

Gutachten zur Einbindung eines Eiserkennungssystems Typ IDD.Blade in Lagerwey / ENERCON Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht-Nr.: 8117075038 Rev. 2

Gegenstand der Prüfung: Einbindung Eiserkennungssystem IDD.Blade in Lagerwey / ENERCON WEA vom Typ L136 LP4 / E-136 EP5, L147 LP4 / E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2

Erstellt für: Lagerwey Wind BV
Anthonie Fokkerstraat 2
3772 MR Barneveld
Niederlande

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten.

Rev.	Datum	Änderungen
0	15.10.2019	Erste Fassung
1	03.06.2020	Ergänzung ENERCON Varianten und redaktionelle Änderungen
2	03.12.2020	Ergänzung der E-160 EP5 E2

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Ausgangssituation	3
1.2	Aufgabenstellung.....	3
2	Technische Beschreibung	4
2.1	Windenergieanlagen.....	4
2.2	Eiserkennungssystem	6
3	Einbindung des Eiserkennungssystems IDD.Blade in die WEA-Steuerung	6
3.1	Verhalten der WEA.....	6
3.2	Einbauverfahren und Inbetriebnahme	8
3.3	Parametrierung.....	9
3.4	Wartung und Wiederkehrende Prüfungen	9
4	Zusammenfassung und Bewertung.....	9
5	Dokumente und Literaturverzeichnis	11
5.1	Dokumente	11
5.2	Literatur	12

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen (WEA) können bei ungünstigen Wetterbedingungen ab ca. 3°C 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 Eiserkennungssysteme dienen dem Zweck, dass die Anlage bei 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 praktisch nicht vermeidbar und vergleichbar mit Eisabfall von Strommasten oder Brücken.

Eiserkennungssysteme 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 Eiserkennungssystem ein Abschalten der Anlage initiiert. Je nach Messprinzip ist dieser Schwellwert spezifisch für jeden Anlagentyp oder gar jede Anlage einzustellen.

Ein Eiserkennungssystem ist immer auch im Zusammenhang mit der WEA zu bewerten. Es ist zu indizieren, dass das Eiserkennungssystem ein vereistes Rotorblatt zuverlässig detektiert, hinsichtlich der Schwellwerte und Parameter korrekt auf die Anlage eingestellt ist, die Signalverarbeitung 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 WEA (s. 2.1) bei anstehendem Signal "Eisansatz an den Rotorblättern" durch das folgende System erfolgen:

Hersteller: Wölfel Wind Systems GmbH

Produkt: Zustandsüberwachungssystem für Rotorblätter

Typ: SHM.Blade / IDD.Blade

Anhaltspunkte zur Bewertung liefert 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*“ /14/.

Es sollen die folgenden sicherheitstechnischen Kriterien bewertet werden:

1. Die logische Einbindung des Systems in die Betriebsführung der L147
2. Das praktische Einbauverfahren
3. Die Möglichkeiten der Parametrierung
4. Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen

Die Bewertung erfolgt in Bezug auf die sichere Umschaltung der WEA in den Trudelbetrieb bei anstehendem Signal der Eiserkennung. Die Bewertung bezieht sich somit 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 standortspezifisch bewertet werden.

Zur Zuverlässigkeit der Detektion einer kritischen Eismasse durch das System bzw. zur Sensibilität der Eiserkennung am Rotorblatt werden im Rahmen dieses Gutachtens keine Aussagen gemacht, hierzu wird auf /10/ und /11/ verwiesen.

2 Technische Beschreibung

2.1 Windenergieanlagen

Die Produktbezeichnungen der WEA wurden durch die Integration von Lagerwey in ENERCON geändert: alle gemeinsamen Neuentwicklungen erhalten die Produktbezeichnung „E“. Die Prüfung erfolgt am Beispiel der Lagerwey L147 LP4 / ENERCON E-147 EP5. Die Ergebnisse lassen sich auf alle Anlagentypen von Lagerwey und ENERCON anwenden, die prinzipiell über dasselbe Steuerungssystem verfügen. Aktuell sind dies die folgenden Anlagen:

L136 LP4 / E-136 EP5

L147 LP4 / E-147 EP5

E-147 EP5 E2

E-160 EP5

E-160 EP5 E2

Die LP4 L147 / EP5 E-147 ist eine dreiblättrige Luvläufer-Windenergieanlage mit einer Nennleistung von 4300 kW. Die Windenergieanlagen funktionieren nach dem Prinzip va-

riabler Leistung durch Einzelblattverstellung. Das Hauptbremssystem ist die aerodynamische Bremse durch die axiale Drehung der Rotorblätter, die in einem Bereich zwischen 0° und 90° bewegt werden können. Die Prüfung umfasst die folgenden Konfigurationen:

Typ L147 LP4 / E-147 EP5

Windklasse	IEC IIA, DIBt WZ 2
Nennleistung	4300 kW
Rotorblatt (Durchmesser)	LM71.8P (147 m)
Turm (Nabenhöhe)	Modular steel tower (132 m)
Drehzahlgrenze Betriebsführung	12.4 rpm
Drehzahlgrenze Sicherheitssystem	12.6 rpm
Einschaltwindgeschwindigkeit	2.5 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	11 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	25 m/s
Controller Hardware	Bachmann MC210
Softwareversion	L147 P4300 T132 BLM, AW8.5 TI16.0 v3.39.41.0
Temperaturvariante STW,	Betriebstemperatur: -10 °C bis +40 °C, Überlebenstemperatur: -20 °C bis +50 °C
Pitchsystem	AC Motoren mit Kondensator für jedes Blatt

Das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem der Windenergieanlagen der Lagerwey / ENERCON LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform ist mit /1/ vom TÜV NORD gemäß den Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012), sowie der Internationale Richtlinie IEC 61400-1: "Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen", dritte Edition, August 2005, geprüft worden. Für die in /1/ noch nicht enthaltene Variante E-160 EP5 E2 hat ENERCON eine Herstellererklärung eingereicht, mit der bestätigt wird, dass in der E-160 EP5 E2 das gleiche Betriebsführungs- und Sicherheitssystem eingesetzt wird wie in der geprüften E-160 EP5 /13/.

2.2 Eiserkennungssystem

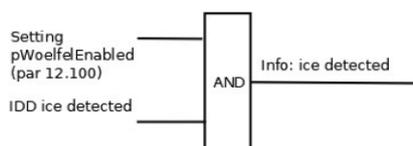
Das Eiserkennungssystem IDD.Blade des Herstellers Wölfel GmbH basiert auf der Messung von Schwingungen und Temperaturen des Rotorblattes durch Sensoren im Rotorblatt. Das Gesamtsystem besteht aus mindestens drei "Structural-Noise-Sensoren" (SNS) und einer Basisstation zur Datenerfassung und Datenverarbeitung (Data Acquisition & Processing Unit, DAPU). Es wird jeweils 1 Sensor innerhalb jedes Rotorblatts auf einer Montageplatte installiert (Standardkonfiguration). Die Basisstation wird über die Modbus-TCP-Schnittstelle (Ethernet) mit dem Lagerwey Ice Detection Interface verbunden und somit in die Anlagensteuerung eingebunden (s. Kap. 3). Nach einer erforderlichen Kalibrierung (blattspezifische Referenzierung), funktioniert die IDD.Blade Eisansatzerkennung unabhängig vom Anlagenbetrieb, auch bei Stillstand der WEA, ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 3m/s. Die Dauer einer Referenzierung beträgt für eine neue Typen-Referenzierung ca. 3 bis 6 Monate, bzw. für eine Standort-Referenzierung max. 4 Wochen. Erst nach Abschluss dieser Referenzierungsphase kann eine Rotorblattvereisung detektiert werden.

Eine Beschreibung des IDD.Blade Systems ist in den Dokumenten /5/, /6/, /7/ enthalten. Das System ist vom DNV GL zertifiziert /10/. In dem zugrundeliegenden Report /11/ wird bestätigt, dass das System den Anforderungen der DNVGL-SE-0439:2016-06 (Certification of Condition Monitoring) entspricht. Die Messgenauigkeit des Systems wird in einem weiteren Gutachten /12/ als hinreichend sensibel bewertet.

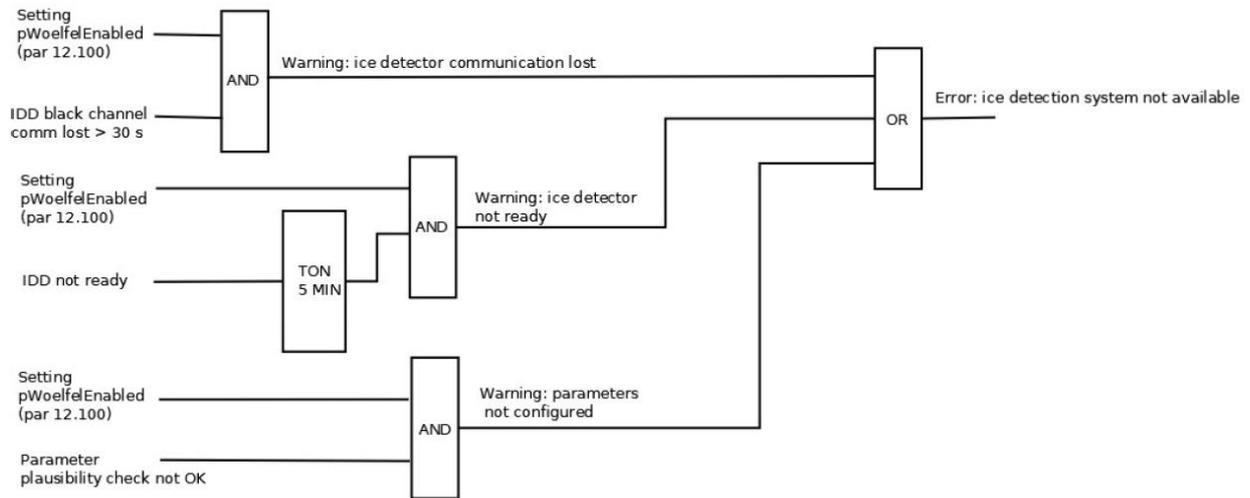
3 Einbindung des Eiserkennungssystems IDD.Blade in die WEA-Steuerung

3.1 Verhalten der WEA

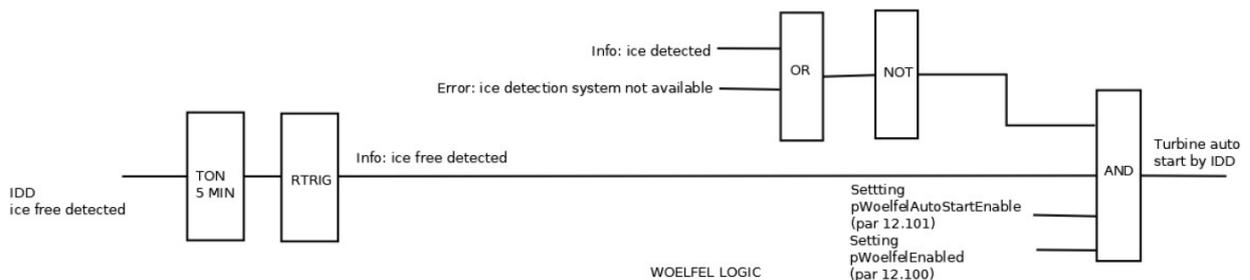
Das Verhalten der WEA bei detektierter Vereisung, Nicht-Verfügbarkeit des Eiserkennungssystems oder Anfahren nach Vereisung ist durch die folgenden logischen Verknüpfungen bestimmt.



1. **Info: Ice detected.** Bei anstehenden Signal "Ice detected" wird die WEA vom Betriebsmodus ("Active", Lagerwey turbine state machine S4) in den Modus "Wait" (Lagerwey turbine state machine S6) geschaltet. Die WEA hält an, das Yaw System wird deaktiviert (bzw. bei entsprechender Parametrierung zuvor in eine bestimmte Parkposition gebracht) und die WEA wartet, bis das Signal "IDD ice free detected" ansteht.



2. **Warning: ice detector communicator loss.** Die WEA wird in dem Modus "Alarm" (S7) geschaltet, das Yaw System wird deaktiviert / in Parkposition gebracht. Die WEA wird nicht automatisch wieder starten, wenn ein Reset der Fehlermeldung erfolgt.
3. **Warning: ice detector not ready.** Die WEA wird in dem Modus "Alarm" (S7) geschaltet, das Yaw System wird deaktiviert/ in Parkposition gebracht. Die WEA wird nicht automatisch wieder starten, wenn ein Reset der Fehlermeldung erfolgt.
4. **Warning: parameters not configured.** Die WEA wird in dem Modus "Alarm" (S7) geschaltet, das Yaw System wird deaktiviert/ in Parkposition gebracht. Die WEA wird nicht automatisch wieder starten, wenn ein Reset der Fehlermeldung erfolgt.



5. **Info: ice free detected.** Wenn das Signal "ice free detected" ansteht, die Parameter gesetzt wurden, und das IDD.Blade System verfügbar ist und kein Signal "ice detected" mehr ansteht, kann über den Parameter 12.100 ein automatischer Start der WEA erlaubt werden.

Das bestehende und zertifizierte Betriebsführungs- und Sicherheitssystem wird nicht geändert, es wird lediglich um weitere Eingangs-Signale ergänzt, welche zum Anhalten der WEA (Rotorblätter in Fahnenstellung) führen. Das Anhalten 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 Stopp). Die Auslegungs-Lasten der WEA werden somit nicht beeinflusst.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Eiserkennungssystem 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 angehalten, d.h. die Rotorblätter befinden sich in Fahnenstellung und können frei trudeln, wobei die Trudeldrehzahl so gering ist, dass es nicht mehr zu Eisabwurf kommt, sondern lediglich Eisabfall auftreten kann.

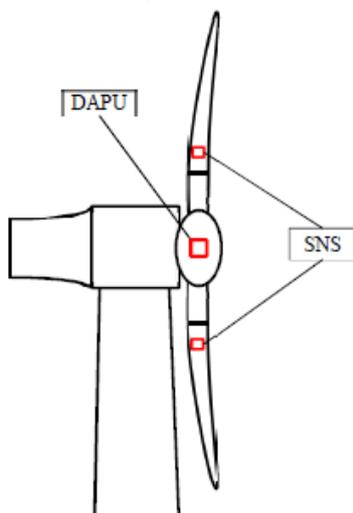
Das Wölfel IDD.Blade System (bzw. die Basisstation zur Datenerfassung in der Nabe) kommuniziert mit dem Betriebsführungssystem der WEA (in der Gondel) mittels ModBus TCP über Ethernet oder WLAN IEEE802.11. Die sicherheitsrelevanten Signale werden über einen Black Channel gemäß DIN EN 61784-3 übertragen. Unterbrechungen, Signalverfälschungen etc. werden somit durch den Bachmann PLC erkannt und führen zur Nichtverfügbarkeit des Systems.

3.2 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 Anbringen der Sensoren in die Rotorblätter detailliert beschrieben /3/, /4/. 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. 3.3).

Die Einbaupositionen der Komponenten sind in folgenden Schema dargestellt.



Nach dem Einbau aller Komponenten und der Parametrierung ist die Checkliste für die Inbetriebnahme /3/ auszufüllen und ein Funktionstest des Systems zu machen.

3.3 Parametrierung

Bei der Parametrierung des IDD.Blade Systems über Modbus sind die Herstellervorgaben zu beachten. Die einzustellenden Parameter für die Konfiguration der Schwellwerte, sowie der Aktivierung und Deaktivierung der Sensoren sind dort aufgeführt. Die Einstellungen dürfen nur von speziell geschultem Personal vorgenommen werden.

Bei der Auswahl der Schwellenwerte ist die Option "*Verwendung zertifizierter Schwellenwerte für die Eiserkennung*" auf "JA" zu setzen.

3.4 Wartung und Wiederkehrende Prüfungen

Gemäß Herstellerangaben /3/ müssen folgende Prüfungen und Wartungsarbeiten durchgeführt werden:

Eine Funktionsprüfung von Überspannungsschutzmodulen in der DAPU ist einmal pro Jahr durchzuführen.

Alle Klebeverbindungen sind in regelmäßigen Abständen nach den Angaben des Herstellers des Klebers zu überprüfen. Wölfel empfiehlt eine jährliche Überprüfung /3/.

4 Zusammenfassung und Bewertung

Die Einbindung des Eiserkennungssystems IDD.Blade von Wölfel in die Lagerwey L147 LP4 / ENERCON E-147 EP5 wurde entsprechend den Vorgaben des Merkblatts der SGD Nord /14/ geprüft. Die Ergebnisse lassen sich auf alle Anlagentypen von Lagerwey und ENERCON anwenden, die über dasselbe Steuerungssystem verfügen. Aktuell sind dies die folgenden Anlagen: L136 LP4 / E-136 EP5, L147 LP4 / E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5 und E-160 EP5 E2.

Bei anstehendem Signal "ice detected" durch das IDD.Blade System, wird die WEA sicher angehalten. Das Wölfel Eiserkennungssystem ist für die untersuchten WEA kompatibel mit dem Konzept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems und die Einbindung in das Betriebsführungssystem erfolgt unter Berücksichtigung der definierten erforderlichen Schnittstellen.

Wenn das IDD.Blade Eiserkennungssystem nicht verfügbar ist, wird die WEA sicher angehalten.

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

Unter der Voraussetzung, dass das Wölfel-Eiserkennungssystem kritischen Eisansatz zuverlässig erkennt, ist ein automatisches Wiederauffahren 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.

Die Wartungsempfehlungen des Herstellers sind zu beachten.

Erstellt

Freigabe

Dipl.-Ing. O. Raupach

Dipl.-Ing. L. Klüppel

5 Dokumente und Literaturverzeichnis

5.1 Dokumente

- /1/ TÜV NORD CERT GmbH, Gutachtliche Stellungnahme Lagerwey PL4 / EP5 / EP5 E2 Plattform, Sicherheitssystem und Handbücher, TÜV NORD Bericht Nr.: 8116000195-2 D Rev.3, 27.11.2020
- /2/ Lagerwey Wind BV, Software specification - Woelfel IDD ice detection interface, Document ID: M05-C2-30-050260-R0, Revision 0, 24.06.2019
- /3/ Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, Installation and Maintenance Manual, Revision 3, SHMB_03_Anleitung_MontageWartung_Rev03_EN.pdf, 20.03.2019
- /4/ Lagerwey Wind BV, LP4 Hub Option Ice detection system Wölfel Manual (DRAFT), M16-C5-31-20096 | R0.1 DRAFT, 19.09.2019
- /5/ Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, DATA SHEET Data Acquisition & Processing Unit (DAPU), Revision 2, SHMB_03_Datasheet_DAPU_Rev02_EN.pdf, 29.04.2019
- /6/ Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, Enercon Modbus Specification, Revision 8, SHMB_03_Modbus_Specification_Rev08.pdf, 20.03.2019
- /7/ Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, DATA SHEET Structural Noise Sensor (SNS), Revision 1, SHMB-03-Datasheet-SNS-Rev01_EN.pdf, 05.03.2018
- /8/ Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, Commissioning Manual SHM.Blade / IDD.Blade, Revision 3, SHMB_03_Anleitung_Inbetriebnahme_Rev03_EN.pdf, 27.05.2019
- /9/ Lagerwey Wind BV, LP4 Hub Option Ice detection system Wölfel Checklist (DRAFT), M16-C5-31-30096 | R0.1DRAFT, 19.09.2019
- /10/ DNV GL Type Certificate, Certificate Ice Detection System IDD.Blade, Wölfel Wind Systems GmbH, Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0439-03577-0, 27.01.2018
- /11/ DNV GL, Certification Report Ice Detection System IDD.Blade, Wölfel Wind Systems GmbH, Report No.: CR-DNVGL-SE-0439-03577-1, 12.06.2019
- /12/ DNV GL, Gutachten Ice Detection System IDD.Blade, Report Nr.: 75148, Rev.0, 21.10.2019
- /13/ ENERCON GmbH, Herstellererklärung, Gültigkeit Gutachten Eiserkennungssystem IDD.Blade (Wölfel) für E-160 EP5 E2, Dokument ID: D1023486-0 / DD, 19.11.2020

5.2 Literatur

- /14/ 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: Dezember 2017
- /15/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /16/ DIBt. Muster – Liste der Technischen Baubestimmungen. Berlin. Fassung September 2013.
- /17/ 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.
- /18/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /19/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Fassung Oktober 2012.