

Gutachten zur Einbindung eines optionalen Eisansatzerkennungssystems Typ Wölfel in ENERCON Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht-Nr.: 8114965832-III Rev. 0

Gegenstand der Prüfung: Eisansatzerkennungssystem
IDD.Blade des Herstellers
Wölfel Wind Systems GmbH
in ENERCON Windenergie-
anlagen

Erstellt für: ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten.

Rev.	Datum	Änderungen
0	10.12.2018	Erste Fassung

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Ausgangssituation	3
1.2	Aufgabenstellung.....	4
2	Technische Beschreibung	5
2.1	Windenergieanlagen.....	5
2.2	Eisansatzerkennungssystem IDD.Blade von Wölfel	5
2.3	Einbindung des Eisansatzerkennungssystems Wölfel in die ENERCON- Anlagensteuerung	5
2.4	Einbauverfahren und Inbetriebnahme	7
2.5	Parametrierung.....	7
2.6	Wiederanlauf nach Vereisung	8
2.6.1	Anfahren/Wiederanfahren durch manuellen Reset	8
2.6.2	Wiederanlaufen nach Vereisung infolge Änderung der	8
	meteorologischen Bedingungen.....	
2.6.3	Wiederanlaufen nach erkannter Vereisung bei gesetztem Status "Vereisung möglich"	8
2.6.4	Anfahren bei Vereisungsbedingungen nach Stillzeiten	8
2.6.5	Automatisches Wiederanlaufen mit Eisfreiheitsmeldung	8
2.7	Wiederkehrende Prüfungen.....	9
3	Bewertung	9
4	Dokumente und Literaturverzeichnis	11
4.1	Bewertete Dokumente	11
4.2	Literatur	12

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen (WEA), die in Regionen mit Temperaturen unter 3°C aufgestellt werden, können bei ungünstigen Bedingungen Eis ansammeln. Aus der dann entstehenden Eisschicht können sich beispielsweise durch Abtauen oder Blattverformung Eisbrocken ablösen, die im Betrieb der Anlage vom Rotorblatt abgeworfen werden und zu Personen- oder Sachschäden im Wurfbereich der Anlage führen könnten. Ab einer bestimmten Masse der abgeworfenen Eisbrocken besteht damit eine potentielle Gefahr. Beobachtungen zeigen abgeworfene Eisbrocken mit einer Masse von bis zu mehreren kg, jedoch sind dem TÜV NORD bisher keine Personenschäden bekannt geworden.

An den WEA installierte Eisansatzerkennungssysteme dienen dem Zweck, dass die Anlage bei erkannter Vereisung der Rotorblätter in den Trudelbetrieb gebracht wird und somit keine Gefahr durch Eisabwurf mehr besteht. Das Eis wird dann von den Blättern der stehenden oder trudelnden WEA abfallen, bevor die WEA wieder manuell oder automatisch in Betrieb genommen wird. Eisabfall von abgeschalteten WEA ist nicht vermeidbar und vergleichbar mit Eisabfall von Strommasten oder Brücken.

Eisansatzerkennungssysteme verfügen generell über einen oder mehrere Sensoren und eine Auswerteeinheit. Das Sensorsignal wird durch vereiste Rotorblätter beeinflusst und wird zur Auswerteeinheit gesendet. Die Auswerteeinheit übernimmt die Aufgabe, aus dem Sensorsignal einen Indikator für Vereisung zu generieren. Üblicherweise gibt es einen Schwellwert, bei dessen Überschreitung das Eisansatzerkennungssystem ein Abschalten der Anlage initiiert. Je nach Messprinzip ist dieser Schwellwert spezifisch für jeden Anlagentyp oder gar jede Anlage einzustellen.

Um die Gefahren durch Eisabwurf zu reduzieren, wird in allen ENERCON WEA serienmäßig die Eisansatzerkennung nach dem ENERCON Kennlinienverfahren eingesetzt. Dieses serienmäßige System wurde bereits mit /10/ vom TÜV NORD bewertet. In Ergänzung zu diesem System werden von ENERCON bei Bedarf verschiedene optionale Eisansatzerkennungssysteme eingesetzt /1/. Eines dieser optionalen Systeme ist das System IDD.Blade des Herstellers Wölfel Wind Systems GmbH, deren Einsatz in ENERCON WEA im vorliegenden Gutachten bewertet werden soll.

Ein Eisansatzerkennungssystem ist immer auch im Zusammenhang mit der WEA zu bewerten. Es ist zu indizieren, dass das Eisansatzerkennungssystem

- die kritische Eismasse zuverlässig detektiert, (s. hierzu /8/)
- hinsichtlich der Schwellwerte und Parameter korrekt auf die Anlage eingestellt ist und
- sicherheitstechnisch zuverlässig funktioniert und die WEA bei Vereisung abgeschaltet wird.

1.2 Aufgabenstellung

Die Bewertung im vorliegenden Gutachten soll in Bezug auf das sichere Abschalten der ENERCON WEA bei anstehendem Signal "Eisansatz an den Rotorblättern" durch das optionale System IDD.Blade des Herstellers Wölfel Wind Systems GmbH erfolgen. Anhaltspunkte zur Bewertung liefern die von der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord herausgegebenen Papiere „MERKBLATT für Vorhaben zur Errichtung von Windenergieanlagen hinsichtlich immissionsschutzrechtlicher und arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen an die Antragsunterlagen in Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG“ – Juli 2016 sowie „Sicherheitsnachweise hinsichtlich Eisabwurf“ – Juli 2016 /11/.

Es sollen die folgenden sicherheitstechnischen Kriterien für die in Kap. 2.1 definierten ENERCON WEA bewertet werden:

1. Die logische Einbindung des Systems in die Betriebsführung der WEA
2. Das praktische Einbauverfahren
3. Die Möglichkeiten der Parametrierung
4. Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen
5. Die Vermeidung des (wieder-) Anfahrens bei Vereisung

Die Bewertung erfolgt in Bezug auf die sichere Umschaltung der WEA in den Trudelbetrieb bei anstehendem Signal der Eiserkennung. Die weiteren (nicht sicherheitsrelevanten) Funktionen, wie z.B. die Steuerung einer Blattheizung, sind nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens. Die Steuerung einer Blattheizung wird aber für den Wiederanlauf der WEA berücksichtigt.

Die Bewertung bezieht sich ausschließlich auf die Verhinderung von *Eisabwurf*. Eine Bewertung bezüglich *Eisabfall* erfolgt an dieser Stelle nicht, denn Eisabfall von einer stehenden oder trudelnden Anlage kann nicht verhindert werden und muss ggf. standortspezifisch bewertet werden.

Zur Zuverlässigkeit der Detektion einer kritischen Eismasse durch das System bzw. zur Sensibilität der Eiserkennung werden im Rahmen dieses Gutachtens keine Aussagen gemacht, hierzu wird auf /8/ verwiesen.

2 Technische Beschreibung

2.1 Windenergieanlagen

Enercon setzt derzeit für die verschiedenen WEA-Typen fünf verschiedene Steuerungstypen ein (CS48, CS82, CS101, CS126, EP4-CS-01). Diese Steuerungstypen sind so weit kompatibel, dass das zusätzliche Eisansatzerkennungssystem in jedem dieser Steuerungssysteme genutzt werden kann. Es sind lediglich z.B. bauraumbedingte Einschränkungen bei einzelnen WEA-Typen möglich /2/.

Das hier dargestellte Verfahren zur Einbindung des Eisansatzerkennungssystems vom Typ Wölfel in ENERCON WEA kann somit grundsätzlich für alle aktuellen WEA in der Produkt Linie von ENERCON angewandt werden.

2.2 Eisansatzerkennungssystem IDD.Blade von Wölfel

Das Eisansatzerkennungssystem IDD.Blade des Herstellers Wölfel GmbH basiert auf der Messung von Schwingungen und Temperaturen des Rotorblattes durch Sensoren im Rotorblatt. Das Gesamtsystem besteht aus mindestens drei "Structural-Noise-Sensoren" und einer Basisstation zur Datenerfassung und Datenverarbeitung. Es wird jeweils 1 Sensor innerhalb jedes Rotorblatts auf einer Montageplatte installiert (Standardkonfiguration). Die Basisstation wird über die Modbus-TCP-Schnittstelle (Ethernet) mit dem ENERCON Ice Detection Interface verbunden und somit in die Anlagensteuerung eingebunden. Nach einer erforderlichen Kalibrierung (blattspezifische Referenzierung), funktioniert die Wölfel Eisansatzerkennung unabhängig vom Anlagenbetrieb, auch bei Stillstand der WEA, ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 3 m/s. Die Dauer einer Referenzierung beträgt je nach Art max. 3 bis 6 Monate. Erst nach Abschluss dieser Referenzierungsphase kann eine Rotorblattvereisung detektiert werden.

Eine Beschreibung des IDD.Blade Systems ist in /4/ enthalten. Das System ist vom DNV GL zertifiziert /8/. In dem zugrundeliegenden Report /7/ wird bestätigt, dass das System den Anforderungen der DNVGL-SE-0439:2016-06 (Certification of Condition Monitoring) entspricht. Eine Aussage zur Messgenauigkeit des Systems wird hierin nicht gemacht.

2.3 Einbindung des Eisansatzerkennungssystems Wölfel in die ENERCON-Anlagensteuerung

Die Systemanforderungen zur Integration des Wölfel Eisansatzerkennungssystems in die bestehenden Steuerungssysteme (CS48, CS82, CS101, CS126 und EP4-CS-01) wurden in /3/ und /6/ gemäß den Anforderungen für sicherheitsrelevante Steuerungen definiert. Die Einbindung der sicherheitsrelevanten Signalisierung in die Anlagensteuerung erfolgt über ein Ice Detection Interface an das bestehende I/O-Board S1. Durch Verwendung eines Black Channels werden Unterbrechungen oder Verfälschungen der sicherheitsrelevanten Signale empfängerseitig erkannt.

Das Black Channel-Signal wird über eine Modbus/TCP-Schnittstelle und den Enercon-Anlagenbus übertragen. Gemäß den Anforderungen der DIN EN 61784-3 werden eine Verfälschung, unbeabsichtigte Wiederholung, falsche Abfolge, Verlust, inakzeptable Verzögerung, Einfügung, Maskerade oder Adressierungsfehler des Black Channel-Signals empfängerseitig erkannt /5/.

Das Wölfel System erkennt eigenständig seine Verfügbarkeit und signalisiert dies mit dem Signal „verfügbar“. Wenn ein Ausfall oder Teilausfall erkannt wird, wird eine entsprechende Meldung (als Wartungsanforderung) an SCADA signalisiert und eine parametrisierte Ausfallreaktion eingeleitet.

Erkennt das Wölfel System Eisansatz, wird die Windenergieanlage abgeschaltet, d.h. in den geregelten Trudelbetrieb gebracht. Dies ist durch folgende Statusmeldung ersichtlich:

- 14:43 Eisansatzerkennung: Wölfel: Eis detektiert

Gelingt dies im Ausnahmefall nicht, dann erfolgt eine Notabschaltung, welche die Blätter in Fahnenstellung bringt und den Rotor vollständig stoppt.

Je nach Parametrierung kann zusätzlich die Gondel in eine bestimmte Stellung positioniert, die Blattheizung oder eine Eiswarnleuchte eingeschaltet werden.

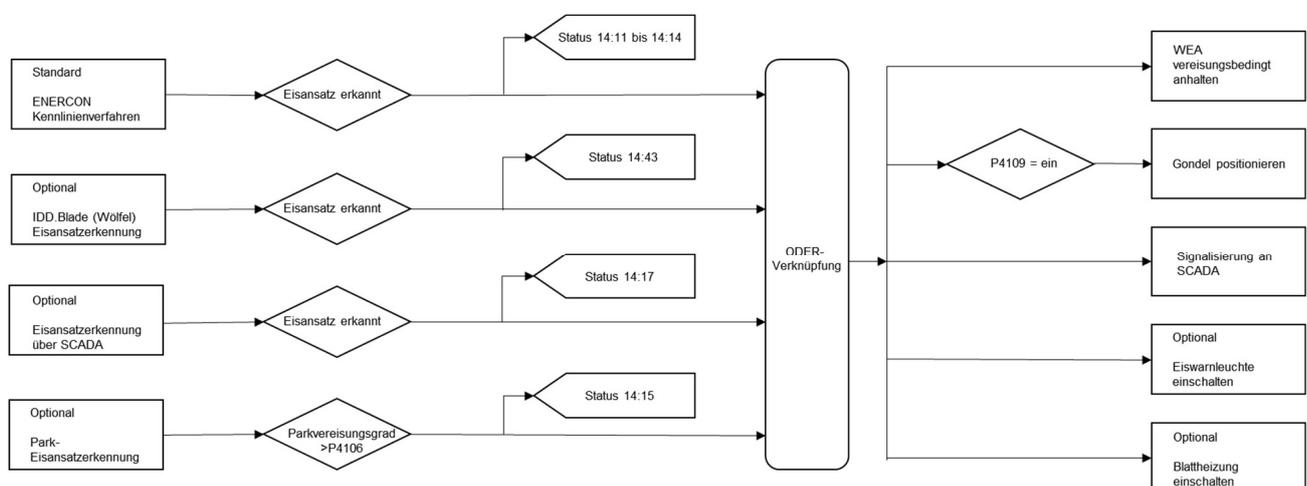


Abbildung 1: Flussdiagramm WEA Eiserkennung

Sobald die Eisfreiheit festgestellt wird, kann ein automatischer Wiederanlauf der WEA erfolgen, sofern keine anderen Signale diesen verhindern.

Das bestehende und zertifizierte Betriebsführungs- und Sicherheitssystem der ENERCON WEA wird hiervon nicht beeinflusst oder geändert, es wird lediglich um ein weiteres Signal ergänzt, welches zur Abschaltung der WEA in den Trudelbetrieb führt. Die Abschaltung erfolgt in gleicher Weise, bzw. mit dem gleichen Bremsprogramm wie zum Beispiel bei Detektion eines Fehlers oder aufgrund von zu niedriger oder zu hoher

Windgeschwindigkeit (normaler Trudelstopp). Die Lasten der WEA werden somit nicht negativ beeinflusst.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Eisansatzerkennungssystem die folgenden Binärsignale übermittelt, anhand derer WEA-stops und -starts ausgelöst werden:

- Vereisung,
- Verfügbarkeit des Systems und
- Eisfreiheit.

Wenn das System eine kritische Vereisung feststellt, wird die WEA in den Trudelbetrieb gefahren, wobei die Trudeldrehzahl so bemessen ist, dass es nicht mehr zu Eisabwurf kommt, sondern lediglich Eisabfall auftreten kann.

2.4 Einbauverfahren und Inbetriebnahme

Das Einbauverfahren und die Inbetriebnahme sind für alle Komponenten des Wölfel Systems, d.h. für die Basisstation, die Verkabelung sowie für das Aufbringen der Sensoren in die Rotorblätter detailliert beschrieben /9/. Es erfolgt demnach kein Eingriff in die Struktur des Blattes.

Der Einbau und Anschluss des Kommunikations- und Steuerschranks erfolgt ebenfalls ohne relevante Veränderungen an dem serienmäßigen, zertifizierten Zustand der WEA.

Nach dem Einbau und Herstellung der Kommunikation muss eine Parameterübertragung durchgeführt werden (s. Kap. 2.5).

2.5 Parametrierung

Die Parameter des Eisansatzerkennungssystems werden bei der Inbetriebnahme per CF-Karte in die Anlage eingespielt und kontinuierlich über das SCADA-System überwacht /2/. Das ENERCON Service Center führt eine Parameterüberwachung durch und wird so auf Abweichungen der beabsichtigten Parameter (gemäß SAP Datensatz) und der tatsächlich eingestellten Parameter aufmerksam. Die Schwellwerte der Eiswarnung bzw. des Eisalarms sind Rotorblatt- und anlagenspezifisch so zu parametrieren, dass die in /10/ hergeleitete kritische Eisdicke von 13 mm am Rotorblatt unterschritten wird.

Wenn das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem nicht verfügbar ist, wird eine parametrisierte Ausfallreaktion eingeleitet.

2.6 Wiederanlauf nach Vereisung

Die WEA kann nach einem festgestellten Vereisungsereignis erst wieder anlaufen, nachdem die Eisfreiheit sicher festgestellt worden ist. Ein Wiederanlauf kann durch folgende Wege erreicht werden:

2.6.1 Anfahren/Wiederanfahen durch manuellen Reset

Manuell, nachdem ein geschulter und qualifizierter WEA-Wart vor Ort eine visuelle Inspektion der Blätter durchführt und ggf. einen Wiederanlauf einleitet ("Eisreset"). Wenn ein Eisansatzerkennungssystem weiterhin Vereisung signalisiert, d. h. das technische Eisansatzerkennungssignal im Widerspruch zu dem menschlichen Signal steht, wird ein Wiederanlaufen verhindert.

2.6.2 Wiederanlaufen nach Vereisung infolge Änderung der meteorologischen Bedingungen

Automatisch, wenn die gemessene Außertemperatur ausreichend lange oberhalb des Gefrierpunktes lag (z.B. 2 Stunden über +5°C) und ein automatischer Wiederanlauf bei Tauwetter parametrier ist.

2.6.3 Wiederanlaufen nach erkannter Vereisung bei gesetztem Status "Vereisung möglich"

Das Wiederanlaufen nachdem die WEA Vereisung erkannt hat, während weiterhin Vereisungsbedingungen herrschen, ist ein Spezialfall den ENERCON in den Programmablauf integriert hat. Dieser Fall ist nur möglich wenn eine kritische Vereisung zuerst durch das ENERCON-Kennlinienverfahren erkannt wurde und das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem keine kritische Vereisung meldet.

2.6.4 Anfahren bei Vereisungsbedingungen nach Stillzeiten

Dieser Fall ist nur möglich wenn eine kritische Vereisung zuerst durch das ENERCON-Kennlinienverfahren erkannt wurde und das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem keine kritische Vereisung meldet.

2.6.5 Automatisches Wiederanlaufen mit Eisfreiheitsmeldung

Automatisch nach Ende der Vereisung bei Feststellung von Eisfreiheit unter folgenden Bedingungen:

- wenn das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem zuerst selber Eisansatz erkannt hat,
- wenn keine kritische Vereisung erkannt wird und,
- nach einem abgeschlossenen Heizzyklus der Blattheizung (optional installierte Blattheizung im Automatikmodus)

Diese Funktion ist standardmäßig nicht eingeschaltet.

Wenn die WEA durch das serienmäßige ENERCON-Kennlinienverfahren gestoppt wurde, obwohl das Wölfel Eisansatzerkennungssystem keine Vereisung gemeldet hat, ist ein automatischer Wiederanlauf bei einer Eisfreiheitsmeldung durch das Wölfel Eisansatzerkennungssystem nicht möglich.

Wurde ein Eisansatz erkannt, so wird dieser Zustand nullspannungssicher gespeichert. Dadurch wird sichergestellt, dass es auch nach einem Spannungsausfall nicht zu einem unbeabsichtigten Wiederanlaufen kommt.

2.7 Wiederkehrende Prüfungen

Das Eisansatzerkennungssystem Wölfel ist aufgrund seiner Systemgestaltung sowie der Eigendiagnosefunktionen weitgehend wartungsfrei, die Verklebung der Sensoren im Rotorblatt kann im Rahmen der visuellen Prüfung des Rotorblattes erfolgen. Störungen des Systems werden durch die Eigendiagnosefunktionen der WEA-Steuerung über die jeweilige Schnittstelle und der Betriebsführungs-Zentrale über die jeweilige Datenanbindung automatisch angezeigt. Aus der Betriebsführungs-Zentrale heraus kann über die bestehende Datenanbindung eine Fehlereingrenzung und Maßnahmenableitung erfolgen.

Um die Funktionsfähigkeit des Systems jederzeit testen zu können, besteht die Möglichkeit eine Eisansatzsimulation zu aktivieren. Diese verfälscht das ausgegebene Vereisungssignal, so dass die Anlage bei allen Wetterbedingungen Vereisung signalisieren kann und die Abschaltpfade getestet werden können. Die Sensordaten (Eismassen und Eismassenprädiktionen) werden weiterhin normal ausgewertet. Diese Funktion kann durch ein Menü innerhalb der Enercon-Anlagensteuerung ausgelöst werden. Dann sendet die Anlagensteuerung die Aktivierung der Eisansatzsimulation an das Wölfel Eisansatzerkennungssystem. Damit wird Vereisung vorgetäuscht und eine Anlagenabschaltung ausgelöst.

3 Bewertung

Die serienmäßige Eisansatzerkennung nach dem ENERCON-Kennlinienverfahren bleibt auch bei Einbau des zusätzlichen Wölfel Eisansatzerkennungssystems weiterhin aktiv. Wird durch das ENERCON-Kennlinienverfahren oder durch das Wölfel System Eisansatz erkannt, wird die WEA in den Trudelbetrieb gefahren.

Die hier betrachtete Einbindung des Eisansatzerkennungssystems Wölfel in ENERCON WEA ist neben dem serienmäßigen ENERCON-Kennlinienverfahren ein redundantes und diversitäres System zur Eisansatzerkennung.

Bei anstehendem Signal „Eisalarm“ von einem der beiden Systeme wird die WEA automatisch vom Betriebsführungssystem abgeschaltet (Trudelbetrieb). Das Eisansatzerkennungssystem Wölfel ist für die untersuchten ENERCON WEA kompatibel mit dem Kon-

zept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems und die Einbindung in das Betriebsführungssystem erfolgt unter Berücksichtigung der definierten erforderlichen Schnittstellen.

Wenn das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem nicht verfügbar ist, wird eine parametrisierte Ausfallreaktion eingeleitet. Die Standard-Ausfallreaktion ist, den Trudelbetrieb einzuleiten, falls kein weiteres Eisansatzerkennungssystem verfügbar ist. Weitere Möglichkeiten für die Parametrierung der Ausfallreaktion sind:

- den Trudelbetrieb einzuleiten, falls aufgrund der Auswertung der Außentemperaturmessung eine Vereisung möglich ist,
- den Trudelbetrieb ohne weiteres einzuleiten oder
- den Trudelbetrieb nicht einzuleiten.

Das Einbauverfahren des Systems in ENERCON WEA ist detailliert beschrieben. Die Parametrierung der Anlage erfolgt im Rahmen der geregelten Inbetriebnahme und darf nur von autorisierten und dafür ausgebildeten Mitarbeitern vorgenommen werden.

Die vorgesehenen Verfahren des Wiederanfahrens nach Vereisung werden als ausreichend sicher bewertet. Unter der Voraussetzung, dass das Wölfel-Eisansatzerkennungssystem kritischen Eisansatz zuverlässig erkennt, ist ein automatisches Wiederanfahren ebenfalls als sicher zu bewerten. Die hinreichend sensible und zuverlässige Erkennung von kritischem Eisansatz am Rotorblatt durch die Sensoren wurde an dieser Stelle nicht bewertet.

Erstellt

Freigabe

Dipl.-Ing. O. Raupach

Dipl.-Ing. L. Klüppel

4 Dokumente und Literaturverzeichnis

4.1 Bewertete Dokumente

- /1/ ENERCON GmbH
Technische Beschreibung, ENERCON Windenergieanlagen,
Übersicht Eisansatzerkennungssysteme, Dokument ID: D0666949-1
Datum: 2018-04-13

- /2/ ENERCON GmbH
Technische Mitteilung, Einbindung externer Eisansatzerkennungssysteme,
Dokument ID: D0561455-0
Datum: 2017-01-19

- /3/ ENERCON GmbH
Systemanforderungen Integration Wölfel Eisansatzerkennungssystem,
Dokument-ID: D0717006-0
ohne Datum

- /4/ ENERCON GmbH
Technische Beschreibung, ENERCON Windenergieanlagen,
Wölfel Eisansatzerkennung, Intern, Dokument ID: D0714266-1
Datum: 2018-11-08

- /5/ ENERCON GmbH
Protokollspezifikation, Black Channel-Kommunikation zwischen dem Wölfel
Eiserkennungssystem und I/O-Board S1, Dokument-ID: D0593031-1
Datum: 2017-08-21

- /6/ ENERCON GmbH
Systemanforderungen, Gesamtprojekt Icing, Technologische Einbindung und
Zertifizierung externer Eisansatzerkennungssysteme, Wölfel
Dokument-ID: D0717105-0
Datum: 2018-06-14

- /7/ DNV GL
Certification Report Ice Detection System IDD.Blade
Report Nr.: CR-DNVGL-SE-0439-03577-0
Datum: 2018-01-27

- /8/ DNV GL
Type Certificate, Ice Detection system IDD.Blade, Wölfel Wind Systems GmbH,
according to DNVGL-SE-0439:2016-06 Certification of Condition Monitoring, Cer-
tificate No.: TC-NDVGL-SE-0439-03577-0,
Datum: 2018-01-27

- /9/ ENERCON GmbH
Nachrüstung Eisansatzerkennung Wölfel, Dokument-ID: TD-esc-01-de-de-xxx
Rev000 (Entwurf), Datum: 2018-08-13
- /10/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Gutachten zur Bewertung der Funktionalität von Eiserkennungssystemen zur
Verhinderung von Eisabwurf an ENERCON Windenergieanlagen:
Eisansatzerkennung nach dem ENERCON-Kennlinienverfahren,
TÜV NORD Bericht-Nr.: 8111881239 Rev. 5,
Datum: 2018-09-19

4.2 Literatur

- /11/ Rheinland Pfalz Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord: MERKBLATT für Vorhaben zur Errichtung von Windenergieanlagen hinsichtlich immissionsschutzrechtlicher und arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen an die Antragsunterlagen in Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG, Stand: Juli 2016
- /12/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /13/ DIBt. Muster – Liste der Technischen Baubestimmungen. Berlin. Fassung September 2013.
- /14/ 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.
- /15/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /16/ Seifert, H. Technische Ausrüstung von Windenergieanlagen an extremen Standorten. Wilhelmshaven. 2002.
- /17/ Seifert, H., Richert, F. A recipe to estimate aerodynamics and loads on iced rotor blades, Boreas IV. Hetta, Finland, 1998.
- /18/ Seifert, H. Technical requirements for rotor blades operating in cold climates Boreas VI. Pyhä, Finland, 2003.
- /19/ Seifert, H. et al. Risk analysis of ice throw from wind turbines, BOREAS VI. Pyhä, Finland. 2003.
- /20/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Fassung Oktober 2012.
- /21/ Germanischer Lloyd. Vorschriften und Richtlinien. IV Industriedienste. Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. Hamburg. Ausgabe 2010.