

Essen, 31.03.2020

## Prüfbescheid zur Typenprüfung

**Windenergieanlage GE 5.5-158 \*)**  
**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. 11

**Typenentwurf:** Hybridturm und Fundamente für die oben genannten Windenergieanlagen gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)

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

**Geltungsdauer bis:** 30.06.2023

\*) Diese vier Ausführungen der Anlage sind im Wesentlichen baugleich und unterscheiden sich lediglich in der Nennleistung

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

Der Prüfbescheid umfasst 21 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] (<i>in Rev. 8 entfernt</i>)</li> <li>- Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m ergänzt (geprüft in [4.2.3] (<i>in Rev. 8 entfernt</i>))</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] (<i>in Rev. 8 entfernt</i>)</li> <li>- Gutachtliche Stellungnahme zu den Lastannahmen der Windenergieanlage GE 5.3-158 NPI [4.4.8] 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 8.6)
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 8.9, 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] (<i>in Rev. 8 entfernt</i>) und [4.2.3] (<i>in Rev. 8 entfernt</i>)</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 [4.4.9] bis [4.4.11] ergänzt</li> <li>- Bemerkungen 8.7 und 8.10 ergänzt</li> <li>- Auflage Nr. 9.3 ergänzt</li> <li>- Anpassung der Auflage Nr. 9.10</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 [4.2.2])</li> <li>- Neue gutachtliche Stellungnahme für Spanngliedverankerung mit 4 Ankerstangen [4.4.12]</li> </ul>
6	15.08.2019	- Bezeichnung der Flachgründung, D=25,00 m unter [4.2.2] korrigiert
7	16.10.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme der Anlagenkonfiguration Nr. 4</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2]</li> <li>- Auslegungslasten und Lastvergleich [4.3.7] für die neue Anlagenkonfiguration Nr. 4 ergänzt (geprüft mit neuer gutachtliche Stellungnahme [4.4.13])</li> <li>- Neue Rev. des Sicherheitssystems [4.3.1]</li> <li>- Neues Prinzip der variablen Leistungsbegrenzung [4.3.8] aufgenommen (geprüft mit neuer gutachtlicher Stellungnahme [4.4.14])</li> <li>- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4], [4.4.6] und [4.4.11]</li> </ul>

8	18.10.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme der Anlagenkonfiguration Nr. 5</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2]</li> <li>- Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) aus Prüfbescheid zur Typenprüfung Rev. 7 wird nicht realisiert und aus Typenprüfung entfernt.</li> <li>- Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) [4.2.3] aus Prüfbescheid zur Typenprüfung Rev. 7 wird nicht realisiert und aus Typenprüfung entfernt.</li> <li>- Auslegungslasten und Lastvergleich [4.3.9] für die neue Anlagenkonfiguration Nr. 5 ergänzt (geprüft mit neuer gutachtliche Stellungnahme [4.4.15])</li> <li>- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.12]</li> </ul>
9	10.12.2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erweiterung der variablen Leistungsbegrenzung [4.3.8] auf den Bereich von 4,5 bis 5,3 MW (geprüft mit neuer Rev. [4.4.14])</li> <li>- Implementierung einer Konfigurationsmatrix für die gutachtlichen Stellungnahmen in Abhängigkeit der Windenergieanlagenvariante</li> <li>- Redaktionelle Anpassung des Lastdokuments [4.3.9] (geprüft in neuer Revision der gutachtliche Stellungnahme [4.4.15])</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2]</li> </ul>
10	10.01.2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufnahme der Anlagenkonfiguration Nr. 6, alle folgenden Änderungen sind bedingt durch die Aufnahme der Konfiguration Nr. 6:</li> <li>- Neue Übersichtszeichnung (Anlage Nr. 1) aufgenommen (ersetzt bisherige Übersichtszeichnung)</li> <li>- Neue Anlagenbeschreibung für GE 5.5-158 aufgenommen (Anlage Nr. 5)</li> <li>- Neue Rev. der Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2]</li> <li>- Auslegungslasten und Lastvergleich [4.3.10] für die neue Anlagenkonfiguration Nr. 6 ergänzt (geprüft mit neuer gutachtliche Stellungnahme [4.4.17])</li> <li>- Vorgehensweise zum Nachweis der Schubkraftregelung [4.3.11] hinzugefügt (geprüft mit neuer Stellungnahme [4.4.18])</li> <li>- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4] und [4.4.6]</li> <li>- Neue gutachtliche Stellungnahme [4.4.16] für maschinenbauliche Komponenten</li> <li>- Erläuterung der Anhänge K zu den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4], [4.4.6] und [4.4.16] hinzugefügt</li> <li>- Konfigurationsmatrix in Kapitel 6 verschoben</li> <li>- Redaktionelle Änderungen, Anpassung Auflagen, neue Nummerierung</li> </ul>
11	31.03.2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Flachgründung ohne Auftrieb ergänzt (geprüft in [4.2.3])</li> <li>- Neue Übersichtszeichnung (Anlage Nr. 1) aufgenommen (ersetzt bisherige Übersichtszeichnung)</li> </ul>

Hinweis:

Die Dokumentverweise vorheriger Revisionsstände könnten sich im Zuge der Revisionshistorie geändert haben und wären somit nicht mehr aktuell.

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Bestimmungen .....	5
2	Einleitung .....	5
	2.1 Beschreibung von Änderungen .....	5
3	Prüfgrundlagen .....	9
4	Dokumente .....	9
	4.1 Anlagen zum Prüfbescheid .....	9
	4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung .....	10
	4.3 Dazugehörige Dokumente .....	10
	4.4 Gutachtliche Stellungnahmen .....	13
5	Beschreibung .....	15
	5.1 Hybridturm G20 .....	15
	5.2 Flachgründung ohne Auftrieb, D=25,00 m .....	16
	5.3 Flachgründung ohne Auftrieb, D=23,50 m .....	17
6	Umfang der Prüfung .....	17
7	Baustoffe .....	18
8	Bemerkungen .....	19
9	Auflagen .....	20
10	Zusammenfassung .....	21

## 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 Oktober 2012 (korrigierte 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 [4.4.8] 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] (*in Rev. 8 entfernt*) 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] (*in Rev. 8 entfernt*) bewertet wurde. Die gutachtlichen Stellungnahmen

zum Rotorblatt [4.4.4], zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.5] und zur Spanngliedverankerung [4.4.8] (*in Rev. 8 entfernt*) 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 [4.4.9] bestätigt.
- Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1], [4.2.2] (*in Rev. 8 entfernt*) und [4.2.3] (*in Rev. 8 entfernt*) 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 [4.4.10]) und der Lastvergleich zwischen den Leistungsstufen 5,3 und 4,8 MW [4.3.4] (ebenfalls geprüft in [4.4.10]) 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 [4.4.9], zur variablen Leistungsbegrenzung [4.4.10] und zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.11] 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 8.7 und 8.10 sowie die Auflage Nr. 9.3 sind neu hinzugekommen.
- Anpassung der Auflage Nr. 9.10.

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 [4.2.2]).
- Die gutachtliche Stellungnahme [4.4.12] wird aufgrund einer neuen Spanngliedverankerung (Rechteckige Platte mit 4 Ankerstangen M56-10.9) ergänzt.
- Lt. Angabe des Antragstellers werden die in [4.2.2] (*in Rev. 8 entfernt*) geprüfte Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) und die in [4.2.3] (*in Rev. 8 entfernt*) 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 Prüfbescheidrevisionen 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) [4.2.2].

Mit der Revision 6 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Redaktionelle Fehlerkorrektur im Dokumenttitel von Prüfbericht [4.2.2]. Es handelt sich um eine Flachgründung mit Auftrieb.

Mit der Revision 7 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Berücksichtigung der neuen Anlagenkonfiguration Nr. 4 (siehe Tabelle 5.1).
- Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2] wurden aktualisiert (Berücksichtigung der neuen Auslegungslasten [4.3.7] für Anlagenkonfiguration Nr. 4).
- Das Betriebsführungs- und Sicherheitskonzept [4.3.1] (geprüft in [4.4.3]) liegt in einer neuen Revision vor.
- Die gutachtlichen Stellungnahmen zum Sicherheitssystem und zu den Handbüchern [4.4.3], zum Rotorblatt [4.4.4], zu den maschinenbaulichen Komponenten [4.4.11], zu den elektrischen Komponenten und zum Blitzschutz [4.4.6] liegen in einer neuen Revision vor.
- Die gutachtlichen Stellungnahmen zu den Lastannahmen [4.4.13] für Anlagenkonfiguration Nr. 4 und zur variablen Leistungsbegrenzung [4.4.14] sind neu hinzugekommen.

Mit der Revision 8 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Berücksichtigung der neuen Anlagenkonfiguration Nr. 5 (siehe Tabelle 5.1).
- Die neuen Auslegungslasten [4.3.9] hierzu wurden in [4.4.15] bestätigt.
- Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2] wurden aktualisiert (Berücksichtigung der neuen Auslegungslasten sowie konstruktive Änderungen am Turm).
- Die zur Erstausgabe dieses Prüfbescheids zugehörige Flachgründung mit Auftrieb (D=27,00 m) und die Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) werden nicht mehr verwendet und aus dem Prüfbescheid zur Typenprüfung entfernt.
- Neue Rev. der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.12]

Mit der Revision 9 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Erweiterung der variablen Leistungsbegrenzung [4.3.8] auf den Bereich von 4,5 bis 5,3 MW (geprüft mit neuer Revision der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.14])
- Korrektur der windgeschwindigkeitsabhängigen Turbulenzintensitäten im Lastdokument [4.3.9] (geprüft mit neuer Revision der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.15]). Hieraus resultieren keine bemessungsrelevanten Veränderungen.
- Die Prüfberichte zur Typenprüfung [4.2.1] und [4.2.2] wurden aktualisiert (Berücksichtigung des angepassten Lastdokuments [4.3.9]).

Mit der Revision 10 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Berücksichtigung der neuen Anlagenkonfiguration Nr. 6 (siehe Tabelle 5.1).
- Die zugehörigen Auslegungslasten [4.3.10] wurden in [4.4.17] bestätigt.
- Neue Übersichtszeichnung (s. Anlage Nr. 1) mit variablen Abmessungen der Maschinenhausverkleidung aufgenommen.
- Anlagenbeschreibung zur Windenergieanlage GE 5.5-158 ergänzt (s. Anlage Nr. 5)
- Der Turmbericht [4.2.1] wurde aktualisiert (Berücksichtigung der Windenergieanlage GE 5.5-158, Erhöhung Vorspannkraft der Ankerstangen im Adapter, Spannanweisung Spannglieder mit 80% Teilvorspannung). Die statisch relevanten Änderungen wurden nur für die Lasten der Anlagenkonfigurationen 5 und 6 nachgewiesen. Dementsprechend dürfen die Konstruktionsunterlagen des optimierten Hybridturms entsprechend [4.2.1] (ab Revisionsstand 9) nicht für die Anlagenkonfigurationen 1 bis 4 verwendet werden (bzgl. Details siehe [4.2.1]).
- Der Fundamentbericht [4.2.2] wurde aktualisiert (Berücksichtigung der Windenergieanlage GE 5.5-158, Anpassungen der Sockelbewehrung und der Weichschicht). Die statisch relevanten Änderungen wurden nur für die Lasten der Anlagenkonfigurationen 5 und 6 nachgewiesen. Dementsprechend dürfen die Konstruktionsunterlagen der optimierten Flachgründung mit Auftrieb entsprechend [4.2.2] (ab Revisionsstand 4) nicht für die Anlagenkonfigurationen 1 bis 4 verwendet werden (bzgl. Details siehe [4.2.2]).
- Aufnahme der Nachweisstrategie zur Schubkraftbegrenzung [4.3.11], geprüft in [4.4.18]: Die Schubkraft kann im Bereich von 665 kN bis 700 kN variabel über unterschiedliche Betriebsparametersätze konfiguriert werden.
- Die gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4], [4.4.6] und [4.4.16] wurden in jeweils zwei Dokumente aufgeteilt: In eine gutachtliche Stellungnahme und einen dazugehörigen Anhang „K“ (wie „Komponentenliste“): [4.3.12], [4.3.13], [4.3.14] und [4.3.15].
- Die Bemerkungen Nr. 8.1, 8.12 und 8.13 wurden ergänzt.
- Die Bemerkungen Nr. 8.4 und 8.8 wurden angepasst.
- Die Auflagen Nr. 9.1, 9.7 und 9.10 wurden angepasst.
- Die Auflagen Nr. 9.2 bis 9.5 können somit entfallen.

Mit der Revision 11 des Prüfbescheids wird die folgende Änderung berücksichtigt:

- Ergänzung einer Flachgründung ohne Auftrieb mit  $D=23,50$  m, geprüft in [4.2.3].
- Neue Übersichtszeichnung (s. Anlage Nr. 1) mit variablen Abmessungen aufgenommen. Die neue Fassung enthält die relevanten Hauptabmessungen. Vorherige Revisionen blieben uneingeschränkt anwendbar.

### 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.: 444W2272, Rev., Datum: 27.11.2019

##### 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

#### Anlagenbeschreibung bei Leistungsstufe 5,5 MW

Anlage Nr. 5 GE Renewable Energy:  
„Technische Dokumentation Windenergieanlagen 5.5-158 - 50 Hz,  
Technische Beschreibung und Daten“, Dokument-Nr.:  
General\_Description\_5.5-DFIG-158-50Hz\_GE\_r02, Rev. 02,  
Datum: 01.07.2019

### **4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung**

- [4.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.5-158, Rotorblatt  
LM77.4P, Nabenhöhe 161 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie S,  
- Hybridturm G20 -“, Prüfbericht Nr.: T-7009/18 - 1 Rev. 9, Datum: 10.01.2020
- [4.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.5 -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. 4, Datum: 10.01.2020
- [4.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:  
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage GE 5.5 -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 - 5, Rev. 0, Datum: 20.02.2020

### **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\_xxxxxxx.09.ENxx  
Rev. 9, Datum: 24.09.2019

- [4.3.2] GE Wind Energy GmbH:  
Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 1:  
„Certification Loading Document, GE Renewable Energy 5.3-158, 5.33 MW Ra-  
ted 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 variablen 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\_LoadsCompari-  
son.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\_to-  
wer\_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
- [4.3.7] GE Wind Energy GmbH:  
Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 4:  
„Mechanical Load Analysis, Addendum, DIBt WZ S, GK S, 4.8-158 / 150m HH /  
665 kN / 50Hz, 4.8-158 / 161m HH / 665 kN / 50Hz“,  
Dokument-Nr.: 4.8-158\_161mHH-150mHH\_665kN\_WZ-S\_GK-S\_50Hz\_Rev0,  
Rev. 0 vom 14.09.2019

- [4.3.8] GE Wind Energy GmbH:  
Beschreibung der variablen Leistungsbeschränkung Anlagenkonfiguration Nr. 5:  
„Amendment for GE 5.3-158, Variable Power Rating, Post-DDR model and operational settings 5.3 to 4.5 MW”,  
Dokument-Nr.: GE5.3-158\_LOA\_allComp\_variable\_rating\_post-DDR\_models.01.Enxx, Rev. 1, Datum: 30.10.2019
- [4.3.9] GE Wind Energy GmbH:  
Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 5:  
„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.:  
4636\_5.33-158\_161HH\_DIBTS\_ED3\_50Hz\_LOA\_allComp\_LM77.4.01.Enxx, Rev. 1, Datum: 05.11.2019
- [4.3.10] GE Wind Energy GmbH:  
Auslegungslasten Anlagenkonfiguration Nr. 6:  
„Certification Loading Document, GE Renewable Energy 5.5-158, 5.5 MW Rated Power / 158 m Rotor Diameter, Grid Frequency 50 Hz with LM77.4 Blade (VGs + LNTEs + T-Spoilers) / 161 m Hub Height CHT, DIBt Wind Zone S-Class”, Dokument-Nr.: 4649\_5.53-158\_161HH\_CHT\_DIBTS\_ED3\_50Hz\_LOA\_allComp\_LM77.4.01.Enxx, Rev. 1, Datum: 11.12.2019
- [4.3.11] GE Wind Energy GmbH:  
Beschreibung der Schubkraftregelung der Anlagenkonfiguration Nr. 6:  
„Coordination Memo: 2019-GEWE-SL-003, Subject: Offers 2019-0274 & 2019-0275 700kN Flexible thrust inclusion”, Datum: 17.12.2019
- [4.3.12] TÜV NORD CERT GmbH:  
Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme [4.4.3]:  
„Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme - 8115542742-2 D -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115542742-112 D
- [4.3.13] TÜV NORD CERT GmbH:  
Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme [4.4.4]:  
„Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen GE4.x-158 und GE5.x-158, unterschiedliche Konfigurationen und Nabelhöhen, - Rotorblatt LM 77.4 P / 8115 542 742 - 3 D, Rev. 7 -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742 - 113 D
- [4.3.14] TÜV NORD CERT GmbH:  
Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme [4.4.6]:  
„Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme 8115 542 742 - 5 D“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742-115 D

[4.3.15] TÜV NORD CERT GmbH:

Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme [4.4.16]:

„Anhang K zur Gutachtlichen Stellungnahme - 8117 645 132- 4 D -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8117 645 132- 114 D

#### **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 Leis-  
tungsbegrenzung -“,  
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. 4, Datum: 08.01.2020

[4.4.4] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen  
GE4.x-158 und GE5.x-158, unterschiedliche Konfigurationen und Nabhöhen,  
- Rotorblatt LM 77.4 P -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742- 3 D, Rev. 7, Datum: 08.01.2020

[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,  
- Elektrisches System und Blitzschutz -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8115 542 742-5 D Rev. 5, Datum: 06.01.2020

[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 CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4P, NH 161 m (Beton-Hybridturm), DIBt WZ S, GK S, NPI Lasten, - Lastannahmen -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8115542742-1 DIII Rev. 0, Datum: 03.09.2018

[4.4.9] 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

[4.4.10] 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

[4.4.11] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen GE 4.8-158 / GE 5.3-158, RB LM77.4P, verschiedene Nabenhöhen, - Maschinenbauliche Komponenten -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8116 625 470- 4 D Rev. 3, Datum: 04.12.2019

[4.4.12] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Hybridtürme für Windenergieanlagen, - Bauteile für Spanngliedverankerung -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8116 986 268-6 D Rev. 1, Datum: 16.09.2019

[4.4.13] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage, GE4.8-158 (665 kN Thrust), RB LM77.4P (VGs + LNTEs + T-Spoiler), NH 161 m (Stahl-Beton-Hybridturm G20), 50 Hz, DIBt WZ S, GK S, - Lastannahmen -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8117438567-1 D I Rev. 0, Datum: 15.10.2019

[4.4.14] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4P (VGs + LNTEs + T-Spoiler), - Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung -“ TÜV NORD Bericht Nr.: 8117340236-1 D II Rev. 1, Datum: 22.11.2019

[4.4.15] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.3-158, RB LM77.4P (VGs + LNTEs + T-Spoiler), NH 161 m (Beton-Hybrid-Turm (G20)), DIBt WZ S, GK S, - Lastannahmen -“, TÜV NORD Bericht Nr.: 8117340236-1 D I, Rev.1, Datum: 22.11.2019

[4.4.16] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage  
GE 4.x-158 & GE 5.x-158, diverse Konfigurationen,  
- Maschinenbauliche Komponenten -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8117 645 132-4 D Rev. 0, Datum: 16.12.2019

[4.4.17] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.5-158, RB LM77.4P  
(VGs + LNTes + T-Spoilers), NH 161 m (Beton-Hybrid-Turm - G20), DIBt WZ S,  
GK S, - Lastannahmen -“,  
TÜV NORD Bericht Nr.: 8117645132-1 D I, Rev.0, Datum: 12.12.2019

[4.4.18] TÜV NORD CERT GmbH:

„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage GE 5.5-158, RB LM77.4P  
- Prüfung der Strategie zur Einführung einer 700kN Schubkraftregelung -“  
TÜV NORD Bericht-Nr.: 8117645132-1 D II Rev.1 vom 10.01.2020

Die Gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3], [4.4.4], [4.4.6] und [4.4.16] haben Anhänge,  
wie in Abschnitt 6 beschrieben.

## **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.

Die einzelnen Fertigteiltringe 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 geleitet.

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 werkseitig geschweißten Stahlblechkonstruktion. Die Stahlsektionen werden mittels vorgespannter L-Ringflanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschrubt.

Bei der Prüfung des Hybridturms G20 wurden die Anlagenkonfigurationen 5 und 6 der folgenden Tabelle berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Nennleistung („Rated power“)	Rotorblatt	Rotor- $\varnothing$	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 <sup>e</sup>	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 <sup>e</sup>	158 m	WZ S	GK S	20 Jahre	265,1 t
3	GE 5.3-158 (PRD #39)	161 m	4,8 bis 5,3 MW <sup>d</sup>	LM77.4P <sup>e</sup>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	267,5 t
4	GE 4.8-158	161 m	4,8 MW	LM77.4P <sup>e</sup>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	277,3 t
5 <sup>b</sup>	GE 5.3-158 (PRD #76)	161 m	4,5 bis 5,3 MW <sup>f</sup>	LM77.4P <sup>e</sup>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	277,3 t
6 <sup>b</sup>	GE 5.5-158 (PRD #46)	161 m	4,5 bis 5,5 MW <sup>g</sup>	LM77.4P <sup>e</sup>	158 m	WZ S	GK S	25 Jahre	277,3 t

Tabelle 5.1: Geprüfte Konfigurationen für Turmnachweise

- Vorserien
- Seriendesign
- 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.
- 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 [4.4.10] geprüft.
- 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.
- Neben der maximalen Nennleistung von 5,3 MW ist eine Leistungsreduktion auf 4,5 MW möglich. Das Prinzip der variablen Leistungsreduktion ist in [4.3.8] beschrieben und in [4.4.14] geprüft.
- Neben der maximalen Nennleistung von 5,5 MW ist eine drehmomentgesteuerte Leistungsreduktion um maximal 20% möglich. Diese Leistungsreduktion ist durch die gutachtliche Stellungnahme [4.4.17] abgedeckt. Zusätzlich ist durch eine reglerbasierte, variable Schubkraftregelung eine Erhöhung der Schubkraft bis 700 kN möglich. Die Strategie und Vorgehensweise der Schubkraftregelung zur Einhaltung der typengeprüften Lasten ist in [4.3.11] beschrieben und in [4.4.18] geprüft.

## 5.2 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 mit dem Turm verbunden. Die Stahlkonstruktion dient als Spannstelle für die externen Spannglieder und wurde in [4.4.12] geprüft.

Bei der Prüfung der Flachgründung mit Auftrieb (D=25,00 m) wurden die Anlagenkonfigurationen 5 und 6 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 rechteckigen Platte mit 4 Ankerstangen M56-10.9 je Spannglied mit dem Turm verbunden. Die Stahlkonstruktion dient als Spannstelle für die externen Spannglieder und wurde in [4.4.12] geprüft.

Bei der Prüfung der Flachgründung ohne Auftrieb (D=23,50 m) wurden die Anlagenkonfigurationen 5 und 6 der Turmprüfung berücksichtigt.

## **6 Umfang der Prüfung**

Die bautechnische Prüfung umfasst den Hybridturm G20, die externen Spannglieder und deren Verankerung sowie die 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 Tabelle 6.1.

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 (siehe Konfigurationsmatrix 6.1) 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], [4.4.11], [4.4.16] sowie in den dazugehörigen Anhängen [4.3.12], [4.3.13], [4.3.14] und [4.3.15]. Der Anhang K enthält eine Auflistung aller in der Windenergieanlage verbauten Einzelteile und Komponenten zum jeweiligen Gewerk. Die geprüften Komponenten des Turms und der Fundamente sind ausschließlich in den jeweiligen Prüfberichten zur Typenprüfung (s. Abschnitt 4.2) aufgeführt, hierzu gibt es keinen Anhang K.

Die im Abschnitt 4.4 aufgelisteten, gutachtlichen Stellungnahmen können den einzelnen WEA Konfigurationen wie folgt zugeordnet werden:

Gutachtliche Stellungnahme	Bezeichnung	WEA Konfiguration					
		1	2	3	4	5	6
[4.4.1]	Lastannahmen	Rev.1					
[4.4.2]	Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung	Rev.1	Rev.1				
[4.4.3]	Sicherheitssystem und Handbücher	Rev.0	Rev.0	Rev.1	Rev.2	Rev.3	Rev.4
[4.4.4]	Rotorblatt LM 77.4 P	Rev.0	Rev.1	Rev.2	Rev.4	Rev.6	Rev.7
[4.4.5]	Maschinenbauliche Komponenten	Rev.1	Rev.2				
[4.4.6]	Elektrische Komponenten und Blitzschutz	Rev.0	Rev.0	Rev.1	Rev.2	Rev.2	Rev.5
[4.4.7]	Blitzschutz	Rev.0	Rev.0	Rev.1	Rev.1	Rev.1	Rev.1
[4.4.8]	Lastannahmen		Rev.0				
[4.4.9]	Lastannahmen			Rev.0			
[4.4.10]	Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung			Rev.0			
[4.4.11]	Maschinenbauliche Komponenten			Rev.0	Rev.2	Rev.3	
[4.4.12]	Bauteile für Spanngliedverankerung			Rev.1	Rev.1	Rev.1	Rev.1
[4.4.13]	Lastannahmen				Rev.0		
[4.4.14]	Gutachten zur variablen Leistungsbegrenzung					Rev.1	
[4.4.15]	Lastannahmen					Rev.1	
[4.4.16]	Maschinenbauliche Komponenten						Rev.0
[4.4.17]	Lastannahmen						Rev.0
[4.4.18]	Gutachten zur Schubkraftregelung						Rev.1

Tabelle 6.1: Konfigurationsmatrix der gutachtlichen Stellungnahmen

Die geprüften Anlagen bzw. Berechnungen zum Hybridturm und zu den 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 Sofern neue, alternative oder modifizierte Komponenten vom TÜV NORD geprüft und deren Einfluss auf die Windenergieanlage bewertet werden, werden diese im Anhang K der entsprechenden gutachtlichen Stellungnahme aufgelistet und der Anhang mit einem neuen Revisionsstand versehen. Sofern die neu hinzugekommenen, alternativen oder modifizierten Komponenten keine Auswirkungen auf die Standsicherheit von Turm und Fundament haben, wird lediglich eine neue Revision des Anhang K erstellt. Die dazugehörige, gutachtliche Stellungnahme sowie der Prüfbescheid zur Typenprüfung bleiben in diesem Falle unverändert.
- 8.2 Statische Nachweise von Turmeinbauten wie z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahreinrichtungen sind nicht Gegenstand der Typenprüfung.
- 8.3 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.
- 8.4 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung sind zu beachten.
- 8.5 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.
- 8.6 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.
- 8.7 Die Anlagenkonfiguration Nr. 3 ist für eine Lebensdauer von 25 Jahren ausgelegt und unterscheidet sich von den Konfigurationen 1 und 2 durch eine geringfügig höhere Gondelmasse sowie durch eine geänderte Lage des Transformators.
- 8.8 Die Anlagenkonfigurationen Nr. 4 bis 6 sind für eine Lebensdauer von 25 Jahren ausgelegt und unterscheidet sich von den Konfigurationen 1 bis 3 durch eine höhere Gondelmasse und ein überarbeitetes Sicherheitssystem.
- 8.9 Bei den Anlagenkonfigurationen Nr. 1, 2 und 5 ist eine Reduktion der Nennleistung von 5,3 auf 4,8 sowie auf 4,5 MW möglich.
- 8.10 Bei der Anlagenkonfiguration Nr. 3 ist eine Reduktion der Nennleistung von 5,3 auf 4,8 MW möglich.

- 8.11 Bei der Anlagenkonfiguration Nr. 4 ist die Nennleistung auf 4,8 MW begrenzt.
- 8.12 Bei der Anlagenkonfiguration Nr. 6 ist eine Reduktion der Nennleistung von 5,5 auf 4,5 MW möglich.
- 8.13 Die in den Prüfberichten beschriebenen Optimierungen an Hybridturm (siehe [4.2.1]) und Flachgründung mit Auftrieb (siehe [4.2.2]) sind nur für die Anlagenkonfigurationen 5 und 6 nachgewiesen. Dementsprechend dürfen die in [4.2.1] (ab Revisionsstand 9), bzw. [4.2.2] (ab Revisionsstand 4) aufgeführten Konstruktionsunterlagen nicht für die Anlagenkonfigurationen 1 bis 4 verwendet werden.

## **9 Auflagen**

- 9.1 Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 16.2 vorzulegen, dem die in der gutachtlichen Stellungnahme zu den Lastannahmen (s. Tabelle 6.1) aufgeführten Umgebungsbedingungen zu Grunde liegen.  
Für die Anlagenvariante mit 700 kN Schubkraft müssen in dem zuvor genannten Nachweis der Standorteignung insbesondere die im Vergleich zur Variante mit 665 kN Schubkraft veränderten Betriebsparametersätze berücksichtigt werden. Ferner ist bei der Variante mit erhöhter Schubkraft per Lastrechnung nachzuweisen, dass es durch eine passende Wahl der Betriebsparametersätze zu keiner Überschreitung der typengeprüften Lasten kommt (siehe [4.4.18], Auflage 6.1).
- 9.2 (entfällt)
- 9.3 (entfällt)
- 9.4 (entfällt)
- 9.5 (entfällt)
- 9.6 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.
- 9.7 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.  
Die in Abschnitt 4.3 aufgelisteten Anhänge K, nach welchen die Windenergieanlage errichtet wurde, sind - zusammen mit der zuvor genannten Herstellererklärung - der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.
- 9.8 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

- 9.9 Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.
- 9.10 In den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3] und [4.4.6] 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 zu bewerten. Das Erfüllen der Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.3] und [4.4.6] ist im jeweiligen Anhang K zu dokumentieren.

## 10 Zusammenfassung

Der unter Punkt 5 beschriebene Hybridturm G20 und die zugehörigen Gründungen sind für die in Tabelle 5.1 aufgeführten Windenergieanlagenkonfigurationen 5 und 6 ausgelegt.

Die unter Punkt 4.4 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind - unter Beachtung der Auflage 9.10 - hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I vollständig und können gemäß Konfigurationsmatrix 6.1 für die entsprechende 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 stellvertretende Leiter



Dipl.-Ing. (FH) Sven Möller