

Eingeschränkte Weitergabe
Dokument-Nr.: 0088-5800 V01
21.03.2019

Allgemeine Beschreibung

EnVentus™

Brandschutz Windenergieanlage



Inhaltsverzeichnis

1 Haftungsausschluss 3

2 Zweck..... 4

3 Abkürzungen 5

4 Allgemeine Beschreibung 6

4.1 Referenznormen 6

5 Konstruktive Maßnahmen zur Vorbeugung 7

5.1 Verbrennungsdreieck 7

5.2 Brandquelle..... 7

5.3 Brennbare Materialien..... 7

6 Occupational health and safety (Arbeitsschutz)..... 8

6.1 Brandschutz/Erste Hilfe 8

6.2 Sicherheitssymbole in Windenergieanlagen und in der Dokumentation 9

7 Blitzschutzsystem..... 10

8 Meldeanlage 11

8.1 Lichtbogen-Überschlagsdetektoren..... 11

8.2 Hochentwickeltes Rauchmeldesystem (Advanced smoke detection system, ASD) 11

8.2.1 Systembeschreibung 11

8.2.2 Hochentwickeltes Rauchmeldesystem (Advanced smoke detection system, ASD) 13

8.2.3 Leistungsmerkmale 13

8.2.4 Brandschutzbereiche 13

8.2.5 Branderkennung und Ereignisabfolge 15

8.2.6 Systemausfallschutz 16

8.2.7 Integrierte Brandschutzsteuerung 16

8.2.8 Sicherheit..... 17

9 Risikosituation und Brandschutzmaßnahmen..... 18

Übersetzung der Originalbetriebsanleitung: T05 0077-4620 VER 01

T05 0088-5800 Ver.00 - Approved- Exported from DMS: 2019-09-30 by INVOL

1 Haftungsausschluss

© 2019 Vestas Wind Systems A/S. Dieses Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer der Tochtergesellschaften des Unternehmens erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form (grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen) vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.

Die allgemeinen Beschreibungen in diesem Dokument gelten für die Windenergieanlagen EnVentus™ von Vestas.

Die vorliegende „Allgemeine Spezifikation“ stellt kein Verkaufsangebot dar. Sie beinhaltet keine Garantie oder Zusage und auch keine Prüfung der Leistungskurve bestimmter Optionen.

2 Zweck

In diesem Dokument werden die für die Windenergieanlagen EnVentus™ verfügbaren Vestas-Brandschutzmaßnahmen erläutert.

3 Abkürzungen

Tabelle 3.1: Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
ASD	(Advanced Smoke Detection) Hochentwickeltes Rauchmeldesystem
FR	Fire Retardant (Flammhemmendes Mittel)
HMI/MMS	Human-machine interface (Mensch-Maschine-Schnittstelle)
ms	Millisekunde
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (System zur Prozesssteuerung und Datenerfassung)

4 Allgemeine Beschreibung

Die Vestas-Brandschutzlösungen für die Windenergieanlagen EnVentus™ bestehen aus verschiedenen Verfahren und befinden sich in mehreren Bereichen der Windenergieanlage:

1. Schutzmaßnahmen in der Bauweise zur Vorbeugung – Verwendung des Verbrennungsdreiecks:
 - Einkapselung der Zündquellen
 - Auswahl von Materialien mit flammhemmendem Mittel
2. Konstruktionsmerkmale zum Feuerschutz:
 - Blitzschutz
 - Lichtbogenerkennung
 - Wärme- und Rauchererkennung
 - Feuerlöschsystem (optional)



Vestas bietet das Vestas-Feuerlöschsystem aufgrund der Vorschriften der örtlichen Behörden oder Versicherungsunternehmen als Option an.

4.1 Referenznormen

Der Verweis auf die in diesem Dokument verwendeten Normen bezieht sich auf die relevanten Teile der Normen zur Vermeidung/Begrenzung einer Entzündungsgefahr.

5 Konstruktive Maßnahmen zur Vorbeugung

Die vorbeugenden Maßnahmen umfassen zur Senkung der Entzündungs- und Brandgefahr in der Windenergieanlage die drei Elemente im Verbrennungsdreieck. Bekannte Zündquellen werden beispielsweise gegenüber brennbarem Material isoliert und diese Abtrennung begrenzt die Brandgefahr.

5.1 Verbrennungsdreieck



Bild: Verbrennungsdreieck

Das Verbrennungsdreieck ist ein Grundlagenmodell, das dem Verständnis der für einen Brand erforderlichen Elemente dient. Das Verbrennungsdreieck zeigt die drei Elemente Brennstoff, Hitze und Oxidationsmittel (normalerweise Sauerstoff in der Luft), die erforderlich sind, damit ein Brand entsteht.

Ein Brand entsteht meistens, wenn die drei Elemente des Verbrennungsdreiecks vorhanden sind und im richtigen Mischungsverhältnis vorliegen. Wird eines der drei Elemente des Verbrennungsdreiecks beseitigt, lässt sich der Brand verhindern oder löschen. Das Verbrennungsdreieck zeigt, dass Brennstoff und Zündquellen durch vorbeugende Maßnahmen in der Bauweise voneinander getrennt werden müssen. Reicht die Trennung nicht aus, können Brennstoff oder Zündquelle zur Brandverhinderung isoliert werden.

5.2 Brandquelle

Die Risiken und die entsprechenden vorbeugenden Maßnahmen in der Bauweise zur Minderung der Risiken auf ein zulässiges Niveau sind in Abschnitt 9 aufgelistet: Risikosituation und Brandschutzmaßnahmen.

5.3 Brennbare Materialien

Bricht in einer Windenergieanlage ein Brand aus, können flammhemmende Mittel die Ausbreitung des Brands auf andere Materialien verhindern. Die Liste brennbarer Materialien in den Windenergieanlagen ist dem Abschnitt 9 Risikosituation und Brandschutzmaßnahmen zu entnehmen.

6 Occupational health and safety (Arbeitsschutz)

Das Vestas-Handbuch zu Arbeitsschutz, Sicherheit und Umwelt enthält weitere Informationen zu erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen für die Personensicherheit bei Montage, Betrieb und Service.

Siehe auch die entsprechenden Abschnitte von 0055-5622 „Vestas-Handbuch zu Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit“:

- Abschnitt 2: Schulung.
- Abschnitt 3: Notfallschutzplan und -maßnahmen.
- Abschnitt 5: Brandschutz und Brandverhütung.
- Abschnitt 5.4: Heißarbeit.
- Abschnitt 6: Sicherheitsleitfaden.
- Abschnitt 19: Baustelleneinweisung/Orientierung.

6.1 Brandschutz/Erste Hilfe

Im Maschinenhaus müssen ein tragbarer Feuerlöscher, ein Erste-Hilfe-Kasten und eine Feuerlöschdecke zur Verfügung stehen:

- Ein tragbarer Feuerlöscher (5-6 kg CO₂ oder gleichwertiges Gerät) sind nur während Service- und Wartungsarbeiten erforderlich.
- Erste-Hilfe-Kästen sind nur während Service- und Wartungsarbeiten erforderlich.
- Feuerlöschdecken müssen nur bei Schweißarbeiten vorhanden sein.

6.2 Sicherheitssymbole in Windenergieanlagen und in der Dokumentation

Der Monteur muss bei Wartungsarbeiten in einer Windenergieanlage die mit Brand in Zusammenhang stehenden Schilder und Zeichen kennen und auf diese achten.

Tabelle 6.1: Mit Brand in Zusammenhang stehende Schilder und Zeichen in Windenergieanlagen

	Vestas-Handbuch zu Arbeitsschutz, Sicherheit und Umwelt	Alle Wartungsarbeiten an einer Windenergieanlage müssen gemäß Abschnitt 5 „Brandschutz und Brandverhütung“ von 0055-5622 „Vestas-Handbuch zu Arbeitsschutz, Sicherheit und Umwelt“ ausgeführt werden.
	Zugang nur durch berechtigte Personen	Nur Personen, die eine Genehmigung besitzen, dürfen die Windenergieanlage betreten!
	Rauch und offene Flammen	Rauch und die Verwendung offener Flammen erhöhen die Brandgefahr! In der Windenergieanlage nicht rauchen! Für Schweißarbeiten ist eine Erlaubnis zwingend vorgeschrieben.
	Elektrische Sicherheit	Elektrischer Strom gilt als Hauptzündquelle. Zur Senkung der Gefahr durch Elektrizität müssen während der Arbeit in der Nähe elektrischer Systeme bewährte Verfahren eingesetzt und die Arbeiten überwacht werden! Verfahren und Anweisungen zur elektrischen Sicherheit und Kontrolle gefährlicher Energie müssen eingesetzt und überwacht werden!
	Notausgänge/Flucht- und Rettungswege	Flucht- und Rettungswege sowie Notausgänge müssen jederzeit unverstellt und frei passierbar sein!

7 Blitzschutzsystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, um Schäden an mechanischen Komponenten, Elektrik und Steuerungen möglichst gering zu halten.

Das Blitzschutzsystem umfasst äußere und innere Blitzschutzsysteme.

- Das äußere Schutzsystem nimmt direkte Blitzschläge auf und leitet den Blitzstrom in die Erde unter dem Turm.
- Das innere Blitzschutzsystem kann den Blitzstrom sicher in den Boden leiten. Es kontrolliert auch die durch einen Blitzschlag induzierten magnetischen Felder.

Weitere Informationen über das Blitzschutzsystem sind 0077-8468 „Blitzschutz und elektromagnetische Verträglichkeit“ zu entnehmen.

8 Meldeanlage

Ein Brand kann in einem elektrischen oder mechanischen Bereich der Windenergieanlage entstehen, wenn ein elektrischer oder mechanischer Fehler große Hitze verursacht. Elektrische Defekte können auch einen Lichtbogenüberschlag verursachen. Zur Eindämmung der Gefährdung durch elektrische und mechanische Defekte sind die Windenergieanlagen von Vestas in brandgefährdeten Bereichen mit Lichtbogen-Überschlagsdetektoren, Multisensor-Rauchmeldern sowie mit der Zusatzoption „Vestas-Ready-to-Protect System“ ausgestattet, um sicherzustellen, dass Lichtbogenerkennung, Rauchererkennung, Schaltanlagen-Schutzrelais und das Sicherheitssystem aktiviert sind, bevor die Schaltanlage geschlossen wird und die Windenergieanlage mit dem Netz verbunden ist:

- Ein Lichtbogendetektor trennt die Schaltanlage sofort vom Netz, damit die Windenergieanlage ordnungsgemäß abgeschaltet wird.
- Ein Multisensor-Rauchmelder schaltet die Windenergieanlage in kontrollierter Weise ab, indem die Energie, welche die Entstehung des Brands verursacht, beseitigt wird.
- Das Schaltanlagen-Schutzrelais öffnet die Schaltanlage, wenn eine Überlast oder ein Kurzschluss am Mittelspannungssystem festgestellt wird.
- Das Sicherheitssystem übernimmt die Auslösefunktion und überwacht, dass die Schaltanlage zum Auslösen bereit ist.
- Das „Vestas-Ready-to-Protect System“ stellt sicher, dass die Schaltanlage nicht geschlossen wird, bevor Lichtbogenerkennung, Rauchererkennung, Schaltanlagen-Schutzrelais und Sicherheitssystem aktiviert sind.

8.1 Lichtbogen-Überschlagsdetektoren

Der erste und wichtigste Schutz gegen einen Brand im Maschinenhaus durch unkontrollierte Lichtbögen ist das Standard-Lichtbogenerkennungssystem von Vestas, das den Lichtbogen in der Elektroanlage im Maschinenhaus feststellt und die Stromquelle in weniger als 100 ms abschaltet.

8.2 Hochentwickeltes Rauchmeldesystem (Advanced smoke detection system, ASD)

Hauptzielsetzung des ASD ist die Erkennung des durch mechanische oder elektrische Defekte verursachten Rauchs im Maschinenhaus und im Schaltanlagenraum. Das ASD schaltet die Windenergieanlage ab, trennt die Schaltanlage und löst das akustische Alarmsignal in der Windenergieanlage aus. Optional kann ein Paket mit zwei oder fünf Rauchdetektoren zur Turmüberwachung hinzugefügt werden.

8.2.1 Systembeschreibung

Zur Meldeanlage gehören mehrere intelligente Feuermelder mit optischen Rauchsensoren und Thermistor-Temperatursensoren. Zur Senkung der Wahrscheinlichkeit von Fehlalarmen wird durch den optischen Sensor erst dann Alarm ausgelöst, wenn die Detektoren Rauch melden. Bei einem Alarm wird die Windenergieanlage abgeschaltet und der Alarm an SCADA gemeldet.

Das Vestas-Brandmeldesystem verwendet ein Datenbus-System, das auch unter dem Namen Discovery bekannt ist. Der Discovery-Bus ist ein spezieller Brandschutz-Datenbus nach der Norm EN54.

Die ASD-Software läuft separat, nutzt aber dieselbe Hardware wie die Windenergieanlage. Das bedeutet, dass ein Abschalten oder Absturz der Software der Windenergieanlage keinen Einfluss auf die ASD-Software hat. Die Brandschutzsteuerung funktioniert in jedem Fall.

8.2.2 Hochentwickeltes Rauchmeldesystem (Advanced smoke detection system, ASD)

Komponenten des hochentwickelten Rauchmeldesystems (ASD):

- Eine Meldeanlage im Maschinenhaus verfügt über Multisensor-Detektoren und eine Alarmsirene ist im Triebstrangbereich untergebracht sowie Multisensor-Detektoren in der Maschinenhaussteuerung und den Umrichterschaltanlagen sowie im Transformatorraum.
- Eine Meldeanlage im Turmfuß verfügt über einen Multisensor-Detektor mit Alarmsirene oberhalb der Schaltanlage.
- Eine Brandschutzsteuerung (integriert in die Hauptsteuerung der Windenergieanlage), welche die unterschiedlichen Meldertypen, Alarme und Warnmeldungen steuert, sammelt sämtliche Informationen aus dem SCADA-Datensatz und schaltet die Windenergieanlage über das Sicherheitssystem ab.

8.2.3 Leistungsmerkmale

Das ASD-System verfügt über mehrere Leistungsmerkmale:

1. Ein vollständig in die Windenergieanlagenvarianten integriertes Vestas-System.
 - Ein Standardprodukt von Vestas, das auf allen Plattformen der Windenergieanlage verwendet wird, sodass Schulungs- und Ersatzteile der Monteure auf allen Plattformen der Windenergieanlage wiederverwendet werden können.
 - Gekoppelt mit dem Schaltanlagen-Schutzrelais, den Windenergieanlagensteuerungen, Ready-to-Protect System und den SCADA-Systemen.
 - Melderdaten werden über SCADA für jeden Raum einzeln zur Fernüberwachung und -diagnose bereitgestellt.
2. Sicheres System
 - Branchenübliche Warnleuchten, akustische Alarme und Detektoren
3. Robustes System
 - Zur schnellen Erkennung und Lokalisierung entstehender Brände kommen Multisensor-Punktmelder zum Einsatz. Die Windenergieanlage wird abgeschaltet, um die Energie, welche das in der Entstehung befindliche Feuer nährt, zu beseitigen.

8.2.4 Brandschutzbereiche

Die folgenden Bereiche werden als gefährliche Brandentstehungsbereiche mit der höchsten Entzündungswahrscheinlichkeit in der Windenergieanlage betrachtet:

- Eingangsbereich (Schaltanlage) im Turm
- Umrichter und Schaltanlagen
- Triebstrangbereich mit Bremse und Generator
- Transformatorraum

Die Meldeanlage erkennt autonom Brände in den vorgesehenen Räumen, welche die Brandschutzzonen bilden.

Die Rauchdichte im Raumschutzbereich wird durch das SCADA-System für jeden Raum aufgezeichnet. Das SCADA-System ermöglicht den Fernzugriff auf das Rauchprotokoll und verkürzt die Stillstandszeit bei der Diagnose von Vorfällen, bei denen Rauch erkannt wird.

8.2.5 Branderkennung und Ereignisabfolge

Punktförmige Multisensor-Detektoren

Die Multisensor-Punktmelder bestehen aus zwei Sensortypen in einem Meldergehäuse, um das Risiko eines Fehlalarms zu minimieren. Diese Detektoren enthalten einen Rauch- und einen Wärmesensor. Die Signalgewichtung der Sensoren ist vorkonfiguriert.

Die Signalgewichtung der beiden Sensortypen bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit von Fehlalarmen verringert wird.

Für die Melder sind fünf Modi (1 bis 5) einstellbar (von rein optischer bis ausschließlicher Hitzeerkennung, mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten dazwischen). Vestas hat bereits einen auf Tests basierenden Modus für den Melder ausgewählt.

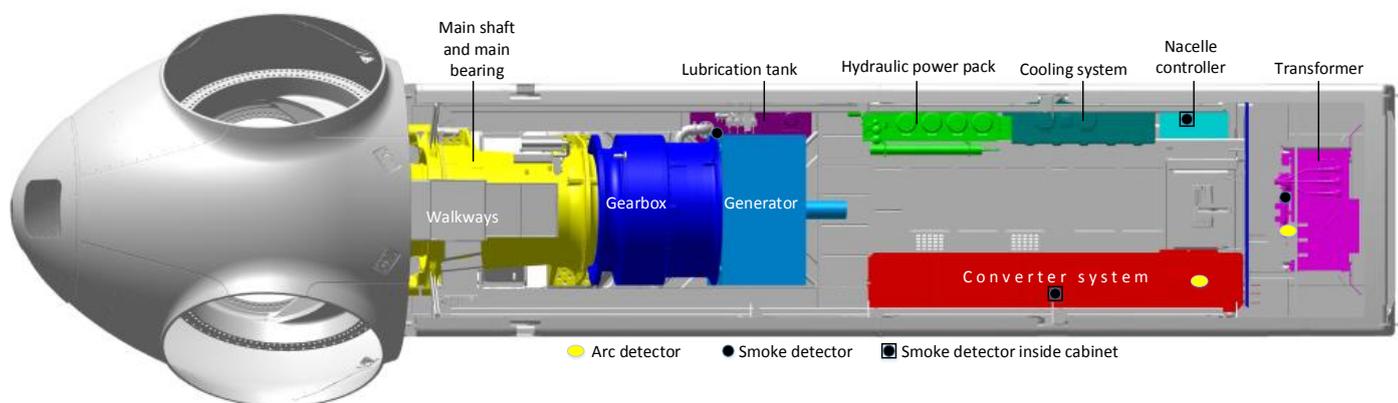


Abbildung 8.1: Prinzipzeichnung des Maschinenhauses von EnVentus™

Verhinderung von Fehlalarmen

Rauch kann unter folgenden normalen Betriebsbedingungen in Maschinenhausbereichen auftreten:

- Externer Rauch
- Rauchentwicklung beim ersten Schwerlastbetrieb von Transformatoren
- Qualmentwicklung bei der Betätigung der mechanischen Bremse

Von außen eindringender Rauch wird vom Rauchdetektor erfasst, und die Algorithmen in der Brandschutzsteuerung berechnen die Dichte und Temperatur des Rauchs. Von außen eindringender Rauch ist meist bereits abgekühlt, wenn er in die Windenergieanlage gelangt. Die Alarmschwelle für Rauch an den Meldern und in der Brandschutzsteuerung ist deshalb relativ hoch.

Im Transformatorraum wird das gleiche Verfahren zur Filterung des externen Rauchs eingesetzt. Der Funktionsmodus (1–5) des Sensors wird so eingestellt, dass er für die Bedingungen im Transformatorraum geeignet ist. Der Schwellenwert in der ASD-Software ist das Ergebnis von Tests und über lange Zeiträume gesammelter Daten.

8.2.6 Systemausfallschutz

Das System gibt eine Warnung aus, wenn ein Sensor defekt ist, die Verbindung abbricht oder starke Verschmutzung vorliegt. Diese Warnung wird an die Steuerung der Windenergieanlage übertragen und dann über SCADA angezeigt. Eine Warnung öffnet die Schaltanlage nicht. Die Windenergieanlage bleibt für einen bestimmten Zeitraum, der als Parameter in der Steuerung der Windenergieanlage eingestellt wird, in Betrieb, bevor die Warnung in einen Alarm umgewandelt wird, der dann zum Abschalten der Windenergieanlage führt. Der Standardparameter ist 48 Stunden.

8.2.7 Integrierte Brandschutzsteuerung

Das Brandschutzsystem ist ein eigenständiges System, das ohne menschliches Eingreifen und mit nur minimalen Abhängigkeiten von externen Systemen betrieben wird.

Die Brandschutzsteuerung ist an die Batterie des Hilfsstromversorgungskreises für die Sicherheitssysteme angeschlossen. Das Brandschutzsystem bleibt betriebsfähig, nachdem die Windenergieanlage vom Netz genommen wurde und kann dem in der Windenergieanlage befindlichen Personal Alarmsignale geben sowie Daten an die Steuerung der Windenergieanlage senden.



Die Laufzeit des Brandschutzsystems nach Öffnung der Mittelspannungsschaltanlage beträgt 60 Minuten, damit das akustische Alarmsignal während der Evakuierung aktiv bleibt.

Eine Brandschutzsteuerung verarbeitet alle ein- und ausgehenden Signale für Warnmeldungen und Alarme. Die Schnittstellen der Brandschutzsteuerung sind wie folgt:

- Der Detektorbus für alle Punktmelder.
- Die Windenergieanlagensteuerung für Abschalt-, Warn- und Fehlersignale.
- Die Schaltanlage durch das Sicherheitssystem.
- Das SCADA-System durch die Steuerung der Windenergieanlage.

Die Sequenz der Brandschutzsteuerung ist wie folgt:

- Abschalten aller Kühlgebläse (über die Windenergieanlagensteuerung).
- Kontrolliertes Abschalten der Windenergieanlage und Auslösen der Schaltanlage.
- Überwachen der Melder auf, und Auslösen von Schaltkreisen bei Kabelversagen.
- Meldet der Windenergieanlagensteuerung das Auftreten eines Fehlers, die eine Warnung an SCADA sendet.
- Direktes Auslösen der Schaltanlage über die Sicherheitssteuerung, falls die Steuerung der Windenergieanlage nicht abschaltet.

Die Brandschutzsteuerung ist in das Sicherheitssystem der Windenergieanlagensteuerung und das Vestas-Ready-to-Protect-System integriert und besitzt eine Schnittstelle zur Windenergieanlagensteuerung und dem SCADA-System.

Bei einem Alarmzustand leitet die Brandschutzsteuerung das Herunterfahren der Windenergieanlage durch die Windenergieanlagensteuerung ein. Unmittelbar darauf bewirkt die Windenergieanlagensteuerung ein schnelles, aber geordnetes Abschalten und öffnet dann die Schaltanlage (das dauert gewöhnlich 10-20 Sekunden).

Die Brandschutzsteuerung wartet 30 Sekunden, damit die Windenergieanlagensteuerung Zeit zum Auslösen der Schaltanlage hat. Kann die Windenergieanlagensteuerung die Schaltanlage nicht innerhalb von 30 Sekunden auslösen, löst die Brandschutzsteuerung die Schaltanlage als Notfallmaßnahme aus. Ein Alarm wird an die Steuerung der Windenergieanlage gesandt und dann über SCADA angezeigt.

Die Brandschutzsteuerung übergibt Informationen an das SCADA-System. Um eine Ferndiagnose des Systems zu ermöglichen, enthalten die Daten der Melderebene die Kennung des jeweiligen Raums, damit der jeweilige Schaltschrank und die Brandzone, in denen Rauch erkannt wurde, ermittelt werden können.

Die Hauptfunktion des SCADA-Systems besteht in der Fernüberwachung und -diagnose und der Anzeige der aufgezeichneten Fehler. Das SCADA-System ist kein Steuerungssystem.

Das RtoP-System (Ready-to-Protect-System) von Vestas stellt sicher, dass das Brandmeldesystem einen Zwischenfall während des Aufstarts der Windenergieanlage feststellen kann, bevor die Schaltanlage verbunden ist. Die RtoP-Funktion ist ein integraler Bestandteil der Turmsteuerung der Windenergieanlage und der Mittelspannungsschaltanlage. Diese Funktion verhindert, dass die Anlage mit Strom versorgt wird, bevor das gesamte Schutzsystem der Mittelspannungsanlage betriebsbereit ist.

Weitere Informationen über das RtoP-System von Vestas ist 0043-1786 „Benutzerhandbuch zum System Ready-to-Protect (RtoP)“ zu entnehmen.

8.2.8 Sicherheit

Stets betriebsbereit

Die Brandschutzanlage ist ein automatisches System mit minimaler Benutzerschnittstelle (HMI). Eine Funktion der Software des ASD-Systems kehrt automatisch aus dem SERVICE-Modus in den Betriebsmodus zurück, wenn der SERVICE-Modus während einer gewissen Zeitspanne nicht durch einen Monteur verwendet wird (Standard: 8 Stunden).

Brandgefahrenzonen:	Ereignis Entzündung/Brandszenario	Schutzmaßnahmen in der Bauweise gegen Entzündung und die Ausbreitung von Bränden	Brennbare Stoffe	Erkennungsverfahren Bei Erkennung von Lichtbögen oder Rauch wird die Windenergieanlage abgeschaltet.	
				Lichtbogenüber schlagssensor	Multisensor für Rauch und Temperatur
Triebstrang- und Generatorbereich	Brand im Triebstrang/Generator Aufgrund der geschlossenen und kompakten Bauweise des Triebstrangs/Generators wird ein beginnendes Feuer durch die begrenzte Menge an Luft (Sauerstoff) eingedämmt.				
	Mechanisches Überhitzen wegen Verschleiß von z. B. Lager, Wellen.	Gekapselt.	Schmieröl		
	Funkenflug wegen Verschleiß von z. B. Lager, Wellen.				
	Überhitzen/Funkenflug wegen Bremsdefekt	Gekapselt. Thermistor. Verschleißanzeige.	Hydrauliköl		X
	Kurzschluss im Generator	Angewandte Norm: IEC 60034-1	Isolierung im Generator		
	Generatoranschlüsse, lose Verbindungen	Spannscheibe nach DIN 6796	Kabelisolierungen am Generator		
Bereich der Maschinenhaussteueru ng	Brand in der Maschinenhaussteuerung Die Maschinenhaussteuerung wird durch einen Rauchdetektor geschützt, der das Abschalten der Windenergieanlage gewährleistet und damit dem beginnenden Brand die Energiezufuhr entzieht. Aufgrund der Gehäusebauweise erlischt der Brand.	Elektrische Bauweise nach IEC 60204-1.			
	Elektrischer Kurzschluss/Überhitzung wegen Beschädigung der Kabel/loser Anschlüsse.	Gekapselter Stahlschaltschrank. Koordination der Isolierung nach IEC 60664-1. Kurzschlussberechnung nach IEC 60909.	NS-Kabelisolierung FR Kunststoffkomponente n FR		X

Brandgefahrenzonen:	Ereignis Entzündung/Brandszenario	Schutzmaßnahmen in der Bauweise gegen Entzündung und die Ausbreitung von Bränden	Brennbare Stoffe	Erkennungsverfahren Bei Erkennung von Lichtbögen oder Rauch wird die Windenergieanlage abgeschaltet.	
				Lichtbogenüber schlagssensor	Multisensor für Rauch und Temperatur
Umrichterbereich	Brand im Umrichter Der Umrichter wird durch einen Rauchdetektor geschützt, der das Abschalten der Windenergieanlage gewährleistet und damit dem beginnenden Brand die Energiezufuhr entzieht. Aufgrund der Gehäusebauweise erlischt der Brand.	Umrichterbauweise nach IEC 62477-1			
	Kondensatorexplosion.	Gekapselter Stahlschaltschrank.	Filterkondensatoren – Trockenkondensator		X
	Elektrische Überhitzung wegen loser Anschlüsse.		NS-Kabelisolierung FR		
	Elektrischer Lichtbogen/Lichtbogenüberschlag.		Mittelspannungskabelisolierung FR	X	
	Umrichteranschlüsse, lose Verbindungen	Spannscheibe nach DIN 6796	Kabelisolierung am Generator		
Transformatorbereich	Brand im Transformator Elektrischer/mechanischer Defekt im Transformator	Angewandte Normen: IEC 60076-1, IEC 60076-16. Der flüssigkeitsgefüllte Transformator wird geschützt durch: Füllstandsschalter, Grenzwertschalter Überdruck.	Transformatorwicklung en/-isolierungen schwer entzündliches synthetisches Ester- Fluid		Siehe Schutzmaßnahmen in der Bauweise
	Elektrische Überhitzung wegen loser Anschlüsse (außerhalb des Transformators).	Elektrische Trennung zwischen Klemmen durch Verwendung von T-Verbindern Typ C. Schraubverbindung mit Spannscheibe nach DIN 6796	Mittelspannungskabel FR Maschinenhausdach		X
	Elektrischer Lichtbogen/Lichtbogenüberschlag (außerhalb des Transformators).	Koordination der Isolierung nach IEC 60664-1.		X	