



Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 16.09.2022

**Prüfnummer:** 3667703-22-d Rev.1

**Objekt:** **Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung**  
Windenergieanlage Vestas V162-6.8/7.2 MW  
Turm: Hybridturm HA2A90A (T22)  
Nabenhöhe: 169 m über GOK  
Windzone S, Erdbebenzone 3  
Lebensdauer: 25 Jahre  
Hier: Ø = 25,50 m (rund) mit Auftrieb

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller Wind-  
energieanlage:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Konstruktion und  
Berechnung  
Fundament:** Max Bögl Wind AG  
Max-Bögl-Straße 1  
92369 Sengenthal

**Auftraggeber:** Max Bögl Wind AG  
Max-Bögl-Straße 1  
92369 Sengenthal

**Geltungsdauer:** bis 30.08.2027

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/AME

Dokument:  
3667703-22-d-  
Rev.1\_Vestas\_V162\_6.8-  
7.2MW\_HH169m\_FGmA\_25,5m  
\_25y.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.

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
UST-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

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

Telefon: +49 89 5791-3146  
Telefax: +49 89 5791-2956  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)

**TUV**<sup>®</sup>

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



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	31.08.2022	Erstfassung
1	16.09.2022	Dateiname angepasst

**Inhaltsverzeichnis**

1. Unterlagen ..... 3

1.1. Geprüfte Unterlagen..... 3

1.2. Eingesehene Unterlagen..... 3

2. Prüfgrundlage ..... 4

3. Beschreibung ..... 5

3.1. Baustoffe..... 5

3.2. Lastannahmen ..... 5

3.3. Baugrund ..... 5

4. Prüfumfang ..... 6

5. Prüfbemerkungen..... 6

6. Prüfergebnis..... 7

Auflagen..... 7



Industrie Service

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

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

- [1] Statische Berechnung „Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm T22, Bauteil: Fundament mit Auftrieb mit D=25,5m, Windenergieanlage: V162-6.8/7.2MW, Nabenhöhe: 169 m“, 197 Seiten,  
Dokument Nr. D00282008, Rev. 01, Datum 2022-08-22
- [2] „Schalplan Fundament Ø25,50m“,  
Dokument Nr. DE\_T22\_005\_XX\_X, Rev. a, Datum 2022-08-18
- [3] „Bewehrung Fundament Ø25.50m“,  
Dokument Nr. DE\_T22\_006\_XX\_X, Rev. a, Datum 2022-08-18

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

- [4] „Anforderungen an das Fundamentdesign Max Bögl Hybridturm T22“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 17 Seiten,  
Dokument Nr. D00282001, Rev. 01, vom 2022-08-22
- [5] „Statische Berechnung für den Max Bögl Hybridturm RT 2.0, Bauteil: Spanngliedverankerung“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 50 Seiten,  
Projekt Nr. 21683, Rev. i, Datum 2021-03-02
- [6] „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, 9 Seiten,  
Dokument Nr. 8118 409 048-6 D, Rev. 0, Datum 2021-03-05
- [7] „Übersichtsplan Gesamtturm“, erstellt von Max Bögl Wind AG,  
Dokument Nr. DE\_T22\_001\_XX\_X\_Uebersicht, Rev. a, Datum 2022-08-23
- [8] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm HA2A90A (T22), Windenergieanlage V162-6.8/7.2MW, 169 m Nabenhöhe, Windzone S, Erbebenzone 3, Lebensdauer 25 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 15 Seiten,  
Dokument Nr. 3667703-12-d, Rev. 0, Datum 2022-08-31



Industrie Service

## **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



Industrie Service

### **3. Beschreibung**

Der Hybridturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-6.8/7.2 MW mit 169 m Nabenhöhe wird mit Spanngliedern extern vorgespannt und im Fundamentsockel mit einer Ankerstangenkonstruktion mit Ankerplatten verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 25,50 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Zwischen Turmfuß und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

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 Expositionsclassen XC4, XD1, XF1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

Beton für Sockel C40/50 mit Expositionsclassen XC4, XD1, XF1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

Betonstahl B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

#### **3.2. Lastannahmen**

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [4] angegeben. Diese Lasten wurden mit dem Prüfbericht zum Turm [8] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [8] 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 /7/ in Deutschland abgedeckt.

Auf der Oberseite des Sockels wurde eine Verkehrslast von 10 kN/m<sup>2</sup> 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 Zeichnung [2]  $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 200 \text{ GNm/rad}$  und  $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 40 \text{ GNm/rad}$ .

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt 0,38 m über Fundamentunterkante.



Industrie Service

#### **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 gutachtlichen Stellungnahmen sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung von Turm und Fundament 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 Vergussmörtel am Turmfuß wurden in der statischen Berechnung des Turms geführt und in [8] bestätigt.

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Beton des Fundaments werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.

Die Nachweise der oberen und unteren Ankerplatten sowie der Ankerstangen der Spanngliedverankerung wurden in Dokument [5] mit exemplarischen Lasten geführt und mit der gutachtlichen Stellungnahme [6] bestätigt. Mit diesem Prüfbericht wird bestätigt, dass die in [5] getroffenen Annahmen mit den Randbedingungen dieses Fundamentes übereinstimmen und die Prüfaussage in [6] für dieses Fundament gültig ist.

##### **Teilsicherheitsbeiwerte:**

In [1] wurde abweichend von den Regelungen in /1/ der Teilsicherheitsbeiwert für günstig wirkendes Eigengewicht für die Fundamentplatte mit 0,95 im Grenzzustand der Tragfähigkeit angesetzt. Die daraus resultierende minimale Wichte des Fundamentkörpers von 23,7 kN/m<sup>3</sup> ist durch entsprechende Qualitätssicherung auf der Baustelle sicher nachzuweisen, siehe Auflage 8.

##### **Imperfektionen:**

Die Lasten aus [4] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung, Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte.

Abweichend von /1/ wurden in der statischen Berechnung für die Turmschiefstellung lediglich 200 mm an der Oberkante des Adapters statt 5 mm/m angesetzt. Dieser Ansatz wurde mit [8] bestätigt.

### **Revision 1 dieses Prüfberichts:**

Die Leistung der Anlage in dem Dateinamen wurde angepasst.

### **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. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
7. 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.
8. Die in der Berechnung angesetzte Wichte des Stahlbetons des Fundaments von 23,7 kN/m<sup>3</sup> ist durch entsprechende Qualitätssicherung und im Rahmen der Bauüberwachung zu bestätigen.



Industrie Service

9. Das in [2] spezifizierte Gesamtgewicht der Überschüttung muss zur Gewährleistung der Standsicherheit mindestens erreicht werden. Die Überschüttung muss gleichmäßig über den Umfang verteilt sein. Die Ausführung der Überschüttung muss in Abstimmung mit dem Bodengutachter gewählt werden.

#### Prüfintervalle

10. 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

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'A. Molins Estellés', written over a horizontal line.

A. Molins Estellés

Der Leiter

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'S. Mayer', written over a horizontal line.

i.V. S. Mayer

Anhang ist geschwärzt und nicht öffentlich einsehbar