

Windenergieanlagen (WEA)

Leitfaden für den Brandschutz



Der vorliegende Leitfaden ist unverbindlich. Im Einzelfall kann der Versicherer auch andere Sicherheitsvorkehrungen gemäß seiner Risikobewertung vereinbaren, die von diesen technischen Spezifikationen abweichen.

Bildquellen des Titelbildes



Hans-Werner Bastian



HDI-Gerling



Allianz



Allianz

Windenergieanlagen (WEA)

Leitfaden für den Brandschutz

Inhalt

1	Vorbemerkungen	4
2	Anwendungsbereich	4
3	Risiken	5
3.1	Sachschäden und Folgekosten	5
3.2	Schadenbeispiele	6
3.3	Brandschadenursachen	8
4	Schutzziele und Schutzkonzept	9
5	Schutzmaßnahmen	11
5.1	Verringerung der Brandentstehungsgefahren	11
5.2	Branderkennung und Brandbekämpfung	15
5.3	Maßnahmen zur Schadenbegrenzung.....	19
5.4	Qualitätssicherung.....	20
6	Literatur/Quellen	20

1 Vorbemerkungen

Mit dem politisch erklärten Ziel, regenerative Energiequellen, Energieträger zu fördern und ihren Anteil an der gesamten Energieversorgung deutlich zu steigern, haben die Windenergieanlagen (WEA) in den letzten Jahrzehnten eine rasante Entwicklung erfahren. Neben dem Ausbau von Standorten ist die Entwicklung durch eine ständige Vergrößerung der WEA-Dimensionen (Nabenhöhe, Rotordurchmesser) und eine stetige Leistungssteigerung auf heute (2007) bis zu 6 MW gekennzeichnet.

Die mit der Leistungssteigerung einher gehenden Wertkonzentration bei WEA und zunehmende Anforderungen an die Verfügbarkeit der WEA sowie Schadenerfahrungen in den letzten Jahren haben

- den Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) und
- die Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Geschäftsbereich Windenergie

veranlasst, den vorliegenden Leitfaden zum Brandschutz bei WEA zu erarbeiten.

In diesem Leitfaden werden typische Brandgefahren beschrieben, die unter den besonderen Verhältnissen des Betriebes von WEA gegeben sind. Als Ergebnis der Brandgefahrenanalyse werden Maßnahmen zur Schadenverhütung vorgeschlagen. Ziel ist es, die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Ausmaß eines Brandschadens in WEA zu minimieren. Neben den speziellen Brandschutzmaßnahmen zur Erkennung, Bekämpfung und Verhütung von Bränden sind verfahrenstechnische Sicherheitsmaßnahmen und eine umfassende Leittechnik zur Überwachung der prozesstechnischen Abläufe und Zustände erforderlich. Es muss sichergestellt werden, dass infolge der Früherkennung von Betriebsstörungen die WEA in einen sicheren Zustand überführt wird.

Zur Vermeidung mechanischer Schadenfolgen eignet sich grundsätzlich der Einsatz sogenannter Condition Monitoring Systems (CMS). Mittels Zustandsüberwachung wichtiger Bauteile und Baugruppen in WEA und der Dokumentation von Veränderungsprozessen lassen sich Maßnahmen zur Instandhaltung und Steuerung von WEA einschließlich der ggf. erforderlichen Abschaltung vor einem Schaden ableiten. Um eine qualifizierte Überwachung und zustandsorientierte Reaktion im Bedarfsfall sicherzustellen, sind nachfolgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Eignung von CMS für WEA im Hinblick auf die zu erwartenden Einsatzbedingungen
- Umfang der Zustandsüberwachung
- Meßgrößen und Messtechnik (Sensorik)
- Signalerfassung, -verarbeitung und -weiterleitung
- Maßgebliche Grenzwerte
- Alarmierung und deren Quittierung
- Mögliche Zustandsänderung und deren Auswertung (Diagnose)
- Dokumentation (Datenspeicherung) und deren Aufbereitung zur Beurteilung von Zustandsänderungen (Datenbasis)

Hierfür sind Hersteller von WEA und deren Komponenten sowie Betreiber von WEA jeweils in ihrem Wirkungsbereich verantwortlich.

Ein CMS ersetzt nicht die erforderliche Instandhaltung von WEA (Siehe auch Abschnitt 5.1.6)

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

Die vorliegende Publikation basiert auf den derzeit vorliegenden Schadenerfahrungen und vorausschauenden sicherheitstechnischen Störfallanalysen.

Falls sich grundsätzliche Änderungen in der risikotechnischen Bewertung ergeben, ist beabsichtigt, diesen Leitfaden zu aktualisieren.

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

2 Anwendungsbereich

Der vorliegende Leitfaden bezieht sich auf die Planung und den Betrieb von WEA in Turm- oder Gittermastbauweise.

Das Brandschutzkonzept gilt für Einzelanlagen und Windparks in Onshore- oder Offshore-Ausführung.

Die Brandschutzanforderungen an WEA beziehen sich auf die Gesamtanlage und berücksichtigen die anlagenspezifischen Risikoschwerpunkte bei den Rotorblättern, in der Gondel (Maschinenhaus), im Turm oder auch in Betriebsgebäuden.

Risikoabhängig können unterschiedliche Brandschutzmaßnahmen erforderlich werden.

Die Brandschutzmaßnahmen sind speziell ausgelegt für den Betrieb und für aus dem Betrieb erwachsende Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen. Alle Brandschutzmaßnahmen sollten spätestens zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme betriebsbereit sein.

Brandschutzmaßnahmen dieser Leitlinie berücksichtigen nicht den Montagezeitraum.

Dieser Leitfaden gilt grundsätzlich für neu zu errichtende Anlagen. Bestehende Anlagen sollten im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten den Brandschutzmaßnahmen dieser Leitlinie angepasst werden.

3 Risiken

WEA unterscheiden sich von herkömmlichen Energieerzeugungsanlagen durch das grundsätzlich bestehende Totalschadenrisiko der Gondel in Folge eines Entstehungsbrandes. Wesentliche Risikomerkmale sind:

- Hohe Wertkonzentrationen in der Gondel
- Konzentration von potenziellen Zündquellen in der Gondel und erhöhtes Blitzeinschlagsrisiko
- Unbemannter Betrieb
- Keine Möglichkeit der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr in Folge der großen Höhe
- Abgelegene, teilweise schwer erreichbare Standorte der WEA, vor allem bei Offshore-Anlagen.

In den vergangenen Jahren ist die durchschnittlich neu installierte Leistung pro WEA kontinuierlich angestiegen.

Jahr	Durchschnittliche Leistung je neu installierter WEA [kW]	Anzahl der gesamten Anlagen [Stück]
2002	1395	13759
2003	1553	15387
2004	1696	16543
2005	1723	17574
2006	1849	18685

Quelle DEWI (Deutsches Windenergie-Institut GmbH)

Tabelle 1: WEA in Deutschland

Die Kosten für Anlagen und deren Komponenten sowie die Wiederherstellungskosten nach einem Brandereignis steigen mit zunehmender installierter Leistung. Zusätzlich vergrößert sich der Betriebsunterbrechungsschaden mit steigender Leistung.

3.1 Sachschäden und Folgekosten

Nach Schadenerfahrungen der Versicherer können Brände bei WEA – wie die nachfolgenden Beispiele zeigen – erhebliche Sachschäden und sehr hohe Folgekosten verursachen, u. a. durch den WEA-Stillstand und Haftungsansprüche usw.

3.1.1 Sachschadenrisiko

Feuerschäden in WEA können

- in der Gondel,
- im Turm,
- in der Umspannstation der WEA oder des Windparks

entstehen.

Bei den meisten Neuanlagen sind mittlerweile

- Schalt-, Umrichter-, Steuerschränke und
- Transformator

in der Gondel untergebracht. Dadurch steigt die Gefahr einer Brandentstehung dort erheblich an. Durch die hohe Dichte an technischen Einrichtungen und brennbaren Stoffen in der Gondel kann sich ein Feuer schnell ausbreiten. Es besteht zudem die Gefahr, dass zusätzlich das oberste Turmsegment beschädigt wird. Bei einem Totalschaden der Gondel können die Wiederherstellungskosten sehr leicht den Neuwert der WEA erreichen.

Bei Offshore-WEA sind deutlich höhere Kosten für benötigte Spezialschiffe, z. B. Schwimmkräne oder Kabelleger, zu erwarten. Gerade im Totalschadenfall kann dieses die gesamten Schadenkosten signifikant erhöhen.

3.1.2 BU-Exponierung

Erfahrungsgemäß muss bei WEA im Schadenfall mit längeren Betriebsunterbrechungen gerechnet werden. Mehrere Monate sind nicht ungewöhnlich. Bei einem Totalschaden der Gondel können die Zeiten der Betriebsunterbrechung (BU) durchaus 9 bis 12 Monate betragen. Zu den Komponenten mit den längsten Lieferzeiten zäh-

len u. a. Getriebe, Generatoren und Transformatoren. Bei Offshore-WEA kommen erschwerend die Wetterabhängigkeit bei der Erreichbarkeit und die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit eines Kran-/Serviceschiffes hinzu.

Ist der Schaden so groß, dass eine Neuerrichtung der Anlage wirtschaftlich wäre, ist der Betreiber an behördliche Auflagen gebunden. Im Genehmigungsbescheid für die Errichtung einer WEA ist der Anlagentyp i. d. R. festgeschrieben. Der Betreiber hat keine Möglichkeit eine veränderte Anlage auf dem Platz der beschädigten Anlage zu errichten, wenn

- der Genehmigungsbescheid nicht mehr gültig ist oder
- keine Genehmigung für ein Repowering vorliegt.

In beiden Fällen ist ein neues Genehmigungsverfahren notwendig, das die Betriebsunterbrechungszeit verlängern kann.

Der Ausfall der Einspeisevergütung gemäß EEG beträgt bei einer WEA mit einer installierten Leistung von 2 MW und einer durchschnittlichen Jahresleistung von 4 Mio. kWh sowie einer angenommenen Laufzeit von 20 Jahren beispielsweise ca. 5.000 EUR pro Woche. (BWE Marktübersicht 2006)

Ist die zentrale Umspannstation eines Windparks von einem Brandschaden betroffen, sind alle angeschlossenen Anlagen gleichzeitig vom öffentlichen Netz getrennt. Der Ausfallschaden steigt proportional mit der Anzahl der angeschlossenen WEA. Zentrale Umspannstationen von Offshore-Windparks stellen ein besonders hohes BU-Risiko dar, da sie

- jeweils eine große Anzahl von Einzelanlagen auf sich vereinigen,
- besonders leistungsfähig sind, was in der Regel zu längere Lieferzeiten bei der Ersatzbeschaffung führt und
- wie Offshore-WEA zeitweise schwer oder nicht erreichbar und auf die Verfügbarkeit von Kran-/Serviceschiffen angewiesen sind.

3.2 Schadenbeispiele

3.2.1 Brandschaden infolge Blitzschlag

Während eines schweren Sommer-Gewitters schlug ein Blitz in den Flügel einer 2 MW-WEA ein. Die Anlage schaltete sich automatisch ab und ging in Fahnenstellung.



Abb. 1: Brand nach einem Blitzschlag bei einer 2 MW-WEA im Jahr 2004 (Bildquelle: HDI-Gerling)

Der brennende Flügel blieb senkrecht nach oben stehen und brannte nach und nach komplett ab. Herabfallende brennende Teile des Flügels führten zu einem Folgebrand in der Gondel.

Die Schadenursachenermittlung hat ergeben, dass durch eine nicht ordnungsgemäß befestigte Schraubverbindung der Blitzableitung der Brand im Flügel entstand. Der Lichtbogen zwischen Ableitkabel und Anschlusspunkt führte zu einer Verschweißung am Anschlusskabelschuh und zur Entzündung der im Flügel vorhandenen Rückstände von Hydrauliköl.

Die Gondel einschließlich Flügeln musste als Totalschaden bezeichnet werden. Der obere Schuss

des Turmes wurde auf Grund hoher Temperaturbeanspruchung ebenfalls zerstört.

Die Betriebsunterbrechung belief sich auf ca. 150 Tage, der Gesamtschaden betrug ca. 2 Mio. Euro.

Mangelhafte Blitzableitungsinstallationen in Rotorblättern von WEA haben bereits in der Vergangenheit mehrfach zu Brandschäden geführt.

3.2.2 Brandschaden infolge Maschinenbruch

Die Gondel einer 1,5 MW-WEA brannte nach dem Bruch des Schleifringlüfterrades des doppeltgespeisten Asynchrongenerators vollständig aus. Die von dem rotierenden Lüfterrad geschlagenen Funken setzten die Filtermatte des Filterkastens und die Haubenisolation nacheinander in Brand. Die Höhe des Sachschadens betrug 800.000 EUR.



Abb. 2: Abgebrannte Gondel einer 1,5 MW-WEA (Bildquelle: Allianz)

3.2.3 Brandschaden infolge Fehler in elektrischen Einrichtungen

In der Gondel einer 1 MW-WEA befand sich die Niederspannungsschaltanlage. Die Schraubverbindung an einem der Eingangskontakte des Niederspannungsleistungsschalters war nicht ausreichend angezogen. Der hohe Übergangswiderstand führte zu einem starken Temperaturanstieg an der Verbindungsstelle und zur Entzündung benachbarter brennbarer Materialien im Schaltschrank. Die vorgelagerten Sicherungen sprachen erst an, als die thermischen Schäden durch das Feuer weit vorangeschritten waren. An den nebeneinander angeordneten Steuer-, Umrichter- und Schaltschränken entstand ein Totalschaden. Der Innenraum der Gondel wurde stark verrußt. Trotz der enormen Hitze im Bereich des Brandherdes konnte sich das Feuer über die metallene Gondelhülle nicht ausbreiten. Der Sachschaden betrug 500.000 EUR.



Abb. 3: Leistungsschalter einer 1 MW-WEA – zerstört durch Brand (Bildquelle Allianz)

3.2.4 Brandschaden infolge elektrischer Schwingkreise

Mehrere Schäden gingen auf Parallelschwingkreise bestehend aus Kapazitäten (Blindleistungskompensationen oder Netzfiltern) und Induktivitäten (Generator, Anlagentransformator, EVU, Netzdrosseln, usw.) zurück, die bei der Anlagenkonzeption nicht beachtet wurden. Diese Schwingkreise wurden durch Oberschwingungen angeregt. Dabei erzeugten Resonanzerscheinungen hohe Ströme, die Kondensatoren schädigten. Durchschläge im Dielektrikum der vorgeschädigten Kondensatoren – meistens durch Überspannungseignisse hervorgerufen – führten zu einem Anstieg der Verlustleistung und teilweise zum Platzen der Kondensatorbecher. Die dadurch entstandenen Brände verursachten zumeist Totalschäden an der Blindleistungskompensation oder dem Umrichter. Schutzbeschaltungen durch Entladewiderstände und Verdrosselungen waren in den betreffenden Fällen nicht vorhanden.



Abb. 4: Geplatzer Druckbecher eines Netzfilter-Kondensators (Bildquelle: Allianz)

3.3 Brandschadenursachen

Die nachfolgenden Abschnitte geben einen Überblick über die typischen Ursachen der Brandentstehung und -ausbreitung anhand von Schaden-erfahrungen der Versicherer.

Bei Offshore-WEA ist prinzipiell mit den gleichen Brandschadenursachen zu rechnen wie an Land. Auf Grund stärkerer Belastung durch Umweltbedingungen und derzeit noch recht begrenzten Erfahrungen ist die Wahrscheinlichkeit von technischen Defekten und damit das Brandrisiko höher einzuschätzen.

3.3.1 Erhöhte Gefahren der Brandentstehung durch Blitzschlag

Eine Vielzahl von Schadenfällen hat gezeigt, dass Blitzschlag mit zu den häufigsten Brandursachen in WEA zählt.

Das besondere Blitzeinschlagsrisiko ergibt sich u. a. aus den exponierten Standorten (häufig Höhenlagen) und der großen Höhe der Baukörper.

Das Brandrisiko erhöht sich vor allem dann, wenn das Blitzschutzsystem nicht fachgerecht ausgeführt und gewartet wird. Ist der Durchgangswiderstand des Blitzableitungsweges zu hoch, sind bei einem Blitzeinschlag thermische Schäden vorprogrammiert.

3.3.2 Elektrische Anlagen

Neben Blitzschlag zählen Fehler in den elektrischen Einrichtungen der Windkraftanlage zu den häufigen Brandursachen. Das Feuer entsteht durch Überhitzung infolge von Überlast, Erd-/Kurzschluss sowie Lichtbögen. Typische Fehler sind u. a.:

- Technische Defekte oder falsch dimensionierte Bauteile in der Leistungselektronik (z. B. Schalt-, Umrichterschrank, Transformator),
- Versagen von Leistungsschaltern
- Versagen der Steuerungselektronik
- Hohe Übergangswiderstände durch ungenügende Kontakte bei elektrischen Verbindungen, z. B. bei Schraubverbindungen an Kontakt-schienen
- Unzureichendes elektrisches Schutzkonzept im Hinblick auf Isolationsfehlererkennung und Selektivität der Abschaltorgane,
- Keine bzw. keine allpolige Freischaltung des Generators bei Anlagenausfall/-abschaltung
- Fehlender Überspannungsschutz auf der Mittelspannungsseite des Transformators,
- Resonanzen in RC (resistance capacity) – Schwingkreisen (Netzfilter, Blindleistungskompensationen).

3.3.3 Heiße Oberflächen

Mechanische Bremsen, die den Rotor abbrem-sen sollen, können beim Ausfallen aller aerody-namischen Bremsen Temperaturen erreichen, die zu einer Entzündung von brennbaren Stoffen füh-ren. Bei dieser Not-Bremung geht bei mecha-nischen Bremsen ohne Abdeckung eine große Gefahr vom Funkenflug aus, der zur Entzündung auch weiter entfernter brennbarer Stoffe führen kann. Mängel an Anlagen und Anlagenteilen, z. B. Leckagen der Ölanlagen und Verschmutzung er-höhen das Brandrisiko.

Weitere Gefahren gehen bei Überlastung und mangelhafter Schmierung von den Generator- und Getriebelegern aus. In diesen Fällen lau-fen die Lager heiß. Brennbare Materialien und Schmierstoffe können sich bei Kontakt mit heißen Oberflächen entzünden. Kommt es, z. B. infolge eines Lagerschadens, zum Anstreifen rotierender Anlagenteile, kann der entstehende Funkenflug Feuer verursachen.

3.3.4 Feuergefährliche Arbeiten

Feuergefährliche Arbeiten in Zusammenhang mit Reparatur-, Montage- und Demontearbeiten, z. B. Schweißen, Trennschleifen, Löten und Brennschneiden, sind eine häufige Brandursache. Durch die bei der Arbeit auftretenden hohen Temperaturen können brennbare Materialien im näheren und weiteren Umfeld der Arbeitsstelle entzündet werden. Besonders gefährlich sind Schweiß-, Schneid- und Schleiffunken, die noch in einer Entfernung von 10 m und mehr von der Arbeitsstelle brennbare Stoffe entzünden können. Viele Brände brechen erfahrungsgemäß erst mehrere Stunden nach Abschluss der feuergefährlichen Arbeiten aus.

3.3.5 Brandlast

In der Gondel einer WEA kommt eine Vielzahl von brennbaren Materialien zum Einsatz, die eine Brandentstehung ermöglichen und eine schnelle Brandausbreitung zur Folge haben, z. B.

- Innere Schaumstoff-Schalldämmung der Gondel, teilweise mit ölhaltigen Niederschlägen kontaminiert,
- Kunststoffgehäuse der Gondel selbst (z. B. GFK)
- Öle in den Hydrauliksystemen, z. B. für Pitchverstellung, Bremssysteme. Durch den hohen Druck in den Hydraulikleitungen tritt das Hydrauliköl bei Beschädigung fein vernebelt sowie ggf. unter hoher Temperatur, aus und kann zur explosionsartigen Brandausweitung führen.
- Getriebeöl und weitere Schmierstoffe, z. B. für die Generatorlager
- Transformator-Öl
- Elektroinstallation, Kabel usw.

In der Gondel gelagerte Hydrauliköle, Schmierstoffe und nicht beseitigte ölhaltige Abfälle sind zusätzliche Brandlasten und erhöhen unnötigerweise neben dem allgemeinen Brandrisiko besonders die Gefahr der Brandausweitung.

3.3.6 Stark eingeschränkte Zugänglichkeit für die Brandbekämpfung

Die Feuerwehr hat mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln keine Möglichkeit einen Brand bei WEA im Bereich der Gondel oder des Rotors zu bekämpfen. Die Drehleiter der Feuerwehr erreicht nicht die notwendige Höhe. Von außen ist eine brennende Gondel daher nicht zu erreichen. Der Weg zur Gondel über Leiter oder Aufzug einer brennenden Anlage ist auch für Feuerwehrangehörige lebensgefährlich und daher nicht möglich.

Selbst im Umfeld der Anlage am Boden sind die Feuerwehrleute der Gefahr herabfallender brennender Teile ausgesetzt. Da immer häufiger auch Transformatoren in die Gondel integriert werden, haben die Einsatzkräfte auf hochspannungsführende Leitungen zu achten.

Bei bisher aufgetretenen Bränden war der Einsatz der Feuerwehr auf die Absicherung des Brandortes und der Verhinderung von Folgebränden auf dem Boden oder an benachbarten Einrichtungen beschränkt.

Bei Offshore-WEA ist eine manuelle Brandbekämpfung von außen nicht zu erwarten.

3.3.7 Einschränkungen bei der Instandhaltung (Wartung, Inspektion und Instandsetzung)

Bei beengten Raumverhältnissen in Windkraftanlagen und eingeschränkter Zugänglichkeit von Anlagenkomponenten ist es für das Wartungspersonal sehr schwierig Wartungsarbeiten sach- und fachgerecht durchzuführen. Die Qualität der Arbeit kann darunter leiden.

4 Schutzziele und Schutzkonzept

Brandschutzmaßnahmen für WEA, die im vorliegenden Leitfaden eingehend beschrieben sind, sollen bestehende Bestimmungen ergänzen und zielen insbesondere darauf ab, Sachschäden einerseits durch die Begrenzung von Gefahren der Brandentstehung und Brandausbreitung zu minimieren sowie eine brandbedingte Betriebsunterbrechung andererseits zu vermeiden und damit verbunden die Verfügbarkeit der Anlagen sicherzustellen.

Der erforderliche Schutzzumfang von WEA kann ggf. je nach der objektspezifischen Gefährdung und zu versichernden Risiken variieren, der nach Schadenerfahrungen der Versicherer auch die Versicherbarkeit maßgeblich bestimmen kann.

Zur Sicherstellung der erforderlichen Brandsicherheit ist es erfahrungsgemäß stets sinnvoll, ein Brandschutzkonzept in Abstimmung mit allen Beteiligten, insbesondere dem Versicherer, zu erstellen, in dem bauliche, anlagentechnische und organisatorische Schutzmaßnahmen sich risikogerecht und schutzzielorientiert einander ergänzen sollen sowie wechselseitige Beeinträchtigung der Schutzfunktionen ausgeschlossen werden müssen. Dabei sollten die Gefahren der Brandentstehung u. a. durch die

- Verwendung nichtbrennbarer oder schwerentflammbare Stoffe,
- Brandfrüherkennung mit automatischen Brandmeldeanlagen (BMA),
- regelmäßige sowie fachkundige Instandhaltung,
- automatische Abschaltung der Anlagen und vollständige Trennung vom Netz bei einer Gefahrerkennung,
- Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit Gefahrensituationen und betriebliche Regelungen für feuergefährliche Arbeiten, z. B. Schweiß-erlaubnisscheinverfahren,

effektiv begrenzt werden.

Zur Begrenzung von Gefahren der Brandausbreitung haben sich neben dem Einsatz feuerwiderstandsfähiger Bauteile insbesondere die

- Brandfrüherkennung mit automatischen Brandmeldeanlagen (BMA) und
- Brandbekämpfung mit automatischen Feuerlöschanlagen

bewährt.

Zudem ist grundsätzlich hilfreich, einen Notfallplan zur Schadenbegrenzung zu erstellen und aktuell zu halten sowie dessen Umsetzung durch die regelmäßige Übung sicherzustellen.

Für die Planung, Ausführung und den Betrieb dieser Brandschutzmaßnahmen sowie deren Qualitätssicherung sind vielfach anerkannte Regeln der Technik erarbeitet worden, auf die im vorliegenden Leitfaden verwiesen werden.

Darüber hinaus können mit Hilfe von Condition Monitoring Systemen (CMS) Zustandsänderungen im Antriebsstrang frühzeitig erkannt und damit auch die davon ausgehenden Gefahren der Brandentstehung vermieden werden.

Hinweis: siehe GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Condition Monitoring Systemen für Windenergieanlagen

Bei einer brandschutztechnischen Ertüchtigung von bestehenden WEA gemäß diesem Leitfaden sollte bereits im Vorfeld u. a. in Abstimmung mit Behörden, dem Anlagenhersteller, der Zertifizierungsstelle der WEA sowie dem Versicherer geklärt werden, in wie weit durch die Nachrüstung ggf. eine Erneuerung der behördlichen Genehmigung und der Zertifizierung der Anlagen erforderlich ist.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, den erforderlichen Schutzzumfang in Abhängigkeit von Risikoparametern zu staffeln. Zu berücksichtigen sind z. B.

- Schadenerfahrungen mit unterschiedlichen Anlagentypen und -komponenten,
- Anlagenleistung in MW,
- Aufbau der WEA und Anordnung von Risikokomponenten
- Aufstellungsort (On- oder Offshore),
- Versicherungssumme und
- Höhe des Selbstbehaltes

In der Tabelle 2 ist beispielhaft eine Stafflung der Schutzmaßnahmen mit Hilfe sogenannter Schutzklassen dargestellt und gekennzeichnet. Es ist in Abstimmung mit dem Versicherer möglich, ggf. eine andere Stafflung von Schutzmaßnahmen zu vereinbaren. Dabei werden Blitz- und Überspannungsschutz gemäß Abs. 5.1.1 sowie allgemeine elektrische Schutzmaßnahmen gemäß Abs. 5.1.2 grundsätzlich vorausgesetzt.

Zudem sollte beim Ansprechen der automatischen Brandfrüherkennung als Einrichtungs- oder Raumüberwachung die WEA automatisch abgeschaltet und vollständig vom Netz getrennt werden.

Schutzmaßnahmen als Bausteine	Schutzklassen			
	0	1	2	3
BMA – Einrichtungs- und Raumüberwachung	x	x	x	x
Feuerlöschanlagen – Einrichtungsschutz				
Steuer-, Umrichter- und Schaltschränke (NS/MS)		x	x	x
Transformator			x	x
Hydrauliksystem				x
Schleifringgehäuse des Generators				x
Feuerlöschanlagen – Raumschutz				
Zwischenböden mit Ölauffangwanne und Kabel und Elektroinstallation			x	x
Gondel mit Generator, Transformator, Hydrauliksystemen, Getriebe, Bremse, Azimut-Antrieb				x
Nabe mit Pitch-Antrieb und ggf. Generator				x
Turmfuß/-plattform mit ggf. vorhandenen Installationen				x

Tabelle 2: Beispiele der Schutzklassen

Der Nachweis der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit von anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen kann durch entsprechende Anerkennung für Bauteilen und Systemen von VdS Schadenverhütung oder vergleichbare Anerkennung erfolgen.

Das gesamte Brandschutzkonzept für eine WEA soll ggf. in Abstimmung mit dem Versicherer von einer unabhängigen, anerkannten Stelle insbesondere im Hinblick darauf überprüft werden, ob ein risikogerechter Schutz der jeweiligen WEA sichergestellt ist. Dies kann im Rahmen eines Prüf- und Zertifizierungsverfahrens in Ergänzung zu den in der Praxis bewährten und ggf. erforderlichen Typenprüfungen und Zertifizierungen durch z. B. Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH erfolgen. Hierfür kann das Muster-Schutzkonzept im vorliegenden Leitfaden als Bewertungsgrundlage herangezogen werden.

Hinweis: siehe GL Wind-Leitfaden, Zertifizierung von Brandschutzsystemen für Windenergieanlagen (WEA), Prüfverfahren

5 Schutzmaßnahmen

Die nachfolgenden Ausführungen stellen eine Anleitung zur Festlegung von Brandschutzmaßnahmen im Rahmen eines objektspezifischen Brandschutzkonzeptes dar.

5.1 Verringerung der Brandentstehungsgefahren

Bereits in der Planungs- und Konstruktionsphase sollten mögliche Brand- und Explosionsgefahren erkannt und wichtige Aspekte des Brandschutzes beachtet werden.

5.1.1 Blitz- und Überspannungsschutz

WEA sind mit einem umfassenden und dem jeweiligen Anlagentyp der WEA angepassten Blitz- und Überspannungsschutz auszurüsten. Anlagen zum Blitz- und Überspannungsschutz sind wie andere Anlagenteile der WEA nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu errichten und zu betreiben.

Zur Planung von Anlagen zum Blitz- und Überspannungsschutz ist eine Risikobeurteilung durchzuführen oder es ist die höchst möglich Gefährdung gemäß IEC 62305 (Blitzschutzklasse I = LPL I) anzunehmen. Bei der Risikobeurteilung sind u. a. die möglichen Wege des Blitzstromes,

z. B. vom Rotorblatt über die Nabe, Gondel und Turm zum Fundament, genau zu erfassen und zu betrachten.

In den Blitz- und Überspannungsschutz sind insbesondere die Gondel und Rotorflügel sowie alle betriebswichtigen und sicherheitsrelevanten Elektroinstallationen bzw. -einrichtungen inklusiv Kabeltrassen einzubeziehen.

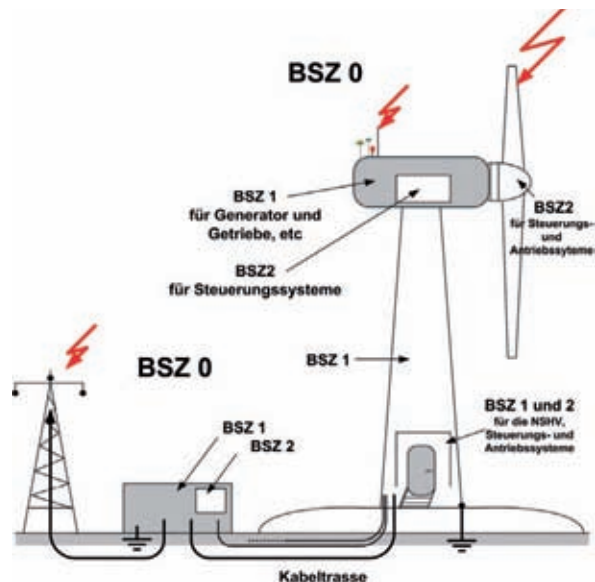


Abb. 5: Zuordnung der Blitzschutz-zonen (BSZ) bei WEA mit Metallgondeln (Quelle: Phoenix Contact)

Zu berücksichtigen ist die Zuordnung der Anlagenteile von WEA zu einzelnen Blitzschutz-zonen 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 WEA mindestens die Schutzklasse II gewählt werden.

Ähnlich wie bei hohen Türmen stellen für WEA aber auch stromschwache Blitze eine besondere Herausforderung dar. Deswegen sollten mit dem Blitzkugelverfahren Schutzbereiche bei Turm, Gondel, Nabe und Rotoren – auch drehend – festgestellt werden.

Hinweis: siehe

- **VdS 2010:** *Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz; Richtlinien zur Schadenverhütung*
- **DIN EN 61400 (VDE 0127):** *Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1)*

- *DIN EN 62305 (VDE 0185-305) Blitzschutz*
- *Teil 1: Allgemeine Grundsätze (DIN EN 62305-1; VDE 0185-305-1)*
- *Teil 2: Risiko-Management (VDE 0185-305-2) einschließlich Beiblättern 1 und 2*
- *Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (DIN EN 62305-3 und VDE 0185-305-3) einschließlich Beiblättern 1 bis 3*
- *Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (IEC 62305-4)*
- *Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen: 8 Elektrische Systeme; Abschnitt 7: Blitzschutzmaßnahmen, Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH*

5.1.2 Minimierung von Gefahren aus elektrischen Anlagen

Die Schutztechnik, die alle elektrischen Einrichtungen sowie Maßnahmen zum Erfassen von Netzfehlern und anderen anormalen Betriebszuständen in WEA und den zugehörigen peripheren Anlagen 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. Transformator, Leitung, Generator. In den meisten älteren WEA besteht derzeit kein ausreichender Schutz.

Bestmöglichen Brandschutz gewährleisten gestaffelte Schutzkonzepte, bei denen durch Verzahnung der Schutzeinrichtungen benachbarter Betriebsmittel ein gegenseitiger Reserveschutz entsteht. Dies gilt für die gesamte vom Anlagenhersteller und Windparkentwickler geplante Anlage oder Anlagenteile, die der Planer in Eigenregie nach den Vorgaben des Anlagenherstellers erstellt. Bei entsprechender Konfiguration können zum Beispiel Brandgefahren aus einem Lichtbogen in der Niederspannungsschaltanlage trotz Versagen des Leistungsschalters vermieden werden. Geeignete Störlichtbogenschutzsysteme erkennen den Fehler und öffnen den Mittelspannungsschalter auf der Oberspannungsseite des Transformators. Damit wird das fehlerhafte Anlagenteil selektiv vom Netz getrennt. Gleiches gilt für hochohmige Erdschlüsse, welche zwischen Niederspannungsleistungsschalter und Transformator entstehen.

Die Schutzsysteme müssen ein sofortiges geregeltes Abschalten der WEA mit anschließender allpoliger (mittelspannungsseitiger) Trennung vom Netz sicherstellen. Das Ansprechen von Schutzeinrichtungen soll eine Störmeldung an die Fernüberwachung auslösen.

Hinweis: siehe

- *VdS 2025 Kabel- und Leitungsanlagen, Richtlinien zur Schadenverhütung*
- *VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt*
- *VdS 2349 Störungsarme Elektroinstallation*

5.1.3 Minimierung brennbarer Stoffe

Hydraulik- und Schmieröle sind so auszuwählen, dass sie neben ihren benötigten technischen Eigenschaften möglichst nichtbrennbar sind bzw. einen hohen Flammpunkt aufweisen, der deutlich über den Betriebstemperaturen der Anlagen liegt.

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) 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.

Es sollten Kabel und Leitungen verwendet werden, die bei der Verbrennung möglichst

- wenig giftige und korrosive Zersetzungsprodukte abspalten,
- raucharm sind und geringe Verschmutzung der Räume und des Inhalts verursachen,
- die Brandweiterleitung nicht unterstützen.

Bei Arbeiten an Anlagenteilen, die brennbare Flüssigkeiten oder Öle enthalten, ist darauf zu achten, dass austretende Flüssigkeiten sicher aufgefangen werden, z. B. durch die Aufstellung von Wannen oder den Einsatz nichtbrennbarer Ölbindemittel. Leckagen sind umgehend zu beseitigen.

Nach der Beendigung der Arbeiten sind die aufgefangenen Flüssigkeiten ordnungsgemäß zu entsorgen und verunreinigte Ölbindemittel aus der Anlage zu entfernen.

Die Lagerung brennbarer Materialien sowie von Hilfs- und Betriebsstoffen ist innerhalb der WEA zu unterlassen.

5.1.4 Vermeidung von möglichen Zündquellen

Mögliche Zündquellen sind z. B.:

- Blitzstrom
- Funkenflug beim Bremsvorgang einer mechanischer Bremse
- Kurzschluss und Lichtbogen sowie Schwingkreise bei elektrischen Geräten und Anlagen
- Heiße Oberflächen, z. B. Lager, Bremsscheibe,
- Selbstentzündung durch verschmutzte Putzlappen (z. B. Öle, Lösemittel).

Anlagenteile mit möglichen Zündquellen sind so anzuordnen und auszuführen, dass brennbare Materialien im Normalbetrieb und während einer Störung nicht entzündet werden können. Dazu kann es erforderlich sein, Abdeckungen, Leitbleche oder ähnliches aus nichtbrennbaren Materialien anzubringen.

Elektrische Einrichtungen sollten möglichst abgekapselt werden.

Verschmutzte Putzlappen sind bei Verlassen der WEA zu entsorgen.

5.1.5 Feuergefährliche Arbeiten

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

Sind feuergefährliche Arbeiten unvermeidbar, sind vor, während und nach der Arbeit Brandschutzmaßnahmen zu ergreifen, um eine Brandentstehung zu vermeiden oder einen Brand frühzeitig zu erkennen und wirksam zu beherrschen.

Hinweise: siehe

- **VdS 2008** „*Feuergefährliche Arbeiten – Richtlinien für den Brandschutz*“
- **VdS 2036** „*Erlaubnisschein für Schweiß-, Schneid-, Löt-, Auftau- und Trennschleifarbeiten*“ (Muster)
- **VdS 2047** „*Sicherheitsvorschriften für Feuergefährliche Arbeiten*“

5.1.6 Instandhaltung (Wartung, Inspektion und Instandsetzung) maschineller und elektrischer Anlagen

Brände aus technischen Defekten elektrischer und maschineller Anlagen gehören zu den häufigsten Schadenursachen. Ein Mittel zur Reduzierung derartiger Schäden ist eine regelmäßig durchgeführte Wartung nach Vorgaben des Herstellers (Wartungsanleitung) und Inspektionen solcher Anlagen sowie die rechtzeitige Instandsetzung festgestellter Mängel.

Ein Hilfsinstrument hierfür sind die in vielen WEA bereits vorhandenen Systeme zur automatischen Überwachung wichtiger Betriebsparameter, z. B. Druck, Temperatur, an maschinellen und elektrischen Anlagen wie Transformator, Generatorwicklungen, Getrieben, Hydrauliksystemen oder Lagern. Grenzwertüber- und -unterschreitungen sollten zu einer Alarmierung und letztendlich zur automatischen Abschaltung einer WEA führen können. Bei der Typenprüfung und Zertifizierung von WEA wird die Überwachung der Betriebsparameter in der Regel berücksichtigt.

Elektrischer Anlagen und Überwachungssysteme in WEA müssen regelmäßig vor Ort von Sachverständigen geprüft werden. Dabei muss u. a. eine Gas- und Ölanalyse der Transformator-Isolierflüssigkeit mindestens alle fünf Jahre durchgeführt werden.

Die Analyse lässt einen Rückschluss auf die Qualität des Isolieröles zu und liefert Aufschlüsse über mögliche elektrische Fehler, thermische Überlastungen des Transformators und den Zustand des Papier-Dielektrikums. Bei Fehlern im Aktivteil von Öltransformatoren besteht auf Grund der großen elektrischen Ströme in Verbindung mit dem Isolieröl als Brandlast Explosionsgefahr infolge eines rasch anwachsenden Kesselinnendruckes. Bei Trockentransformatoren ist eine Kontrolle der Oberfläche jährlich durchzuführen und falls notwendig eine Reinigung vorzusehen. Zusätzliche Sicherheit bieten Einrichtungen zur optischen Erkennung von Teilentladungen (Funkenschalter).

Eine wiederkehrende Prüfung von elektrischen Anlagen gemäß **VdS 2871** sollte in der Regel alle 2 Jahre erfolgen.

Hinweise: siehe

- **VdS 2871** *Prüfrichtlinien nach Klausel 3602, Richtlinien für die Prüfung elektrischer Anlagen*

- *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 60599 (VDE 0370-7, IEC 60599) In Betrieb befindliche, mit Mineralöl imprägnierte elektrische Geräte – Leitfadens zur Interpretation der Analyse gelöster und freier Gase*
- *DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2) Windenergieanlagen – Teil 2: Sicherheit kleiner Windenergieanlagen (IEC 61400-2)*
- *Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (BGV A 3, vorherige VBG 4)*

Neben diesen Prüfungen sollten Thermografie-Untersuchungen an der Elektroinstallation regelmäßig durchgeführt werden; z. B. in folgenden Bereichen:

- Anschlussbereiche und wenn möglich Kontakte der NH-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, Konverter und Motoren
- Energiekabel bzw. Kabelbündel
- Oberflächen von Betriebsmitteln, bei denen eine gefahrdrohende Erwärmung vermutet werden kann.

Die Durchführung der Thermographie-Untersuchung sollte von einem hierfür anerkannten Sachverständigen vorgenommen werden, der nachweislich die fachliche Qualifikation besitzt und über die notwendigen Messgeräte verfügt, z. B. VdS-anerkannter Sachverständiger für Elektro-Thermografie.

Hinweise: siehe

- [VdS 2858](#) *Thermografie in elektrischen Anlagen*
- [VdS 2861](#) *VdS-anerkannte Sachverständige für Elektrothermografie (Elektrothermografen), siehe www.vds.de*

Ortsveränderliche Geräte, die im Rahmen der Wartung und Instandsetzung eingesetzt werden, sind nach der BGV A3 regelmäßig zu prüfen (Richtfrist halbjährlich, Maximalfrist jährlich).

Blitzschutzsysteme sind regelmäßig (jährlich) von einem hierfür anerkannten Sachkundigen zu prüfen. Die Prüfung der Funktionsfähigkeit und des Zustandes vom Blitzschutzsystem beinhaltet insbesondere eine Sichtprüfung aller Fang- und Ableitungseinrichtungen sowie die Messung des Durchgangswiderstandes der Ableitungsstrecke von den Fangeinrichtungen in den Rotorblättern bis zur Erdanschlussfahne und des Fundamentausbreitungswiderstandes.

Hinweis: siehe

- [VdS 3432](#) *VdS-anerkannte Sachkundige für Blitz- und Überspannungsschutz sowie EMV-gerechte elektrische Anlagen (EMV¹-Sachkundige)*
- *Arbeitsrichtlinie „Überprüfung des Zustandes des Blitzschutzsystems von Windenergieanlagen“, Bundesverband WindEnergie – BWE (Fassung: Oktober 2004)*

Bei dieser wiederkehrenden Prüfung ist zusätzlich der Fundamentausbreitungswiderstand gemäß VDE 0185-305-3 (EN 62305-3) zu messen.

Das Ergebnis der Instandhaltung sollte schriftlich festgehalten werden, z. B. in einem Wartungspflichtenheft oder Betriebsbuch. Mängel, die bei der Wartung oder Prüfung festgestellt sind, sollten unverzüglich behoben werden. Die Mängelbeseitigung ist zu dokumentieren und nachzuprüfen.

5.1.7 Rauchverbot

Für den gesamten Bereich der WEA ist ein Rauchverbot auszusprechen.

Um die Einhaltung des Rauchverbotes sicherzustellen, sollten die Beschäftigten und ggf. Fremdfirmen belehrt und Verstöße gegen das Rauchverbot mit Sanktionen geahndet werden.

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

5.1.8 Schulung

Das Servicepersonal und ggf. die beauftragten Fremdfirmen sind hinsichtlich der Brandgefahren in der WEA regelmäßig zu unterweisen, z. B.

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

¹ EMV = Elektromagnetische Verträglichkeit

Es ist zu empfehlen, Brandschutzübungen, z. B. Probealarm, Umsetzung des Notfallplans und Evakuierung der Gondel, regelmäßig abzuhalten und dabei die örtliche Feuerwehr einzubinden.

5.2 Branderkennung und Brandbekämpfung

Die Einsatzbedingungen, hier in erster Linie die Umwelt- und Wetterbedingungen, für die brandschutztechnischen Anlagen in WEA können erheblich variieren.

Besonders zu berücksichtigen sind hier z. B.

- Einflüsse aus salzhaltigen Atmosphären (Offshore WEA),
- starke Temperaturschwankungen bedingt durch den Tag-Nacht-Wechsel, z. B. bei nächtlicher starker Abkühlung und intensiver Sonneneinstrahlung tagsüber,
- Vibrationen,
- Ölniederschläge,
- Luftwechsel und Strömungsverhältnisse in der Gondel.

Weiterhin kann eine erhöhte Luftfeuchtigkeit, z. B. bedingt durch den Standort, und Bauweise der WEA die Wirkungsweise der Anlagentechnik beeinflussen.

Einflüsse, die die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der eingesetzten Brandschutztechnik beeinflussen können, sind deshalb schon in der Planungsphase der Anlage entsprechend zu berücksichtigen und auf die unterschiedlich verwendeten Techniken und Bauweisen von WEA abzustimmen.

5.2.1 Branderkennung

Zur wirksamen Begrenzung von Brand- und Folgeschäden sollen auch bei WEA Brände insbesondere durch automatische Brandmeldeanlagen rechtzeitig erkannt werden, da WEA in der Regel ohne Personal betrieben werden. Grundsätzlich wird hierbei zwischen der Raum- und Einrichtungsüberwachung unterschieden.

Die automatische Branderkennung dient einerseits der Information der Leittechnik und andererseits der automatischen Auslösung von Löscheinrichtungen nebst ggf. möglicher automatischer WEA-Abschaltung.

Raumüberwachung

Gondel und Bereiche des Turmes, in denen WEA-Technik untergebracht ist, sowie externe Transformator- und Umspannstationen sind durch eine automatische Brandmeldeanlage (BMA) zu überwachen.

Doppelböden und Deckenhohlräume o. ä. mit Brandlasten, z. B. Kabeln und sonstigen Leitungen, sind in die Überwachung einzubeziehen.

Hinweis: siehe [VdS 2095 Richtlinien für automatische Brandmeldeanlagen – Planung und Einbau](#).

Brandmelder müssen immer für den zu überwachenden Bereich und die zu erwartenden Brandkenngrößen geeignet sein. Auf die besonderen Umgebungsbedingungen, z. B. Temperatur, Luftfeuchte, und Vibrationen, ist bei der Auswahl und dem Betrieb der Brandmelder zu achten; ggf. kommen Melderheizungen zum Einsatz. Bei der Überwachung in der WEA sollten vorzugsweise Brandmelder mit der Kenngröße Rauch zum Einsatz kommen.

Einrichtungsüberwachung

Bei Einrichtungen, die z. B.

- gekapselt,
- zwangsbelüftet und
- in Räumen mit hoher Luftwechselrate

betrieben werden, z. B. Schalt- und Umrichterschranke, sind Überwachungen der Einrichtungen ergänzend zur Raumüberwachung erforderlich. Bei der Überwachung der Einrichtungen sollte vorzugsweise ebenfalls Rauch als Brandkenngröße herangezogen werden.

Hinweis: siehe [VdS 2304 Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Richtlinien für Planung und Einbau](#).

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

Mineralöl-Transformators sollten ergänzend zur raumüberwachenden Branderkennung und Temperaturüberwachung mit Buchholzschutz (Vor- und Hauptalarm mit Abschaltung) abgesichert werden.

Eine automatische Brandfrüherkennung macht nur Sinn, wenn bei Ansprechen derselben mindestens folgende Reaktionen ausgelöst werden:

- Brandmeldung mit Alarmweiterleitung zu einer ständig besetzten Stelle
- Abschaltung der WEA und vollständige Trennung vom Netz
- Auslösung der Einrichtungs- und Raumschutzlöschanlage in Zweimeldungsabhängigkeit (Typ B)

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 die erforderliche Instandhaltung praktikabel in Anbetracht des Standortes und der beengten Verhältnisse in der Gondel gewährleistet werden kann.

5.2.2 Brandbekämpfung

Auf Grund des personenlosen Betriebs der WEA, der zeitaufwendigen Erreichbarkeit (insbesondere auch bei Offshore-Anlagen) und der stark eingeschränkten Zugänglichkeit für die Feuerwehr kann eine wirksame Brandbekämpfung und damit auch Schadenbegrenzung erfahrungsgemäß insbesondere durch automatische Feuerlöschanlagen sichergestellt werden.

Feuerlöschanlagen

Für den wirksamen Brandschutz von WEA empfehlen sich selbsttätige, stationäre Feuerlöschanlagen. Dabei kommen grundsätzlich sowohl Gaslöschanlagen als auch Wasserfeinsprühlöschanlagen (unter Berücksichtigung der besonderen Randbedingungen) in Betracht. Diese Feuerlöschanlagen können als Einrichtungs- oder Raumschutzanlagen oder einer Kombination aus beiden ausgeführt werden. Einrichtungsschutzanlagen wirken dabei selektiv auf das zu schützende Gerät oder Anlagenteil.

Melderart	Rauchmelder			Wärmemelder (Index „R“ gemäß DIN EN 54-5)		Flammenmelder		Multisensorrauchmelder	
	Punkt-förmig	Mehrpunkt-förmig	Linien-förmig	Punkt-förmig	Linien-förmig	IR	UV	Rauch und Wärme	Rauch und CO
	Streu-licht	An-saug-	Licht-strahl-						
Raum/Einrichtung									
Gondel mit Transformator inklusive Nabe und Zwischenböden	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Zentrale Umspannstation, Schaltschrankräume	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Turmfuß/-plattform mit ggf. vorhandenen Installationen	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Schaltschränke	+	+	-	-	-	-	-	+	-
Hydrauliksystem	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Transformator	-	+	-	Buchholzschutz		-	-	-	-

+ grundsätzlich geeignet - eher nicht geeignet

Die Angaben in dieser Tabelle beziehen sich auf die grundsätzliche Eignung verschiedener Meldertypen im Hinblick auf die Funktionsweise und allgemeinen Anwendungsbedingungen im jeweils betreffenden Anlagenbereich von WEA; 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 und Brandmeldeanlagen in Abstimmung mit dem Versicherer (z. B. Ingenieurtechnischer Abteilung), VdS Schadenverhütung GmbH sowie ggf. der Zertifizierungsstelle für WEA zu berücksichtigen (Siehe hierzu auch VdS-Richtlinien für Planung und Einbau von Brandmeldeanlagen).

Tabelle 3: Hinweis zur Auswahl von Brandmeldern zur Raum- und Einrichtungsüberwachung

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

Für den Einsatz in WEA sind Löschmittel wünschenswert, die möglichst rückstandsfrei, nicht korrosiv und elektrisch nicht leitend und für die herrschenden Umweltbedingungen in WEA (Temperatur, Witterung, Dichtigkeit der zu schützenden Einrichtungen und Räume) und Brandlasten geeignet sind. Für den Einsatz in WEA kommen je nach Anwendungsfall z. B.:

- CO₂-Feuerlöschanlagen,
- Inertgaslöschanlagen,
- Feinsprühlöschanlagen
- Sprühwasser-Löschanlagen
(Transformator- bzw. Umspannstation)

in Frage.

Auf Grund möglicher Folgeschäden sind Pulver- bzw. Aerosollöschanlagen zum Einsatz in WEA grundsätzlich nicht zu empfehlen.

Die Eignung der automatischen Feuerlöschanlagen zum Raum- und Einrichtungsschutz ist grundsätzlich in Abhängigkeit der jeweiligen Einsatzbedingungen in WEA 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)
- Kosten

Um die Wirksamkeit von Gaslöschanlagen sicherzustellen sind die Planungsvorgaben im Zusammenhang mit den vorzusehenden Druckentlastungsöffnungen besonders zu beachten.

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

Jede Löschanlagentechnik hat spezielle Anwendungsgrenzen bzw. Vor- und Nachteile. Daher ist die Eignung der gewählten Löschanlage auf Grund der Vielzahl von möglichen Parametern und einzuhaltenden Randbedingungen zur Sicherstellung der Löschwirksamkeit für jeden Anwendungsfall gesondert zu prüfen.

Hinweis: siehe

- [VdS 2093](#) CO₂-Feuerlöschanlagen, Planung und Einbau
- [VdS 2108](#) Schaumlöschanlagen, Richtlinien für Planung und Einbau
- [VdS 2109](#) Sprühwasser-Löschanlagen, Richtlinien für Planung und Einbau
- [VdS 2304](#) Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Richtlinien für Planung und Einbau
- [VdS 2380](#) Planung und Einbau von Löschanlagen mit nicht-verflüssigten Inertgasen
- [VdS 2381](#) Planung und Einbau von Löschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen
- [VdS 2496](#) Richtlinien für die Ansteuerung von Feuerlöschanlagen
- [VdS 2498](#) Richtlinien für Feinsprüh-Löschanlagen in Ergänzung zu [VdS 2109](#)
- [VdS 2562](#) Verfahren für die Anerkennung neuer Löschtechniken

Die Brandmeldung, Alarmierung, Alarmfallsteuerung, Ansteuerung einer Feuerlöschanlage und deren Überwachung erfolgt in der Regel durch eine für diesen Zweck anerkannte Brandmeldeanlage (siehe Abs. 5.2.1).

Feuerlöscher

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden ist eine ausreichende Anzahl von hierfür geeigneten sowie funktionsbereiten Feuerlöschern bereitzuhalten. Diese sollten in allen Räumen, u. a. in der Gondel, im Turmfuß und in der eventuell extern angeordneten Umspannstation, in denen Brände möglich sind, vorhanden sein.

Das Löschmedium 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.

Löschanlagen (Löschmittel)	Gaslösch- anlagen		Wasserlöschanlagen				Sonstige Löschanlagen	
	CO ₂ (Hoch- druck)	Inert- gase	Sprinkler	Sprüh- wasser	Fein- sprüh	Schaum	Pulver	Aerosol ¹⁾
Raum/Einrichtung WEA								
Raumschutz, z. B.:								
Gondel mit Generator, Transformator, Hydrauliksystemen, Getriebe, Bremse, Azimut-Antrieb	+	+	+	+	+	-	-	-
Nabe mit Pitch-Antrieb und ggf. Generator	+	+	+	+	+	-	-	-
Zwischenböden mit Ölauffangwanne und Kabel und Elektroinstallation	+	-	+	+	+	+	-	-
Zentrale Umspannstation, Schaltanlagenräume (ohne Transformator)	+	+	-	-	+	-	-	-
Turmfuß/-plattform mit ggf. vorhandenen Installationen	+	+	+	+	+	-	-	-
Einrichtungsschutz, z. B.:								
Steuer-, Umrichter- und Schaltschränke (NS/MS), geschlossen	+	+	-	-	+	-	-	-
Transformator	+	-	-	+	+	-	-	-
Steuer-, Umrichter- und Schaltschränke (NS/MS), offen	+	-	-	-	+	-	-	-
Hydrauliksystem, offen	+	-	+	+	+	+	-	-
<p>+ grundsätzlich geeignet - eher nicht geeignet</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 WEA; 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 von WEA und Feuerlöschanlagen in Abstimmung mit dem Versicherer (z. B. Ingenieurtechnischer Abteilung), VdS Schadenverhütung GmbH sowie ggf. der Zertifizierungsstelle für WEA 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 4: Hinweis zur Auswahl von Feuerlöschanlagen für den Raum- und Einrichtungsschutz

In der Gondel sollten mindestens ein 6 kg CO₂-Feuerlöscher und ein 9 l Schaum-Feuerlöscher installiert werden (Auf Frostgefahr achten). Auf den Zwischenebenen und im Turmfuß im Bereich der elektrischen Einrichtungen sollte jeweils mindestens ein 6 kg CO₂-Feuerlöscher aufgestellt werden.

Feuerlöscher müssen regelmäßig, mindestens alle zwei Jahre, durch einen Sachkundigen geprüft werden. Bei starker Beanspruchung des Löschers, z. B. durch Umwelteinflüsse, können kürzere Zeitabstände erforderlich sein.

5.2.3 Störungsüberwachung

Zur Sicherstellung der ständigen Betriebssicherheit bedürfen Brandmeldeanlagen und Feuerlöschanlagen der ständigen Überwachung.

Ausfälle bei herkömmlichen Brandschutzanlagen, z. B. Ausfall einzelner Brandmelder oder Leckage an der Löschmittelbevorratung bzw. Löschmittelschwund werden anhand von Störmeldungen unmittelbar an der Brandschutzanlage angezeigt. Bedingt durch den personallosen Betrieb und die Lage von WEA und das daraus resultierende Nichterkennen von möglichen Störungen an der Brandschutzanlage vor Ort ist eine Weiterleitung aller Störmeldungen auf eine ständig besetzte Stelle (Leitwarte) notwendig, über die eine umgehende Wiederherstellung der uneingeschränkten Betriebsbereitschaft der Brandschutzanlage einzuleiten ist.

Alle Ereignisse müssen im Betriebsbuch dokumentiert sein

5.2.4 Außerbetriebnahme von Sicherheitseinrichtungen

Brandschutzanlagen dürfen nur in Abstimmung mit den hierfür verantwortlichen Personen kurzzeitig bei Vorliegen zwingender Erfordernisse außer Betrieb genommen werden. Bei Außerbetriebnahme einer Brandschutzanlage muss stets geprüft werden, ob eine Meldepflicht gegenüber dem Sachversicherer besteht (Gefahrerhöhung im Sinne von VVG).

Für die Zeit der Außerbetriebsetzung sollten ausreichende Ersatzmaßnahmen vorgesehen werden, z. B.

- Sicherstellen der Brandmeldung
- Bereithalten von geeignetem Löschgerät (siehe auch Abs. 5.2.2)

Nach der Beendigung der Arbeiten sind alle außer Betrieb genommenen Sicherheits- und Brandschutzeinrichtungen wieder in Betrieb zu setzen. Hierzu sollte der Betriebszustand der Anlagen im Eingangsbereich der WEA und in der Leitzentrale erkennbar sein.

5.3 Maßnahmen zur Schadenbegrenzung

Erfahrungsgemäß ist es sinnvoll, einen Notfallplan für den Brandfall zu erstellen, der insbesondere folgende Festlegungen beinhalten sollte:

- Festlegung der(s) Bereitschaftshabenden in der internen Dienstplanung für die vorhandenen WEA (Sicherstellung der „Rund um die Uhr“-Bereitschaft der Leitwarte)
- Erstellung und Einführung eines internen, schriftlichen Ablaufplanes für den Brandfall in dem alle umzusetzenden Sofort – Maßnahmen des zuständigen Mitarbeiters enthalten sind – darin sollten u. a. folgende Punkte enthalten sein:
 - Bereitstellung örtlich zuständiger Notrufnummer
 - Benachrichtigung von Feuerwehr und Polizei
 - Vor Ort Unterstützung von Feuerwehr und Polizei
 - Wenn notwendig WEA abschalten und Trennung der WEA vom Stromnetz
 - Brandschaden umgehend beim Versicherer anzeigen
- Erarbeitung eines Notfallkonzeptes für den Brandfall in Abstimmung mit den zuständigen Feuerwehren und Polizeidienststellen sowie ggf. dem Versicherer. Nachfolgend genannte Punkte sollten Bestandteil eines Notfallkonzeptes sein.
 - Hinterlegung der internen Bereitschaftspläne bzw. Bekanntgabe einer entsprechenden Bereitschaftstelefonnummer bei Polizei und Feuerwehr
 - Information und ggf. Einweisung zuständiger Rettungsdienste (Feuerwehr, Polizei) über
 - Aufbau der WEA
 - hochspannungsführende Teile und brennbare Stoffe innerhalb der WEA
 - die Anfahrtswege und Zugang zur WEA
 - Festlegung umzusetzender Sofort-Maßnahmen bei einer Brandmeldung, z. B. Trennung der WEA vom Stromnetz
 - Hinweise zur Erstellung eines Einsatzkonzeptes im Brandfall für jede WEA, z. B. geeignete Einsatzfahrzeuge und notwendige Schutzkleidung sowie Schutzzone um die betreffende WEA

Folgende Informationen sollten an der WEA für jeden erkennbar zugänglich sein:

- Identifikationsnummer und Notrufnummer
- Verhaltensregeln beim Brand der WEA, z. B. Benachrichtigung der Feuerwehr und sich in Sicherheit bringen sowie weitere Sicherheitshinweise beachten

Für Offshore-Windparks sind auf Grund besonderer Bedingungen ggf. alternative bzw. ergänzende Maßnahmen zur Notfallplanung erforderlich.

5.4 Qualitätssicherung

Erfahrungsgemäß können die Funktionen der technischen Anlagen, insbesondere der sicherheitstechnischen Anlagen für ihre Einsatz- bzw. Lebensdauer sichergestellt werden, wenn geeignete Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Planung, Ausführung und beim Betrieb ergriffen sind. Hierzu gehören u. a.:

- Anerkannte Regeln der Technik als Planungsgrundlage
- Verwendung von Produkten und Systemen mit nachweislicher Qualität, die ggf. einer eigenen Kontrolle und Fremdüberwachung unterliegen
- Qualifizierung der Fachplaner und ausführender Fachkräfte. Als ausreichend qualifiziert gelten z. B. VdS-anerkannte Errichterfirmen, VdS-anerkannter Sachkundige für Blitz- und Überspannungsschutz und EMV-Sachkundige
- Abnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen durch einen anerkannten Sachverständigen, z. B. VdS-Sachverständige für brandschutztechnische Anlagen
- Regelmäßige und ordnungsgemäße Wartung durch Fachunternehmen bzw. geschulten Fachkräfte aus eigenem Betrieb
- Dokumentation und Überwachung der durchzuführenden Instandhaltung.

Diese Maßnahmen können ggf. auch bei einer Typenprüfung bzw. Zertifizierung der WEA durch eine unabhängige und anerkannte Stelle berücksichtigt und überprüft werden.

Bei der Errichtung einer WEA müssen verschiedene Aspekte neben Statik und Ertragsberechnung berücksichtigt werden, z. B. Blitz- und Brandschutz, elektromagnetische Störung, Schallimmission, Schattenwurf oder Auswirkungen für die Luftfahrt, Fauna und Landschafts- und Ortsbild. Dementsprechend sollen jeweils geeignete Fachplaner hinzugezogen werden.

Hinweis: siehe DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610) Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6-61: Prüfungen – Erstprüfungen

Für die Errichtung und Wartung sowie Instandsetzung von WEA sollen Fachunternehmen beauftragt werden, die über

- erforderliche Sachkenntnis und Erfahrung
- Fachkräfte
- Ausstattung und Vorrichtungen

verfügen, was u. a. durch hinreichende Referenzen belegt werden kann. Bei brandschutztechnischen Anlagen ist dies z. B. durch eine VdS-Anerkennung der Errichterfirmen sichergestellt.

6 Literatur/Quellen

Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG, 21. Juli 2004)
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/>

Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (BGV A 3, vorherige VBG 4)

Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), März 2004

DIN EN 50110-2 (VDE 0105-2) Betrieb von elektrischen Anlagen

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

DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 61400-2 (VDE 0127-2) Windenergieanlagen

DIN EN 60599 (VDE 0370-7, ICE 60599) In Betrieb befindliche, mit Mineralöl imprägnierte elektrische Geräte – Leitfaden zur Interpretation der Analyse gelöster und freier Gase

DIN EN 61400-1; VDE 0127-1: Windenergieanlagen

Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1)

Teil 2: Sicherheit kleiner Windenergieanlagen (IEC 61400-2)

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) Blitzschutz

Teil 1: Allgemeine Grundsätze (DIN EN 62305-1; VDE 0185-305-1)

Teil 2: Risiko-Management (VDE 0185-305-2) mit Beiblatt 1: Blitzgefährdung in Deutschland und Beiblatt 2: Berechnungshilfe zur Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen

Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (DIN EN 62305-3 und VDE 0185-305-3) mit Beiblatt 1: Zusätzliche Informationen zur Anwendung der DIN EN 62305-3 und Beiblatt 2: Zusätzliche Informationen für besondere bauliche Anlagen sowie Beiblatt 3: Zusätzliche Informationen für die Prüfung und Wartung von Blitzschutzsystemen

Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (DIN EN 62305-4, VDE 0185-305-4 und IEC 62305-4)

DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610) Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6-61: Prüfungen – Erstprüfungen

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafestraße 6, 10787 Berlin, www.beuth.de

GDV-Broschüre „Erneuerbare Energien: Gesamtüberblick über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotential“, Abschlussbericht der Projektgruppe „Erneuerbare Energien“ der Technischen Versicherer im GDV

VdS 2008: Feuergefährliche Arbeiten – Richtlinien für den Brandschutz

VdS 2010: Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2025: Kabel- und Leitungsanlagen, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2036: Erlaubnisschein für Schweiß-, Schneid-, Löt-, Auftau- und Trennschleifarbeiten (Muster)

VdS 2046: Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt

VdS 2047: Sicherheitsvorschriften für Feuergefährliche Arbeiten

VdS 2093: CO₂-Feuerlöschanlagen, Planung und Einbau

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

VdS 2108: Schaumlöschanlagen, Richtlinien für Planung und Einbau

VdS 2109: Sprühwasser-Löschanlagen, Richtlinien für Planung und Einbau

VdS 2304: Einrichtungsschutz für elektrische und elektronische Systeme, Richtlinien für Planung und Einbau

VdS 2349: Störungsarme Elektroinstallation

VdS 2380: Planung und Einbau von Löschanlagen mit nichtverflüssigten Inertgasen

VdS 2381: Planung und Einbau von Löschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen

VdS 2496: Richtlinien für die Ansteuerung von Feuerlöschanlagen

VdS 2498: Richtlinien für Feinsprüh-Löschanlagen in Ergänzung zu **VdS 2109**

VdS 2562: Verfahren für die Anerkennung neuer Löschtechniken

VdS 2858: Thermografie in elektrischen Anlagen

VdS 2861: VdS-anerkannte Sachverständige für Elekt-rothermografie (Elektrothermografen), siehe www.vds.de

VdS 2871: Prüfrichtlinien nach Klausel 3602, Richtlinien für die Prüfung elektrischer Anlagen

VdS 3432: VdS-anerkannte Sachkundige für Blitz- und Überspannungsschutz sowie EMV-gerechte elektrische Anlagen (EMV-Sachkundige)

Bezugsquelle: VdS Schadenverhütung Verlag, Köln, www.vds.de

GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen, Ausgabe 2003 mit Ergänzung 2004

GL-Guideline for the Certification of Wind Turbines, Edition 2003 with Supplement 2004

GL-Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbines, Edition 2005

GL-Richtlinie für die Zertifizierung von Condition Monitoring Systemen für Windenergieanlagen, Ausgabe 2007

GL-Guideline for the Certification of Condition Monitoring Systems for Wind Turbines, Edition 2007

GL Wind-Leitfaden, Zertifizierung von Brandschutzsystemen für Windenergieanlagen (WEA), Prüfverfahren, Germanischer Lloyd

Bezugsquelle: Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Geschäftsbereich Windenergie, Steinhöft 9, 20459 Hamburg, www.gl-group.com/glwind

Bundesverband WindEnergie e. V.

Markübersicht 2006

Arbeitsrichtlinie „Überprüfung des Zustandes des Blitzschutzsystems von Windenergieanlagen“, 2004

Bezugsquelle:

<http://www.wind-energie.de/de/shop/bwe-marktuebersicht/marktuebersicht-2006/>

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

Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH

Amsterdamer Str. 174 • D-50735 Köln

Telefon: (0221) 77 66 - 0 • Fax: (0221) 77 66 - 341

Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.