

Gutachten

zur Einbindung eines Eiserkennungssystems in Siemens Gamesa 5.X Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht Nr.: 8120149884 Rev. 0

Gegenstand der Prüfung: Einbindung des Weidmüller BLADEcontrol
Eiserkennungssystems in Siemens Gamesa
Windenergieanlagen vom Typ 5.X

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten.

Rev.	Datum	Änderungen
0	30.03.2022	Erste Fassung

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Ausgangssituation	3
1.2	Aufgabenstellung.....	4
1.3	Windenergieanlage.....	4
1.4	Eiserkennungssystem Weidmüller BLADEcontrol	5
2	Sicherheitstechnik der SGRE Windenergieanlagen	6
2.1	Einbindung des Eiserkennungssystems in die Anlagensteuerung	6
2.2	Einbauverfahren und Inbetriebnahme	8
2.3	Parametrierung.....	8
2.4	Wiederkehrende Prüfungen.....	9
2.5	Vermeidung des Anfahrens bei Vereisung	9
3	Bewertung	9
4	Dokumente	11

Abbildungen

Abbildung 1:	Systemarchitektur von BLADEcontrol /4/	5
Abbildung 2:	Eisdetektortyp [IceDeTyp] /2/	7
Abbildung 3:	Kontrollparameter für Eisdetektion IceDeType4 (BLADEcontrol).....	8

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen (WEA), die in Regionen mit Temperaturen unter 5°C aufgestellt werden, können bei ungünstigen Bedingungen Eis ansammeln. Aus der dann entstehenden Eisschicht können sich beispielsweise durch Abtauen oder Blattverformung Eisstücke ablösen, die im Betrieb der Anlage vom Rotorblatt abgeworfen werden und zu Personen- oder Sachschäden im Wurfbereich der Anlage führen können. Ab einer bestimmten Masse der abgeworfenen Eisstücke besteht damit eine potentielle Gefahr. Beobachtungen zeigen abgeworfene Eisstücke mit einer Masse von mehreren kg.

An WEA installierte Eiserkennungssysteme dienen dem Zweck, dass die Anlage bei erkannter Vereisung der Rotorblätter abgeschaltet wird und somit keine Gefahr durch Eisabwurf mehr besteht. Das Eis wird dann von den Blättern der trudelnden WEA abfallen, bevor die WEA wieder manuell oder automatisch in Betrieb genommen wird. Eisabfall von abgeschalteten WEA ist praktisch nicht vermeidbar und vergleichbar mit Eisabfall von Strommasten oder Brücken. Der Gefährdungsradius bei Eisabfall ist deutlich kleiner als bei Eisabwurf, da die herabfallen Eisstücke nur vom Wind verdriftet und nicht vom Rotorblatt beschleunigt werden.

Eiserkennungssysteme verfügen generell über einen Sensor und eine Auswerteeinheit. Das Sensorsignal wird durch vereiste Rotorblätter direkt oder indirekt beeinflusst. Die Auswerteeinheit übernimmt die Aufgabe, aus dem Sensorsignal einen Indikator für Vereisung zu generieren. Üblicherweise gibt es einen Schwellwert, bei dessen Überschreitung das Eiserkennungssystem ein Abschalten der Anlage initiiert. Oft ist dieser Schwellwert spezifisch für jeden Anlagentyp oder gar jede Anlage einzustellen.

Die Bewertung von Eiserkennungssystemen erfolgte bisher in Gutachterlichen Stellungnahmen über Plausibilitätsprüfungen. Es wurde Stellung bezogen zum physikalischen Prinzip der Erkennung bzw. zu der Frage, ob die durch den Eisansatz hervorgerufene Veränderung der Anlageneigenschaften zu einer detektierbaren Veränderung des Sensorsignals führt. Außerdem wurde Stellung bezogen zu auftretenden Lücken der Messung im Betriebsbereich der Anlage. Die Bewertung beschränkte sich jedoch auf eine rein qualitative Bewertung bzw. Plausibilitätsprüfung.

Gerade vor dem Hintergrund, dass ein Eiserkennungssystem immer im Zusammenhang mit der Anlage und der vorliegenden Vereisung zu bewerten ist, wurden seitens der Genehmigungsbehörden die Anforderungen an die Bewertung von Eiserkennungssystemen erhöht. Es ist durch genauere, teilweise quantitative Untersuchungen zu indizieren, dass das Eiserkennungssystem

- die kritische Eismasse zuverlässig detektiert,
- hinsichtlich der Schwellwerte und Parameter korrekt auf die Anlage eingestellt ist und
- sicherheitstechnisch zuverlässig funktioniert.

Die Bewertung soll in Bezug auf das sichere Abschalten der WEA bei kritischem Eisansatz an den Rotorblättern erfolgen. Anhaltspunkte zur Bewertung liefern das von der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord herausgegebene „MERKBLATT für Vorhaben zur Errichtung von Windenergieanlagen hinsichtlich immissionsschutzrechtlicher und arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen an die Antragsunterlagen in Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG“ /11/.

1.2 Aufgabenstellung

Im Gutachten werden die weiteren sicherheitstechnischen Fragestellungen in Bezug auf die Einbindung der Systeme in Siemens Gamesa (SGRE) WEA der 5.X Plattform bewertet.

Es sollen die folgenden sicherheitstechnischen Kriterien für die Siemens Gamesa 5.X, 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 bezieht sich ausschließlich auf *Eisabwurf*. Eine Bewertung bezüglich Eisabfall erfolgt hier nicht, denn Eisabfall von einer trudelnden Anlage kann praktisch nicht verhindert werden.

Zur Zuverlässigkeit der Detektion einer kritischen Eismasse durch das Eiserkennungssystem bzw. zur Sensibilität der Eiserkennung werden im Rahmen dieses Gutachtens keine Aussagen gemacht. Diesbezüglich wird auf /10/ verwiesen.

Die Bewertung erfolgt somit in Bezug auf das sichere Abschalten der WEA bei anstehendem Stopp-Signal (Eisalarm).

1.3 Windenergieanlage

Die hier dargestellten Verfahren zur Einbindung des Eiserkennungssystems in WEA der Siemens Gamesa 5.X Plattform sind unabhängig von der genauen Variante dieser Plattform. Sie können für alle Nabenhöhen und Leistungsstufen angewandt werden. Die unterschiedlichen Eigenschaften von verschiedenen Rotorblättern sind jedoch vorab im Rahmen der Kalibrierung des Eiserkennungssystems zu berücksichtigen. Die Betrachtungen erfolgen am Beispiel der Variante mit 155 m Rotordurchmesser, sie sind jedoch ebenso für die Variante mit 170 m Rotordurchmesser gültig.

Standardmäßig sind die vorgenannten WEA mit folgenden Systemen zur Erkennung von Eisansatz ausgestattet:

1. Leistungskurvenvergleich
2. Schwingungsüberwachung

Zusätzlich können optionale Eisensensoren zum Einsatz kommen. Im Folgenden wird die Einbindung des optionalen Eiserkennungssystems vom Typ BLADEcontrol der Firma Weidmüller bewertet.

1.4 Eiserkennungssystem Weidmüller BLADEcontrol

Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol verfügt über ein gültiges Typzertifikat /9/ nach DNVGL-SE-0439:2016-06 (Zertifizierung der Zustandsüberwachung). Folgende Systemkomponenten des Eiserkennungssystems BLADEcontrol werden auf der WEA installiert:

- Dehnungssensoren oder Beschleunigungssensoren
- Messerfassungseinheit in der Nabe, Hub Measurement Unit (HMU)
- Messdatenauswertungs- und Kommunikationseinheit (ECU)
- Datenkommunikationsverbindung von der WEA zum Monitoring Center, idR. über das Internet

Ergänzend kommen weitere Komponenten für die Spannungsversorgung und Datenübertragung hinzu.

Die art- und ortstypischen Details der Installation der Komponenten sind in Installationsanweisungen festgelegt, welche für die einzelnen WEA-Typen bestehen. Diese Anweisungen wurden in Abstimmung mit den jeweiligen Herstellern der Anlagen erstellt (s. Kap. 2.2).

Das Visualisierungssystem (VIS) gibt auf einer grafischen Benutzeroberfläche Informationen über den gegenwärtigen und zurückliegenden Zustand der Rotorblätter der WEA aus. Die Freigabe zur Benutzung des VIS erfolgt über Benutzername und Kennwort.

Die Systemarchitektur von BLADEcontrol ist in Abbildung 1 dargestellt.

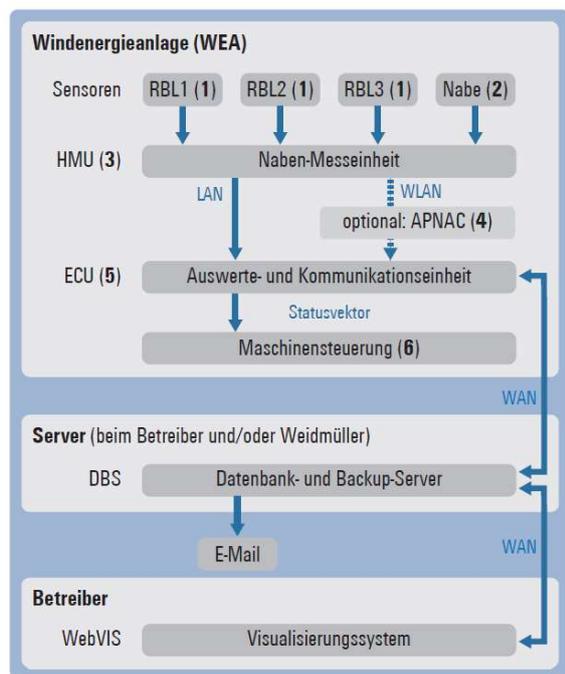


Abbildung 1: Systemarchitektur von BLADEcontrol /4/

Sensoren

Die Schwingungen der einzelnen Rotorblätter der WEA werden über Dehnungssensoren oder Beschleunigungssensoren aufgenommen. Die zulässigen Sensoren sind in /9/ aufgeführt.

Die signaltechnische Anbindung der Sensoren an die HMU in der Nabe erfolgt zur Unterdrückung elektromagnetischer Einflüsse über je ein geschirmtes Signalkabel.

Hub Measurement Unit (HMU)

In der HMU werden die Sensorsignale in der Nabe erfasst, kalibriert und gefiltert. Anschließend werden die so aufbereiteten Signale als kontinuierlicher Datenstrom per LAN oder optional per WLAN über einen Access Point Nacelle (APNAC) an die ECU weitergeleitet.

Evaluation and Communication Unit (ECU)

In der ECU werden die durch die HMU bereitgestellten Messdaten in Spektren umgewandelt und mit definierten Algorithmen analysiert. Die Messdaten wie auch die Spektren werden auf der ECU für eine definierte Zeit gespeichert. Die ECU baut selbsttätig eine Kommunikation zum Datenbankserver (DBS) im Monitoring Center auf und sendet dabei periodisch eine definierte Auswahl an Daten an den DBS.

Einen weiteren Kommunikationspfad unterhält die ECU mit der Anlagensteuerung (s. Kap. 2.2). Von dort bekommt sie zeitaktuelle Daten zum aktuellen Betriebspunkt der Anlage (z. B. Leistung, Pitchwinkel, Windgeschwindigkeit), welche für eine Ermittlung der momentanen Blattlast notwendig sind. Zurück an die Steuerung sendet die ECU einen Statusvektor, der neben Informationen zur momentanen eigenen Betriebsfähigkeit auch Warn- und Alarmerückmeldungen an die Anlagensteuerung enthält.

Das System startet bei Anschalten an die Spannungsversorgung bzw. bei Wiederherstellung der Versorgung nach einem Ausfall automatisch. Dabei bleiben alle relevanten Informationen im remanenten Speicher erhalten.

2 Sicherheitstechnik der SGRE Windenergieanlagen

2.1 Einbindung des Eiserkennungssystems in die Anlagensteuerung

Die vom Eiserkennungssystem generierten Signale werden in das Betriebsführungssystem der WEA eingelesen. Der Statusvektor von der ECU fasst die aktuellen Analyseergebnisse und den Zustand von BLADEcontrol in binärer Form (0/1) zusammen und wird über eine Schnittstelle als Antwort auf Anfrage dem Betriebsführungssystem mitgeteilt. Die Alarmierung erfolgt somit in jedem Fall direkt und nicht, wie ebenfalls möglich, nur indirekt über Email / SMS an Personen.

In der Anlagensteuerung werden u.a. die in Tabelle 2.1 dargestellten Analyseergebnisse von der ECU im Sekundentakt abgefragt und in Form von Bits zur Verfügung gestellt. Es werden die in Bezug auf die Eiserkennung wesentlichen Bits abgefragt.

Ausgangssignal	Wert	Definition
Bit 15	1= alive 0= not alive	BLADEcontrol fully functional
Bit 25	1= successful 0= not successful	Ice evaluation with valid result
Bit 57	1= alarm ice formation 0= no ice formation alarm	Alarm due to ice detection (stop threshold)

Tabelle 2.1 Ausgangssignale von BLADEcontrol /2/

Im Betriebsführungssystem der WEA können gemäß /3/ und /6/ diverse Eiserkennungsmodi gewählt werden. Diese werden bei der Inbetriebnahme eingestellt. Das externe Eiserkennungssystem BLADEcontrol von Weidmüller (ehemals Bosch-Rexroth) wird über [IceDeTyp] ausgewählt. Für das System von BLADEcontrol ist gemäß Abbildung 2 „IceDeType4“ zu wählen.

Type Selection	Description
('IceDeTyp' = "IceDeType1")	External ice detector with "Ice" signal
('IceDeTyp' = "IceDeType2")	External ice detector with both "Ice" and "Healthy" signals
('IceDeTyp' = "IceDeType2+3")	External ice detector IceDeType2 and IceDeType3
('IceDeTyp' = "IceDeType3")	External ice detector connected via additional IO station (AddIO-Top=ExternalIceDetectorType1)
('IceDeTyp' = "IceDeType4")	External ice detector (Bosch-Rexroth)
('IceDeTyp' = "None")	No external ice detector
('IceDeTyp' = "NotSet")	-

Abbildung 2: Eisdetektortyp [IceDeTyp] /2/

Durch die von SGRE festgelegte Typenauswahl (IceDeTyp = IceDeType4) wird das BLADEcontrol System korrekt in die Anlagensteuerung eingebunden. Die Konfiguration der Typenauswahl kann anschließend über die OWI (Operation with Ice) Optionen gewählt werden. Für Standorte in Deutschland sind die in Tabelle 2.2 und 2.3 dargestellten Optionen vorgesehen.

Type Selection	Stop Turbine	Trigger Yawing
/OpWIceTy/ = 'OpWIce-Type1'	x	
/OpWIceTy/ = 'OpWIce-Type3'	x	x

Tabelle 2.2: Optionen für die Konfiguration der Typenauswahl |OpWIceTy| /2/

Type Selection	Description	Associated alarm(s)
/OpWIceTy/ = 'OpWIce-Type1'	Stop turbine	Alm108051 (Ice Detect: Stopped)
/OpWIceTy/ = 'OpWIce-Type3'	Stop turbine and yaw to specific position	Alm108051, yawing is visible in ('IcYawSta') and Alm110028 (Parked in safe yaw position) is set when position is reached

Tabelle 2.3: Typenauswahl |OpWIceTy| /2/

"Stop" bedeutet hier das Pitchen der Rotorblätter in Fahnenstellung ohne mechanische Bremse, so dass die WEA im Trudelbetrieb ist.

2.2 Einbauverfahren und Inbetriebnahme

Das Einbauverfahren ist für alle Komponenten des Systems detailliert in den Installationsanleitungen /5/, /6/, /7/ und /8/ beschrieben. Die Randbedingungen und Montagevoraussetzungen sind definiert. Es wird im Einzelnen auf die Montage der folgenden Komponenten eingegangen:

- Evaluation and Communication Unit (ECU)
- Access Point Nacelle (APNAC)
- Nabenmesseinheit (HMU)
- Nabensensor
- Sensoren und Blattsensorkabel im Rotorblatt
- Signalkabel im Rotorblatt
- Blattsensorkabel an der Nabe

Nach Installation und Anschluss aller Komponenten erfolgt im Rahmen der Inbetriebnahme des Systems eine systematische Funktionsprüfung. Die ordnungsgemäße Funktion des Gesamtsystems wird mit Hilfe eines Testprogramms auf einem Laptop geprüft und dokumentiert. Die Signalerfassung und Weiterverarbeitung im BLADEcontrol System wird durch Anregung der Sensoren mit einem Hammer geprüft. Für die Beschreibung der Test- und Inbetriebnahme-prozedur wird vom Hersteller Weidmüller bis zur Erstellung der finalen Handbücher auf das Dokument /12/ für die Siemens SWT-3.0-113 verwiesen, da diesbezüglich keine Änderungen für die Siemens Gamesa 5.X WEA erfolgen.

Dieses Testverfahren prüft nur die Funktion des Eiserkennungssystems und nicht die ordnungsgemäße Reaktion der WEA. Im Rahmen der Inbetriebnahme der WEA wird daher zusätzlich die Anbindung und Reaktion des Betriebsführungssystems geprüft. Die Funktionalität der Meldekette wird durch einen erfolgreich durchgeführten Abschalttest und ein entsprechendes Inbetriebnahmeprotokoll nachgewiesen.

2.3 Parametrierung

Das BLADEcontrol System wird bei der Inbetriebnahme gemäß /2/ parametrierung. Der Kontrollparameter *Par108175* definiert die Sensitivität des Eiserkennungssystems. Für Standorte in Deutschland ist die Standardeinstellung *Par108175=1* vorgesehen.

Parameters	Unit	Text
[<i>Par108175</i>]		Ice detector alarm level. 0=no alarm, 1=alarm at severe ice, 2=alarm at slight ice

Abbildung 3: Kontrollparameter für Eisdetektion IceDeType4 (BLADEcontrol)

Die Prüfung der Sensibilität der Eiserkennung ist nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens. Es ist daher separat zu prüfen, dass die Grenzwerte für die Eiserkennung ausreichend niedrig sind. Hierzu wird auf die Prüfungen in Gutachten /10/ verwiesen.

2.4 Wiederkehrende Prüfungen

Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol ist gemäß Herstellerangaben aufgrund seiner Systemgestaltung sowie der Eigendiagnosefunktionen wartungsfrei. Störungen des Systems werden mittels seiner Eigendiagnosefunktionen der WEA-Steuerung über die jeweilige Schnittstelle und dem Monitoring-Center über die jeweilige Datenanbindung automatisch angezeigt. Aus dem Monitoring Center heraus kann über die bestehende Datenanbindung eine detaillierte Fehlereingrenzung und Maßnahmenableitung erfolgen.

2.5 Vermeidung des Anfahrens bei Vereisung

Das Wiederanfahren der WEA nach Stillstandszeiten oder nach Abschaltung aufgrund von Vereisung darf grundsätzlich nur unter der Voraussetzung der Eisfreiheit geschehen. Hierzu sind bei Einsatz des optionalen BLADEcontrol Eissensors je nach Parametrierung drei verschiedene Verfahren möglich:

1. Manuelle Freigabe; Wiederanfahren nur nach Freigabe durch eine autorisierte Person vor Ort
2. Fernrücksetzen der WEA
3. Automatisches Wiederanfahren

Zu 1: Das manuelle Wiederanfahren nach erkanntem Eisansatz durch den BLADEcontrol Eissensor ist nur zulässig, wenn dieser kein Eisalarmsignal mehr sendet.

Zu 2: Das Fernrücksetzen der WEA nach erkanntem Eisansatz durch den BLADEcontrol Eissensor ist nur zulässig, wenn dieser kein Eisalarmsignal mehr sendet und die Genehmigungsbehörde dies grundsätzlich gestattet.

Zu 3: Das automatische Wiederanfahren der WEA nach erkanntem Eisansatz durch den BLADEcontrol Eissensor ist nur möglich, wenn der BLADEcontrol Eissensor meldet, dass kein Eisansatz mehr an den Rotorblättern vorliegt und die Genehmigungsbehörde dies grundsätzlich gestattet. Das automatische Wiederanfahren nach Stillstandszeiten ist ebenfalls möglich, da das System zur Messung eine geringere Windgeschwindigkeit benötigt, als die Einschaltwindgeschwindigkeit der WEA.

Die Verfahren der manuellen vor-Ort Freigabe, des Fernrücksetzens und des automatischen Wiederanfahrens sind als hinreichend sicher zu beurteilen. Sollte das BLADEcontrol System bei Temperaturen unterhalb 5 °C nicht einsatzbereit sein, kann die WEA gemäß /3/ nicht wiederangefahren werden.

3 Bewertung

Bei anstehendem Eisalarm durch das BLADEcontrol System wird die WEA automatisch vom Betriebsführungssystem abgeschaltet, so dass sie sich im Trudelbetrieb befindet und kein Eisabwurf erfolgen kann. Das System bleibt weiterhin online und kann auch im Trudelbetrieb Eisansatz erkennen. Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol ist für die

untersuchten Siemens Gamesa 5.X WEA kompatibel mit dem Konzept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems und die Einbindung in das Betriebsführungssystem erfolgt über definierte Schnittstellen.

Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol erfüllt das für diese Systeme maßgebliche Einzelfehlerkriterium insofern, als dass bei einer Störung oder nicht bestätigter Bereitschaft des Eiserkennungssystems die WEA unterhalb von 5 °C automatisch abgeschaltet wird. Zur Frage der zuverlässigen Erkennung von kritischem Eisansatz am Rotorblatt wird auf /10/ verwiesen.

Die Parametrierung der Anlage erfolgt im Rahmen der geregelten Inbetriebnahme.

Als Teil der Inbetriebnahme des Eiserkennungssystems in SGRE WEA werden die Signale des BLADEcontrol Systems (wie Bit 15, 25, 57) im BLADEcontrol System simuliert und die Reaktion der WEA geprüft.

Die Verfahren des Wiederanfahrens nach Vereisung werden unter den genannten Bedingungen als ausreichend sicher bewertet.

erstellt

gesehen

Dipl.-Ing. O. Raupach

Dipl.-Ing. (FH) G. Ewald

Sachverständiger

Sachverständiger

4 Dokumente

- /1/ Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG
Eisansatz: Erkennung und Verhalten der Windenergieanlage
Siemens Gamesa 5.X
Dokument ID / Rev.: D3120771/001
Datum: 21.01.2022

- /2/ Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG
SGRE ON Siemens Gamesa 5.X Communication BLADEcontrol
Dokument ID / Rev.: D3144058/001
Datum: 18.02.2022

- /3/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
Description of the suggested Siemens turbine reaction upon BLADEcontrol
Signals
Ohne Datum

- /4/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
BLADEcontrol® Rotor blade monitoring for wind power installations
Operating instructions
Dokument Nr. 2489700000
Datum: 01.08.2017

- /5/ Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.
Purchase specification
RD SG5X Blade based ice detection Hub
Dokument ID / Rev.: D2834905/001
Datum: 12.07.2021

- /6/ Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.
Purchase specification
RD SG5X Blade based ice detection Nacelle
Dokument ID / Rev.: D2834890/001
Datum: 09.07.2021

- /7/ Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.
Purchase specification
S205XUCA4002 CKJ10KF002 Blade Ice Detection
Dokument ID / Rev.: D2840825/001
Datum: 09.07.2021

- /8/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
BCE101 CTR Sensor Assembly
SG155
Rev. 4, als Entwurf gekennzeichnet
Datum: 11.02.2022

- /9/ DNV GL
Typenzertifikat Eis-Erkennungssystem BLADEcontrol Ice Detektor (BID)
Zulassungsnummer: TC-DNVGL-SE-0439-04314-1
Datum: 20.10.2020, Gültig bis: 19.10.2022

- /10/ DNV GL
Gutachten Ice Detection System
BLADEcontrol Ice Detector BID
Report Nr.: 75138, Rev. 7
Datum: 23.11.2020

- /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: November 2019

- /12/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
Montage und Inbetriebnahme
Siemens SWT-3.0-113
Ohne Datum