Industrie Service

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 02.02.2021

Prüfnummer: **3108363-24-d Rev. 2**

Objekt: **Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung**
Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6/6.0 MW
Turm: Hybridturm T20
Nabenhöhe: 169 m über GOK
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Ø = 24,50 m (rund) mit Auftrieb

Entwurfslebensdauer: 25 Jahre

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Hersteller und Konstruktion: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

Statische Berechnung: Max Bögl Wind AG
Max-Bögl-Str. 1
92369 Sengenthal

Auftraggeber: Max Bögl Wind AG
Max-Bögl-Str. 1
92369 Sengenthal

Geltungsdauer: bis 16.02.2025

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/CST

Dokument:
3108363-24-d_Rev.2_Bögl_Vestas V162_T20_169m_FGmA_24,5_25a.docx

Das Dokument besteht aus 8 Seiten.
Seite 1 von 8

Die auszugsweise Wiedergabe des Dokumentes und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuvsud.com/de/impressum

Aufsichtsrat:
Reiner Block (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-3146
Telefax: +49 89 5791-2956
www.tuvsud.com/de-is

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die
Bautechnische Prüfung von
Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland

VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

Revision	Datum	Änderungen
0	17.02.2020	Erstfassung
1	15.01.2021	Redaktionelle Änderungen. Neue Revisionen Dokumente [1], [3], [7] und [10]. Neues Dokument [6]. Dokument [2] behält Gültigkeit.
2	02.02.2021	Korrektur Dokument [8]. Dokumente [1] bis [3] behalten Gültigkeit.

Inhaltsverzeichnis

1. Unterlagen 3
1.1. Geprüfte Unterlagen 3
1.2. Eingesehene Unterlagen 3
2. Prüfgrundlage 4
3. Beschreibung 4
3.1. Baustoffe 5
3.2. Lastannahmen 5
3.3. Baugrund 5
4. Prüfumfang 6
5. Prüfbemerkungen 6
6. Prüfergebnis 6
Auflagen 7

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

1. Unterlagen

1.1. Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente, von Max Bögl Wind AG erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

[1] „Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm T20, Windenergieanlage: Vestas V162-5.6, Nabenhöhe: 169m + 166 m, Bauteil: Fundament D = 24,5 m“, 192 Seiten, Dokument Nr. 21683-T20, Rev. d, Datum 2020-12-01

[2] „Schalplan Fundament Ø24,50m, NH=166m und 169m“, Dokument Nr. DE_T20_005_XX_X_Schalplan, Rev. a, Datum 2020-01-08

[3] „Bewehrung Fundament Ø24.50m“, Dokument Nr. DE_T20_006_XX_X_Bewehrung, Rev. c, Datum 2020-10-14

1.2. Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

[4] „Combine Foundation loads, V162-5.4 & 5.6 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), HH169 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 237 Seiten, Dokument Nr. 0088-7315, Rev. 3, Datum 2020-01-29

[5] „Combine Foundation loads, V162-5.4 & 5.6 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), HH166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 127 Seiten, Dokument Nr. 0088-7314, Rev. 3, Datum 2020-01-29

[6] “Tower Loads Comparison – HA2A600/HA2A900 EV162-5.4/5.6/6.0 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), HH166/169 m 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas, 31 Seiten, Dokument Nr. 0098-7766, Rev. 01, Datum 2020-10-02

[7] „Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V162-5.4/5.6/6.0 MW mit 169 m Nabenhöhe (Hybrid-Turm, Entwurfslebensdauer 25 Jahre) für Windzone S“, erstellt von DNV GL Energy Renewables Certification, 6 Seiten, Dokument Nr. L-05629-A052-4, Rev. 2, Datum 2020-12-08

[8] „Uebersichtsplan Gesamtturm, NH=169m V162, Spannglieds. „Suspa““, erstellt von Max Bögl Wind AG, Dokument Nr. DE_T20_001_XX_X_Uebersicht, Rev. c, Datum 2020-12-10

[9] „Statische Berechnung – Max Bögl Hybridturm T20, Spannbetonturm“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 165 Seiten, Dokument Nr. 21683-T20, Rev. b, Datum 2020-02-13

[10] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm T20, Windenergieanlagen Vestas V162-5.4/5.6/6.0 MW, 169 m Habenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3, Entwurfslebensdauer: 25 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 13 Seiten, Dokument Nr. 3108363-14-d, Rev. 1, Datum 2021-01-12

[11] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Drahtspannsystem SUSPA-Draht EX für externe Vorspannung mit 30 bis 84 Spannstahldrähten nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-2“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 39 Seiten, Zulassungsnr. Z-13.3-139, vom 16.04.2018, Geltungsdauer bis 16.04.2021

[12] Allgemeine Bauartgenehmigung „SUSPA Draht EX für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 10 Seiten, Zulassungsnr. Z-13.3-141, vom 15.04.2019, Geltungsdauer bis 16.04.2021

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

[13] „Statische Berechnung für den Max Bögl Hybridturm RT2.0, Bauteil: Spanngliedverankerung“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 54 Seiten, Dokument Nr. 21683, Rev. b, Datum 2019-06-27

[14] „Gutachtliche Stellungnahme, Hybridtürme für Windenergieanlagen – Bauteile für Spanngliedverankerung – Statischer Nachweis der Bauteile für die untere Spanngliedverankerung von Hybridtürmen für Windenergieanlagen gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2015“, erstellt von TÜV NORD CERT GmbH, 7 Seiten, Dokument Nr. 8116 986 268-6 D, Rev. 0, Datum 2019-07-04

2. Prüfgrundlage

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

/1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/2/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010 + DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015

/3/ DIN EN 1992-1-1:2011 „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken –Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010“ + DIN EN 1992-1-1/A1:2015, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015

/4/ DIN EN 1997-1:2009 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC: 2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010

/5/ DIN 1054:2010 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ + DIN 1054/A1:2012 und DIN 1054/A2:2015

/6/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011

/7/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“

/8/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994

/9/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 600 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, Ausgabe 2012

3. Beschreibung

Der Hybridturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-5.4/5.6/6.0 MW mit 169 m Nabenhöhe wird mit Spanngliedern extern vorgespannt und im Sockel mit einer Ankerstangenkonstruktion mit Ankerplatten verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 24,50 m Außendurchmesser, mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Zwischen Turmwand und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

Die Fundamentplatte wird mit Erdreich überschüttet, um die statisch erforderliche Auflast zu erreichen.

Das Fundament kann wahlweise ohne Arbeitsfugen oder abschnittsweise gemäß [2] hergestellt werden.

Die genauen Abmessungen des Fundaments können dem Schalplan [2] entnommen werden.

3.1. Baustoffe

Beton für Fundament	C30/37 mit Expositionsklassen XC4, XF1, XD1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C45/55 mit Expositionsklassen XC4, XF1, XD1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	C70/85 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Spannsystem:	24 Spannglieder System SUSPA Draht EX-84, 84 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm² Nennquerschnitt gemäß [11] in Verbindung mit [12]

3.2. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind in den Fundamentlastdokumenten [4] und [5] für den Grenzzustand der Ermüdung angegeben. Die Lasten in [4] wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [7] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die Lasten für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit wurden aus der statischen Berechnung des Turmes [9] entnommen. Diese Lasten werden mit dem Turmprüfbericht [10] bestätigt und als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [10] auf Basis der DIN EN 1998-1 /6/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /6/ in Deutschland abgedeckt.

Auf der Oberseite des Fundamentsockels wurde eine Verkehrslast von 10 kN/m² berücksichtigt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /2/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

3.3. Baugrund

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Dokument [4] $k_{\varphi,dyn} \geq 95$ GNm/rad und $k_{\varphi,stat} \geq 40$ GNm/rad.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei 0,24 m über Fundamentunterkante.

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

4. Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der in Abschnitt 3 beschriebenen Flachgründung mit Auftrieb auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten gutachterlichen Stellungnahmen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich. Diese können bis spätestens zu Baubeginn der ersten Anlage nachgereicht werden.

Die Überprüfung der Standorteignung sowie des Blitzschutz- und Erdungskonzepts ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lastannahmen, Randbedingungen und Ausführung, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und deren Prüfung.

5. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden. Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

Schnittstellen:

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Beton des Fundaments am Turmfuß und an der Ankerplatte der Spanngliedverankerung werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.

Die Ermüdungsnachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel am Turmfuß wurden in [9] geführt und in [10] bestätigt.

Die Nachweise der Spanngliedverankerung wurden in [13] geführt und in [14] bestätigt.

Imperfektionen:

Die Lasten aus [9] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte.

Abweichend von /1/ wurden laut Dokument [9] für die Turmschiefstellung lediglich 200 mm an der Oberkante des Adapters statt 5 mm/m angesetzt. Dieser Ansatz wurde mit [10] bestätigt.

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

6. Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Standsicherheit der Gründung sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für das Fundament ist hiermit abgeschlossen.

Auflagen

Baugrund

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und im geotechnischen Untersuchungsbericht zu beschreiben.
2. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] angegeben.
3. Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament gemäß Abschnitt 3.3. müssen für den jeweiligen Standort nachgewiesen werden. Dabei kann das Fundament in guter Näherung als Starrkörper angenommen werden.
4. Die im geotechnischen Entwurfsbericht angenommenen Baugrundverhältnisse sind beim Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen. Vor Aufbringen der Sauberkeitsschicht ist die Tragfähigkeit der Baugrubensohle durch den Bodengutachter zu bestätigen.

Ausführung Fundament

5. Sollte Expositionsklasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ abweichend von den gewählten Expositionsklassen gemäß Abschnitt 3.1. am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
6. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [11] und [12] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
7. Zum Zeitpunkt der Herstellung des Fundaments ist eine gültige Version der Zulassungen [11] und [12] vorzulegen und gegebenenfalls die Gleichwertigkeit mit den hier zitierten Versionen nachzuweisen.
8. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
9. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Vergussmörtels und Betons für das Vorspannen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren.
10. Die in der Berechnung spezifizierten Materialwichten des Fundaments und der Bodenaufschüttung sind durch entsprechende Qualitätssicherung und im Rahmen der Bauüberwachung zu bestätigen.

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0091-9175 VER 02

11. Das in [2] spezifizierte Gesamtgewicht der Überschüttung muss zur Gewährleistung der Standsicherheit mindestens erreicht werden. Die Ausführung der Überschüttung muss in Abstimmung mit dem Bodengutachter gewählt werden.

Prüfintervalle

12. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten.

Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter	Der Leiter
C. Stiglmeier	i.V. S. Mayer

T05 0091-9175 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2021-02-12 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE