

Hamburg, 11.12.2014

Gutachtliche Stellungnahme zu Maßnahmen bei Eisansatz bei Senvion Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht Nr.: 8111 675 678 Rev.1

Gegenstand der Prüfung: Maßnahmen bei Eisansatz an Windenergieanlagen der Typen MM / 3.XM / 6M des Herstellers Senvion SE

Anlagenhersteller: Senvion SE
Überseering 10
22297 Hamburg
Germany

Aufsteller der Nachweise: TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG
Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg
Germany

Dieser Prüfbericht umfasst 11 Seiten.

Rev.	Datum	Änderungen
0	21.06.2011	Erste Fassung (Bericht Nr.: 1326KU04100)
1	11.12.2014	Überarbeitung der Standortbewertung, der Eiserkennungsverfahren sowie Aussagen zu Maschinenrichtlinie

Inhalt

1	Beauftragung	3
2	Thematische Einordnung	3
2.1	Eisbildung	3
2.2	Aerodynamik eines vereisten Rotorblattes	4
2.3	Anforderungen der Maschinenrichtlinie	4
3	Von Senvion vorgesehene Maßnahmen bei Eisansatz	5
3.1	Risikoklassen	5
3.2	Gefährdungskategorien	7
3.2.1	Gefährdungskategorie 1: Besondere Auflagen aus der Baugenehmigung	7
3.2.2	Gefährdungskategorie 2: Verkehrswege innerhalb der Eisabwurffläche	7
3.2.3	Gefährdungskategorie 3: Verkehrswege außerhalb der Eisabwurffläche- Eis Stopp	7
3.2.4	Gefährdungskategorie 4: Verkehrswege außerhalb der Eisabwurffläche- Eisbetrieb	8
3.3	Eiserkennung	8
4	Bewertung	9
5	Dokumente und Literaturverzeichnis	10
5.1	Bewertete Dokumente	10
5.2	Dazugehörige Dokumente	10
5.3	Literatur & Quellen	10

Abbildungen

Abbildung 1:	Relevante Bereiche Eisabwurf der WEA	6
--------------	--	---

1 Beauftragung

Am 19.09.2014 beauftragte die Senvion SE die TÜV NORD SysTec GmbH & Co KG mit der Erstellung einer Revision der „gutachtlichen Stellungnahme zu Maßnahmen bei Eisansatz der Senvion (ehemals REpower) Windenergieanlagen“ vom 20.06.2011. Mit der nun vorliegenden Revision 1 wurden die Standortbewertung, das Eiserkennungsverfahren sowie die Aussagen zur Maschinenrichtlinie neu bewertet.

2 Thematische Einordnung

2.1 Eisbildung

Neben anderen Kriterien, wie Schattenwurf oder Lärmemission ist das Risiko, das von Eisstücken, die von einer laufenden Anlage abgeschleudert werden oder von einer stehenden Anlage herunterfallen, ein Kriterium zum Einhalten eines Mindestabstandes zu einer Bebauung oder zu Verkehrswegen und somit ein Kriterium für die Genehmigung der Anlagen. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist nachzuweisen, dass die öffentliche Sicherheit nicht durch die WEA beeinträchtigt wird. Gemäß der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen vom Deutschen Institut für Bautechnik /9/ gelten Abstände größer als $1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe) im Allgemeinen in nicht besonders eisgefährdeten Regionen gemäß DIN 1055-5 /8/ als ausreichend. Bei Unterschreitung des Abstandes ist nachzuweisen, dass der Betrieb der WEA bei Eisansatz verhindert wird /9/.

Die Vereisung durch Eisregen oder Raueis hängt von den meteorologischen Verhältnissen wie Lufttemperatur, relative und absolute Luftfeuchte sowie der Windgeschwindigkeit ab. Diese Parameter werden z. B. durch die Topografie des zu beurteilenden Standortes beeinflusst. Wesentlich sind ferner die Eigenschaften der Bauteile wie Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit und Form. Allgemeingültige Angaben über das Auftreten von Vereisung können deshalb nicht gemacht werden. Vereisung bildet sich jedoch bevorzugt im Gebirge, im Bereich feuchter Aufwinde oder in der Nähe großer Gewässer, auch in Küstennähe und an Flussläufen /10/, /11/, /8/.

Aufgrund des Tragflächenprinzips von WEA-Rotorblättern sinkt der Luftdruck infolge der Beschleunigung der Luft an der Hinterseite der Rotorblätter (Bernoulli-Effekt). Durch den plötzlichen Druckabfall kommt es zu einer Verringerung der Lufttemperatur. Dieser Effekt kann die Vereisung der Rotorblätter bei bestimmten Wetterlagen verstärken. Während Eisablagerungen bei entsprechender Schichtstärke zu einer Gefährdung führen können, stellen Reif- und Schneeablagerungen für die Umgebung keine Gefahr dar. Eisabfall von den Rotorblättern oder der Gondel tritt nach jeder Vereisungswetterlage mit einsetzendem Tauwetter auf. Abgeschaltete WEA unterscheiden sich dann nicht wesentlich von anderen hohen Objekten wie Brücken oder Strommasten /13/. Ist kein System zur Eiserkennung und Abschaltung der WEA bei Eisansatz installiert, so werden die gebildeten Eisobjekte im Betrieb abgeworfen und erzielen weitere Flugweiten als bei stehender WEA (Eisabfall).

Eisstücke oder Eiszapfen, die aus großer Höhe und mit entsprechend hoher Geschwindigkeit herabgeschleudert werden oder herunterfallen, können für Personen oder Verkehrsteilnehmer im Trefferbereich eine ernste Gefahr darstellen.

2.2 Aerodynamik eines vereisten Rotorblattes

Schon bei geringer Vereisung ändern sich die beiden aerodynamischen Kennwerte des Profils (Auftriebsbeiwert c_l und Widerstandsbeiwert c_d) erheblich. Gemäß /14/ ist eine deutliche Veränderung beider Koeffizienten bereits bei einer Vereisungsdicke von 3 % der lokalen Profilhöhe deutlich erkennbar. Dies macht sich bei Pitchanlagen im Bereich unterhalb der Nennleistung – d.h. nicht gepitchte Blätter – in einer signifikant niedrigeren Leistungsabgabe im Vergleich zum eisfreien Blatt bemerkbar /13/. Im Bereich der Nennleistung, in dem die Leistungsregelung über den Anstellwinkel (Pitch) erfolgt, ergeben sich für vereiste Blätter im Vergleich zu eisfreien Blättern andere Pitchwinkel für dieselbe Leistungsabgabe.

Zusätzlich ergibt sich durch die unkontrollierte Strömung an der Profilvorderseite bei vereisten Rotorblättern ein anderes Schallspektrum /15/.

2.3 Anforderungen der Maschinenrichtlinie

Windenergieanlagen sind zugleich Bauwerke im Sinne des deutschen Baurechts, als auch Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie und müssen somit den Anforderungen beider Regelwerke genügen. Die europäische Maschinenrichtlinie 2006/42/EG ist, wie andere EG-Richtlinien auch, ein Gesetzgebungsauftrag an die Mitgliedsstaaten. Die Anhänge der Maschinenrichtlinie regeln technische Details. Von besonderer Bedeutung für die sicherheitstechnischen Anforderungen ist dabei der Anhang I. Hier werden ausführlich alle grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für die Konstruktion und den Bau von Maschinen festgelegt. Als „Grundsätze für die Integration der Sicherheit“ werden in der Maschinenrichtlinie unter anderem die folgenden Festlegungen getroffen:

„Die Maschine ist so zu konstruieren und zu bauen, dass sie ihrer Funktion gerecht wird und unter den vorgesehenen Bedingungen — aber auch unter Berücksichtigung einer vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung der Maschine — Betrieb, Einrichten und Wartung erfolgen kann, ohne dass Personen einer Gefährdung ausgesetzt sind. Die getroffenen Maßnahmen müssen darauf abzielen, Risiken während der voraussichtlichen Lebensdauer der Maschine zu beseitigen, einschließlich der Zeit, in der die Maschine transportiert, montiert, demontiert, außer Betrieb gesetzt und entsorgt wird.“

Diese Schutzziele und Grundanforderungen werden in harmonisierten EN-Normen konkretisiert. Hersteller müssen in eigener Verantwortung Maßnahmen treffen, um diese Mindestanforderungen an die Sicherheit ihrer Produkte einzuhalten und zu dokumentieren.

Die Sicherheitsnormen lassen sich in drei Gruppen einteilen: *Typ A-Normen* (Sicherheitsgrundnormen) enthalten Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die für alle Maschinen, Geräte und Anlagen gelten. *Typ B-Normen* (Sicherheits-

gruppennormen) behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Art von sicherheitsbedingten Einrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen, Geräten und Anlagen verwendet werden können. *Typ C-Normen* (Maschinensicherheitsnormen) enthalten detaillierte Sicherheitsanforderungen für eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen.

Die im Anhang I der Maschinenrichtlinie festgelegte Strategie zur Risikominderung an einer Maschine wird konkret in der Typ A-Norm EN ISO 12100 dargestellt.

Diese Strategie deckt den gesamten Lebenszyklus der Maschine ab. Die systematische Risikoanalyse und der Prozess der Risikoreduzierung an einer Maschine erfordert, dass Gefährdungen durch eine Hierarchie von Maßnahmen beseitigt oder reduziert werden:

1. Beseitigung von Gefährdungen oder Risikoreduzierung durch den Entwurf;
2. Risikominderung durch Schutzeinrichtungen und mögliche ergänzende Schutzmaßnahmen gegen Risiken, die sich nicht beseitigen lassen;
3. Risikominderung durch Bereitstellung einer Benutzerinformation über das Restrisiko.

Da sich nicht alle Gefährdungen, wie zum Beispiel Eisabwurf oder Eisabfall bei Windenergieanlagen, konstruktiv beseitigen lassen, sind Maßnahmen zur Risikominderung erforderlich.

3 Von Senvion vorgesehene Maßnahmen bei Eisansatz

Bei den vorgesehenen Maßnahmen durch Senvion wird das Gefährdungspotential einer WEA mittels Risikoklassen durch eine Standortbewertung ermittelt /2/, der Standort gemäß des Gefährdungspotentials in eine Gefährdungskategorie eingeteilt /1/, und mittels technischer Ausstattung zur Eisdetektion, einem definierten Betriebsführungskonzept und organisatorischer Maßnahmen entsprechend reagiert.

3.1 Risikoklassen

Auf Basis der Standortbewertung werden die WEA in zwei unterschiedliche Risikoklassen eingeteilt /2/. Für die Standortbewertung wird der Eisabwurfbereich, der Nahbereich sowie der WEA-Bereich um die WEA betrachtet (siehe Abbildung 1) und mit unterschiedlicher Gewichtung bewertet. Der Eisabwurfbereich /2/ ist der kritische Bereiche, in welchem mit einem möglichen Eisabwurf zurechnen ist. Der Nahbereich und der WEA-Bereich sind die Bereiche aus welchen sich Personen in den Eisabwurfbereich bewegen können /5/. Der Eisabwurfbereich /2/ wird in Anlehnung an die empirische Formel $1,5 \times (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$ ermittelt /6/, /9/. Diese empirische Formel ist durch Untersuchungen von Seifert hinreichend validiert /16/.

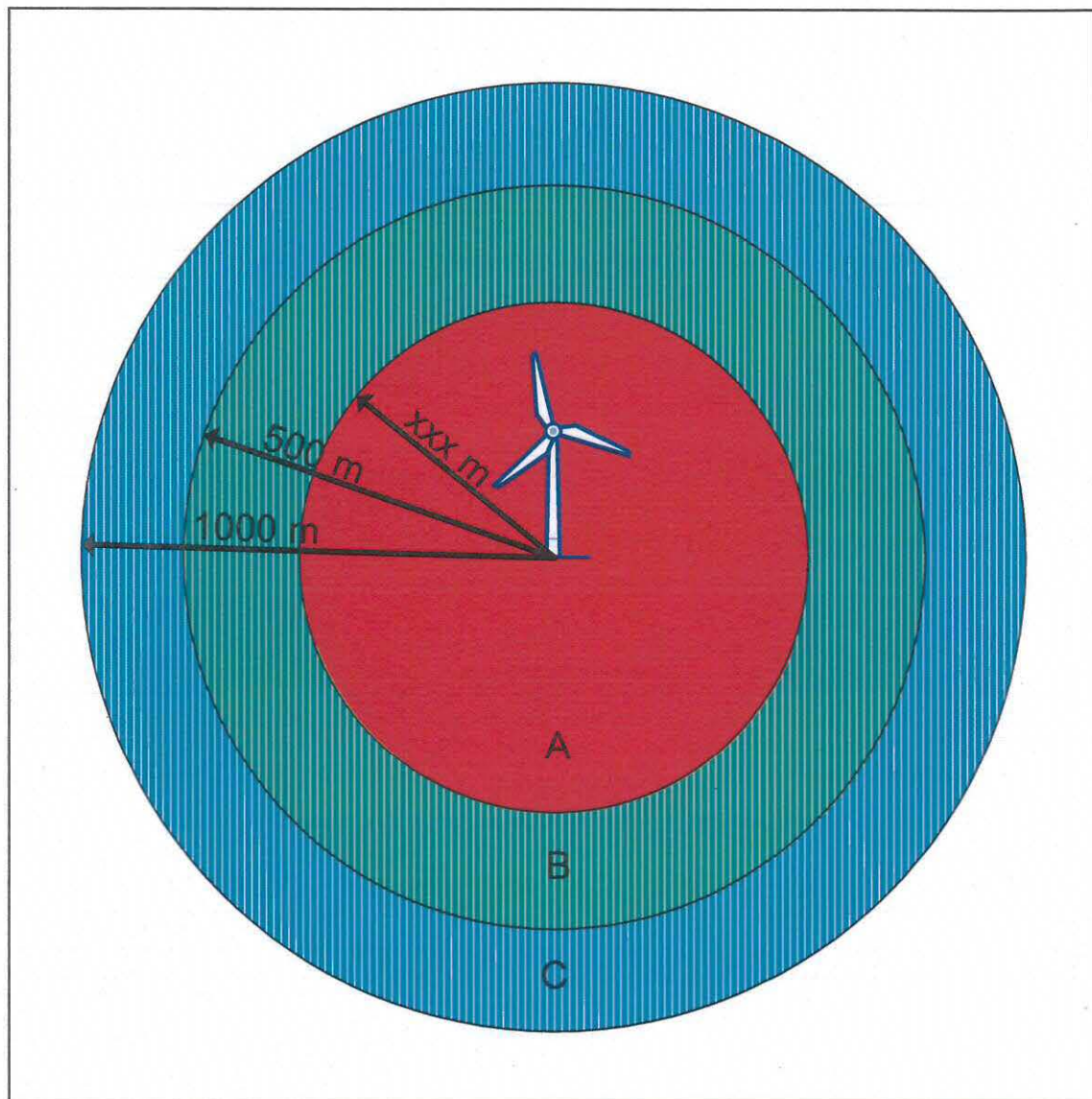


Abbildung 1: Relevante Bereiche Eisabwurf der WEA

A	Eisabwurfbereich
B	Nahbereich
C	WEA-Bereich

Die Risikoklasse I ergibt sich aus der Standortbewertung /2/, wenn am Standort nicht mit dem Aufenthalt von Personen im Eisabwurfbereich zu rechnen ist bzw. dieser durch geeignete Maßnahmen (Sperrungen oder Verbotsschildern) vermieden werden kann /5/. Der automatische Neustart der WEA nach erkannten Vereisungsbedingungen oder ein Weiterbetrieb der WEA mit Eisansatz ist möglich (siehe Kapitel 3.2 Gefährdungskategorien).

Die Risikoklasse II ergibt sich aus der Standortbewertung /2/, wenn sich Schutzobjekte innerhalb des Eisabwurfbereichs befinden oder sich Personen im Eisabwurfbereich aufhalten können und deren Aufenthalt nicht unterbunden werden kann /5/. Die WEA wird erst nach Ermittlung einer Wartezeit in Anhängigkeit von aktuellen meteorologischen /7/ Messwerten (Windgeschwindigkeit und Umgebungstemperatur) oder nach einer visuellen Prüfung auf Eisfreiheit vor Ort neugestartet /2/. Die autorisierte Person wird von Senvion für die visuelle Prüfung auf Eisfreiheit speziell geschult /4/. Die Prüfung muss gemäß den Vorgaben aus /3/ dokumentiert werden.

3.2 Gefährdungskategorien

Bei der Prüfung auf Gefährdung der Umgebung durch Eisabwurf werden vier unterschiedliche Gefährdungskategorien unterschieden. Über die von Senvion vorgegebene Standortbewertung erfolgt eine Einschätzung des Objekt- und Personengefährdungspotentials und die Einteilung des WEA-Standortes in zwei Risikoklassen /2/.

Basierend auf dieser Einstufung werden Maßnahmen, wie die Beschilderung des Gefährdeten Bereiches, sowie die mögliche Abschaltung und der damit verbundene Neustart / Wiederanlauf der WEA nach Meldung "Eisfreiheit" oder nach Ermittlung einer Wartezeit /7/ definiert.

3.2.1 Gefährdungskategorie 1: Besondere Auflagen aus der Baugenehmigung

Aufgrund besonderer Auflagen aus der Baugenehmigung mit einer besonderen Gefährdungssituation (exponierter Standort) muss die WEA immer mit einem Eiserkennungssystem ausgestattet sein. Auch der Neustart der WEA kann über die Baugenehmigung geregelt werden z. B. manueller Neustart nach vor Ort erfolgter visueller Prüfung der Rotorblätter auf Eisfreiheit /1/.

3.2.2 Gefährdungskategorie 2: Verkehrswege innerhalb der Eisabwurffläche

Befinden sich Verkehrswege oder andere Bebauungsobjekte (Schutzobjekte) innerhalb der Eisabwurffläche (siehe Kapitel 3.1, Abbildung 1), dann wird die WEA bei Eiserkennung gestoppt, je nach Einordnung des Standortes in die unterschiedlichen Risikoklassen (Risikoklasse I oder Risikoklasse II) /2/ erfolgt der Neustart der WEA automatisch oder nach visueller Prüfung der Rotorblätter auf Eisfreiheit vor Ort /3/, /4/. Der automatische Neustart wird erst nach einer Wartezeit durchgeführt, nach dem der Status Vereisung nicht mehr vorliegt. Die Länge der Wartezeit wird auf Basis der vorherrschenden meteorologischen Bedingungen (Windgeschwindigkeit und Umgebungstemperatur) ermittelt /1/, /7/.

3.2.3 Gefährdungskategorie 3: Verkehrswege außerhalb der Eisabwurffläche- Eis Stopp

Verkehrswege und oder andere Bebauungsobjekte (Schutzobjekte) befinden sich außerhalb der Eisabwurffläche (siehe Kapitel 3.1, Abbildung 1, Risikoklasse I). Die WEA wird bei Eiserkennung gestoppt und es erfolgt ein automatischer Neustart, wenn keine Vereisungsbedingungen mehr vorliegen. Der automatische Neustart erfolgt erst nach einer festgelegten Verzögerungszeit /7/.

3.2.4 Gefährdungskategorie 4: Verkehrswege außerhalb der Eisabwurffläche-Eisbetrieb

Verkehrswege und oder andere Bebauungsobjekte (Schutzobjekte) befinden sich außerhalb der Eisabwurffläche (siehe Kapitel 3.1, Abbildung 1, Risikoklasse I) /2/. Bei Eisansatz wird die WEA unter Gewährleistung des Anlagenschutzes (WEA stoppt erst bei einem kritischen Zustand für die WEA) weiterbetrieben. Nach einer Abschaltung aus Gründen des Anlagenschutzes wird die WEA nach einer festgelegten Wartezeit automatisch neugestartet /1/.

3.3 Eiserkennung

Die Eiserkennung zur Vermeidung von Eisabwurf erfolgt bei Senvion WEA durch

- den Abgleich eines beheizten Ultraschallwindmessers mit einem unbeheizten Schalenkreuzanemometer. Unter Vereisungsbedingungen führt eine Eisbildung bzw. Ablagerung von Eis oder Schnee an den Schalen oder dem Schaft des Schalenkreuzanemometers zu einer Verlangsamung der Rotation des Anemometers. Weichen die Messwerte der beiden Anemometer bei Temperaturen um den oder unter dem Gefrierpunkt von einander ab, so wird auf einen Eisansatz an der Gondel und eine mögliche Vereisung der Rotorblätter geschlossen /1/.
- einen Abgleich der Messwerte im Produktionsbetrieb. Die Eisbildung auf einem Rotorblatt führt zu einer Veränderung der aerodynamischen Kennwerte, woraus eine geänderte Leistungsabgabe der WEA folgt (siehe Kapitel 2.2). Die Messwerte zu Rotordrehzahl, Windgeschwindigkeit, Blattstellwinkel sowie spezifische Rotorkennwerte werden für die Ermittlung der theoretischen Leistung herangezogen. Weicht diese theoretische Leistung von der Tatsächlichen ab so kann auf einen möglichen Eisansatz an den Rotorblättern im Produktionsbetrieb geschlossen werden /1/.
- die optionale Möglichkeit einen externen Eissensor in die Anlagensteuerung zu integrieren /1/.

Wird ein Eisansatz erkannt, so wird die WEA in Abhängigkeit der Gefährdungskategorie entweder abgeschaltet und geht in den Trudelbetrieb über /1/ oder die WEA wird unter Gewährleistung des Anlagenschutzes mit Eisansatz weiterbetrieben.

Zum Anlagenschutz verfügt die WEA über eine Schwingungsüberwachung (Turm- und Triebstrangschwingung) sowie über eine vereinfachte Plausibilitätsprüfung der theoretischen Leistung zur tatsächlich erzeugten Leistung /1/.

Das Wiederanlaufen (Neustart) der WEA nach einer Eisansatzabschaltung erfolgt in Abhängigkeit der ermittelten Risikoklasse (siehe Kapitel 3.1) und den sich daraus ergebenden Gefährdungskategorie (siehe Kapitel 3.2) automatisch oder manuell nach visueller Prüfung auf Eisfreiheit vor Ort /1/, /3/. Die visuelle Prüfung vor Ort wird durch speziell geschultes Personal /4/ durchgeführt.

4 Bewertung

Die Beauftragung umfasst lediglich die Evaluierung des operativen Konzepts von Maßnahmen, die im Falle von Eisbildung ergriffen werden, gemäß der Dokumentation von Senvion, die hier beigefügt sind.

Die grundsätzliche Herangehensweise von Senvion in Bezug auf die Gefährdung durch Eisabwurf, wie in /1/ dargestellt, stimmt mit den Anforderungen der Maschinenrichtlinie überein. Es werden demnach nach der 3-Stufen-Methode technische Schutzmaßnahmen und organisatorische Maßnahmen bei Vereisung definiert.


Das Konzept der Vorabbewertung des Gefährdungspotentials /2/ mit Auswirkung auf die Reaktionskette, vom Betrieb der WEA unter Vereisung über das Ausschalten der WEA bis Wiederanfahren, ist in sich schlüssig.

Das von Senvion eingebaute System zur Eiserkennung umfasst Vergleich der Windmessung, Abgleich der Messwerte im Produktionsbetrieb und Bereitstellung einer Schnittstelle für einen zusätzlich optionalen Eissensor. Das Konzept zur Abschaltung vereister Anlagen bzw. dem Weiterbetrieb mit Eisansatz ist plausibel und unter Beachtung obiger Anmerkungen grundsätzlich dazu geeignet eine WEA im Produktionsbetrieb bei Eisansatz abzuschalten sowie die Gefährdung durch Eisabwurf zu reduzieren.

Aufgrund der Maßnahmen zum Neustart, basierend auf der Standortbewertung und den daraus resultierenden Risikoklassen, ist eine Gefährdung durch Eisabwurf infolge eines automatischen Neustartes der WEA nicht anzunehmen. Ist das Ergebnis der Standortbewertung, dass eine mögliche nicht vermeidbare Gefährdung durch Eisabwurf von der WEA ausgeht (Risikoklasse II), so darf die WEA nur manuell neugestartet werden.

Die Funktionsfähigkeit des Eiserkennungssystems der WEA sollte im Rahmen der Inbetriebnahme gemäß /17/, /18/ geprüft und dokumentiert werden. Betriebsbegleitend ist die Funktionalität des Eiserkennungssystems im Rahmen der vorgesehenen Prüfungen (wiederkehrende Prüfung) des Sicherheitssystems und der sicherheitstechnisch relevanten Komponenten der WEA gemäß /17/, /18/ aufzuzeigen.

Erstellt

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Lautenschlager', written over a horizontal line.

B.Sc. F. Lautenschlager

Geprüft

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'O. Raupach', written over a horizontal line.

Dipl.-Ing. O. Raupach

5 Dokumente und Literaturverzeichnis

5.1 Bewertete Dokumente

- /1/ Senvion SE. Maßnahmen bei Eisansatz Windenergieanlagen MM / 3.XM / 6M, Dok.: T-0.0-SL.ST.01-A-A, Stand 06.11.2014. Hamburg 2014.

5.2 Dazugehörige Dokumente

- /2/ Senvion SE. Falling ice Annual wind turbine site assessment -Germany and Austria, Dok.: SD-0.0-ES.CH.01-B-A-EN, -Worldwide (except Germany and Austria), Dok.: SD-0.0-ES.CH.01-A-E-EN, Stand 28.11.2014. Hamburg 2014.
- /3/ Senvion SE. Eisabwurf und Eisabfall Meldung der Eisfreiheit, Dok.: SD-0.0-ES.CH.02-A-C-DE, Stand 24.01.2014. Hamburg 2014.
- /4/ Senvion SE. Erkennung von Eisansatz an Rotorblättern von Senvion Windenergieanlagen, Dok.: DE-OMT-T-8.0.0.1-VA-DE, Stand 27.01.2014. Hamburg 2014.
- /5/ Senvion SE. Ausfüllanleitung für das Dokument „Eisabwurf und Eisabfall – Jährliche WEA-Standortbewertung“, Dok.: GE-OMH-O-03-VC-GE, Stand 20.01.2014. Hamburg 2014.
- /6/ Senvion SE. Umgang mit Eisansatz, Präsentation 14.08.2014. Hamburg 2014.
- /7/ Senvion SE. Erkennung der Eisfreiheit mit Hilfe einer Abtauformel, Dok.: V-2.1-EL.ST.70-S-D-DE, Stand 14.08.2014. Hamburg 2014.

5.3 Literatur & Quellen

- /8/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /9/ DIBt. Muster – Liste der Technischen Baubestimmungen. Berlin. Fassung September 2013.
- /10/ VTT Technical Research Centre of Finland. State-of-the-art of wind energy in cold climates. VTT WORKING PAPERS 152. ISBN 978-951-38-7493-3. 2010.
- /11/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /12/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /13/ Seifert, H. Technische Ausrüstung von Windenergieanlagen an extremen Standorten. Wilhelmshaven. 2002.
- /14/ Seifert, H., Richert, F. A recipe to estimate aerodynamics and loads on iced rotor blades, Boreas IV. Hetta, Finland, 1998.
- /15/ Seifert, H. Technical requirements for rotor blades operating in cold climates Boreas VI. Pyhä, Finland, 2003.
- /16/ Seifert, H. et al. Risk analysis of ice throw from wind turbines, BOREAS VI. Pyhä, Finland. 2003.

- /17/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Fassung Oktober 2012.
- /18/ Germanischer Lloyd. Vorschriften und Richtlinien. IV Industriedienste. Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. Hamburg. Ausgabe 2010.