Bereiche wie etwa die Leitwarte, die Schaltanlagen usw. verschlossen zu halten.

Ein unbefugtes Betreten der Plattform muss erkannt werden, etwa durch Video- oder Einbruchmeldesysteme, ggf. auch mit Ansprache-Möglichkeit an die unbefugte Person bzw. Personen.

Für Seenotfälle kann ein offen zugänglicher Bereich (Rettungsplattform, Schleuse, Schutzraum) vorhanden sein, ggf. auch mit Alarmierungsmöglichkeit/Sprechstelle.

### 5.1.1.2 Betriebsbedingte Zündquellen

Anlagenteile mit möglichen Zündquellen sind so anzuordnen und auszuführen, dass brennbare Materialien im Normalbetrieb und während einer Störung nicht entzündet werden können.

Typische betriebsbedingte Zündquellen sind z. B.:

- Blitzstrom (Blitz-/Überspannungsschutz)
- Fehler und Mängel in der Elektroinstallation, bei elektrischen Anlagen und Geräten, etwa Kurzschluss und Lichtbogen sowie Schwingkreise
- heiße Oberflächen, z. B. Heizeinrichtungen, Lager, Brems Scheibe

Heiße Oberflächen sollen mit Abdeckungen aus nichtbrennbaren Materialien abgeschirmt werden, zudem soll ein ausreichender Abstand eingehalten werden.

- Elektrische Anlagen und Geräte: Elektrische Einrichtungen wie Verteilungen, Transformatoren etc. auf den Plattformen müssen von den anderen Betriebsbereichen feuerhemmend getrennt werden. Diese abgetrennten Bereiche dürfen nicht als Lagerstätte für brennbare Materialien verwendet werden.

Elektrische Anlagen u. a. Transformatoren, Schaltanlagen sind mit den entsprechenden Schutzeinrichtungen auszurüsten:

- Schutz vor Kondensatbildung
- Differenzialschutz
- Erdschlussschutz
- Buchholzschutz (nur Transformator)

Abhängig von den Umgebungsbedingungen ist zu prüfen, ob weitere Schutzvorkehrungen, z. B. Korrosionsschutzsysteme, notwendig sind.

Die Schutztechnik, die alle elektrischen Einrichtungen sowie Maßnahmen zum Erfassen von Netzfehlern und anderen anormalen Betriebszuständen in OWEA und den Plattformen beinhaltet, soll dem Stand der Technik entsprechen. Ihre Hauptaufgabe ist die selektive Erkennung der Fehlerstelle sowie die unverzügliche Abschaltung fehlerbehafteter Teile des Netzes oder einzelner elektrischer Betriebsmittel, z. B. Transformatoren,

Leitungen, Generatoren. Bestandteile dieses Schutzkonzepts sind unter anderem:

- Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD  $\leq$  300 mA)
- Störlichtbogenschutzeinrichtungen (mit optischem Erkennungsteil)

Bestmöglichen Brandschutz gewährleisten gestaffelte Schutzkonzepte, bei denen durch Verzahnung der Schutzeinrichtungen benachbarter Betriebsmittel ein gegenseitiger Reserveschutz entsteht. Bei entsprechender Konfiguration können z. B. Brandgefahren aus einem Lichtbogen in der Niederspannungsschaltanlage trotz Versagen des Leistungsschalters vermieden werden. Geeignete Störlichtbogen-Schutzsysteme erkennen den Fehler und öffnen den Mittelspannungsschalter auf der Überspannungsseite des Transformators oder aktivieren ein sogenanntes Löschergerät (Löschung des Lichtbogens durch Erzeugung eines Kurzschlusses). Die Schutzsysteme müssen ein sofortiges geregeltes Abschalten der OWEA mit anschließender all-poliger (mittelspannungsseitiger) Trennung vom Netz sicherstellen.

*Hinweis: siehe*

- *VdS 2025 Elektrische Leitungsanlagen, Richtlinien zur Schadenverhütung*
- *VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt*
- *VdS 2349-1 Auswahl von Schutzeinrichtungen für den Brandschutz in elektrischen Anlagen*
- *VdS 2349-2 EMV-gerechte Errichtung von Niederspannungsanlagen*

Elektrische Anlagen und Überwachungssysteme müssen regelmäßig vor Ort von Sachverständigen geprüft werden. Eine wiederkehrende Prüfung von elektrischen Anlagen gemäß VdS 2871 sollte in der Regel alle zwei Jahre erfolgen.

Ortsveränderliche Geräte, die im Rahmen der Wartung und Instandsetzung oder die vom Personal auf den Aufenthalts-Plattformen eingesetzt werden, sind regelmäßig zu prüfen (siehe DGUV-Vorschrift 3 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung).

*Hinweise: siehe*

- *Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (DGUV Vorschrift 3, vorherige BGV A3)*

- *VdS 2871 Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602, Hinweise für den anerkannten Elektrosachverständigen*
- *DIN EN 50308 (VDE 0127-100) Windenergieanlagen – Schutzmaßnahmen – Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung*
- *DIN EN 50110-100 (VDE 0105-100) Betrieb von elektrischen Anlagen*
- *DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- *DIN EN 61400-3 (VDE 0127-3): Windenergieanlagen – Teil 3: Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See (IEC 61400-3)*

Zudem sollen Thermografie-Untersuchungen der Elektroinstallationen regelmäßig durchgeführt werden, u. a. in folgenden Bereichen:

- Anschlussbereiche und wenn möglich Kontakte der Niederspannungs-Sicherungslasttrenner
- Klemmvorrichtungen bzw. Klemmleisten in Verteilungen sowie Schalt- und Steuerverteilern
- Anschlussbereiche und wenn möglich Kontakte von Sammelschienen, Schütze, Kondensatoren usw.
- Anschlussbereiche und Oberflächen von Transformatoren, Konvertern und Motoren
- Energiekabel bzw. Kabelbündel
- Oberflächen von Betriebsmitteln, bei denen eine gefahrdrohende Erwärmung vermutet werden kann.

Die Durchführung der Thermografie-Prüfung ist von einem hierfür anerkannten Sachverständigen vorzunehmen werden, z. B. ein VdS-anerkannter Sachverständiger für Elektro-Thermografie.

Die Wiederkehrperiode der Thermografie-Prüfung ist in Abhängigkeit der Prüfergebnisse festzulegen.

*Hinweise: siehe*

- *VdS 2858 Thermografie in elektrischen Anlagen: Ein Beitrag zur Schadenverhütung und Betriebssicherheit*
- Verzeichnis der VdS-anerkannten Sachverständigen für Elektrothermografie (Elektrothermografen, VdS 2861): <http://vds.de/de/zertifizierungen/dienstleistungen/elektrofachkraefte-sachverstaendige/elektrothermografie/verzeichnis/>.

Das Ergebnis der Prüfungen und Mängelbeseitigung ist schriftlich zu dokumentieren, z. B. in einem Wartungspflichtenheft oder Betriebsbuch.

#### ■ Lüftungs-/Klimaanlagen, Heizungsanlagen

Dezentrale und mobile Heizungs- und Klimageräte sollen nicht eingesetzt werden. Zentraleinheiten nebst Aggregaten der Heizungs- bzw. Klima- und Lüftungstechnik sind jeweils in eigenständigen, feuerhemmend abgetrennten Räumen aufzustellen. Diese technischen Betriebsräume dürfen zur Vermeidung der Ansammlung erhöhter Brandlast nicht als Abstellräume umfunktioniert bzw. anderweitig genutzt werden (siehe auch Abs. 5.1.1).

#### 5.1.1.3 Blitz-/Überspannungsschutz

Die Notwendigkeit der für EMV-gerechte Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen (EMV = Elektromagnetische Verträglichkeit) für OWEA ergeben sich aus folgenden Gründen:

1. Die Funktionalität von OWEA wird durch elektrische/elektronische Geräte und Systeme (Betriebsmittel) sichergestellt.
2. Nach dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) werden spezielle Anforderungen an die Stör- und Spannungsfestigkeit von elektrischen/elektronischen Geräten und Anlagen (Betriebsmitteln) gestellt.

#### Plattformen

Plattformen sind mit einem umfassenden und dem jeweiligen Anlagentyp der Plattform angepassten Blitz- und Überspannungsschutzsystem auszurüsten.

Das Erdungssystem und der Potenzialausgleich aller metallischen Komponenten dienen dem Personenschutz und dem Schutz der elektrischen/elektronischen Einrichtungen vor Beschädigung oder Zerstörung durch elektrische Fehler oder durch Blitzeinschlag in die Plattform.

Anlagen zum Blitz- und Überspannungsschutz sind wie andere Anlagenteile der Plattform nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu errichten und zu betreiben. Bei der Auslegung des Schutzkonzepts dienen die Normreihe DIN EN 62305 und weitere Regelwerke von z. B. DNV GL als Basis. Grundsätzlich ist die höchst

mögliche Blitzschutzklasse (Blitzschutzklasse I = LPL I) zu wählen.

Der Erdungswiderstand für eine Erdungsanlage sollte  $\leq 10 \Omega$  betragen. Das Erdungssystem und der Potenzialausgleich sollten gemäß den vertraglichen Anforderungen und relevanten Normen und Standards gemäß DIN/VDE bzw. EN/IEC durchgeführt werden:

- DIN VDE 0185-305 bzw. DIN EN 62305 (IEC 62305-3)
- DIN VDE 0100 Teil 100
- DIN VDE 0100 Teil 410
- DIN VDE 0100 Teil 540

Alle für das Erdungssystem und den Potenzialausgleich eingesetzten Teile sollten unter Berücksichtigung von Korrosion ausgewählt werden. Diese Komponenten müssen den Anforderungen der maritimen Umgebung gerecht werden und sollten in Edelstahl ausgeführt werden.

Zum Schutz von elektrischen oder elektronischen Aufbauten auf dem obersten Deck der Plattform (z. B. Antennenanlagen, Wettermesseneinrichtungen usw.) sollten vorzugsweise isolierte Fangeinrichtungen verwendet werden. Die Blitzströme sind unter Beachtung der notwendigen Trennungsabstände zielgerichtet in das Jacket und somit ins Wasser bzw. in den Meeresboden abzuleiten, z. B. über isolierte Ableiter.

Die Fundamentpfähle (Jacket Piles oder Monopiles), die in den Seeboden gerammt werden, bilden die Basis für die Erdung. Der Erdwiderstand sollte  $\leq 10 \Omega$  sein. Die Pfähle sind elektrisch mit dem Jacket oder, wenn Monopiles verwendet werden, mit dem Transition Piece zu verbinden. Bei der Verwendung von Jackets sollte jeder der drei Pfähle eine elektrische Verbindung zum Jacket haben. Bei Verwendung von Monopiles sollten drei elektrische Verbindungen zwischen Monopile und Transition Piece in einem Winkel von  $120^\circ$  installiert werden.

Zum Potenzialausgleich innerhalb der Plattform ist es zweckmäßig, in jedem Raum einen Erdungspunkt festzulegen, der eine ausreichende Verbindung zu der metallischen Tragkonstruktion hat und über eine Potenzialausgleichsschiene (PAS) verfügt.

Alle Metallstrukturen und Metallteile, die nicht mit der Stahlkonstruktion verschweißt sind, müssen elektrisch leitend mit dem Erdungssystem verbunden werden. Angaben über die zu verwendenden Querschnitte sind in der DIN EN 62305-3 zu finden.

Mindestmaße von Leitern, die verschiedene Potenzialausgleichsschienen miteinander oder mit der Erdungsanlage verbinden, sind in der DIN EN 62305-3 Tabelle 8 zu finden. Mindestmaße von Leitern, die innere metallene Installationen mit der Potenzialausgleichsschiene verbinden, sind in der DIN EN 62305-3 Tabelle 9 zu finden.

Typische Verbindungen können sein:

- geschweißte Verbindungen
- geschraubte Verbindungen (nur für Erdleiter)
- Rivet-Verbindungen (nur für Erdleiter)

Die Länge der Verbindungen sollte 350 mm nicht überschreiten.

### **OWEA**

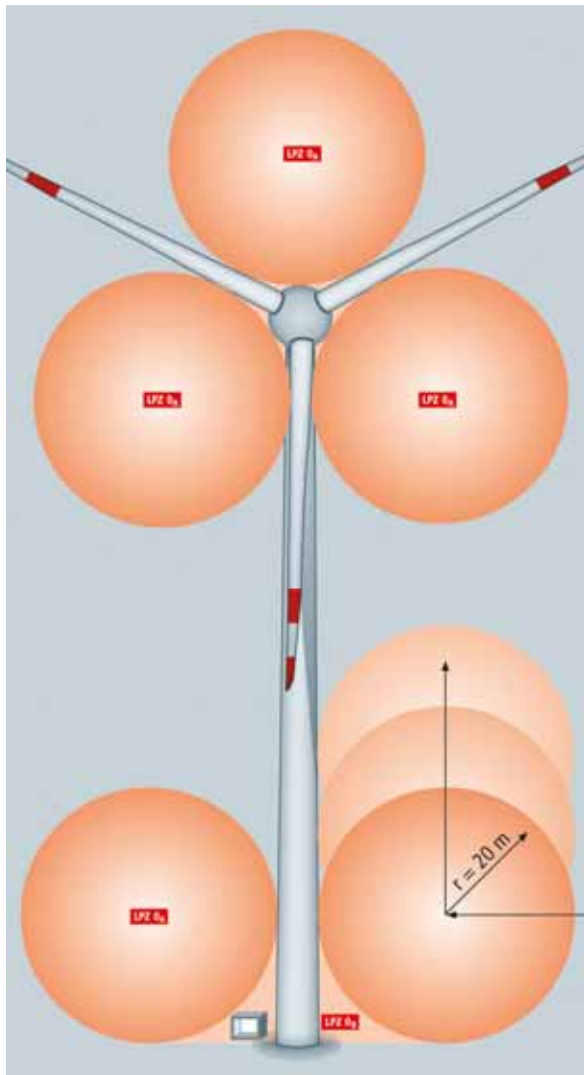
OWEA sind mit einem umfassenden und dem jeweiligen Anlagentyp der OWEA angepassten Blitz- und Überspannungsschutz auszurüsten.

Anlagen zum Blitz- und Überspannungsschutz sind wie andere Anlagenteile der OWEA nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu errichten und zu betreiben. Bei der Auslegung des Schutzkonzepts dienen u. a. die IEC DIN EN 61400-24 (VDE 0127-24) und die Normen der Reihe DIN EN 62305 als Basis.

Zur Planung von Anlagen zum Blitz- und Überspannungsschutz ist eine Risikobeurteilung durchzuführen. Grundsätzlich ist jedoch die höchstmögliche Gefährdung gemäß IEC 62305 (Blitzschutzklasse I = LPL I) anzunehmen, solange nicht durch eine Risikoanalyse eine andere Blitzschutzklasse nachgewiesen werden kann.

Bei der Planung eines Blitzschutzsystems (en: lightning protection system / LPS) einer OWEA müssen das Risiko eines Blitzeinschlages und/oder die mögliche Beschädigung der OWEA berücksichtigt werden. Blitzschäden einer ungeschützten OWEA können in Form der Beschädigung der Rotorblätter, der mechanischen Teile und der elektrischen Systeme sowie des Betriebsführungssystems auftreten. Darüber hinaus sind Menschen in OWEA und in deren Nahe Gefährdungen durch Schritt- oder Berührungsspannungen oder durch Explosionen oder Brände als Folge eines Blitzeinschlages ausgesetzt.

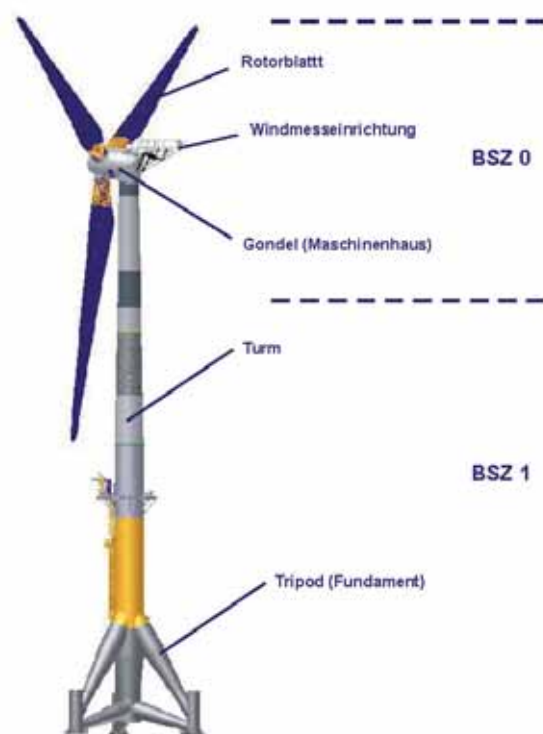
Bei der Risikobeurteilung sind u. a. die möglichen Wege des Blitzstromes, z. B. vom Rotorblatt über Nabe, Gondel, Turm und Transition Piece zum Fundament, genau zu erfassen und zu betrachten. In den Blitz- und Überspannungsschutz sind insbe-



**Abb. 2:** Blitzkugelmodell ( $r = 20\text{ m}$ , Quelle: Fa. Dehn)

sondere die Gondel und die Rotorflügel sowie alle betriebswichtigen und sicherheitsrelevanten Elektroinstallationen bzw. -einrichtungen inklusive Kabeltrassen einzubeziehen.

Zu berücksichtigen ist die Zuordnung der Anlagenteile von OWEA zu einzelnen Blitzschutzzonen in Abhängigkeit von der jeweils zu erwartenden Störgröße durch Blitzteilströme und Schaltüberspannungen. Zur Auslegung der Anlagenkomponenten des Blitzschutzes ist die relevante Schutzklasse der Anlagen festzulegen. Dabei sollte für ein umfassendes Blitzschutzsystem bei OWEA mindestens die Schutzklasse I gewählt werden. Ähnlich wie bei hohen Türmen stellen für OWEA aber auch stromschwache Blitze eine besondere Herausforderung dar. Deswegen sollten mit dem Blitzkugelverfahren (Kugelradius 20 m) Schutzbereiche bei Turm, Gondel, Nabe und Rotoren – auch drehend – festgestellt werden.



**Abb. 3:** Zuordnung der Blitzschutzzonen (BSZ) bei OWEA (Quelle: Multibrid)

### 5.1.2 Maßnahmen zur Begrenzung der Brandausbreitung (Baulicher Brandschutz)

Der Einsatz brennbarer Materialien, z. B. geschäumter Kunststoffe wie PU (Polyurethan) oder PS (Polystyrol) als Dämmstoff oder GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) für Abdeckungen und sonstige Bauteile, ist aus brandschutztechnischer Sicht möglichst zu vermeiden.

Ist der Einsatz nichtbrennbarer Materialien im Einzelfall nicht möglich, sind mindestens schwerentflammbare Stoffe (Baustoffklasse DIN 4102-B1 bzw. B oder C nach DIN 13501-1) einzusetzen. Zudem sollten geschlossoporige Stoffe mit abwaschbarer Oberfläche verwendet werden, damit Verunreinigungen, Ölleckagen u. Ä. nicht eindringen können und dadurch die Brandgefahr im Laufe der Betriebszeit erhöht wird.

Sollten zwei und mehrere Plattformen z. B. aus Gründen der erhöhten Redundanz in unmittelbarer Nähe (Abstand  $< 500\text{ m}$ ) nebeneinander angeordnet werden, ist neben der Betrachtung anderer, ggf. relevanter Gefahren und Risiken (z. B. Schiffsanprall, Ankerschäden) darauf zu achten, dass im Brandfall eine Brandübertragung über die Wärmestrahlung und die verbindenden Bauteile, z. B. Elektro- und Rohrleitungen sowie Brücken-

bauten, wirksam verhindert wird, um einen gleichzeitigen Verlust von zwei und mehr Plattformen zu vermeiden.

### Plattformen

Die Aufbauten der Plattform sollen aus geeignetem Stahl hergestellt werden, die mit Bezug auf den Brandschutz ggf. mit zusätzlichen nichtbrennbaren Baustoffen geschützt sind.

Räume sind mit Wänden und Decken von angrenzenden Bereichen der Plattform abzutrennen. Diese Bauteile einschließlich der sie tragenden oder aussteifenden Konstruktion sowie Außenwände müssen feuerhemmend (mit einer klassifizierten Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 30 Minuten = A 30 gemäß Modo Code, vergleichbar mit F 30 nach DIN 4102-2 bzw. REI 30 / EI 30 nach DIN EN 13501-2) ausgeführt werden. Die ggf. bestehende Anforderung an die baulichen Abtrennungen zu Flucht- und Rettungswege, z. B. A 60, bleibt davon unberührt.

In raumabschließenden Innenbauteilen (Decken und Wände) sind betriebsnotwendige Öffnungen, z. B. Fenster und Türen sowie Öffnungen zur Durchführung von Leitungen (Elektro-, Lüftungs- und Rohrleitungen), feuerhemmend (mit einer klassifizierten Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 30 Minuten = K 30 nach DIN 4102-2 bzw. EI 30 nach DIN EN 13501-3) abzuschotten.

### OWEA

In OWEA ist der Einsatz brennbarer Materialien, z. B. geschäumter Kunststoffe wie PU (Polyurethan) oder PS (Polystyrol) als Dämmstoff oder GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) für Abdeckungen und sonstige Bauteile, aus brandschutztechnischer Sicht möglichst zu vermeiden. Ist der Einsatz nichtbrennbarer Materialien im Einzelfall nicht möglich, sind mindestens schwerentflammbare Baustoffe einzusetzen. Zudem sollten geschlossporige Stoffe mit abwaschbarer Oberfläche verwendet werden, damit Verunreinigungen, Ölleckagen u. ä. nicht eindringen können und dadurch die Brandgefahr im Laufe der Betriebszeit erhöht wird.

*Hinweis: siehe VdS 3523 Windenergieanlagen (WEA); Leitfaden für den Brandschutz*

### Kabelanlagen

Außen liegende Kabeltrasse soll feuerhemmend (A 30) von angrenzenden Bereichen abgetrennt werden. Alternativ können die Durchführungen der

Kabeltrasse in die Räume mit für die Anwendung im Offshore-Bereich zugelassenen Systemen feuerhemmend (K 30 bzw. EI 30) abgeschottet werden.

### 5.1.3 Maßnahmen zur wirksamen Branderkennung und -bekämpfung

Für brandschutztechnische Anlagen und Einrichtungen, z. B. Brandmelde- und Feuerlöschanlagen ist folgendes zu beachten:

- Es dürfen nur anerkannte und zugelassene Bauteile eingesetzt werden. Es muss eine den Einsatzbedingungen entsprechende Bauteilprüfung und Zulassung durch eine für den Brandschutz akkreditierte Zertifizierungsstelle vorliegen. Hinsichtlich der Einsatzbedingungen müssen insbesondere auch die Umgebungsbedingungen, z. B. Luftfeuchte, korrosive Luft, max./min. Temperaturen und Temperaturschwankungen usw. beachtet werden.
- Betriebsfertig installierte Anlagen und Einrichtungen sind durch anerkannte Sachverständige abzunehmen.
- Alle Anlagen und Einrichtungen sind durch anerkannte Sachverständige regelmäßig zu prüfen und durch geeignete Fachkräfte ordnungsgemäß zu warten. Ergebnisse der Wartung, Prüfung sowie ggf. notwendiger Instandsetzung sind zu dokumentieren.
- Die ordnungsgemäße Funktion bzw. Einsatzbereitschaft von Sicherheits- und Brandschutzanlagen (z. B. Brandmeldeanlagen, Feuerlöschanlagen) ist an einer ständig besetzten Stelle zu überwachen (z. B. permanent besetzte Plattform, Leitwarte an Land usw.). Störungen müssen sofort erkannt und deren Beseitigung unverzüglich eingeleitet werden.

Bis zur Beseitigung der Störungen müssen adäquate Ersatzmaßnahmen eingeleitet werden, z. B. Aufstellen von Brandwachen o. Ä. Kann dies nicht geschehen, so sind die nach dem Notfallhandbuch festgelegten Maßnahmen zu treffen, die bis zum Abschalten der Anlage reichen können.

Die grundsätzliche Eignung von brandschutztechnischen Anlagen zur Branderkennung und Brandbekämpfung sind in nachfolgenden Tabellen übersichtlich und beispielhaft aufgeführt.

Weitere Anlagen und Einrichtungen zur Branderkennung und Brandbekämpfung für spezielle Bereiche, z. B. Hubschrauberlandedeck, können erforderlich sein.

## Branderkennung

Die grundsätzliche Eignung von BMA für WEA sind in der Publikation VdS 3523 dargestellt und erläutert (siehe auch Tabelle 4).

Raum/Einrichtung	Melderart			Rauchmelder		Wärmemelder (Index „R“ gemäß DIN EN 54-5)		Flammen- melder		Multisensor- melder	
	punkt- förmig	mehr- punkt- förmig	linien- förmig	punkt- förmig	linien- förmig	IR	UV	Rauch und Wär- me	Rauch und CO <sub>2</sub>		
										Streu- licht	An- saug
<b>Offshore Windenergieanlage (OWEA)</b>											
Gondel mit Transformator inklusive Nabe und Zwischenböden	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schaltschrankräume	+	+	+	+	+	-	-	+	+		
Turmfuß/Plattform mit ggf. vorhandenen Installationen	-	+	-	+	-	-	-	-	-		
Schaltschränke	+	+	-	-	-	-	-	+	-		
Hydrauliksystem	-	+	-	+	-	-	-	-	-		
Transformator	-	+	-	Buchholzschutz		-	-	-	-		
<b>Offshore-Plattformen (HGÜ-, Umspann- und Serviceplattform)</b>											
Leitstand der Umspannstation, Schaltschrankräume	+	+	+	+	+	-	-	+	+		
Schaltschränke	+	+	-	-	-	-	-	+	-		
Hydrauliksystem	-	+	-	+	-	-	-	-	-		
Transformator	-	+	-	Buchholzschutz		-	-	-	-		
Werkstattbereiche	+	+	+	-	-	-	-	-	-		
Wohn- und Aufenthaltsbereiche, Flure, Treppenträume	+	+	+	-	-	-	-	-	-		
Lagerbereiche	+	+	+	-	-	-	-	-	-		
Maschinenräume, z. B. Dieselgenerator	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Lagerbereiche für Gefahrstoffe, z. B. brennbare Flüssigkeiten	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
+ grundsätzlich geeignet - eher nicht geeignet Die Angaben in dieser Tabelle beziehen sich auf die grundsätzliche Eignung verschiedener Meldertypen im Hinblick auf die Funktionsweise und die allgemeinen Anwendungsbedingungen im jeweils betreffenden Anlagenbereich von Offshore-Plattformen; sie dienen als Orientierungshilfe und ersetzen nicht den erforderlichen Eignungsnachweis sowie die objektspezifische Fachplanung durch einen geeigneten Fachplaner, z. B. VdS-anerkannte Errichter. Dabei sind die typenabhängigen Besonderheiten von WEA, den Einsatz in Offshore-Bereichen und Brandmeldeanlagen in Abstimmung mit dem Versicherer (z. B. ingenieurtechnischer Abteilung), VdS Schadenverhütung GmbH sowie ggf. der Zertifizierungsstelle für OWEA zu berücksichtigen (siehe hierzu auch VdS-Richtlinien für Planung und Einbau von Brandmeldeanlagen (VdS 2095)).											

**Tabelle 4:** Hinweis zur Auswahl von Brandmeldern zur Raum- und Einrichtungsüberwachung



## Brandbekämpfung

Die grundsätzliche Eignung von Feuerlöschanlagen für WEA ist in der Publikation VdS 3523 dargestellt und erläutert (siehe auch Tabelle 5).

Raum/Einrichtung	Löschanlagen (Löschmittel)		Wasserlöschanlagen				sonstige Feuerlöschanlagen	
	CO <sub>2</sub> (Hochdruck)	chem. und inerte Löschgase	Sprinkler	Sprühwasser	Wassernebel	Schaum	Pulver	Aerosol <sup>1)</sup>
<b>Raumschutz, z. B.:</b>								
Gondel mit Generator, Transformator, Hydrauliksystemen, Getriebe, Bremse, Azimut-Antrieb	+	+	+	+	+	+	-	-
Nabe mit Pitch-Antrieb und ggf. Generator	+	+	+	+	+	-	-	-
Zwischenböden mit Ölaufangwanne sowie Kabel- und Elektroinstallation	+	-	+	+	+	+	-	-
Leitstand der Umspannungstation, Schaltanlagenräume (ohne Transformator)	+	+	-	-	+	-	-	-
Turmfuß/Plattform mit ggf. vorhandenen Installationen	+	+	+	+	+	-	-	-
Wohn-/Aufenthaltsbereiche, Flure und Treppenträume	-	-	+	-	+	-	-	-
Lagerbereiche	-	-	+	-	+	-	-	-
Lagerbereiche für Gefahrstoffe, z. B. brennbare Flüssigkeiten	+	+	-	+	+	+	-	-
Werkstattbereiche und sonstige Räume	-	-	+	-	+	-	-	-
<b>Einrichtungsschutz, z. B.:</b>								
Steuer-, Umrichter- und Schalt-schränke (NS/MS), geschlossen	+	+	-	-	+	-	-	-
Transformator	+	-	-	+	+	-	-	-
Steuer-, Umrichter- und Schalt-schränke (NS/MS), offen	+	-	-	-	+	-	-	-
Hydrauliksystem, offen	+	-	+	+	+	+	-	-
Küchenschutz	-	-	-	-	+	+	-	-
<p>+ grundsätzlich geeignet  - eher nicht geeignet  NS/MS = Niederspannung/Mittelspannung</p> <p>Die Angaben in dieser Tabelle beziehen sich auf die grundsätzliche Eignung verschiedener Feuerlöschanlagen im Hinblick auf ihre Funktionsweise und allgemeinen Anwendungsbedingungen im jeweils betreffenden Anlagenbereich von Offshore-Plattformen; sie dienen als erste Orientierungshilfe und ersetzen nicht den erforderlichen Eignungsnachweis sowie die objektspezifische Fachplanung durch einen geeigneten Fachplaner, z. B. VdS-anerkannte Errichter. Dabei sind die typenabhängigen Besonderheiten, Besonderheiten von Offshore-Bereichen und Feuerlöschanlagen in Abstimmung mit dem Versicherer (z. B. ingenieurtechnischer Abteilung), VdS Schadenverhütung GmbH sowie ggf. der Zertifizierungsstelle für OWEA zu berücksichtigen (siehe hierzu auch VdS-Richtlinien für Planung und Einbau der jeweiligen Feuerlöschanlagen).</p> <p>1) Bezüglich des Einsatzes von Aerosollöschanlagen liegen derzeit keine Erfahrungen betreffend der Zuverlässigkeit und Wirksamkeit vor.</p>								

**Tabelle 5:** Hinweis zur Auswahl von Feuerlöschanlagen für den Raum- und Einrichtungsschutz

### 5.1.3.1 Branderkennung

Zur wirksamen Begrenzung von Brand- und Folgeschäden sollen sämtliche Bereiche/Räume in OWEA (Gondel, Turm und ggf. vorhandene Zwischenebenen) und auf Plattformen durch automatische Brandmeldeanlagen überwacht werden. Doppelböden und Deckenhohlräume o. Ä. mit Brandlasten, z. B. Kabeln und sonstigen Leitungen, sind in die Überwachung einzubeziehen. Die automatische Branderkennung dient der Alarmierung vor Ort und der ggf. notwendigen Einleitung von Maßnahmen zur Evakuierung. Zudem wird eine ständig besetzte Stelle alarmiert und eine mögliche automatische Abschaltung von Anlagen und Auslösung von Löscheinrichtungen angesteuert.

Kameraüberwachungen (mit geeigneter Linsenreinigung im Außenbereich) in den relevanten Bereichen sollen dem Leitstellenpersonal die Möglichkeit geben, die Situation vor Ort visuell einzuschätzen und wenn erforderlich weitergehende Maßnahmen über die Leittechnik zu ergreifen.

Zur Visualisierung der Situation vor Ort im Brand-/Notfall sollten besonders exponierte Räume und Bereiche, Flure, Aufenthaltsräume, das Heli-Deck und „Evakuierungseinrichtungen“ mit einer Video- und/oder auch erforderlichenfalls Infrarot-Kamera ausgerüstet werden. Die Überwachungsbilder müssen zur Lageeinschätzung und Einleitung von Maßnahmen zur ständig besetzten Leitwarte übertragen werden. Inwieweit eine permanente oder situationsbedingte online Übertragung erfolgt, sollte vom jeweiligen Sicherheitsanspruch und Funktionsnutzung abhängig gemacht werden

*Hinweis: siehe VdS 2095 Richtlinien für automatische Brandmeldeanlagen – Planung und Einbau.*

Überwachung der Einrichtungen ergänzend zur Raumüberwachung ist erforderlich, wenn Einrichtungen

- gekapselt,
- zwangsbelüftet
- in Räumen mit hoher Luftwechselrate

betrieben werden, so z. B. Schalt- und Umrichterschränke. Bei der Überwachung der Einrichtungen sollte vorzugsweise ebenfalls Rauch als Brandkenngröße herangezogen werden. Im Einzelfall, insbesondere bei der Gefahr sich schnell entwickelnder Brände kann auch der Einsatz von Flammenmeldern sinnvoll sein.

*Hinweis: siehe VdS 2304 Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Planung und Einbau.*

Die Eignung der Brandmelder ist in Abhängigkeit von den jeweiligen Einsatzbedingungen und in Abstimmung mit dem Systeminhaber (Hersteller) objektspezifisch zu prüfen. Dabei ist insbesondere auf die optimale Branderkennung und die Begrenzung von Fehl- bzw. Täuschungsalarmen zu achten.

Bei einer automatischen Branderkennung sollten mindestens folgende Reaktionen ausgelöst werden:

- Alarmierung der betroffenen Bereiche sowie der gesamten Offshore-Anlage (Personenschutz)
- Brandmeldung mit gesicherter Alarmweiterleitung zu einer ständig besetzten Stelle
- Abschaltung der betroffenen Anlage und vollständige Trennung vom Netz
- Auslösung der Einrichtungs- und Raumschutzlöschanlage in Zweimeldungsabhängigkeit

Bei Meldesystemen, die unterschiedliche Alarmschwellen zulassen, besteht die Möglichkeit, in Abhängigkeit von den Alarmschwellen abgestufte Reaktionen einzuleiten, z. B. Voralarm, Hauptalarm usw.

Bei der Auswahl der Brandmeldertechnik ist stets darauf zu achten, dass in Anbetracht der erschwerten Erreichbarkeit die erforderliche Instandhaltung praktikabel gewährleistet werden kann.

### 5.1.3.2 Brandbekämpfung

Für den wirksamen Brandschutz von Offshore-Anlagen empfehlen sich selbsttätige, stationäre Feuerlöschanlagen.

Dabei kommen grundsätzlich Gaslöschanlagen, Wassernebellöschanlagen oder Schaumlöschanlagen in Betracht. Für Aufenthaltsbereiche auf Plattformen können auch Sprinkleranlagen zum Einsatz kommen.

Diese Feuerlöschanlagen können als Einrichtungs- oder Raumschutzanlagen oder eine Kombination aus beiden ausgeführt werden. Einrichtungsschutzanlagen wirken dabei selektiv auf das zu schützende Gerät oder Anlagenteil.

Aufgrund der schlechten Erreichbarkeit für Hilfskräfte ist bei der Verwendung von Einrichtungsschutzanlagen zu prüfen, ob eine zusätzliche Raumschutzanlage als Rückfallebene vorzusehen ist.

Vor Auslösung einer Feuerlöschanlage sollte die Klima- oder Lüftungsanlage automatisch abgeschaltet werden.

Für den Einsatz in Technikbereichen von Offshore-Anlagen sind Löschmittel wünschenswert, die möglichst rückstandsfrei, nicht korrosiv und elektrisch nicht leitend und für die herrschenden Umweltbedingungen in Offshore-Anlagen (Temperatur, Witterung, Dichtigkeit der zu schützenden Einrichtungen und Räume) und Brandlasten geeignet sind.

Für den Einsatz in OWEA kommen je nach Anwendungsfall, z. B.:

- CO<sub>2</sub>-Feuerlöschanlagen
- Inertgas-Löschanlagen
- chemische Löschgasanlagen
- Wassernebellöschanlagen
- Sprühwasser-Löschanlagen (Transformator- bzw. Umspannstation)

in Frage.

Der Einsatz von Pulver- bzw. Aerosol-Löschanlagen oder Löschanlagen mit Schaumzusätzen ist in Offshore-Bereichen gründlich abzuwägen, da zum einen die vollständige Löschung eines Brands unbedingt erforderlich ist, aber durch das Löschmittel Folgeschäden, z. B. Korrosion, entstehen können.

Die Eignung der automatischen Feuerlöschanlagen zum Raum- und Einrichtungsschutz ist in Abhängigkeit von den jeweiligen Einsatzbedingungen in OWEA und in Abstimmung mit dem Hersteller objektspezifisch zu prüfen. Dabei sind insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Löschwirksamkeit
- notwendige Löschgaskonzentration bzw. Wasserbeaufschlagung
- Einwirkzeit für Gaslöschanlagen (Berücksichtigung möglicher Rückzündung)
- Betriebszeit für Wasserlöschanlagen (Berücksichtigung eines effektiven Löscherfolgs)
- Dichtigkeit des Raums/Druckentlastung
- Bevorratung der Löschmittel (erforderliche Menge, Gewicht, ...)
- Volumen/Platzbedarf
- Installation, Abnahme, Inbetriebnahme
- Instandhaltung
- Zuverlässigkeit (Robustheit der Anlagen im Hinblick auf Störanfälligkeit, um die Wartungs- und Prüfungsintervalle zu begrenzen)
- Löschmittel-Folgeschäden
- Kosten

Weiterhin sei auf die notwendigen Schutzbestimmungen im Hinblick auf die Personensicherheit bei der Verwendung von Gaslöschanlagen hingewiesen.

### Plattformen

Alle Räume der Plattform, insbesondere

- technische Betriebsräume, (Trafo-/Umrichter-räume, Schaltanlagen-/Leittechnikräume, Notstrom-/Batterie- und USV-Räume) (USV = unterbrechungsfreie Stromversorgung),
- Kabelkanäle, Kabelschächte, Lager, Helideck, Gründungsstruktur etc.
- Reserveräume, Lagerräume (Betriebsstoff-, Ersatzteillager, Lager brennbarer Flüssigkeiten)
- Werkstätten
- Wohneinrichtungen

sind jeweils mit einer geeigneten, automatischen Feuerlöschanlage zu schützen (Raumschutz), da sie baulich lediglich mit einer begrenzten Feuerwiderstandsfähigkeit (A 30) voneinander abgetrennt sind.

Darüber hinaus sind ggf. folgende technischen Einrichtungen mit einer jeweils geeigneten Feuerlöschanlage zu schützen (Objektschutz), um die Brandgefahren zu minimieren:

- Transformatoren und Batterieanlagen
- elektrische Anlagen (Schaltschränke, Umrichter, Kabeltrassen, Sammelschienen)
- Tanks mit brennbaren Flüssigkeiten
- Freianlagen

Die Wahl und die erforderliche Bevorratung des wirksamen Löschmittels sind nach den jeweils zu löschenden Brandgütern zu richten.

Muss mit einem selbsttätig fortschreitenden Brandereignis gerechnet werden, muss durch die objektüberwachende Brandfrüherkennung auch ein stationärer Löschanlagenschutz automatisch ausgelöst werden.

Sind Anlagen im Außenbereich mit einem erhöhten Brandrisiko vorhanden, z. B. außenliegende Transformatoren, Generatoren oder Hubschrauberlandeplätze, so sollten diese ebenfalls in den Schutzzumfang mit einbezogen werden.

## OWEA – Gondel

Folgende Einrichtungen und Räume in der Gondel sollen mit Feuerlöschanlagen geschützt werden:

### Feuerlöschanlagen – Einrichtungen

- Steuer-, Umrichter- und Schaltschränke (NS/MS)
- Transformator
- Hydrauliksystem
- Schleifringgehäuse des Generators

### Feuerlöschanlagen – Räume

- Zwischenböden mit Ölauffangwanne, Kabel- und Elektroinstallation
- Gondel mit Generator, Transformator,
- Hydrauliksystemen,
- Getriebe, Bremse, Azimut-Antrieb
- Nabe mit Pitch-Antrieb und ggf. Generator

Die im Folgenden genannten Regelwerken können zur Abschätzung der Wirksamkeit der Löschanlage herangezogen werden. Für die Planung, Betriebsbereitschaft und Zuverlässigkeit müssen die besonderen Belange einer Offshore-Anlage berücksichtigt werden. Dies kann zum Beispiel längere Haltezeiten, Betriebszeiten oder Redundanzen zur Folge haben.

*Hinweis: siehe*

- *VdS 2093 CO<sub>2</sub>-Feuerlöschanlagen, Planung und Einbau*
- *VdS 2108 Schaum-Löschanlagen, Planung und Einbau*
- *VdS 2109 Sprühwasser-Löschanlagen, Planung und Einbau*
- *VdS 2304 Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Planung und Einbau*
- *VdS 2380 Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen, Planung und Einbau*
- *VdS 2381 Feuerlöschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen, Planung und Einbau*
- *VdS 2496 VdS-Richtlinien für die Ansteuerung von Feuerlöschanlagen*
- *VdS 3188 Wassernebel-Sprinkleranlagen und Wassernebel-Löschanlagen (Hochdruck-Systeme), Planung und Einbau*
- *VdS 2562 Verfahren für die Anerkennung neuer Löschtechniken*
- *VdS CEA 4001 Sprinkleranlagen, Planung und Einbau*

## 5.1.4 Brandschutzorganisation

### 5.1.4.1 Brandschutzbeauftragter

Es wird empfohlen, für den gesamten Brandschutz einen zentralen Ansprechpartner einzusetzen

(Brandschutzbeauftragter) und diesen entsprechend aus- und fortzubilden, z. B. nach vfdb-Richtlinie 12/09-01 oder europäischem CFFPA-Standard. Der Brandschutzbeauftragte soll alle Themen des Brandschutzes auf der Plattform und den angeschlossenen OWEA koordinieren und überwachen. Dabei kann er auch für mehrere Plattformen/Windparks zuständig sein, insbesondere wenn es sich um nicht permanent besetzte Plattformen handelt.

### 5.1.4.2 Alarm- und Gefahrenabwehrplan (Notfallplan)

Für OWEA und Plattformen soll ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan (Notfallplan) als Bestandteil des Betriebshandbuchs erarbeitet werden. Darin sollen Handlungsanweisungen an Mitarbeiter und Fremdfirmen für mindestens folgende Ereignisse enthalten, die zur Schadenminderung beitragen:

- Brand
- Explosion
- medizinischer Notfall
- Havarie/Fahrzeuganprall
- Umweltschaden
- Ausfall der regulären Stromversorgung
- Wiederinbetriebnahme
- Wettergefahren

Einzelnen Mitarbeitern können dabei besondere Aufgaben zugewiesen werden, wie z. B. Kontaktaufnahme mit Rettungskräften (an Land), Herunterfahren von Anlagen, Einleitung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr usw.

Der Notfallplan ist mindestens alle sechs Monate zu überprüfen und bei Bedarf (z. B. nach Ereignissen) zu aktualisieren.

#### ■ Sicherheits-/Brandschutzunterweisung

Das Betriebspersonal und ggf. Personal der beauftragten Fremdfirmen sind hinsichtlich der Brandgefahren in der OWEA regelmäßig zu unterweisen, z. B. zu:

- Vermeidung von Brandgefahren
- Funktionsweise installierter Brandschutzanlagen und -einrichtungen sowie deren Umgang
- richtigem Verhalten im Brandfall, z. B. Alarmierung von hilfeleistenden Stellen
- richtiger Handhabung von Feuerlöschern

Es ist zu empfehlen, Brandschutzübungen, z. B. Probealarm, Umsetzung des Notfallplans und Räumung der Gondel, regelmäßig abzuhalten

und dabei die externen Rettungskräfte einzu-  
binden.

Das Betriebspersonal und Personal der ggf. beauftragten Fremdfirmen, das an oder auf der Plattform tätig ist, müssen in Abständen von längstens sechs Monaten eine Sicherheitsunterweisung erhalten. Diese Unterweisung muss mindestens beinhalten:

- sicherheitsgerechtes Verhalten auf der Plattform
- Hinweise auf das Rauchverbot und Verbot vom offenem Feuer
- besondere Unfall- und Brandgefahren
- Erlaubnisscheinverfahren für feuergefährliche Arbeiten
- Notrufe, Bedeutung von Alarmsignalen (Sirenen usw.)
- Verhalten bei Unfall, Erste-Hilfe-Einrichtungen
- Verhalten im Brandfall, Feuerlöscheinrichtungen
- Verhalten bei besonderen Wetterlagen
- Sammelplätze, Räumung/Verlassen der Plattform

Die Unterweisungen sind namentlich zu dokumentieren und mindestens drei Jahre aufzubewahren.

Für Besucher der Plattform ist eine entsprechende Kurzunterweisung durchzuführen

- Brandschutz-Unterweisung, Brandschutz-Übungen

Das Betriebspersonal und Personal der ggf. beauftragten Fremdfirmen, die sich regelmäßig oder gelegentlich auf der Plattform aufhalten, sollen in Abständen von maximal zwölf Monaten eine Unterweisung zum Brandschutz-Helfer erhalten. Neben einem theoretischen Teil müssen auch praktische Lösversuche mit Feuerlöscheinrichtungen erfolgen, wie sie auch auf der Plattform vorhanden sind (z. B. tragbare und fahrbare Feuerlöscher, Wandhydranten). Hierfür eignen sich z. B. Feuerlöscher-Trainingsgeräte oder Heißübungsanlagen für Feuerwehrtrainig. Ferner müssen die Funktionsweisen und die manuellen Auslösemöglichkeiten für stationäre Feuerlöschanlagen auf der Plattform bekannt sein.

Die Unterweisungen sind namentlich zu dokumentieren und mindestens drei Jahre aufzubewahren.

Es wird empfohlen, monatlich eine Brandschutzübung auf der Plattform durchzuführen (Probealarm). Ziel dieser Übung ist es, das richtige Verhalten des Betriebspersonals und Personals der ggf. beauftragten Fremdfirmen im Brandfall zu trainieren und zu überprüfen. Hierzu gehört u. a. das richtige Deuten der Alarmsignale, das richtige Ausführen besonderer Tätigkeiten, der Einsatz von Feuerlöschgeräten, das Aufsuchen des Sammelplatzes usw.

- Redundanzen/sicherheitsrelevante Funktions- und Plausibilitätsüberwachung

Die ordnungsgemäße Funktion bzw. Einsatzbereitschaft von Sicherheits- und Brandschutzanlagen (z. B. Brandmeldeanlagen, Feuerlöschanlagen) ist an einer ständig besetzten Stelle zu überwachen (z. B. permanent besetzte Plattform, Leitwarte an Land, usw.). Störungen müssen sofort erkannt und deren Beseitigung unverzüglich eingeleitet werden.

Bis zur Beseitigung der Störungen müssen adäquate Ersatzmaßnahmen eingeleitet werden, z. B. Aufstellen von Brandwachen o. Ä. Kann dies nicht geschehen, so sind die nach dem Notfallhandbuch festgelegten Maßnahmen zu treffen, die bis zum Abschalten der Anlage reichen können.

#### 5.1.4.3 Feuerlöscher

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden ist eine ausreichende Anzahl von hierfür geeigneten sowie funktionsbereiten Feuerlöschern bereitzuhalten. Diese sollten an geeigneten, gut zugänglichen Stellen von OWEA und Plattformen vorhanden sein.

Das Löschmittel ist auf die vorhandenen Brandlasten abzustimmen. Wegen der negativen Auswirkungen von Löschpulver auf elektrische und elektronische Anlagen ist auf den Einsatz von Pulverlöschern möglichst zu verzichten.

#### 5.1.4.4 Schadenminderung

Nach einem Brand sollen Brandgase über vorhandene Öffnungen und ggf. mithilfe mobiler Lüfter möglichst direkt aus dem Brandraum abgeführt werden.

## 5.2 Maschinenschutz

Ziel des Maschinenschutzes ist der funktionssichere und störungsfreie Betrieb der gesamten Anlagentechnik. Wesentliche Bestandteile des Maschinenschutzes können insbesondere sein:

- Auslegung der Anlagentechnik und Baukonstruktionen für die spezifischen örtlichen Umgebungsbedingungen (z. B. Kolkschutz, Klimatisierung etc.)
- Einsatz offshore-erprobter Anlagentechnik
- Aufbau und Montage durch erfahrene Hersteller- und Errichter-Unternehmen
- bewährte Offshore-Logistik für den zuverlässigen Transport von Personal und Material
- eine effiziente und verlässliche Instandhaltung

*Hinweis: siehe GDV-Publikation „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013*

In nachfolgenden Abschnitten sind, sofern nicht gesondert ausgewiesen, zunächst Hinweise für Offshore-Plattformen und OWEA zusammengefasst aufgeführt. Ergänzend dazu werden OWEA-spezifische Hinweise gesondert aufgeführt.

### 5.2.1 Standfestigkeit und Widerstandsfähigkeit

#### 5.2.1.1 Korrosionsschutz

Zum Korrosionsschutz über der Wasserlinie empfehlen sich folgende Maßnahmen:

- jährliche Prüfung gemäß Herstellervorgaben und ggf. dem zu erstellenden IMS-Handbuch (Integriertes Managementsystem)
- Prüfung gemäß DIN EN ISO 12944, die aus folgenden Kontrollen bestehen können:
  - visuelle Sichtkontrolle
  - Kontrolle mittels geeigneter Porenprüfgeräte
  - Bei Schäden wird die Festigkeit der Beschichtung geprüft, z. B. durch eine Haftzugprüfung gemäß DIN EN ISO 4624.

*Hinweis: siehe auch*

- *DIN EN ISO 12944 Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*
- *DIN EN ISO 4624: Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit*

Zum Korrosionsschutz unter der Wasserlinie ist ein aktiver Korrosionsschutz (kathodischer Korrosionsschutz) vorzusehen. Opferanoden sind nicht einzusetzen.

- Prüfung der Wirksamkeit des Kathodenschutzes mittels
  - Referenzzellen/-elektroden des Fremdstromsystems als permanente Überwachung. Eine „Off-Potential“-Messung alle acht Stunden hat sich bewährt. Die Messwerte der Referenzzellen/-elektroden sind zu speichern und monatlich auszuwerten.
  - Messungen z. B. ROV (Remotely Operated Vehicle) als Teil der jährlichen Prüfung.
- Der passive Korrosionsschutz ist so weit unter der Wasserlinie anzubringen, bis durch die Reduktion von Sauerstoff die Sauerstoffkorrosion diffusionskontrolliert abläuft und der Werkstoff Stahl langsamer oder gar nicht korrodiert.

#### 5.2.1.2 Schutz gegen Kolkung

Aufgrund der Meeresströmungen kann es zu Freispülungen der Gründungsstrukturen kommen. Dadurch kann im schlimmsten Fall die Standsicherheit gefährdet sein.

Wird bei der Errichtung die berechnete Auskolkung berücksichtigt, kann ein zusätzlicher Kolkenschutz entfallen.

Andernfalls sind Kolkschutzsicherungen wie Steinschüttungen oder geotextile Sandcontainer als kompensatorische Maßnahmen einzusetzen.

Stellen sich im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung unzulässige Auskolkungen heraus, müssen entsprechende nachträgliche Kolksicherungen vorgenommen werden, um die nachgewiesene Tragfähigkeit wieder herzustellen.

#### 5.2.1.3 Schutz vor Naturgefahren

##### Sturm, Wellen und Eis

Abhängig vom Standort der Windparks besteht die Gefahr der Beschädigung der Gründungs- und Tragstrukturen durch Sturm, Wellen, Eis (z. B. Eisgang, Eisdecken und Presseisdecken). Zudem können die Rotorblätter durch Sturm und Vereisung in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Die Letzteren treffen z. B. für Standorte in der Ostsee zu. Dementsprechend sind die Strukturen gemäß gültigen Vorschriften und Normen auszulegen und ggf. zu schützen, z. B. durch Eisschutzpoller.

*Hinweis: siehe GDV-Publikation „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013*

Ergänzend dazu sind die OWEA insgesamt so auszulegen, dass entweder keine Vereisung eintritt oder diese die Funktionsfähigkeit der Komponenten nicht einschränkt. Dabei ist insbesondere die Funktion von Hubschrauber-Landedeck, Belüftungs- und Entlüftungskappen, Druckentlastung, Laufwege, Tragstrukturen sicherzustellen.

### **Eindringen von Tieren (Seevögel, Insekten etc.) und sonstigen Fremdkörpern**

Alle Öffnungen der Plattform, wie Türen, Fenster, Wartungs-Klappen, Lüftungs- und Klimatisierungsöffnungen etc., sind durch Gitter, Filter und Schließmechanismen so zu gestalten, dass ein Eindringen von Tieren (auch Insekten) und Fremdkörpern weitgehend vermieden wird.

Verunreinigungen durch Tiere sind ebenfalls weitestgehend auszuschließen, z. B. durch die Minimierung von Flächen zum Landen/Nisten von Vögeln.

### **Bewuchs über und/oder unter Wasser**

Der seebedingte Bewuchs ist entsprechend der gültigen Normen und Vorschriften konstruktiv, wie auch bei der Instandhaltung zu berücksichtigen.

Der Über- wie auch Unterwasserbewuchs von Strukturen ist ebenfalls Bestandteil von Betriebsüberwachung/Monitoring, durch Taucher oder ROVs.

Der bei der Wartung und Inspektion festgestellte Bewuchs ist, sofern erforderlich, zu entfernen, weil er zu zusätzlichen Lasteinträgen an den betreffenden Strukturen führen kann.

*Hinweis: siehe GDV-Publikation „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013*

Die seebodenseitigen Kabelaufnahmen der Plattform, z. B. die J-Tubes, müssen hinsichtlich des Bewuchses geprüft und dieser ggf. entfernt werden.

### **5.2.1.4 Schutz vor Diebstahl und Vandalismus**

Der Schutz vor Diebstahl und Vandalismus soll gemäß der individuellen Gefährdungsanalyse und -beurteilung ausgelegt werden. Eine Zugangsüberwachung ist grundsätzlich erforderlich (siehe Abs. 5.1.1.1).

### **5.2.2 Sicherstellung der Verfügbarkeit, Betriebssicherheit**

#### **Kabelanlagen**

Kabelanlagen und andere elektrische Anlagen sind nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, z. B. DIN-VDE-Normen, ICPC-Empfehlungen für Kabelkreuzungen, zu planen, zu installieren und zu betreiben. Dementsprechend sind sie mit Überstromschutzeinrichtungen sowie Überspannungsableitern zu versehen.

Kabelanlagen sind bei der Instandhaltung und Betriebsüberwachung/Monitoring zu berücksichtigen, da sie bei der Montage- und Instandhaltungsarbeit erfahrungsgemäß beschädigt werden können.

Zur Vermeidung von Schäden an Kabelanlagen sind nachfolgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Einrichten von Kabelschutzzonen schon vor Beginn der Bauarbeiten (Zonen, die die Kabeltrasse und einen zu definierenden Bereich um diese herum spezifizieren). Außer dem Kabelleger (CLV, Cable Laying Vessel) sollten nach Möglichkeit keine anderen Fahrzeuge im Bereich der Kabelschutzzonen ankern, aufständern (z. B. Jack-Up Barges) und/oder arbeiten!
- Festlegen von Anker- und Jack-Up-Positionen für Montagearbeiten an den OWEA und den Plattformen vor Beginn der Arbeiten. Diese Positionen müssen so gewählt werden, dass es möglichst zu keinen Überschneidungen mit den Kabelschutzzonen kommt!
- Sicherstellen einer vollständigen Footprint-Erfassung (z. B. von Jack-Up Barges).
- Permanentes, zeitnahes Erfassen und Dokumentieren der Footprints und Kabellagen. Kabelposition und Footprints müssen vollständig (in x-, y- und z-Koordinate) vorliegen. Die Aktualisierung muss sofort in der Feldokumentation umgesetzt werden.
- Footprints sind allen beteiligten Parteien zur Verfügung zu stellen.
- Durchführen von Kabelprüfungen nach Montage und zeitnah zur Inbetriebnahme (inklusive erster Elektrifizierung) oder Wiederinbetriebnahme des Kabels.

- Durchführen einer Teilentladungsmessung (TE-Messung) als elektrischer „Fingerprint“ der Innerparkverkabelung zur Zustandsbestimmung des Kabels.
  - Durchführen einer Zustandsanalyse, z. B. TE-Messung und Tan-Delta-Messung, der Innerparkverkabelung nach ca. fünf Betriebsjahren (Vergleich mit dem bei der Inbetriebnahme erstellten „Fingerprint“ des Kabelsystems).
  - Verlegen der Kabel in geschlossenen Ringschaltungen.
  - Einbeziehen der Kabelaufnahmen, z. B. Kabel-J-Tube, in die jährliche Prüfung.
  - Schutz gegen Freilegung, Versatz und mechanische Beschädigung durch regelmäßige Überprüfung der Überdeckung und des Kolks (insbesondere im Bereich der Kabeleinführungen in die OWEA und Plattformen). Außerdem soll dadurch ein Durchhang des Kabels frühzeitig erkannt werden!
  - Kontinuierliche Überwachung (Online Condition Monitoring) der wichtigsten Parameter der Kabel (Spannung, Strom, Leistung, Temperatur etc.) im Betrieb
- Ein DP-Schiff für Wellenhöhe bis  $H_{\max} = 2,5$  m ist verfügbar und das betreffende Baufeld weist eine wetterbedingte Zugangswahrscheinlichkeit von mindestens 65 % in der monatlichen Betrachtungsweise (ca. 20 Tage gemäß Wetterdienstabfrage) auf.
    - Betriebsstoffe für mindestens 14 Tage bei ggf. clusterweiser Zuschaltung der Not-schmierung der Rotorlager, Beheizung der Schaltschränke usw. Tägliche Kontrolle des Füllstands der Betriebsstoffanlagen mit Logbucheintrag.
  - Ein DP-Schiff ist nicht verfügbar. Zugang für Wellenhöhe bis  $H_{\max} < 1,0$  m möglich.
    - Betriebsstoffe für mindestens 90 Tage bei ggf. clusterweiser Zuschaltung der Not-schmierung der Rotorlager, Beheizung der Schaltschränke usw. Tägliche Kontrolle des Füllstands der Betriebsstoffanlagen mit Logbucheintrag.

*Hinweis: siehe GDV-Publikation „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013*

### 5.2.2.1 Betriebssicherheit, Notbetrieb, Notstromversorgung

Ausfälle von Export- und Importkabeln können geplant oder ungeplant auftreten. Daher ist eine Not-Energieversorgung zur Aufrechterhaltung der wesentlichen Anlagenfunktionen, auch der Leitwarte, erforderlich.

#### Plattformen

Notbetrieb der Plattform ist zu gewährleisten durch:

- Netzersatzanlagen und USV-/Notstromgenerator zur Sicherung aller wesentlichen Funktionen im Notbetrieb.
- Bei Ausfall der Netzersatzanlagen ist eine USV mit einer Stützzeit von mindestens 18 h und/oder eines weiteren Notstromgenerators zur Stützung aller Sicherheitsfunktionen im Notbetrieb vorzusehen.
- Befindet sich die Netzersatzanlage auf der Plattform, ist zu ihrer Versorgung folgende Bevorratung von Betriebsstoffen in Abhängigkeit vom verfügbaren Versorgungsschiff (Bebunkerungssystem) erforderlich:

Die Funktionen folgender Komponenten sind im Notbetrieb sicherzustellen:

- Kommunikationseinheiten: Zugriff auf den Windpark per Fernwirkverbindung. Notwendig, um aus der Ferne Schalthandlungen durchführen zu können.
- Brandschutzanlagen: Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtung
- Mittelspannungsschaltanlage zur Ausführung entfernter Schalthandlungen
- Marine light: Regulärer Betrieb der Seebefehuerung

#### OWEA

Der Notbetrieb jeder einzelnen OWEA ist ergänzend zum Notbetrieb der Plattform zu gewährleisten durch:

- Geeignetes Speichermedium, z. B. USV in jeder OWEA, mit einer Stützzeit von mindestens 30 min. Anzustreben ist eine Stützzeit von 60 min. Nach diesem Zeitraum muss die Möglichkeit zur externen Zuschaltbarkeit zur Ausführung von Schalthandlungen über die Plattform automatisch erfolgen.

Die Bebungung von Kraftstoffen für den Notbetrieb von OWEA ist entsprechend den Festlegungen für Plattformen ausulegen.

Die Funktionen folgender Komponenten von OWEA sind im Notbetrieb sicherzustellen:



- Kommunikationseinheiten: Zugriff auf die OWEA per Fernwirkverbindung. Notwendig, um aus der Ferne Schalthandlungen durchführen zu können.
- Brandmeldeanlage: Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtung
- Notschmierung der Rotorlager zum Schutz vom Hauptlager
- Kondensatheizung an elektronischen oder elektrotechnischen Komponenten zur Vermeidung von Kurzschlüssen
- Einnahme der Segelstellung
- Marine light: Regulärer Betrieb der Seebefeuerung

### 5.2.2.2 Diversifikation und redundante Systeme

Technische Störungen, Defekte oder Schäden an Anlagen lassen sich nie ausschließen. Versagen wichtige Anlagen wie Transformatoren oder Schaltanlagen, so würde der Betrieb des gesamten Windparks zum vollständigen Erliegen kommen. Daher ist für wichtige Anlagen anzustreben, eine Teil- oder Vollredundanz zu schaffen.

Für Engpassmaschinen und -komponenten ist eine Aufteilung der Anlagenleistung unabhängig voneinander wirkenden Teilanlagen vorzusehen (Risikodiversifikation).

Für Plattformen sollen folgende Anlagen redundant vorgehalten werden:

- Kommunikationssysteme
- Transformatoren
- Blindstromkompensatoren
- Hochspannungsschaltanlage
- Leittechnik, Rechner und Peripheriegeräte (Redundanzen in brandschutztechnisch getrennten Räumen)
- Klima-, Lüftungs- und Meeresluftentsalzungsanlage
- Umkehrosmoseanlage

Für OWEA sollen folgende Anlagen redundant vorgehalten werden:

- Energiespeicher der Blattantriebsysteme (in der Regel der Pitchantrieb)
- hydraulische oder pneumatische Systeme, Druckspeicher
- Windmessenrichtung (Geschwindigkeit, Richtung)
- Klimatisierungssysteme (Heizung und Kühlung)

Weiterführende Festlegungen zu Redundanzen sollten auf Basis von Verfügbarkeitsanalysen erfolgen.

### 5.2.2.3 Fail-Safe

Ziel des Fail-Safe-Modus ist es, bei Verlust von Steuerungssignalen oder bei Stromunterbrechungen Beschädigungen der Anlagen zu verhindern. Es gilt, gesicherte Positionen der Anlagen zu erreichen. Die Anlagen verbleiben in diesem sicheren Status, um nach der Behebung der Störung wieder funktionsfähig betrieben werden zu können.

Der Fail-Safe-Mode bewirkt, dass z. B. Schaltanlagen in definierte Schaltpositionen geführt werden (in der Regel geöffneter Schalter).

Für folgende Anlagen von Offshore-Plattformen und OWEA sollte ein Fail-Safe-Mode mindestens vorgesehen werden:

- Heizung/Lüftung/Klimatisierung (Vorbeugung gegen den Eintrag salzhaltiger Luft und Kondensatbildung sowie daraus ursächlicher Korrosion etc.)
- Blindstromkompensatoren
- Transformatoren
  - AC-Umspannstationen
  - Verteilungstransformatoren
  - HGÜ-Umspannstationen
- Schaltanlagen
- Gleichrichteranlagen
- Leit- und Steueranlagen (bei Ausfall USV-/Not-Energieversorgung)
- Notstromaggregate
- Süßwasser-Erzeugung (z. B. Umkehrosmose)

Für folgende Anlagen der OWEA sollte ein Fail-Safe-Mode mindestens vorgesehen werden:

- Rotorblätter (Segelstellung)
- Azimutantrieb (Ausrichtung der Gondel in Windrichtung)
- Klimatisierung, Lüftung, Meeresluftentsalzungsanlage
- Sicherheitssystem entsprechend der DIN EN ISO 13849
- Schaltanlagen.

*Hinweis: siehe DIN EN ISO 13849: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen*

#### 5.2.2.4 Anlagenüberwachung, Monitoring

Monitoring im Sinne dieser Publikation umfasst sowohl automatische als auch manuelle Zustandsüberwachung von Anlagen und Komponenten.

Meteorologische und hydrologische Einwirkungen können die Standfestigkeit der Konstruktionen beeinträchtigen. Sie sind deshalb automatisch zu erfassen und in die Alarmmeldungen des Windparks einzuschließen.

**Mess-/Steuer-/Regelwerte (MSR-Werte)**, die zur Aufrechterhaltung des Betriebs benötigt werden, sind gesichert in IST-Zeit und online zu einer ständig besetzten Leitwarte (24/7/365) zu übertragen, um ggf. sofort Gegenmaßnahmen einzuleiten. Gegenmaßnahmen sind z. B. ein Reduzieren von Leistungen, oder das zeitliche Vorziehen von Wartungsarbeiten.

Zusätzlich zur Daten-Erfassungen einzelner Anlagensteuerungen ist eine zentrale kontinuierliche Erfassung und Dokumentation der Betriebswerte umzusetzen. Mögliche Systeme sind SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) und Zustandsüberwachungssysteme, z. B. CMS (Condition-Monitoring-Systeme). Abweichungen von Betriebssollwerten können durch derartige Monitoring-Systeme frühzeitig erkannt werden.

Monitoring-Systeme müssen hinsichtlich ihrer Eignung für die Offshore-Anwendung geprüft und zertifiziert werden.

*Hinweis: siehe GDV-Publikation „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013*

Die Zeitintervalle der Aufzeichnungen sind so festzulegen, dass rückwirkend Trendanalysen zu Anlagen-Zuständen, Änderungen und Abweichungen möglich sind. Die richtige Interpretation der Aufzeichnungen kann nur mit dafür geschultem und erfahrenem Personal erfolgen.

Diese Aufzeichnungen sollen vorzugsweise für die gesamte Lebensdauer von Komponenten, mindestens jedoch fünf Jahre aufbewahrt werden.

Folgende Komponenten einer Plattform sollten in das Monitoring integriert sein:

- Transformatoren
- Blindstromkompensatoren
- Kabelanlagen

- weitere Anlagen, abhängig von der Leistungsgröße der Plattform, wie
  - Klima-, Lüftungs- und Meeresluftentsalzungsanlage
  - Korrosionsschutzanlage (kathodisch)
  - Pumpen
- Korrosionsschutz

Die nachfolgenden Anlagen stellen eine Mindestauswahl von überwachungsbedürftigen Einrichtungen dar. Die zugehörigen Kenngrößen sollen bei der Zustandsüberwachung mindestens erfasst werden.

- Transformatoren
  - elektrische Kennwerte (Spannungen, Ströme etc.)
  - Druck, Temperaturen, Schwingungen
  - Online Gas-in Öl
- Blindstromkompensatoren
  - Elektrische Kennwerte (Spannungen, Ströme etc.)
  - Druck, Temperaturen
  - Online Gas-in Öl
- Kabelanlagen
  - Elektrische Kennwerte (Spannungen, Ströme etc.)
  - Temperaturen
- Pumpen/Antriebe von Pumpen
  - Fördermengen
  - Elektrische Kennwerte, Spannungen, Ströme etc.
  - Temperaturen, Schwingungen

Folgende Betriebswerte von OWEA sollen in das Monitoring mindestens integriert werden:

- Schwingungen
- Öltemperaturen
- Drücke
- Partikel
- Spaltmaßüberwachung (getriebelose OWEA)
- Korrosionsschutz

Kamerasysteme sollten parallel zum Brandschutz auch bei der Maschinentechnik zur Überwachung eingesetzt werden, um in allen Maschinen- und Anlagenräumen visuell einen zeitnahen Überblick über die Situation vor Ort zu erhalten.

*Anmerkung: Für unbemannte Offshore-Plattformen und OWEA ist die Kameraüberwachung von noch größerer Bedeutung, um eine weitere Informationsquelle über die Situation vor Ort zu haben.*

### 5.2.3 Instandhaltung und Ersatzteilkonzept

Die Instandhaltung (Wartung, Inspektion und Instandsetzung) von Offshore-Plattformen und OWEA soll sich auf alle Bestandteile eines Windparks erstrecken.

#### 5.2.3.1 Instandhaltung

In die Instandhaltung einzuschließen sind insbesondere :

- konstruktive Ausführung einschließlich der Gründungsstrukturen
- Innerpark- und Exportkabel sowie deren Schutzmaßnahmen
- alle brandschutztechnische Anlagen und Einrichtungen

Es sollte eine präventive Wartungs- und Instandhaltungsstrategie vorgesehen werden. Bei nachfolgenden Engpasskomponenten ist dies zwingend umsetzen:

- Transformatoren
- Schaltanlagen
- Blindstromkompensatoren
- Netzersatzanlagen (Notstromaggregate)

Wartungs- und Reparaturpläne einschließlich der Ersatzteilkonzepte sind bereits vor der Errichtung und dem Betrieb mit den Herstellern zu entwickeln und umzusetzen, sodass die Instandhaltung ab der Errichtungsphase voll einsatzfähig ist. Wiederkehrende Prüfungen (WKP) sind dabei zu berücksichtigen und verlässlich durchzuführen.

Von hoher Bedeutung ist die Berücksichtigung der umweltbedingt eingeschränkten Zugänglichkeit der Anlagen. Diesen Einschränkungen ist bereits bei den Planungen und im Laufe von Wartungen und Reparaturen Rechnung zu tragen.

Die Zugänglichkeit der Plattformen ist – mit Ausnahme von Extremwetterereignissen – jederzeit über ein Boatlanding, oder Ersatzzugangssystem und ein Helideck sicherzustellen.

Zur Durchführung der Instandhaltung muss Personal mit der erforderlichen Fachqualifikation und Erfahrung eingesetzt werden.

Die Qualitätssicherung ist in allen Betriebsbereichen zur Sicherstellung der sach- und fachgerechten Ausführung der Arbeiten und Prozesse unabdingbar.

Wartungs- und Reparaturarbeiten müssen gemäß den Herstellerangaben und -empfehlungen durchgeführt werden. Sie müssen anschließend geprüft und abgenommen werden.

Die notwendigen Inspektionen sind von sachverständigen Stellen durchzuführen, Die Fristen der Inspektion sind einzuhalten. Liegen nicht genügend Erkenntnisse vor, so sind wiederkehrende Prüfungen zeitlich noch engmaschiger durchzuführen.

Bei Heavy-Lifting und Heavy-Transport(s) (z. B. bei Rotorblatttransporten) sind Prozessbeschreibungen zu erstellen und durch geeignete Prüfunternehmen zu zertifizieren. Die Ausführungsüberwachung (MWS: Marine Warranty Survey) ist durch einen geeigneten Sachverständigen wahrzunehmen.

Die Dokumentation der Instandhaltung soll mindestens Folgendes beinhalten:

- sämtliche Maßnahmen
- Lebensdauerakten der Anlagen und Komponenten
- alle Pläne, z. B. Schaltpläne, Hydraulikpläne, Anlagenzeichnungen

Die Dokumentation soll rückverfolgbar gepflegt sein und permanent auf aktuellem Stand gehalten werden.

#### 5.2.3.2 Ersatzteilkonzept

Die Festlegung, welche Ersatzteile vorzuhalten sind und in welcher Anzahl, erfolgt auf Basis der Herstellervorgaben und der Verfügbarkeitsanalyse. Sofern nicht bereits berücksichtigt, sind Ersatzteile für nachfolgende Komponenten vorzuhalten:

- Standardverschleißteile wie Lager, Hydraulikventile, E-Antriebe, Pumpen, Kabel, Leitungen, Befestigungselemente etc.
- Pitch- und Azimutantriebe
- IGBTs (Leistungsthyristoren)
- Rotorsterne
- komplett ausgerüstete und funktionsabgenommene Gondeln
- Batterien und Komponenten zur USV

Komponenten und Ersatzteile müssen mindestens den Herstellerspezifikationen entsprechen.

Der oder die Lagerorte für die Ersatzteile, ob offshore oder onshore, sind in Abhängigkeit des Instandhaltungs- und Logistikkonzepts festzulegen. Von besonderer Bedeutung für die Ersatzteilbevorzugung sind folgenden Kriterien:

- Lieferzeiten der Komponenten
- Entfernung zum nächsten Hafen
- Erreichbarkeit der Plattform:
  - Nordsee: Erreichbarkeit auch bei kritischen Wellenhöhen
  - Ostsee: Erreichbarkeit auch bei Vereisung
- Möglichkeit zur Anlieferung schwerer Ersatzteile:
  - mit Spezialschiff
  - nötige Krankkapazität
  - Zugänglichkeit in die Plattform
- Verfügbarkeit von Fachkräften mit entsprechender Offshore-Tauglichkeit und Spezialwerkzeugen

### 5.3 Transporte während des Betriebs

Für den sicheren Betrieb von Windparks ist der Transport ein entscheidender Faktor.

Für die Betriebs- und Serviceteams der Windparks müssen – unter Berücksichtigung der umgebungsbedingt eingeschränkten Zugänglichkeit – Personen- und Materialtransporte zu den Anlagen und Plattformen für einen gesicherten Betrieb gewährleistet sein.

Bereits zu Beginn der Errichtung ist ein funktionsfähiges Feldversorgungskonzept vorzuhalten. Für die anschließende Betriebsphase ist das Feldversorgungskonzept entsprechend anzupassen. Die Auslegung und Verfügbarkeit der Schiffe, CTVs (Crew Transfer Vessels)/PTVs (Personal Transfer Vessels) und Hubschrauber bestimmen den Zugang zum Windpark. DP-Schiffe sind zu bevorzugen und können die Zugangszeiten erhöhen.

Im Vorfeld sind für sämtliche Standardtransporte folgende Dokumente zu erstellen:

- Betriebsanweisungen
- Verfahrensanweisungen
- Gefährdungsbeurteilungen

Für alle Transporte, die nicht durch ein Standarddokument beschrieben sind, sind gesonderte Transportkonzepte zu erarbeiten und zu zertifizieren.

Zu berücksichtigen ist die Prozessbeschreibung zum Heavy-Lifting (siehe Abs. 5.2.3.1).

## 6 Literatur

### 6.1 Gesetze und Verordnungen

**Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)**

### 6.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

**Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) – Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (DGUV Vorschrift 3, vorherige BGV A3)**

[www.dguv.de/dguv/de/](http://www.dguv.de/dguv/de/)

### 6.3 Technische Regeln

**DIN VDE 0100 (VDE 0100) – Errichten von Niederspannungsanlagen**

- Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe (IEC 60364-1:2005, modifiziert)
- Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005-12, modifiziert)
- Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter (IEC 60364-5-54:2011)

**DIN EN 62305 (VDE 0185-305-3) – Blitzschutz (IEC 62305-3)**

**DIN EN 50308 (VDE 0127-100) – Windenergieanlagen – Schutzmaßnahmen; Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung**

**DIN EN 50110-100 (VDE 0105-100) – Betrieb von elektrischen Anlagen**

**DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) – Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen**

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 44/709/CDV:2014)

**DIN EN 61400-3 (VDE 0127-3) – Windenergieanlagen**

- Teil 3: Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See (IEC 61400-3)

**DIN EN ISO 4624** – Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2002); Deutsche Fassung EN ISO 4624:2003

**DIN EN ISO 12944** – Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme

**DIN EN ISO 13849** – Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

**IEC DIN EN 61400-24 (VDE 0127-24)** – Windenergieanlagen

- Teil 24: Blitzschutz – (IEC 61400-24:2010)

Beuth Verlag, Berlin, [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

**International Maritime Organization** – Code for the Construction and Equipment of mobile Offshore Drilling Units, 2009

[www.imo.org](http://www.imo.org)

#### 6.4 Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.** – „Erneuerbare Energien, Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial“, Stand April 2013,

[www.gdv.de](http://www.gdv.de)

**VdS 2025** – Elektrische Leitungsanlagen, Richtlinien zur Schadenverhütung

**VdS 2046** – Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt

**VdS 2349-1** – Auswahl von Schutzeinrichtungen für den Brandschutz in elektrischen Anlagen

**VdS 2349-2** – EMV-gerechte Errichtung von Niederspannungsanlagen

**VdS 3523** – Windenergieanlagen (WEA), Leitfaden für den Brandschutz

<https://shop.vds.de>

#### 6.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)

**VdS 2093** – CO<sub>2</sub>-Feuerlöschanlagen, Planung und Einbau

**VdS 2095** – Automatische Brandmeldeanlagen, Planung und Einbau

**VdS 2108** – Schaum-Löschanlagen, Planung und Einbau

**VdS 2109** – Sprühwasser-Löschanlagen, Planung und Einbau

**VdS 2304** – Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Planung und Einbau

**VdS 2380** – Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen, Planung und Einbau

**VdS 2381** – Feuerlöschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen, Planung und Einbau

**VdS 2496** – Richtlinien für die Ansteuerung von Feuerlöschanlagen

**VdS 2562** – Verfahren für die Anerkennung neuer Löschtechniken

**VdS 2858** – Thermografie in elektrischen Anlagen, ein Beitrag zur Schadenverhütung und Betriebssicherheit

**Verzeichnis der VdS-anerkannten Sachverständigen für Elektrothermografie (Elektrothermografen, VdS 2861):** <http://vds.de/de/zertifizierungen/dienstleistungen/elektrofachkraefte-sachverstaendige/elektrothermografie/verzeichnis/>.

**VdS 2871** – Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602, Hinweise für den VdS-anerkannten Elektrosachverständigen

**VdS 3111** – Brandschutzbeauftragter (Fachkraft für Brandschutz); Unverbindlicher Leitfaden für Aufgaben, Bestellung, Qualifikation und Stellung im Betrieb

**VdS 3188** – Wasserdampf-Sprinkleranlagen und Wasserdampf-Löschanlagen (Hochdruck-Systeme), Planung und Einbau

**VdS CEA 4001** – Sprinkleranlagen, Planung und Einbau

VdS Schadenverhütung Verlag  
Amsterdamer Straße 174, 50735 Köln  
[www.vds.de](http://www.vds.de) und <https://shop.vds.de>

## **6.6 weiterführende Literatur**

**Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes - vfdb** – vfdb-Richtlinien (vfdb 12-09/01): Bestellung, Aufgaben, Qualifikation und Ausbildung von Brandschutzbeauftragten

VdS Schadenverhütung Verlag  
Amsterdamer Straße 174, 50735 Köln  
[www.vds.de](http://www.vds.de) und <https://shop.vds.de>



---

Herausgeber: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV)

Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • 50735 Köln  
Telefon: (0221) 77 66 - 0 • Fax: (0221) 77 66 - 341  
Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.