



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH · Ludwig-Eckert-Str. 8 · 93049 Regensburg · Deutschland

Wirsol Windpark Straubenhardt GmbH & Co. KG

Herr Achim Keßler
Schwetzinger Straße 22 - 26
D-68753 Waghäusel

Ihre Zeichen/Nachricht vom	Unsere Zeichen/Name	Tel.-Durchwahl/E-Mail	Fax-Durchwahl	Datum/Dokument	Seite
	IS-FSW-RGB/KK Katja Kroll	0941 460212-25 katja.kroll@tuev-sued.de	0941 460212-29	05.12.2014	1 von 6

Gutachterliche Stellungnahme zur Eiserkennung, Vermeidung von Eiswurf

Standort: Straubenhardt
Bericht Nr.: MS-1309-173-BW-de, Rev.8

Sehr geehrte Damen und Herren,

in Bezug auf unser Angebot Nr. AN-WG-1412-521-BW vom 01.12.2014 [11] bzw. Ihre schriftliche Beauftragung am 01.12.2014 [12], erhalten Sie nachfolgend eine Stellungnahme zur Vermeidung von Eiswurf an am Standort Straubenhardt geplanten Windkraftanlagen vom Typ Siemens SWT-3.0-113.

1. Rahmenbedingungen

Gemäß dem „Windenergieerlass Baden-Württemberg“ vom 09.05.2012 [1] und durch die Bekanntmachung des Ministeriums der Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Verkehr und Infrastruktur von Baden-Württemberg vom 06.06.2012 [2] ist die Richtlinie „Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ in Anlage 2.7/12 der Musterliste der Technischen Baubestimmungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (kurz DIBt) vom September 2013 [3] allgemein verbindlich.

Weiterhin werden in [3] Anlage 2.7/12 folgende Regelungen bezüglich Vereisung getroffen:

2. Abstände wegen der Gefahr des Eisabwurfes sind unbeschadet der Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen zu Verkehrswegen und Gebäuden einzuhalten, soweit eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit nicht auszuschließen ist.

Abstände größer als 1.5 x (Rotordurchmesser plus Nabenhöhe) gelten im Allgemeinen als ausreichend.

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-sued.de/impresum

Aufsichtsrat:
Karsten Xander (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 941 460212-0
Telefax: +49 941 460212-29
www.tuev-sued.de/is



TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wind Cert Services
Wind Cert Services
Ludwig-Eckert-Str. 8
93049 Regensburg
Deutschland

3. Zu den Bautechnischen Unterlagen für Windenergieanlagen gehören:

3.1 (...)

3.2 Soweit erforderliche Abstände wegen der Gefahr des Eisabwurfes nach 2. nicht eingehalten werden, eine gutachterliche Stellungnahme eines Sachverständigen zur Funktionssicherheit von Einrichtungen, durch die der Betrieb der Windenergieanlage bei Eisansatz sicher ausgeschlossen werden kann oder durch die ein Eisansatz verhindert werden kann (z.B. Rotorblattheizung).

2. Prinzip der Eisbildung an Windkraftanlagen

Eisbildung an Windkraftanlagen kann dann auftreten, wenn meteorologische Vereisungsbedingungen vorliegen, wobei dies aufgrund der Blattspitzenhöhen auch nur für Teilbereiche der Anlage zutreffen muss. Man unterscheidet zwei wesentliche Bildungsformen von Eis, Klareis und Raureif, was in [5] weiterführend beschrieben ist. Im Vergleich zu anderen Bauwerken, z.B. Funkmasten, forciert die Drehung des Rotors, auch in Abhängigkeit von der Drehzahl, die Vereisung, da der kalte Rotor die Wassertröpfchen in der (fast) gesättigten Luft aufnimmt, und diese meist auf der dem Wind zugewandten Seite des Blattes als Eis akkumuliert.

Eiswurf bzw. Eisfall tritt bei Windenergieanlagen in erster Linie in Abhängigkeit von der umgebenden Temperatur sowie der umgebenden Luftfeuchtigkeit auf. Man unterscheidet zwischen den zwei Begrifflichkeiten *Eiswurf* bzw. *Eisfall*. Bei Eiswurf wird die Wurfweite einer sich in Betrieb befindlichen rotierenden Anlage untersucht, bei Eisfall die Fallweite einer stillstehenden WEA. Eine Windkraftanlage, die sich im Trudelbetrieb befindet, kann dabei als Spezialfall von Eisfall klassifiziert werden.

3. Systeme zur Erkennung von Eisansatz

In Summe existieren fünf bekannte Möglichkeiten zur Erkennung von Eisansatz an einer Windkraftanlage:

- Eisdetektoren auf der Gondeloberseite: Speziell angebrachte Sensoren beobachten die Umgebungsbedingungen sehr genau. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die meteorologischen Bedingungen auf der Gondel von denjenigen Bedingungen abweichen können, denen das Rotorblatt während der vollständigen Umdrehung ausgesetzt ist (z.B. durch tiefhängende Wolkenschichten).
- Verwendung zweier Anemometer: Bei dieser Art der Eisbeobachtung werden auf der Gondeloberseite zwei Referenzanemometer installiert. Davon ist je eines beheizt bzw. unbeheizt. Bei einem Einfrieren des unbeheizten Anemometers wird davon ausgegangen, dass Vereisungsbedingungen vorliegen und die Anlage wird abgestellt. Es ist jedoch ebenfalls zu beachten, dass die meteorologischen Bedingungen auf der Gondeloberseite und in den durch die Rotorblätter durchstreiften Höhen voneinander abweichen können.

- Leistungskurvenverfahren: Hierbei wird die vorgegebene Leistungskurve in der Anlagensteuerung detailliert verfolgt. Die Änderung der aerodynamischen Eigenschaften durch Eisansatz an den Rotorblättern ist mit einer Abweichung der Leistungskennlinie von der zu erwartenden Kennlinie bei entsprechenden Umgebungsbedingungen verbunden und führt zur Abschaltung der Anlage. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass im Idealfall zumindest ein verwendetes Gondelanemometer beheizt wird, um nicht ebenfalls durch Vereisungsbedingungen ausgelöste unzuverlässige Werte aufzuzeichnen. Es ist ebenfalls zu beachten, dass die Anlage eine gewisse Leistung produzieren muss, damit das System Abweichungen zur Soll-Kennlinie feststellen kann.
- Vibrationsüberwachung: In Verbindung mit den notwendigen Umgebungsbedingungen kann eine auftretende Unwucht an der Rotornabe ebenfalls das Erkennen von wachsender Eisbildung an den Rotorblättern signalisieren.
- Eigenschwingungsanalyse: Bei Vereisung ändern sich die Eigenfrequenzen der Rotorblätter aufgrund der Massenzunahme. Dieses Prinzip wird zur Erkennung von Eisansatz verwendet. Ein Vorteil dieses Systems ist, dass die Massenzunahme und dadurch die Änderung der Eigenschwingung auch bei Stillstand der Anlagen erkannt werden. Zudem kann die Eisfreiheit der Anlage nach dem gleichen Prinzip zeitnah festgestellt werden.

4. Beschreibung des Eiserkennungssystems an dem geplanten WEA-Typ

Die nachfolgend aufgeführten Angaben stammen vom Hersteller der geplanten Anlagen. Hierzu wurden vom Hersteller zwei Dokumente (Dok. Nr.: E W EMEA EN-40-0000-7024-00 vom 10.01.2013 [7] und E EMEA W EN-10-0000-0242-02 vom 19.06.2012 [8]) zur Verfügung gestellt, in dem die bei dem geplanten Anlagentyp verwendeten Eiserkennungsstrategien sowie -systeme beschrieben sind. Ein Auszug diesen Systembeschreibungen ist diesem Bericht als Anlage beigelegt.

Die Erkennung von Eisansatz erfolgt durch mehrere Verfahren redundant. Hierzu gehören die Messung der Windparameter durch ein beheiztes Ultraschall-Windmessgerät und ein unbeheiztes mechanisches Windmesssystem, der Vergleich von theoretischen und realen Leistungswerten sowie die Überwachung unzulässiger Schwingungen am Rotor. Wird Eisansatz erkannt, wird dies in die Anlagensteuerung als Fehlermeldung übermittelt und die WEA stoppt bzw. geht in den Trudelbetrieb über.

Ein manueller Neustart der Anlagen wird erst nach erfolgter Sichtprüfung vom Boden durch einen zuständigen Techniker durchgeführt, falls an den Rotorblättern keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt wurden.

Das Fernstarten der Anlage ist nur dann zulässig, wenn die oben genannte Sichtkontrolle durch einen Techniker durchgeführt wurde oder die Umgebungstemperatur länger als 3 Stunden über +3 °C bzw. länger als 1 Stunde über +5 °C lag.

Optional stehen Heizelemente für die Windmessgeräte zur Verfügung. Diese werden jedoch nur für die Enteisung der Messsysteme verwendet, eine dauerhafte Beheizung ist durch diese Heizelemente nicht vorgesehen. Somit ist von keiner Beeinträchtigung des Eiserkennungssystems durch die Messung der Windparameter auszugehen.

5. Bewertung der Funktionsfähigkeit des Eiserkennungssystems durch einen unabhängigen Sachverständigen

Gemäß der Anforderungen der Richtlinie für Windenergieanlagen, Anlage 2.7/12 [3] ist eine gutachterliche Stellungnahme eines entsprechend gelisteten Sachverständigen zur Funktionssicherheit des Eiserkennungssystems vorzulegen.

Die oben beschriebenen Eiserkennungssysteme wurden von der Firma Det Norske Veritas, Danmark A/S, einem nach der Richtlinie [3] gelisteten unabhängigen Sachverständigen, im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme bewertet. Die vom Auftraggeber bzw. vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellte Stellungnahme [9] ist diesem Bericht beigelegt.

Entsprechend diesem Dokument kann der Betrieb der Siemens Windenergieanlagen aufgrund der voneinander unabhängig funktionierenden Eiserkennungssysteme bei Eisansatz an den Rotorblättern sicher ausgeschlossen werden.

Dies erfüllt die Anforderungen gemäß Anlage 2.7/12 zur Richtlinie für Windenergieanlagen, Abschnitt 3.2 der Musterliste der Technischen Baubestimmungen [3].

6. Wiederanfahren der Anlage nach einem Abschalten wegen Eisansatz

Gemäß der vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellten Beschreibung [7][8] erfolgt ein manueller Neustart der Anlagen erst nach positiver Sichtprüfung vom Boden durch einen zuständigen Techniker, falls an den Rotorblättern keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt wurden.

Das Fernstarten der Anlage ist nur dann zulässig, wenn die oben genannte Sichtkontrolle durch einen Techniker durchgeführt wurde oder die Umgebungstemperatur länger als 3 Stunden über +3 °C bzw. länger als 1 Stunde über +5 °C lag.

7. Risiko bezüglich Eisfall und Trudelbetrieb

Das Risiko durch Eisfall von einer stehenden Anlage, insbesondere auch, wenn diese aufgrund von Eisansatz abgeschaltet wurde, kann durch einen Eisdetektor nicht reduziert werden.

Geht die vereisungsbedingt abgeschaltete Anlage in den Trudelbetrieb über, was vom Anlagenhersteller unter Angabe einer maximalen Trudeldrehzahl von 3.11 Umdrehungen pro Minute bestätigt wurde [10], so kann auch der spezielle Fall des Eisfalls im Trudelbetrieb nicht ausgeschlossen werden.

Hierbei sind leicht erhöhte Fallweiten der herunterfallenden Eisstücke durch das Zusammenwirken der jeweils vorherrschenden Windverhältnisse sowie der langsamen Drehbewegung der Rotorblätter zu erwarten.

8. Gewährleistung der Funktionsfähigkeit

Unter Einhaltung der genannten Gesichtspunkte:

- Vorgehen beim Wiederauffahren
- und unter Berücksichtigung leicht erhöhter Fallweiten der Eisstücke bei Trudelbetrieb

kann Eiswurf von einer in Betrieb befindlichen Anlage auf Basis der zur Verfügung gestellten Dokumente für den Anlagentyp Siemens SWT-3.0-113 funktionell ausgeschlossen werden. Es ist zu beachten, dass im Rahmen dieser Stellungnahme keine standortspezifischen Untersuchungen, insbesondere zum Eisfall-Risiko, durchgeführt wurden.

Eine Garantie für eine fehlerfreie Funktionsweise des Systems nach der Installation der Anlage kann seitens TÜV SÜD nicht übernommen werden. Um dies sicherzustellen, werden folgende Auflagenempfehlungen ausgesprochen:

- Funktionstest vor Inbetriebnahme
- regelmäßige Überwachung der Funktionsfähigkeit

Ein diesbezügliches Vorgehen für einen Funktionstest und den Nachweis der Funktionsfähigkeit sollte im Betriebshandbuch verankert werden.

Eiswurf kann ansonsten nur durch eine pauschale Abschaltung unter meteorologischen Vereisungsbedingungen und ohne Trudelbetrieb verhindert werden.

i.A.



Dipl.-Met. Katja Kroll
Wind Cert Services

Anlagen

- Unterlagen zu Vereisungsgefahren und Enteisungssystemen (3 Seiten)
- Unterlagen zur Technischen Beschreibung des Eiserkennungssystems (4 Seiten)
- Stellungnahme zur Funktionsfähigkeit des Eiserkennungssystems (1 Seite)



Literatur

- [1] Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft – Windenergieerlass Baden-Württemberg (Az.: 64-4583/404), 09.05.2012
- [2] Bekanntmachung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Verkehr und Infrastruktur über die Liste der Technischen Bau Bestimmungen (LTB) (Az.: 25-2601.1/43), 06.06.2012
- [3] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen, Deutsches Institut für Bautechnik, Fassung September 2013
- [4] DIBt Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 8, Richtlinie für Windenergieanlagen, Fassung Oktober 2012
- [5] Bundesamt für Energie BFE, Schweizer Eidgenossenschaft, Alpine Test Site Guetsch, Handbuch und Fachtagung, Rene Cattin, Bern, 31. Dezember 2008
- [6] Bundesamt für Energie BFE, Schweizer Eidgenossenschaft, Vereisung WEA St. Brais, Auswirkungen der Vereisung auf das Betriebsverhalten und den Energieertrag von Windkraftanlagen im Jurabogen, Schlussbericht, Rene Cattin und Sara Koller, Bern, 15.08.2011
- [7] Siemens AG, Beschreibung des Eiserkennungssystems, E-Mail vom 24.01.2013, Anhang: SWT, Funktionsweise bei Eisansatz Rev. 0.pdf
- [8] Marcas Breatnach, Siemens AG, Beschreibung des Eiserkennungssystems, E-Mail vom 03.12.2014, Anhang: 14. SWT, Vereisungsgefahren und Enteisungssysteme Rev 2.pdf
- [9] Marcas Breatnach, Siemens AG, Stellungnahme zur Funktionsfähigkeit des Eiserkennungssystems durch DNV, E-Mail vom 03.12.2014, Anhang: Siemens Eiserkennungssystem Deutschland 2012-12-19.pdf
- [10] Moritz Rodenhausen, Siemens AG, Umdrehungszahl bei Trudelbetrieb, E-Mail vom 14.02.2013
- [11] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Angebot AN-WG-1412-521-BW, Regensburg, 01.12.2014
- [12] Achim Keßler, Nadeva Wind GmbH, Beauftragung WP Straubenhardt, Heidelberg, 01.12.2014

Vereisungsgefahren und Enteisungssysteme

Siemens-Windenergieanlagen

Allgemeines

Eisansatz an Rotorblättern und meteorologischen Messinstrumenten stellen potenzielle Risiken für den Betrieb einer Windenergieanlage (WEA) dar. Drei Problembereiche sind hier von Bedeutung:

- Eisschlag von den Rotorblättern kann ein Sicherheitsrisiko darstellen
- Vereiste meteorologische Messinstrumente können unnötige Abschaltungen der WEA zur Folge haben
- Vereiste Rotorblätter können die Ausgangsleistung deutlich verringern und erhöhte Schwingungen hervorrufen.

Vereisungsarten

An Rotorblättern können drei verschiedene Vereisungsarten beobachtet werden: Raureif, Raueis und Klareis.

Raureif entsteht ähnlich wie Tau, allerdings bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Der Raureifbildung zugrundeliegende physikalische Prozess wird als Sublimation bezeichnet (direkte Umwandlung von Wasserdampf zu Eis). Raureif kann auch durch Gefrieren bereits vorhandener Tauablagerungen entstehen. Die lockere weiße Ablagerung besteht zum größten Teil aus amorphen Kristallen. Sie stellt keinerlei Gefahr dar.

Raueis bildet sich durch das Gefrieren unterkühlter und sehr kleiner Wassertropfen. Die milchig graue raue Oberfläche ähnelt dem Raureif, wobei die Eiskörner mehr oder weniger durch Lufteinschlüsse voneinander getrennt sind. Durch das Gefrieren unterkühlter Nebelwassertropfen bildet sich an Objekten vornehmlich an der dem Wind zugewandten Seite und zumeist an Spitzen oder Kanten Raueis. In tief gelegenen Ländern sind Raueisschichten in der Regel sehr dünn und leicht und stellen deshalb keinerlei Gefahr dar. In Höhenlagen werden WEA allerdings durchaus innerhalb der Wolkendecke betrieben, sodass Raueisschichten hier häufig sehr dicht, hart und stark werden und an der Anströmkante der Rotorblätter Stärken von 10 cm und mehr aufweisen können. Solche Raueisablagerungen stellen im Betrieb der WEA eine Gefahr dar.

Klareis weist eine homogenere Struktur auf; es bildet sich eine in der Regel durchsichtige und glatte Eisschicht durch das Gefrieren von unterkühltem Nieselregen oder unterkühlten Regentropfen auf Gegenständen, deren Oberfläche eine Temperatur von etwa 0 °C aufweist. Klareis kann allerdings auch durch das Auftreffen von Tropfen mit einer Temperatur über dem Gefrierpunkt auf Oberflächen entstehen, deren Temperatur weit unter dem Gefrierpunkt liegt. Aufgrund seiner hohen Dichte und der möglichen Schichtstärke von mehreren Zentimetern stellen Eisablagerungen in Form von Klareis im Betrieb der WEA eine Gefahr dar.

Eisschlag von vereisten Rotorblättern wurde schon in mehr als 100 m Entfernung von Windenergieanlagen gefunden.

Sicherheitsmaßnahmen

Wir haben die Erfahrung gemacht, dass Windfahnen und/oder Windgeschwindigkeitsmesser ohne Enteisungssystem in der Regel bereits in ihrer Funktion beeinträchtigt sind, wenn die Raueis- oder Klareisschichtstärke noch keine wirkliche Gefahr darstellt. Anders gesagt, die Messinstrumente dienen als Warnsysteme.

Wenn die Windfahne in einer bestimmten Position festfriert, hält die WEA mit der Störungsmeldung "Windfahne gestört" an. Wenn der Windgeschwindigkeitsmesser infolge von Eisbildung in seiner Funktion

signifikant beeinträchtigt ist, wird sich die vom Controller auf der Grundlage der gemessenen Windgeschwindigkeit veranschlagte Ausgangsleistung wesentlich von der gemessenen Ist-Ausgangsleistung unterscheiden. Daraufhin wird die WEA mit der Störungsmeldung "Windgeschwindigkeitsmesser gestört" angehalten.

Andererseits haben wir auch die Erfahrung gemacht, dass die Windfahne und/oder der Windgeschwindigkeitsmesser mitunter durch Abtauen oder Verdampfen der auf ihnen lagernden Eisschicht wieder betriebsbereit gemacht werden können, noch bevor sich die Eisschicht auf dem Rotorblatt auf ein unbedeutendes Maß zurückgebildet hat. Aus diesem Grund raten wir in der Regel zu folgenden Sicherheitsmaßnahmen:

- Wenn der Windpark weniger als 150 m von Wohngebäuden oder öffentlichen Verkehrswegen entfernt ist, muss die Gefahr von Eisschlag in Betracht gezogen werden.
- Wenn eine WEA wegen Vereisung der Windfahne und/oder des Windgeschwindigkeitsmessers angehalten hat, muss von einer potenziellen Gefährdung des Projekts ausgegangen werden. Aus diesem Grund muss ein kontrolliertes Rücksetzen der Windenergieanlagen erfolgen.
- Manuelles Rücksetzen ist unter der Voraussetzung zulässig, dass nach Sichtprüfung vom Boden durch den für das Rücksetzen zuständigen Techniker an den Rotorblättern aller WEA keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt werden.
- Fernrücksetzen der WEA ist nur dann zulässig, wenn:
 - bei Sichtprüfung vom Boden durch eine Person vor Ort an den Rotorblättern aller WEA keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt werden oder
 - die Umgebungstemperatur länger als 3 Stunden über +3 °C bzw. länger als 1 Stunde über +5 °C lag.

Nach unseren Erfahrungen sollten die vorstehend genannten Sicherheitsmaßnahmen ausreichen, um den Betrieb mit gefährlichen Eisablagerungen auf den Rotorblättern zu vermeiden.

Meteorologische Messinstrumente

Die meteorologischen Messinstrumente (Windfahne und Windgeschwindigkeitsmesser) sind als Standard- und als vereisungssichere Version erhältlich.

Meteorologische Messinstrumente in Standardausführung sind nicht mit einem Enteisungssystem ausgestattet. Diese bewährten Instrumente sind außerordentlich robust und eignen sich für alle normalen Anwendungen.

Vereisungssichere meteorologische Messinstrumente sind jeweils mit integrierten Heizelementen ausgestattet. Integrierte Thermostate regeln die einzelnen Heizelemente und halten die Temperatur auf dem im WEA-Controller per Parametrierung festgelegten Sollwert. Somit können die wichtigen Oberflächen der Instrumente nicht vereisen. Da zum Einschalten des Enteisungssystems kein Personal vor Ort erforderlich ist, müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Bei Windenergieanlagen in der Nähe von Gebäuden, Verkehrswegen oder anderen häufig frequentierten Bereichen rät Siemens Wind Power grundsätzlich vom Einsatz wärmeaktivierter Enteisungssystemen ab.

Ausgangsleistung und Rotorblatt-Schwingungspegel

Durch zunehmende Vereisung der Rotorblätter ändern sich die aerodynamischen Eigenschaften. Dadurch sinkt die Ausgangsleistung und auch die Schwingungspegel können sich ändern.

Das integrierte Schwingungsüberwachungssystem der WEA verhindert zu starke, schädigende Schwingungen. Bei ansteigendem Schwingungspegel verringert die WEA die Rotordrehzahl und die Leistung und schaltet bei zu hohen Pegeln möglicherweise sogar komplett ab. Um Schäden an den Rotorblättern oder an anderen Komponenten zu vermeiden, muss die WEA in einem solchen Fall von Hand neu angefahren werden.

Siemens Wind Power Überwachung

Siemens Wind Power bietet zwei Arten von Überwachung während des Betriebes der WEA an: die Standardmethode und die alternative Methode. Generell wird die Standardmethode verwendet falls nicht der Kunde nach der alternative Methode fragt.

Standardmethode:

Die WEA wird unter allen Bedingungen mit der Begrenzung, dass die Sicherheit der Turbine bestehen bleibt, betrieben. Dies bedeutet, dass die WEA solange betrieben wird, solange die Schwingungspegel die Limits der WEA-Auslegung nicht überschreiten. Falls die WEA gestoppt wird, wird diese zurückgesetzt auf die Arbeitsweise maximaler Betrieb.

Alternative Methode:

Wie oben beschrieben, werden die standardmäßigen meteorologischen Messinstrumente zur Eiserkennung verwendet. Falls eine Abweichung zwischen den Windgeschwindigkeiten oder Windrichtungen festgestellt wird, wird die WEA mit der zugehörigen Störungsmeldung gestoppt. Die Turbine wird nicht wieder in Betrieb genommen, solange nicht ein der beiden folgenden Anforderungen erfüllt ist: 1) eine Vor-Ort-Besichtigung oder Kamerauntersuchung durch den Kunden oder eine durch den Kunden beauftragte Firma 2) die Temperatur war über drei Stunden über 3°C oder über eine Stunde über 5°C

Siemens Wind Power A/S behält sich das Recht vor, die obigen technischen Daten ohne Vorankündigung zu ändern.

Funktionsweise der Eiserkennungssysteme Siemens-Windenergieanlagen

Allgemeines

Eisansatz an Rotorblättern und meteorologischen Messinstrumenten stellen potenzielle Risiken für den Betrieb einer Windenergieanlage (WEA) dar. Drei Problembereiche sind hier von Bedeutung:

- Eisschlag von den Rotorblättern kann ein Sicherheitsrisiko darstellen
- Vereiste meteorologische Messinstrumente können unnötige Abschaltungen der WEA zur Folge haben
- Vereiste Rotorblätter können die Ausgangsleistung deutlich verringern und erhöhte Schwingungen hervorrufen.

Vereisungsarten

An Rotorblättern können drei verschiedene Vereisungsarten beobachtet werden: Raureif, Raueis und Klareis.

Raureif entsteht ähnlich wie Tau, allerdings bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Der Raureifbildung zugrundeliegende physikalische Prozess wird als Sublimation bezeichnet (direkte Umwandlung von Wasserdampf zu Eis). Raureif kann auch durch Gefrieren bereits vorhandener Tauablagerungen entstehen. Die lockere weiße Ablagerung besteht zum größten Teil aus amorphen Kristallen. Sie stellt keinerlei Gefahr dar.

Raueis bildet sich durch das Gefrieren unterkühlter und sehr kleiner Wassertropfen. Die milchig graue raue Oberfläche ähnelt dem Raureif, wobei die Eiskörner mehr oder weniger durch Lufteinschlüsse voneinander getrennt sind. Durch das Gefrieren unterkühlter Nebelwassertropfen bildet sich an Objekten vornehmlich an der dem Wind zugewandten Seite und zumeist an Spitzen oder Kanten Raueis. In tief gelegenen Ländern sind Raueisschichten in der Regel sehr dünn und leicht und stellen deshalb keinerlei Gefahr dar. In Höhenlagen werden WEA allerdings durchaus innerhalb der Wolkendecke betrieben, sodass Raueisschichten hier häufig sehr dicht, hart und stark werden und an der Anströmkante der Rotorblätter Stärken von 10 cm und mehr aufweisen können. Solche Raueisablagerungen stellen im Betrieb der WEA eine Gefahr dar.

Klareis weist eine homogenere Struktur auf; es bildet sich eine in der Regel durchsichtige und glatte Eisschicht durch das Gefrieren von unterkühltem Nieselregen oder unterkühlten Regentropfen auf Gegenständen, deren Oberfläche eine Temperatur von etwa 0 °C aufweist. Klareis kann allerdings auch durch das Auftreffen von Tropfen mit einer Temperatur über dem Gefrierpunkt auf Oberflächen entstehen, deren Temperatur weit unter dem Gefrierpunkt liegt. Aufgrund seiner hohen Dichte und der möglichen Schichtstärke von mehreren Zentimetern stellen Eisablagerungen in Form von Klareis im Betrieb der WEA eine Gefahr dar.

Eiserkennungssysteme an Siemens-WEA

Dieses Dokument beschreibt die Strategie und Systeme zur Eiserkennung an Siemens-WEA in Deutschland. Zur Eiserkennung werden folgende Systeme verwendet:

- Einfrieren der Windmessgeräte
- Kontrolle und Vergleich zwischen Ist- und Sollleistung
- Schwingungsüberwachung am Rotor

Die drei Systeme werden unabhängig voneinander zur Eiserkennung verwendet, wodurch diese redundant ausgelegt ist.

Die vorstehend genannten Sicherheitssysteme sind ausreichend, um einen Produktionsbetrieb der WEA bei Eisansatz auf den Rotorblättern zu verhindern.

Einfrieren der Windmessgeräte als natürliche Sicherheitsfunktion

Siemens-WEA nutzen das Einfrieren der mechanischen Windmessgeräte als natürliche Sicherheitsfunktion. Zur Windmessung werden standardmäßig ein beheiztes Ultraschall-Windmessgerät und ein im Produktionsbetrieb unbeheiztes mechanisches Windmesssystem verwendet, welches aus einem Windrichtungs- und einem Windgeschwindigkeitsmessgerät besteht. Beide Systeme sind auf dem Maschinenhaus installiert. Die mechanischen Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmessgeräte sind so ausgeführt, dass sie bei Eisnebel oder Eisregen frühzeitig festfrieren. Bis zum Festfrieren der Messgeräte bildet sich nach langjähriger Erfahrung kein nennenswerter Eisansatz an den Rotorblättern. Hierzu tragen insbesondere die verwendeten Werkstoffe Messing und Edelstahl sowie ausgeformte Kanten am Übergang von rotierenden zu feststehenden Komponenten und ein nur sehr geringer Luftspalt bei.

Wenn die gemessene Außentemperatur unter 5°C fällt und die WEA sich im Produktionsbetrieb befindet, obwohl keine Bewegung eines der mechanischen Windmessgeräte mehr registriert wird, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben und die Maschine automatisch gestoppt.

Die auftretenden Fehlermeldungen bei Vereisung der Windmessgeräte können zum Beispiel sein, dass die Windnachführung zu langsam ist, die Windfahne sperrt oder das Anemometer Fehler aufweist. Daraufhin wird die WEA mit einer Störungsmeldung gestoppt.

Zu beachten ist, dass ein Quittieren der Fehlermeldungen des Windmesssystems und ein Neustart der WEA nicht automatisch erfolgt. Es ist nicht zulässig, bei Temperaturen unterhalb von 5°C die o. g. Fehlermeldungen per Fernüberwachung zu quittieren und die WEA zu starten. Die Eisfreiheit der Rotorblätter und damit ein Neustart der WEA kann nur nach einer Sichtprüfung durch eine Person am Standort erfolgen. Nur so kann ausgeschlossen werden, dass sich ein möglicherweise vorhandener Eisansatz bei Anlauf der WEA von den Rotorblättern unkontrolliert löst.

Leistungsvergleich (Ist- und Sollleistung)

Der Controller von Siemens-WEA vergleicht die anhand der gemessenen Windgeschwindigkeit theoretisch errechnete Sollleistung mit der momentan gemessenen Istleistung. Wenn die Differenz zwischen Soll- und Istleistung einen definierten Wert überschreitet, wird die WEA mit einer Fehlermeldung gestoppt.

Gründe hierfür können die zunehmende Vereisung an der WEA sein, welche die aerodynamischen Eigenschaften des Blattes oder aber auch die Geschwindigkeit der mechanischen Windmessenrichtungen beeinflussen kann.

Schwingungsüberwachung am Rotor

Das bei Siemens WEA als Standard integrierte Zustandsüberwachungssystem (Turbine Condition Monitoring, TCM) überwacht an verschiedenen Messpunkten jederzeit die auftretenden Schwingungen und damit den Zustand der WEA. Unter anderem wird das TCM-System genutzt, um die Schwingungen in der Rotorebene zu erfassen. In Abbildung 1 sind die Messpunkte des TCM-Systems in der Rotorebene schematisch für eine getriebelose Siemens-WEA dargestellt. An ähnlicher Position befinden sich die Messpunkte aller Siemens-Windenergieanlagen.

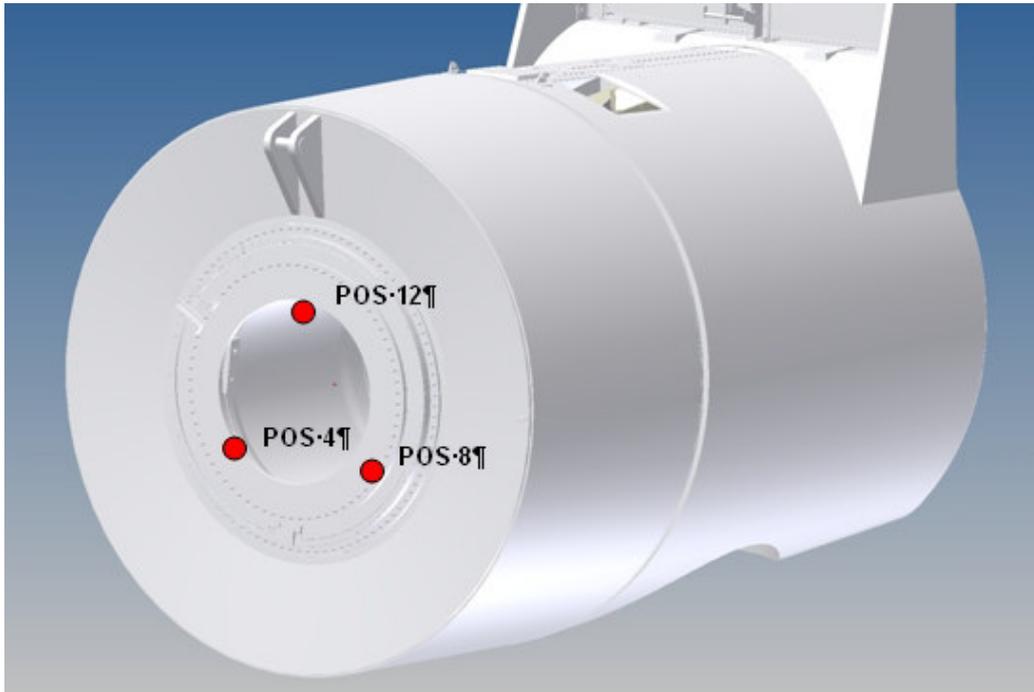


Abbildung 1: Messpunkte des TCM-Systems in der Rotorebene (Beispiel kleine getriebelose WEA)

Im Falle einer ungleichmäßigen Vereisung der Rotorblätter, führt dies zu einer Unwucht des Rotors und damit zu einem erhöhten Schwingungspegel.

Das Schwingungsüberwachungssystem der WEA erkennt und verhindert zu starke, schädigende Schwingungen. Bei ansteigendem Schwingungspegel verringert die WEA die Rotordrehzahl und die Leistung und schaltet bei zu hohen Pegeln sogar komplett ab. Um Schäden an den Rotorblättern oder an anderen Komponenten zu vermeiden, kann ein Neustart der WEA nur nach einer Sichtprüfung durch eine Person am Standort erfolgen.

Eisfahren bei Stillstand der Windturbine

Solange der Rotor gebremst ist, kann z.B. bei anhaltendem Eisregen ein weiterer Eisansatz entstehen, es besteht aber kein Unterschied zu anderen ruhenden Bauwerken. Bei einsetzendem Tauwetter kann der bis dahin entstandene Eisbesatz senkrecht herabfallen oder durch Wind auch fortgetragen werden.

An Standorten nahe öffentlicher Wege und Straßen empfiehlt Siemens zusätzlich die Montage von Hinweisschildern über möglichen Eisfall.

Start der WEA bei Eisfreiheit

Da es passieren kann, dass die Windfahne und/oder der Windgeschwindigkeitsmesser mitunter durch Abtauen oder Verdampfen der auf ihnen lagernden Eisschicht wieder betriebsbereit gemacht werden können, noch bevor sich die Eisschicht auf dem Rotorblatt auf ein unbedeutendes Maß zurückgebildet hat, empfiehlt Siemens in der Regel zu folgenden Sicherheitsmaßnahmen:

- Wenn der Windpark weniger als 150 m von Wohngebäuden oder öffentlichen Verkehrswegen entfernt ist, muss die Gefahr von Eisschlag in Betracht gezogen werden. Dies ist weniger als der üblicherweise geforderten Abstand von 1,5 X (Rotordurchmesser plus Nabhöhe) in der Liste der Technischen Baubestimmungen.
- Wenn eine WEA wegen Vereisung der Windfahne und/oder des Windgeschwindigkeitsmessers gestoppt wurde, muss von einer potenziellen Eisgefährdung durch die WEA ausgegangen werden. Aus diesem Grund darf nur ein kontrollierter manueller Neustart der Windenergieanlagen erfolgen.
- Ein manueller Neustart ist nur unter der Voraussetzung zulässig, dass eine Sichtprüfung vom Boden durch den zuständigen Techniker stattgefunden hat, und an den Rotorblättern keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt wurden.

- Fernstart der WEA ist nur dann zulässig, wenn:
 - bei Sichtprüfung vom Boden durch eine Person vor Ort an den Rotorblättern aller WEA keine sicherheitsrelevanten Eisablagerungen festgestellt werden oder
 - die Umgebungstemperatur länger als 3 Stunden über +3 °C bzw. länger als 1 Stunde über +5 °C lag.

Abtauvorrichtung für Windmessgeräte

Optional können die mechanischen Windmessgeräte mit einem Heizelement ausgerüstet werden. Die Heizelemente werden nur für eine Enteisung der Windmessgeräte verwendet, wenn die WEA zuvor gestoppt wurde. Ein dauerhaftes Beheizen ist nicht vorgesehen, so dass die o. g. Enteisungssysteme nicht beeinträchtigt werden.

(Technische Änderungen vorbehalten)



Siemens Wind Power AG
Lindenplatz 2

20099 Hamburg
Germany
Att: Jonas Stenzel

DET NORSKE VERITAS, DANMARK A/S

Tuborg Parkvej 8, 2nd Floor
DK2900 Hellerup

Tel: +45 39 45 48 00
Fax: +45 39 45 48 01
www.dnv.com

Your ref:

Our ref:

DNV Reg. No.: 1-6704W8 Sign: BEVE/THDA
Corresp. No.: 1756-1650FEM-1

Date:

2012-12-19

Siemens EMEA region
Icing Hazards and Ice Detection Systems

Dear Jonas Stenzel

Eiserkennungssystem für getriebelose Siemens Windenergieanlagen

Wir haben folgende Dokumente bezüglich der Gefahren von Eisabwurf und die Enteisungssysteme der Siemens AG geprüft:

- Icing Hazards and Ice Detection Systems E W EMEA EN-40-0000-7019-04 2012-12-19 Rev04

DNV ist seit vielen Jahren mit den Überwachungs- und Sicherheitssystemen der Siemens Windenergieanlagen vertraut und kann die in diesem Dokument genannten Eiserkennungssysteme bestätigen. Die Windenergieanlagen verfügen über 3 voneinander unabhängige Systeme zur Eiserkennung:

Vereisung der Windmeseinrichtungen
Vergleich Ist- und Sollleistung (Leistungskurvenvergleich)
Schwingungsüberwachung

Durch diese in den Siemens Windenergieanlagen vorhandenen Systeme zur Eiserkennung kann ein Betrieb bei Eisansatz an den Blättern sicher ausgeschlossen werden.

Yours sincerely
for Det Norske Veritas, Danmark A/S


Bente Vestergaard
Project Manager


Ole Kjær
Principal Engineer