

Essen, 15.08.2019

## **Prüfbescheid zur Typenprüfung**

**Windenergieanlage GE 5.3-158 \*)**  
**Windenergieanlage GE 4.8-158 \*)**  
**Windenergieanlage GE 4.5-158 \*)**  
**Rotorblatt LM77.4P,**  
**Hybridturm G20, NH 161 m,**  
**DIBt Windzone S, Geländekategorie S**

**Prüfbescheid Nr.:** T-7009/18 Rev. 6

**Typenentwurf:** Hybridturm und Fundamente für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung März 2015

**Antragsteller:** GE Wind Energy GmbH  
Holsterfeld 16  
48499 Salzbergen  
Deutschland

**Geltungsdauer bis:** 30.06.2023

\*) Diese drei Ausführungen der Anlage sind baugleich und unterscheiden sich lediglich in der Nennleistung und max. Drehzahl

**Dieser Prüfbescheid gilt nur in Verbindung mit den unter Punkt 4 genannten Prüfberichten zur Typenprüfung und gutachtlichen Stellungnahmen.**

Der Prüfbescheid umfasst 16 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	29.06.2018	Erstausgabe
1	03.09.2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme der Anlagenkonfiguration Nr. 2 (GE 5.3-158 NPI)</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2]</li> <li>- Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m ergänzt (geprüft in [4.2.3])</li> <li>- Lastvergleich [4.3.5] ergänzt</li> <li>- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahmen zum Rotorblatt [4.4.4], zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.5] und zur Spanngliedverankerung [4.4.8]</li> <li>- Gutachtliche Stellungnahme zu den Lastannahmen der Windenergieanlage GE 5.3-158 NPI [4.4.9] ergänzt</li> <li>- Redaktionelle Änderungen (Erweiterung Tabelle 5.1, Auflage 9.2 zum Nachweis der Standorteignung für die Windenergieanlage GE 5.3-158 NPI, usw.)</li> </ul>
2	14.09.2018	Redaktionelle Änderungen (Bemerkung 8.5)
3	25.10.2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berücksichtigung der variablen Nennleistungsreduzierung von 5,3 auf 4,8 und auf 4,5 MW auch bei der Anlagenkonfiguration Nr. 2 (GE 5.3-158 NPI)</li> <li>- Redaktionelle Änderungen (Erweiterung der Tabelle 5.1, Ergänzung der Bemerkung 8.7, usw.)</li> </ul>
4	29.03.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme der Anlagenkonfiguration Nr. 3</li> <li>- Neue Übersichtszeichnung Anlage Nr. 1</li> <li>- Neue Rev. der Anlagen Nr. 2 bis 4</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1], [4.2.2] und [4.2.3]</li> <li>- Neue Rev. der dazugehörigen Dokumente [4.3.1], [4.3.3] und [4.3.4]</li> <li>- Auslegungslasten für die neue Anlagenkonfiguration [4.3.6] ergänzt</li> <li>- Gutachtliche Stellungnahme [4.4.2] erhielt aus formalen Gründen eine neue Berichtsnummer</li> <li>- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4], [4.4.6] und [4.4.7]</li> <li>- Gutachtliche Stellungnahmen [4.4.10] bis [4.4.12] ergänzt</li> <li>- Bemerkungen 8.6 und 8.8 ergänzt</li> <li>- Auflage Nr. 9.3 ergänzt</li> <li>- Anpassung der Auflage Nr. 9.8</li> </ul>
5	08.07.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Rev. Übersichtszeichnung Anlage Nr. 1</li> <li>- Neue Rev. des Prüfberichts zur Typenprüfung [4.2.1]</li> <li>- Neue Flachgründung mit Auftrieb, D=25,00 m ergänzt (geprüft in [4.2.4])</li> <li>- Neue gutachtliche Stellungnahme für Spanngliedverankerung mit 4 Ankerstangen [4.4.13]</li> </ul>
6	15.08.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bezeichnung der Flachgründung, D=25,00 m unter [4.2.4] korrigiert</li> </ul>

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Bestimmungen .....	4
2	Einleitung .....	4
	2.1 Beschreibung von Änderungen .....	5
3	Prüfgrundlagen .....	6
4	Dokumente .....	7
	4.1 Anlagen zum Prüfbescheid .....	7
	4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung .....	7
	4.3 Dazugehörige Dokumente .....	8
	4.4 Gutachtliche Stellungnahmen .....	9
5	Beschreibung .....	11
	5.1 Hybridturm G20 .....	11
	5.2 Flachgründung mit Auftrieb, D=27,00 m .....	12
	5.3 Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m .....	12
	5.4 Flachgründung mit Auftrieb, D=25,00 m .....	13
6	Umfang der Prüfung .....	13
7	Baustoffe .....	13
8	Bemerkungen .....	14
9	Auflagen .....	14
10	Zusammenfassung .....	16

## **1 Allgemeine Bestimmungen**

1.1 Diese Typenprüfung entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung und seinen unter Punkt 4 aufgeführten Prüfberichten zur Typenprüfung übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder seinen unter Punkt 4 aufgeführten Prüfberichten zur Typenprüfung ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

1.2 Diese Typenprüfung ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

1.3 Diese Typenprüfung darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und ihre Prüfberichte zur Typenprüfung (s. Punkt 4) dürfen nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung verwendet oder veröffentlicht werden.

1.4 Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieses Prüfbescheids zur Typenprüfung ist ein Antrag erforderlich.

1.5 Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamts für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH vorbehalten.

## **2 Einleitung**

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung des Hybridturms G20 sowie der zugehörigen Fundamente, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung März 2015 ausgelegt wurden.

## 2.1 Beschreibung von Änderungen

Mit der Revision 1 des Prüfbescheids wird die Anlagenkonfiguration GE 5.3-158 NPI in die Typenprüfung eingebunden (Anlagenkonfiguration Nr. 2, Tabelle 5.1). Diese Anlagenkonfiguration unterscheidet sich von der ersten Konfiguration durch eine von 25 auf 20 Jahre reduzierte Lebensdauer und durch erhöhte Turbulenzintensitäten (TI). Durch die geänderten Umgebungsbedingungen wurde eine Neuberechnung der Extrem- und Ermüdungslasten erforderlich, welche in dem hierzu eingereichten Lastvergleich [4.3.5] den ursprünglichen Auslegungslasten [4.3.2] gegenübergestellt wurden. Die neu berechneten Lasten sind in [4.3.5] enthalten und werden in [4.4.9] bestätigt. Die Prüfung des Lastvergleiches ergab, dass die neue Anlagenkonfiguration GE 5.3-158 NPI aufgenommen werden kann, ohne dass hierzu konstruktive Änderungen an dem in [4.2.1] geprüften Turm bzw. an der in [4.2.2] geprüften Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) nötig wären. Des Weiteren wird mit dieser Revision eine Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) ergänzt, welche mit dem Prüfbericht zur Typenprüfung [4.2.3] bewertet wurde. Die gutachtlichen Stellungnahmen zum Rotorblatt [4.4.4], zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.5] und zur Spanngliedverankerung [4.4.8] liegen jeweils in aktualisierter Fassung vor.

Die Revision 3 dieses Prüfbescheids wurde erforderlich, da auch die Anlagenkonfiguration GE 5.3-158 NPI (Anlagenkonfiguration Nr. 2, Tabelle 5.1) mit einer auf 4,8 MW bzw. 4,5 MW reduzierten Nennleistung betrieben werden soll. Das Prinzip der variablen Leistungsreduktion wurde bereits in der Unterlage [4.3.3] beschrieben und wurde in der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.2] bewertet. Gemäß gutachtlicher Stellungnahme [4.4.2] führt die Leistungsreduktion zu keiner Erhöhung der Extrem- oder Ermüdungslasten, sofern der in [4.3.3] beschriebene Regler verwendet wird. Die Tabelle 5.1 wird um eine zusätzliche Spalte erweitert, in der die Entwurfslebensdauer angegeben ist.

Mit der Revision 4 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Berücksichtigung der neuen Anlagenkonfiguration Nr. 3 (siehe Tabelle 5.1).
- Die neuen Auslegungslasten hierzu ([4.3.6]) wurden in [4.4.10] bestätigt.
- Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1], [4.2.2] und [4.2.3] wurden aktualisiert (Berücksichtigung der neuen Auslegungslasten sowie konstruktive Änderungen am Turm und an den beiden Flachgründungen).
- Die bisherige Übersichtszeichnung Anlage Nr. 1 wird durch eine neue Zeichnung ersetzt.
- Die Anlagenbeschreibungen Anlage Nr. 2 bis Anlage Nr. 4 liegen in einer neuen Revision vor.
- Das Betriebsführungs- und Sicherheitskonzept [4.3.1] (geprüft in [4.4.3]), die Beschreibung der variablen Leistungsbeschränkung [4.3.3] (geprüft in [4.4.11]) und der Lastvergleich zwischen den Leistungsstufen 5,3 und 4,8 MW [4.3.4] (ebenfalls geprüft in [4.4.11]) liegen in einer neuen Revision vor.
- Die gutachtlichen Stellungnahmen zum Sicherheitssystem und zu den Handbüchern [4.4.3], zum Rotorblatt [4.4.4], zu den elektrischen Komponenten und zum Blitzschutz [4.4.6] sowie zum Blitzschutz des Rotorblattes [4.4.7] liegen in einer neuen Revision vor.

- Die gutachtlichen Stellungnahmen zu den Lastannahmen [4.4.10], zur variablen Leistungsbegrenzung [4.4.11] und zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.12] sind neu hinzugekommen und gelten für die neue Anlagenkonfiguration Nr. 3.
- Die Berichtsnummer der gutachtlichen Stellungnahme zur variablen Leistungsbegrenzung [4.4.2] wurde aus formalen Gründen von 8115542742-1 DIII Rev. 0 in 8115542742-1 D V Rev. 1 geändert, inhaltlich sind diese Berichte identisch.
- Die Bemerkungen 8.6 und 8.8 sowie die Auflage Nr. 9.3 sind neu hinzugekommen.
- Anpassung der Auflage Nr. 9.8.

Mit der Revision 5 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Die Übersichtszeichnung Anlage Nr. 1 wurde aktualisiert (Korrektur fehlerhafte Maßkette).
- Der Prüfbericht zur Typenprüfung [4.2.1] wurde aktualisiert (Optimierung der Bewehrung von Turm und Adapter, Änderung Geometrie vertikale Fuge, Spanngliedverankerung mit 4 Ankerstangen).
- Es wird ein neuer Prüfbericht zur Typenprüfung für eine weitere Flachgründung mit Auftrieb (D=25,00 m) in die Typenprüfung eingebunden (geprüft in [4.2.4]).
- Die gutachtliche Stellungnahme [4.4.13] wird aufgrund einer neuen Spanngliedverankerung (Rechteckige Platte mit 4 Ankerstangen M56-10.9) ergänzt.
- Lt. Angabe des Antragstellers werden die in [4.2.2] geprüfte Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) und die in [4.2.3] geprüfte Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) nicht mehr verwendet. Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.2] und [4.2.3] könnten entfallen, werden jedoch zur Nachvollziehbarkeit der Referenzen älterer Prüfbescheidsrevisionen weiter aufgeführt.
- Die geprüften Lasten gelten unverändert auch für den optimierten Turm [4.2.1] und die neue Flachgründung mit Auftrieb (D=25,00 m) [4.2.4].

Die Revision 6 dieses Prüfbescheids wurde aufgrund einer redaktionellen Änderung erforderlich, da in der vorherigen Revision des Prüfbescheids die unter [4.2.4] genannte Flachgründung (D=25,00 m) versehentlich als „Flachgründung ohne Auftrieb“ bezeichnet wurde. Es handelt sich jedoch um eine Flachgründung mit Auftrieb. Der Fehler wurde korrigiert.

### **3 Prüfgrundlagen**

- [3.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt (Korrigierte Fassung 03.2015):  
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“
- [3.2] DIN EN 61400-1 (08.2011):  
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

Ferner gelten die in den Prüfberichten zur Typenprüfung genannten Prüfgrundlagen.

## **4 Dokumente**

### **4.1 Anlagen zum Prüfbescheid**

Folgende Anlagen beschreiben die Windenergieanlage dieser Typenprüfung:

#### Übersichtszeichnung

Anlage Nr. 1 GE Renewable Energy:  
„Dokument-Nr.: 448W2907, Rev. B, Datum: 07.03.2019

#### Anlagenbeschreibung bei Leistungsstufe 4,5 MW

Anlage Nr. 2 GE Renewable Energy:  
„Technische Dokumentation Windenergieanlagen 4.5-158 - 50 Hz,  
Technische Beschreibung und Daten“, Dokument-Nr.:  
General\_Description\_4.5-DFIG-158-50Hz\_GE\_r04, Rev. 04,  
Datum: 20.02.2019

#### Anlagenbeschreibung bei Leistungsstufe 4,8 MW

Anlage Nr. 3 GE Renewable Energy:  
„Technische Dokumentation Windenergieanlagen 4.8-158 - 50 Hz,  
Technische Beschreibung und Daten“, Dokument-Nr.:  
General\_Description\_4.8-DFIG-158-50Hz\_GE\_r06, Rev. 06,  
Datum: 20.02.2019

#### Anlagenbeschreibung bei Leistungsstufe 5,3 MW

Anlage Nr. 4 GE Renewable Energy:  
„Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.3-158 - 50 Hz,  
Technische Beschreibung und Daten“, Dokument-Nr.:  
General\_Description\_5.3-DFIG-158-50Hz\_GE\_r03, Rev. 03,  
Datum: 20.02.2019

### **4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung**

[4.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.3-158, Rotorblatt  
LM77.4P, Nabenhöhe 161 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie S,  
- Hybridturm G20 -“, Prüfbericht Nr.: T-7009/18 - 1 Rev. 5, Datum: 08.07.2019

[4.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.3-158, Rotorblatt  
LM77.4P, Hybridturm G20, NH 161 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie S,  
- Flachgründung mit Auftrieb, D=27,00 m -“,  
Prüfbericht Nr.: T-7009/18 - 2, Rev. 4, Datum: 29.03.2019

[4.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:

„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.3-158, Rotorblatt LM77.4P, Hybridturm G20, NH 161 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie S, - Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m -“,  
Prüfbericht Nr.: T-7009/18 - 3, Rev. 1, Datum: 29.03.2019

[4.2.4] TÜV NORD CERT GmbH:

„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.3-158, Rotorblatt LM77.4P, Hybridturm G20, NH 161 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie S, - Flachgründung mit Auftrieb, D=25,00 m -“,  
Prüfbericht Nr.: T-7009/18 - 4, Rev. 0, Datum: 08.07.2019

### 4.3 Dazugehörige Dokumente

[4.3.1] GE Renewable Energy:

Betriebsführungs- und Sicherheitskonzept:

„System Description and Safety Concept, GE Renewable Energy, 5.x-158“,  
Dokument-Nr.: 5.x-158\_SC\_allComp\_xxxxxxxx.06.ENxx, Rev. 06,  
Datum: 27.03.2019

[4.3.2] GE Wind Energy GmbH:

Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 1:

„Certification Loading Document, GE Renewable Energy 5.3-158, 5.33 MW Rated Power / 158 m Rotor Diameter, Grid Frequency 50 Hz with LM77.4 Blade (VGs + LNTEs + T-Spoilers) / 161 m Hub Height Concrete hybrid, DIBt Wind Zone S-Class“, Dokument-Nr.:

4601\_5.33\_158\_161HH\_CHT\_DIBtS\_STW\_50Hz\_LOA\_all-  
Comp\_LM774\_EN\_LMr5.02.Enxx.doc, Rev. 2, Datum: 26.03.2018

[4.3.3] GE Wind Energy GmbH:

Beschreibung der variable Leistungsbeschränkung:

„Amendment for GE 5.3-158, Variable Power Rating, 5.3 to 4.8 MW“,  
Dokument-Nr.: GE5.3-158\_LOA\_allComp\_variable\_rating.03.Enxx, Rev. 3,  
Datum: 28.03.2019

[4.3.4] GE Wind Energy GmbH:

Lastvergleich zwischen 5,3 und 4,8 MW:

„Comparison GE Renewable Energy 5.3-158 derated to 4.8 MW with LM77.4 Blade (VGs + LNTEs + T-Spoilers) / 161 m Hub Height“, Dokument-Nr.:

4603\_GE5.3-158\_derated\_to\_4.8MW\_161HH\_LOA\_LoadsComparison.04.Enxx, Rev. 4, Datum: 28.03.2019

[4.3.5] GE Renewable Energy:

Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 2:

„Nachtrag, GE 5.3-158-50Hz, Betonhybridturm 161m NH, LM 77.4 Blatt, DIBt Windzone 2, Lastenvergleichsdokument für einen Betonhybridturm mit 161m NH inkl. Fundament“, Dokument-Nr.: Nachtrag\_5.3\_158\_50Hz\_CD\_tower\_161mNH\_LM77.4\_DIBt2\_446W7589\_G20\_GExxx.01.docx, Rev. 01, Datum: 03.09.2018

[4.3.6] GE Wind Energy GmbH:

Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 3:

„Certification Loading Document, GE Renewable Energy 5.30-158, 5.33 MW Rated Power / 158 m Rotor Diameter, Grid Frequency 50 Hz with LM77.4 Blade (VGs + LNTEs + T-Spoilers) / 161 m Hub Height concrete hybrid, 665 kN thrust, DIBt Wind Zone S-Class“, Dokument-Nr.: 4617\_5.33-158\_161HH\_CHT\_DIBTS\_ED3\_50Hz\_LOA\_allComp\_LM77.4.00.Enxx, Rev. 0, Datum: 01.02.2019

#### 4.4 Gutachtliche Stellungnahmen

[4.4.1] TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE5.3-158, RB LM77.4P, NH 161 m (Beton-Hybridturm), DIBt WZ S, GK S, - Lastannahmen -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742-1 DII, Rev. 1, Datum: 24.05.2018

[4.4.2] TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4 (VGs + LNTE + T-Spoilers), NH 161 m und Windenergieanlage GE 4.8-158, RB LM77.4 (VGs + LNTE + T-Spoilers), NH 121 m, - Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115542742-1 D V Rev.1, Datum: 29.03.2019

[4.4.3] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlagen GE 5.x-158, nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012), - Sicherheitssystem und Handbücher“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115542742-2 D, Rev. 1, Datum: 29.03.2019

[4.4.4] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen GE4.8-158 und GE5.3-158, unterschiedliche Konfigurationen und Nabenhöhen, - Rotorblatt LM 77.4 P -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742- 3 D, Rev.2, Datum: 29.03.2019

[4.4.5] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen GE 5.3-158, GE 4.8-158, RB LM77.4P, NH 161 m (Beton-Hybridturm) + NH 121 m (Stahlrohrturm), - Maschinenbauliche Komponenten -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742 - 4 D Rev.2, Datum: 03.09.2018

- [4.4.6] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.x-158,  
- Elektrische Komponenten und Blitzschutz -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742-5 D Rev. 1, Datum: 29.03.2019
- [4.4.7] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Rotorblatt LM 77.4 P, - Blitzschutz -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 651 999 - 5 D Rev.1, Datum: 12.03.2019
- [4.4.8] TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Hybridtürme für Windenergieanlagen,  
- Ankerplatte Spanngliedverankerung -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 655 460-6 D Rev. 1, Datum: 14.05.2018
- [4.4.9] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4P,  
NH 161 m (Beton-Hybridturm), DIBt WZ S, GK S, NPI Lasten, - Lastannah-  
men -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115542742-1 DIII Rev.0, Datum: 03.09.2018
- [4.4.10] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE5.3-158 (665 kN Thrust),  
RB LM77.4P (VGs + LNTEs + T-Spoiler), NH 161 m (Beton-Hybrid-Turm  
(G20)), 50 Hz, DIBt WZ S, GK S, - Lastannahmen -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8116 625 470-1 D III, Rev.0, Datum: 29.03.2019
- [4.4.11] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4P  
(VGs + LNTE + T-Spoilers), - Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8116625470-1 D IV Rev.0, Datum: 29.03.2019
- [4.4.12] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen  
GE 5.3-158, RB LM77.4P, verschiedene Nabenhöhen, - Maschinenbauliche  
Komponenten -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8116 625 470- 4 D Rev.0, Datum: 29.03.2019
- [4.4.13] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Gutachtliche Stellungnahme, Hybridtürme für Windenergieanlagen,  
- Bauteile für Spanngliedverankerung -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8116 986 268-6 D Rev. 0, Datum: 04.07.2019

## **5 Beschreibung**

### **5.1 Hybridturm G20**

Der Turm hat eine Höhe von 157,76 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch) und besteht aus einem vorgespannten Betonfertigteilturm und einem Stahlteil. Der Außendurchmesser des Betonturms beträgt am Turmfuß 8,45 m, der Kopfflansch des Stahlteils zur Aufnahme der Anlage hat einen Außendurchmesser von 3,68 m.

Der Betonturm hat einen Kreisringquerschnitt mit einem nach oben hin abnehmenden Durchmesser. Der Betonturm ist über die Höhe in mehrere Segmente unterteilt. Am oberen Ende befindet sich ein Betonadapter zur Verbindung mit dem Stahlteil.

Die Segmente bestehen aus werksmäßig hergestellten Stahlbetonfertigteilen. Der Betonadapter wird aus einem Stück hergestellt. Die übrigen Segmente werden aus jeweils 3 verschraubten Schalenelementen zusammengefügt, wobei die Schrauben jedoch nur der Montage dienen.

Die einzelnen Fertigteilringe werden in trockener Fuge übereinandergestellt. Um eine hohe Fertigungstoleranz zu erreichen, werden die Segmente oben und unten plan geschliffen.

Der Betonturm ist auf einer Mörtelschicht auf dem Fundament gebettet und wird mit externen Spanngliedern ohne Verbund vorgespannt. Als Spannstelle dient eine Stahlkonstruktion auf einer Höhe von 1,88 m (UK Ankerplatte) über der Fundamentoberkante, bestehend aus einer Ankerplatte und vier Ankerstangen je Spannglied. Von hier aus wird die Vorspannkraft der Spannglieder über die Ankerstangen in das Fundament eingeleitet.

Im Betonadapter befinden sich vorgespannte, einbetonierte Ankerbolzen, mit denen der Fußflansch des Stahlteils verbunden ist. Die Oberkante des Betonadapters dient außerdem als Lager für die Festanker der Spannglieder.

Der Stahlteil besteht aus einer werksseitig geschweißten Stahlblechkonstruktion. Die Stahlsektionen werden mittels vorgespannter L-Ringflanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt.

Die folgenden Anlagenkonfigurationen wurden bei der Turmprüfung berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Nennleistung („Rated power“)	Rotorblatt	Rotor-Ø	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Lebensdauer	Gondelmasse
1 <sup>a</sup>	GE 5.3-158	161 m	4,5 bis 5,3 MW <sup>c</sup>	LM77.4P <sub>e</sub>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	265,1 t
2 <sup>a</sup>	GE 5.3-158 NPI	161 m	4,5 bis 5,3 MW <sup>c</sup>	LM77.4P <sub>e</sub>	158 m	WZ S	GK S	20 Jahre	265,1 t
3 <sup>b</sup>	GE 5.3-158	161 m	4,8 bis 5,3 MW <sup>d</sup>	LM77.4P <sub>e</sub>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	267,5 t

Tabelle 5.1: Geprüfte Konfigurationen für Turmnachweise

- a) Vorserien
- b) Seriendesign
- c) Neben der maximalen Nennleistung von 5,3 MW ist eine Leistungsreduktion auf 4,8 MW und 4,5 MW möglich. Das Prinzip der variablen Leistungsreduktion ist in [4.3.3] beschrieben und in [4.4.2] geprüft.
- d) Neben der maximalen Nennleistung von 5,3 MW ist eine Leistungsreduktion auf 4,8 MW möglich. Das Prinzip der variablen Leistungsreduktion ist in [4.3.3] beschrieben und in [4.4.11] geprüft.
- e) Das Rotorblatt kann sowohl mit Serrations (= gezackte, dünne Kunststoffleisten) zur Optimierung der Schallemissionen als auch mit T-Spoilern und Vortexgeneratoren (kurz VG) zur Optimierung der Rotorblatt-Aerodynamik ausgestattet werden.

## 5.2 Flachgründung mit Auftrieb, D=27,00 m

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 27,00 m auf und ist über eine Stahlkonstruktion, bestehend aus einer dreieckiger Ankerplatte und 3 Ankerstangen M72-10.9 je Spannglied, mit dem Turm verbunden. Die Stahlkonstruktion dient als Spannstelle für die externen Spannglieder und wurde in [4.4.8] geprüft.

Bei der Prüfung der Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) wurden die gleichen Anlagenkonfigurationen wie bei der Turmprüfung berücksichtigt.

## 5.3 Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 23,50 m auf und ist über eine Stahlkonstruktion, bestehend aus einer dreieckiger Ankerplatte und 3 Ankerstangen M72-10.9 je Spannglied, mit dem Turm verbunden. Die Stahlkonstruktion dient als Spannstelle für die externen Spannglieder und wurde in [4.4.8] geprüft.

Bei der Prüfung der Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) wurden die gleichen Anlagenkonfigurationen wie bei der Turmprüfung berücksichtigt.

#### **5.4 Flachgründung mit Auftrieb, D=25,00 m**

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 25,00 m auf und ist über eine Stahlkonstruktion, bestehend aus einer rechteckigen Platte mit 4 Ankerstangen M56-10.9 je Spannglied rechteckige Platte mit 4 Ankerstangen M56-10.9 mit dem Turm verbunden. Die Stahlkonstruktion dient als Spannstelle für die externen Spannglieder und wurde in [4.4.13] geprüft.

Bei der Prüfung der Flachgründung mit Auftrieb (D=25,00 m) wurden die Anlagenkonfiguration 3 der Turmprüfung berücksichtigt.

### **6 Umfang der Prüfung**

Die bautechnische Prüfung umfasst den Hybridturm G20, die externen Spannglieder und deren Verankerung sowie die drei Flachgründungen.

Darüber hinaus wird die Konformität mit dem Turmmodell aus der Lastrechnung durch einen Abgleich mit dem zulässigen Turmeigenfrequenzbereich überprüft.

Der Turmkopfflansch einschließlich der Schweißnahtverbindung zum Turm wurde anhand einer Finite-Elemente-Analyse nachgewiesen und in [4.2.1] geprüft.

Die Schraubverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager ist nicht Bestandteil der bautechnischen Prüfung, sie wird im Rahmen der gutachtlichen Stellungnahme zu den maschinenbaulichen Strukturen behandelt, siehe [4.4.4] (Konfigurationen Nr. 1 und 2) bzw. [4.4.12] (Konfiguration Nr. 3).

Lageplan und Baugrundgutachten (s. [3.1], Kapitel 3, Buchstaben B und H) sind nicht Bestandteil der Prüfung, Transportzustände ebenfalls nicht.

Die angesetzten Lasten aus der Windturbine werden in den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.1], [4.4.2] sowie [4.4.9] bis [4.4.11] bestätigt.

Die Bewertung der Sicherheitseinrichtungen und Handbücher, des Rotorblatts, der maschinenbaulichen Komponenten, der Maschinenhausverkleidung sowie der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutzes erfolgt in den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3] bis [4.4.7] und [4.4.12].

Die geprüften Anlagen bzw. Berechnungen zum Hybridturm und zu den drei Flachgründungen sind jeweils in den Abschnitten 1.1 bzw. 1.2 der Prüfberichte zur Typenprüfung aufgelistet.

### **7 Baustoffe**

Die Auflistung der Baustoffe erfolgt jeweils im Abschnitt 4.3 der Prüfberichte zur Typenprüfung.

## 8 Bemerkungen

- 8.1 Statische Nachweise von Turmeinbauten wie z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahrenrichtungen sind nicht Gegenstand der Typenprüfung.
- 8.2 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.
- 8.3 Es ist die zum Zeitpunkt der Herstellung gültige Bauregelliste zu beachten.
- 8.4 Ist nach Ablauf der rechnerisch zugrunde gelegten Lebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.
- 8.5 Die Windenergieanlagen GE 5.3-158 (Konfiguration Nr. 1) und GE 5.3-158 NPI (Konfiguration Nr. 2) sind baugleich und unterscheiden sich lediglich wie folgt:
- Die Windenergieanlage GE 5.3-158 NPI hat im Vergleich zur Windenergieanlage GE 5.3-158 eine von 25 auf 20 Jahre reduzierte Lebensdauer, erhöhte Turbulenzintensitäten (TI) bis zu einer Windgeschwindigkeit von 13 m/s sowie eine erhöhte mittlere Jahreswindgeschwindigkeit ( $v_{ave}$ ) von 8,0 m/s.
- 8.6 Die Anlagenkonfiguration Nr. 3 ist für eine Lebensdauer von 25 Jahren ausgelegt und unterscheidet sich von den ersten beiden Konfigurationen durch eine geringfügig höhere Gondelmasse sowie durch eine geänderte Lage des Transformators.
- 8.7 Bei den Anlagenkonfigurationen Nr. 1 und 2 ist eine Reduktion der Nennleistung von 5,3 auf 4,8 sowie auf 4,5 MW möglich.
- 8.8 Bei der Anlagenkonfiguration Nr. 3 ist eine Reduktion der Nennleistung von 5,3 auf 4,8 MW möglich.

## 9 Auflagen

- 9.1 Konfiguration Nr. 1:  
Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 16.2 vorzulegen, dem die in [4.4.1], Abschnitt 4.1 aufgeführten Umgebungsbedingungen zu Grunde liegen.
- 9.2 Konfiguration Nr. 2:  
Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 16.2 vorzulegen, dem die in [4.4.9], Abschnitt 4.1 aufgeführten Umgebungsbedingungen zu Grunde liegen.

- 9.3 Konfiguration Nr. 3:  
Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 16.2 vorzulegen, dem die in [4.4.10], Abschnitt 4.1 aufgeführten Umgebungsbedingungen zu Grunde liegen.
- 9.4 Die Auflagen im Abschnitt 6 der Prüfberichte zur Typenprüfung (s. Punkt 4.2) und die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (s. Punkt 4.4) sind zu beachten. Die gutachtlichen Stellungnahmen sind zur Bauakte zu nehmen.
- 9.5 Der Anlagenhersteller hat mittels Erklärung zu bescheinigen, dass die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und dass die Windenergieanlage gemäß den geprüften Anlagen in den Prüfberichten zur Typenprüfung errichtet worden ist. Diese Herstellererklärung ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.
- 9.6 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.
- 9.7 Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.
- 9.8 In den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3] bis [4.4.6], [4.4.10] und [4.4.12] sind einige Auflagen bezüglich noch vorzulegender Nachweise bzw. Dokumentationen formuliert. Diese Auflagen sind für die Standsicherheit von Turm und Gründung im Wesentlichen nicht relevant, sind jedoch bis zur Inbetriebnahme der ersten Anlage zu erfüllen und mittels gutachtlicher Stellungnahmen zu bewerten.

## 10 Zusammenfassung

Der unter Punkt 5 beschriebene Hybriddturm G20 und die zugehörigen drei Gründungen sind für die in Tabelle 5.1 aufgeführten Windenergieanlagenkonfigurationen ausgelegt.

Die unter Punkt 4.4 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind - unter Beachtung der Auflage 9.8 - hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung März 2015, Kapitel 3, Abschnitt I vollständig und können für diese Windenergieanlage verwendet werden.

Alle relevanten Schnittstellen (Maschine/Turm/Fundament) wurden überprüft.

Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Turm oder an den Fundamenten sind dem Prüfamts für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Der Leiter



Dipl.-Ing. T. Krause