



**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 23.04.2024

**Bericht Nr.:** 3788612-22-d Rev. 1

**Objekt:** Prüfung der Standsicherheit – Flachgründung  
Windenergieanlage Vestas V172-6.8/7.2MW  
Turm: Hybridturm T23  
Nabenhöhe: 175 m über GOK  
Windzone S, Erdbebenzone 3  
Lebensdauer: 25 Jahre

Hier: Ø = 25,50 m (rund) mit Auftrieb

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Auftraggeber:** Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Dänemark

**Gültig bis:** 04.06.2028

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC

Dokument:  
3788612-22-  
d\_Rev.1\_Vestas\_V172\_175  
HH\_T23\_FGmA\_25,5m.doc  
x

Seite 1 von 8

Die auszugsweise Wieder-  
gabe des Dokumentes und  
die Verwendung zu Werbe-  
zwecken bedürfen der schrift-  
lichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service  
GmbH.

Die Prüfergebnisse  
beziehen sich ausschließ-  
lich auf die untersuchten  
Prüfgegenstände.

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

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

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

[tuvsud.com/de-is](https://tuvsud.com/de-is)  
Telefon: 089 5791-3146





Revision	Datum	Änderungen
0	05.06.2023	Erstfassung
1	23.04.2024	Neue Revisionen der Dokumente [1] bis [3] und [6] bis [8]. Neue Dokumente [4], [5] und [10]. Erdbebenzone 3 ergänzt. Auflage 1 aus Revision 0 entfernt. Formale Anpassung des Berichtes.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

**Inhaltsverzeichnis**

1 Dokumente..... 3

1.1 Geprüfte Dokumente..... 3

1.2 Eingesehene Dokumente ..... 3

2 Prüfgrundlage ..... 4

2.1 Angewendete Richtlinien und Normen ..... 4

2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen ..... 4

3 Beschreibung ..... 4

3.1 Baustoffe..... 5

3.2 Lastannahmen ..... 5

3.3 Baugrund ..... 5

4 Prüfumfang ..... 5

5 Bemerkungen..... 6

5.1 Änderungen in der letzten Revision dieses Prüfberichts..... 6

5.2 Ausführungsvarianten ..... 6

5.3 Schnittstellen..... 6

5.4 Teilsicherheitsbeiwerte:..... 7

5.5 Schiefstellung des Turms ..... 7

6 Prüfergebnis..... 7

Auflagen ..... 7



## 1 Dokumente

### 1.1 Geprüfte Dokumente

Folgende Dokumente wurden zur Prüfung vorgelegt:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument Nr. Rev.	Datum
[1]	Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm T23, Windenergieanlage: V172, Nabenhöhe: 175 m, Bauteil: Fundament mit Auftrieb D = 25,5 m	Max Bögl Wind AG	D00354104 Rev. 06	2024-04-22
[2]	Schalplan Fundament Ø25,50m	Max Bögl Wind AG	DE_T23_005_XX_X_Schalplan Rev. c	2024-04-19
[3]	Bewehrung Fundament Ø25.50m	Max Bögl Wind AG	DE_T23_006_XX_X_Bewehrung Rev. b	2024-02-23
[4]	Schalplan Fundament Ø25,50m mit Arbeitsfuge	Max Bögl Wind AG	DE_T23_1005_XX_X_Schalplan Rev. b	2024-04-19
[5]	Bewehrung Fundament Ø25.50m mit Arbeitsfuge	Max Bögl Wind AG	DE_T23_1006_XX_X_Bewehrung Rev. a	2024-02-23

### 1.2 Eingesehene Dokumente

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

#### 1.2.1 Lasten und Konstruktionsbasis

[6]	Anforderungen an das Fundamentdesign Max Bögl Hybridturm DE_T23	Max Bögl Wind AG	D00354110 Rev. 04	2024-04-05
-----	---	---------------------	-------------------	------------

#### 1.2.2 Turm und weitere Unterlagen

[7]	Uebersichtsplan Gesamtturm, NH 175.0 m, Spannglieds. "SUSPA"	Max Bögl Wind AG	DE_T23_001_XX_X_Uebersicht Rev. b	2023-11-27
[8]	Prüfbericht für eine Typenprüfung – Hybridturm HACAF00 (T23), Lebensdauer: 25 Jahre	TÜV SÜD	3788612-12-d Rev. 1	2024-04-22
[9]	Statische Berechnung für den Max Bögl Hybridturm RT2.0, Bauteil: Spanngliedverankerung	Max Bögl Wind AG	21683 Rev. i	2021-03-02
[10]	Zeichnung „Spanngliedverankerung 3.0 im Fundament 2.0 (mit 2 Ankerstangen)“	Max Bögl Wind AG	M578_a	2021-04-07
[11]	Gutachtliche Stellungnahme Hybridtürme für Windenergieanlagen – Bauteile für Spanngliedverankerung 3.0 –	TÜV Nord	GS-8118409048-006-001-03 Rev. 3	2023-08-28



## 2 Prüfgrundlage

### 2.1 Angewendete Richtlinien und Normen

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgenden Richtlinien und Normen:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN 1991-1-1:2010 + NA:2010 + NA/A1:2015	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
/3/	DIN EN 1992-1-1:2011 + A1:2015 + NA:2013 + NA/A1:2015	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
/4/	DIN EN 1997-1:2009 + NA:2010	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Allgemeine Regeln
/5/	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
/6/	DIN 1054:2021	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
/7/	DIN 4149:2005	Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

### 2.2 Berücksichtigte Richtlinien und Normen

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/8/	DAfStb Heft 439	Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990, Ausgabe 1994
/9/	DAfStb Heft 600	Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Ausgabe 2012

## 3 Beschreibung

Der Hybridturm Typ T23 für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V172-6.8/7.2MW mit 175 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.

Die genauen Abmessungen des Fundaments können den Schalplänen [2] und [4] entnommen werden.



### 3.1 Baustoffe

In Tabelle 1 sind die verwendeten Baustoffe angegeben.

Bauteil	Baustoff	Bezugsnorm / Zulassung
Beton Fundamentplatte	C30/37	DIN EN 1992-1-1
Beton für Sockel	C40/50	DIN EN 1992-1-1
Bewehrung	B500 B	DIN EN 1992-1-1

Tabelle 1: Baustoffe

### 3.2 Lastannahmen

In der Tabelle 2 sind die berücksichtigten Varianten der Windenergieanlage zusammen mit den zugehörigen Lastannahmen und Prüfberichten angegeben.

Anlagenvariante	Lastdokument	Gutachtliche Stellungnahme / Prüfbericht
V172-6.8/7.2MW	D00354110 Rev. 02 [6]	3788612-12-d Rev. 1 [8]

Tabelle 2: Turbinenvarianten und zugehörige Lastdokumente

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung entsprechen der obenstehenden Tabelle und wurden mit dem dort genannten Prüfbericht 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/NA /5/ 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 der Fundamentplatte 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 Anforderungen an das Fundamentdesign [6]  $k_{\varphi,dyn} \geq 200 \text{ GNm/rad}$  und  $k_{\varphi,stat} \geq 40 \text{ GNm/rad}$ .

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt 2,643 unter Fundamentoberkante.

## 4 Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit des in Abschnitt 3 beschriebenen Fundaments 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 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 Bemerkungen

Wenn nicht anders angegeben, wurden die eingereichten Nachweise durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Bauteile wurden für die Lasten in den in Tabelle 2 angegebenen Dokumenten nachgewiesen.

Die in den eingereichten Unterlagen angegebenen rechnerischen Restsicherheiten werden nicht bestätigt. Es können jedoch ausreichende Sicherheiten im Hinblick auf die Bewertungsgrundlage in Abschnitt 2.1 bestätigt werden.

Die vorgelegten Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnung geprüft. Die vorgelegten Spezifikationen wurden auf Übereinstimmung mit den relevanten Parametern der Berechnungen überprüft.

Die Anforderungen an die Herstellungsprozesse, die zum Erreichen der im Rahmen der Konstruktion angenommene Qualität erforderlich sind, werden als geeignet angesehen.

### 5.1 **Änderungen in der letzten Revision dieses Prüfberichts**

Mit Revision 1 dieses Prüfberichtes wurde ein neues Lastdokument [6] eingeführt und die Arbeitsfuge des Fundaments wurde geändert. Das Fundament wurde in [1] für die neuen Lasten und die neue Arbeitsfuge bemessen. Die Bewehrung in [3] und [5] wurde entsprechend angepasst.

Die Arbeitsfuge in Schalplan [2] wurde entfernt und ein neuer Schalplan [4] mit einer neuen Arbeitsfuge wurde ergänzt.

Die Zeichnungen [2] bis [5] wurden ohne Entwurfsstempel überarbeitet. Die Auflage 1 aus Revision 0 dieses Prüfberichts entfällt.

Neue Revisionen der Turmdokumente [7] und [8] wurden ergänzt. Dokument [10] wurde ergänzt.

Die Erdbebenzone 3 wurde ergänzt.

Der Bericht wurde formal angepasst.

### 5.2 **Ausführungsvarianten**

Das Fundament kann wahlweise ohne Arbeitsfugen gemäß [2] und [3] oder abschnittsweise gemäß [4] und [5] hergestellt werden.

### 5.3 **Schnittstellen**

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Beton unter dem Vergussmörtel des Fundaments sowie über den Ankerplatten im Fundament werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.



Die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel am Turmfuß wurden in der statischen Berechnung des Turms geführt und in [8] bestätigt.

Die Nachweise der oberen und unteren Ankerplatten sowie der Ankerstangen der Spanngliedverankerung wurden in Dokument [9] mit exemplarischen Lasten geführt und mit der gutachtlichen Stellungnahme [11] bestätigt. Mit diesem Prüfbericht wird bestätigt, dass die in [9] getroffenen Annahmen mit den Randbedingungen dieses Fundaments übereinstimmen und die Prüfaussage in [11] für dieses Fundament gültig ist.

#### 5.4 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.

#### 5.5 Schiefstellung des Turms

Die Lasten aus [6] 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 [8] für die Turmschiefstellung statt 5 mm/m lediglich 200 mm an der Oberkante des Betonturms angesetzt. Dieser Ansatz wurde mit [8] bestätigt.

### 6 Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2.1 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

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

#### Auflagen

##### Baugrund

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 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 Entwurfsbereichs durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] und [4] 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.



- 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

- Sollte Expositionsklasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 abweichend von den in Schal- und Bewehrungsplänen gewählten Expositionsklassen am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
- Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
- 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.
- Die in der Berechnung angesetzte Mindestwichte des Stahlbetons des Fundaments von  $23,7 \text{ kN/m}^3$  ist durch entsprechende Qualitätssicherung und im Rahmen der Bauüberwachung zu bestätigen.
- Das in [2] und [4] 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.

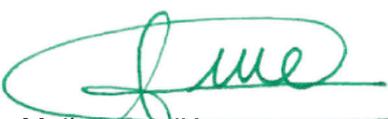
### Prüfintervalle

- 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. Molins Estellés

Der Leiter



i.V. S. Mayer