



Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 05.06.2023

**Prüfnummer:** 3788612-21-d

**Objekt:** **Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung**  
Windenergieanlage Vestas V172-6.8/7.2MW  
Turm: Hybridturm T23  
Nabenhöhe: 175 m über GOK  
Windzone S, -  
Lebensdauer: 20 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

**Gültig bis:** 04.06.2028

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/AME

Dokument:  
3788612-21-  
d\_Vestas\_V172\_175HH\_T23\_F  
GmA\_25,5m.docx

Das Dokument besteht aus  
7 Seiten.  
Seite 1 von 7

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)



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



Revision	Datum	Änderungen
0	05.06.2023	Erstfassung

**Inhaltsverzeichnis**

1.      Unterlagen .....3

1.1.   Geprüfte Unterlagen.....3

1.2.   Eingesehene Unterlagen.....3

2.      Prüfgrundlage .....3

3.      Beschreibung .....4

3.1.   Baustoffe.....4

3.2.   Lastannahmen .....4

3.3.   Baugrund .....5

4.      Prüfumfang .....5

5.      Prüfbemerkungen.....5

6.      Prüfergebnis.....6

        Auflagen.....6

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

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

- [1] „Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm DE\_T23, Windenergieanlage: V172, Nabenhöhe: 175 m, Bauteil: Fundament mit Auftrieb D = 25,5 m“, Dokument Nr. D00354104, Rev. 02
- [2] „Schalplan Fundament Ø25,50m“, Dokument Nr. DE\_T23\_005\_XX\_X\_Schalplan, Rev. ENTWURF
- [3] „Bewehrung Fundament Ø25.50m“, Dokument Nr. DE\_T23\_006\_XX\_X\_Bewehrung, Rev. ENTWURF

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

- [4] „Anforderungen an das Fundamentdesign Max Bögl Hybridturm DE\_T23“, erstellt von Max Bögl Wind AG, Dokument Nr. D00354110, Rev. 01
- [5] „Statische Berechnung für den Max Bögl Hybridturm RT 2.0, Bauteil: Spanngliedverankerung“, erstellt von Max Bögl Wind AG, Projekt Nr. 21683, Rev. i
- [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, Dokument Nr. 8118 409 048-6 D, Rev. 0
- [7] „Übersichtsplan Gesamtturm, NH 175.0 m, Spannglieds. „SUSPA““, erstellt von Max Bögl Wind AG, Dokument Nr. DE\_T23\_001\_XX\_X\_Übersicht, Rev. -
- [8] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm HACAF00 (T23) Windenergieanlage Vestas V172-6.8/7.2 MW, 175 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 0, Lebensdauer: 20 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 3788612-11-d, Rev. 0

## **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/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /7/ 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 Typ T23 für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V172-6.8/7.2MW mit 175 m Nabenhöhe wird mit Spanngliedern extern vorgespannt und im kreisförmigen Fundamentsockel 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 Expositionsklassen XC4, XD1, XF1, WF gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C40/50 mit Expositionsklassen XC4, XD1, XF1, WF 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 Dokument [4] angegeben. Diese Lasten wurden mit dem Prüfbericht zum Turm [8] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden gemäß Turmprüfbericht [8] nicht berücksichtigt.

Auf der Oberseite der des Fundamentsockels 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 2,643 m unter Fundamentoberkante.

### 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 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 [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 Fundaments 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  $23,7 \text{ kN/m}^3$  ist durch entsprechende Qualitätssicherung auf der Baustelle sicher nachzuweisen, siehe Auflage 9.

### Imperfektionen:

Die Lasten aus [4] 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 Adapters 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 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

#### Allgemein

1. Die Zeichnungen [2] und [3] wurden als Entwurfsversion vorgelegt. Alle Änderungen der Zeichnungen sind zur Prüfung vorzulegen.

#### Baugrund

2. 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.
3. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] angegeben.
4. 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.
5. 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

6. 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.
7. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.



Industrie Service

8. 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.
9. 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.
10. 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

11. 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





Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 05.06.2023

**Prüfnummer:** 3788612-11-d

**Objekt:** Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm  
HACAF00 (T23)  
Windenergieanlage Vestas V172-6.8/7.2 MW,  
175 m Nabenhöhe  
Windzone S, Erdbebenzone 0  
Lebensdauer: 20 Jahre

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

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

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

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

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

**Gültig bis:** 04.06.2028

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC/CRE

Dokument:  
3788612-11-  
d\_Bögl\_V172\_T23\_HH175m\_20  
a

Das Dokument besteht aus  
14 Seiten.  
Seite 1 von 14

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)



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	05.06.2023	Erstfassung

**Inhaltsverzeichnis**

1.      Unterlagen .....3

1.1.   Geprüfte Unterlagen.....3

1.2.   Eingesehene Unterlagen.....3

2.      Prüfgrundlage .....5

3.      Beschreibung .....6

3.1.   Maße:.....6

3.2.   Baustoffe:.....7

3.3.   Lastannahmen: .....7

4.      Prüfumfang .....8

5.      Prüfbemerkungen.....8

6.      Prüfergebnis.....11

          Auflagen.....11

Anhang 1: Verzeichnis geprüfter Pläne.....14

## **1. Unterlagen**

### **1.1. Geprüfte Unterlagen**

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

- [1] „Statische Berechnung, Max Bögl Hybridturm DE\_T23, Bauteil: Spannbetonturm“, Dokument Nr. D00354100, Rev. 01
- [2] „Statische Berechnung, Max Bögl Hybridturm T23, Bauteil: Stahlturm“, Dokument Nr. D00350378, Rev. 02
- [3] „Statische Berechnung der Bauzustände, Max Bögl Hybridturm DE\_T23“, Dokument Nr. D00354101, Rev. 00
- [4] „Spannanweisung der Spannglieder, Max Bögl Hybridturm DE\_T23“, Dokument Nr. D00354103, Rev. 01
- [5] „Spannanweisung der Ankerstangen im Adapter, Max Bögl Hybridturm DE\_T23“, Dokument Nr. D00354102, Rev. 01
- [6] „Anforderungen an das Fundamentdesign, Max Bögl Hybridturm E23-DE\_T23“, Dokument Nr. D00354110, Rev. 01
- [7] „Tower Top Flange ULS and FLS Strength Check for CHT Tower V172 6.8MW and 7.2 MW“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Dokument Nr. 0144-4778, Rev. 00
- [8] Pläne gemäß Planliste in Anhang 1

### **1.2. Eingesehene Unterlagen**

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich zur Information herangezogen:

#### **Lasten:**

- [9] „Combine Tower loads – HACAF00, EV172-6.8/7.2 MW, Mk1C, DIBtS, HH175 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Dokument Nr. 0138-4584, Ver. 01
- [10] „Vestas Enventus V172 mit 175 m Nabenhöhe, Windzone S, 20 Jahre Entwurfslebensdauer, Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen“, erstellt von DNV Renewables Certification GmbH, Dokument Nr. L-08867-A052-1, Rev. 1

#### **Betonturm:**

- [11] „Spezifikation für den Max Bögl Hybridturm“, erstellt von Max Bögl Wind AG, Projekt Nr. 21683, Rev. i
- [12] „Prüfbericht Spezifikation – Max Bögl Hybridturm“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 3149390-1-d, Rev. 2
- [13] „Ausführungsbeschreibung zu den Planungsgrundlagen, Ansatz einer reduzierten Turmschiefstellung von 200mm“, Projekt Nr. 21683, Rev. a

- [14] Allgemeine Bauartgenehmigung „SUSPA Draht EX für Windenergieanlagen“ erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-13.3-141, vom 16.04.2021, Geltungsdauer bis 25.03.2026
- [15] Allgemeine Bauartgenehmigung „Anwendungsregeln für das Spannverfahren SUSPA-Draht Ex nach ETA-07/0186“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-13.73-70186, vom 25.03.2021, Geltungsdauer bis 25.03.2026
- [16] European Technical Assessment „SUSPA – Wire EX, External post-tensioning kit for prestressing of structures with 30 to 84 prestressing steel wires“, erstellt vom Österreichischen Institut für Bautechnik, Dokument Nr. ETA-07/0186, vom 16.11.2020
- [17] Allgemeine Bauartgenehmigung „Anwendungsregeln für das Spannverfahren SUSPA-Draht Ex nach ETA-20/0810“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-13.73-200810, vom 25.03.2021, Geltungsdauer bis 25.03.2026
- [18] European Technical Assessment „Wire EX Wind, External post-tensioning kit for prestressing of structures with 30 to 84 prestressing steel wires“, erstellt vom Österreichischen Institut für Bautechnik, Dokument Nr. ETA-20/0810, vom 16.11.2020
- [19] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Hochfeste Betone der Max Bögl GmbH & Co. KG“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-3.51-2036, vom 24.01.2019, Geltungsdauer bis 15.02.2024
- [20] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Geschweißte Bewehrungselemente aus Betonstahl B500B für erhöhte dynamische Beanspruchung, Nenndurchmesser: 10.0 und 12.0 mm“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungs-Nr. Z-1.3-284, vom 29.05.2019, Geltungsdauer bis 01.06.2024
- [21] „Statische Berechnung für den Max Bögl Hybridturm RT2.0, Bauteil: Spanngliedverankerung“, erstellt von Max Bögl Wind AG, Projekt Nr. 21683, Rev. i
- [22] „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, Dokument Nr. 8118409048-6 D, Rev. 0
- [23] „Gutachterliche Stellungnahme zum Vorspannen von Ankerbolzen großer Nenndurchmesser in Hybridtürmen von Windenergieanlagen“, erstellt von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann, keine Dokument Nr., Datum 2017-12-15
- [24] Gutachten „Modell für die Ermüdungsbemessung hochfester Betone der Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG“, erstellt von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, keine Dokument Nr., Datum 2020-09-29

#### **Stahlurm:**

- [25] Zeichnung „FLANGE,L,3725 mm,3416 mm,450 mm,3478 mm“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. 29266351, Ver. 1

- [26] „Tower Top Flange - EnVentus Mk1BC Robust Version FE analysis – Fatigue/Extreme Loads Assessment“, erstellt von Vestas, 24 Seiten, Dokument Nr. 0122-6133, Ver. 02
- [27] „Nachweis Turmkopfflansch für die EnVentus Mk1-Plattform“, erstellt von DNV Energy Systems Renewables Certification, Dokument Nr. LTR-04971-20220825-01, Rev. 1
- [28] „Klassifizierung eines Kerbfalls auf Basis des Strukturspannungskonzeptes Stahlturmschale mit angeschweißten Butzen“, erstellt von Max Bögl Wind AG, keine Dokument Nr., Rev. c
- [29] „Gutachtliche Stellungnahme Bewertung der Konstruktion - Stahlrohrturm Strukturmechanische Bestimmung von Kerbfallgruppen für Anschweißbuchsen“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 3170193-1-d, Rev. 1

## **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: Einwirkungen 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 1991-1-4:2010 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-4/NA:2010
- /4/ 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
- /5/ DIN EN 1993-1-1:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009“ + DIN EN 1993-1-1/A1:2014, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2015
- /6/ DIN EN 1993-1-6:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-6/NA:2010
- /7/ DIN EN 1993-1-8:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010
- /8/ DIN EN 1993-1-9:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-9/NA:2010



Industrie Service

- /9/ DIN EN 1993-1-10:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-10/NA:2010
- /10/ DIN EN 1090-2:2018 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018“
- /11/ DIN EN 14399-4:2015 „Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2015“
- /12/ DAST – Richtlinie 021:2013 “Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6“
- /13/ DIN EN ISO 898-1:2013 „Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:2013“
- /14/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439: „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB/FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /15/ 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 Turm HACAF00 (T23) der Windenergieanlage Vestas V172-6.8/7.2 MW besteht aus einem aus Fertigteilen zusammengesetzten, Stahlbetonturm mit Stahlrohraufsatz. Der Betonteil besteht aus 36 Segmenten und einem einteiligen Adapterring, der Stahlrohraufsatz aus 3 Sektionen.

Die konischen und zylindrischen Betonfertigteilelemente haben einen kreisringförmigen Querschnitt und werden aus Drittelschalen zusammengesetzt. Die horizontalen Fugen zwischen den Betonfertigteilen werden planmäßig trocken ausgeführt. In den horizontalen Fugen zwischen Segmenten S01 und 26 werden jeweils 6 Dübel zur Übertragung von Schubkräften angeordnet. Die Fuge am Turmfuß wird mit Verguss hergestellt. Die vertikalen Fugen der Teilsegmente werden trocken ohne Verbund ausgeführt. Am oberen Ende der Vertikalfuge befindet sich eine Kontaktfläche zur Übertragung von Druckkräften, oben und unten werden Schraubelemente angeordnet.

Der Betonschaft wird mit externen, im Inneren des Turms liegenden Spanngliedern vorgespannt. Die Spannglieder laufen vom obersten Segment des Betonturms bis zur Verankerung im Fundament, die als Ankerstangenkonstruktion mit Ankerplatte ausgeführt ist.

Die Verbindung zwischen der unteren Stahlsektion und dem obersten Betonelement wird als L-förmige Ringflanschverbindung mit vorgespannten Ankerstäben ausgeführt.

Die Sektionen des Stahlrohraufsatzes sind durch innenliegende Ringflansche mittels vorgespannter Schraubenverbindungen untereinander verbunden. Die einzelnen Teilsegmente sind durch Stumpfnähte miteinander verschweißt.

#### **3.1. Maße:**

Nabenhöhe:	175 m
Gesamtlänge Turm:	169,73 m

Außendurchmesser Turmwandung am Turmfuß: 9,428 m

Außendurchmesser Turmwandung am Turmkopfflansch: 3,665 m

Weitere Angaben können den Zeichnungen [8] entnommen werden.

### 3.2. Baustoffe:

#### Betonteil:

Betonfertigteile C100/115, C90/105, C80/95 mit Expositionsclassen XC4, XF1, WF gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ und [19]

Für alle Segmente wird selbstverdichtender Beton gemäß DIN EN 206-9 und abZ [19] eingesetzt.

Vergussmörtel  $\geq$  C70/85 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/

Betonstahl B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ und [20]

Spannsystem 24 Spannglieder System SUSPA Draht EX-84, 84 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt gemäß [14] und [15] in Verbindung mit [16] bzw. [17] in Verbindung mit [18]

Schrauben in vertikaler Fuge M24-8.8 gemäß DIN EN ISO 4014

Dübel in horizontaler Fuge S235 JR+AR gemäß DIN EN 10025 und [11]

Gewindebolzen (Adapter) M64-10.9 gemäß DIN EN ISO 898-1 /13/

Ankerring (Adapter) S355 J2 gemäß DIN EN 10025

Lastverteilplatte (Adapter) S355 J2 gemäß DIN EN 10025

#### Stahlteil:

Turmwand S355 J2+N gemäß DIN EN 10025

Ringflansche S355 NL gemäß DIN EN 10025

Turmfußflansch S355 NL gemäß DIN EN 10025

Schraubengarnituren M36-10.9 gemäß DIN EN 14399-4 /11/  
 M48-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /12/

### 3.3. Lastannahmen:

Die dimensionierenden Lasten für die Prüfung des Turms der oben genannten Windenergieanlage sind in [9] für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [10] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre gemäß [10].

Die statische Berechnung verweist auf die Revision 2 des Lastdokuments [9], welche keine relevanten Änderungen für die Turmauslegung beinhaltet.

Die im Lastdokument [9] enthalten Anteile aus Erdbebenlasten wurden nicht berücksichtigt.

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

Turmkopfmasse: 332 t



#### **4. Prüfumfang**

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

Weitere Prüfungen wie die Überprüfung der Bauausführung, der Standorteignung, des Fundaments, des Blitzschutz-/Erdungskonzepts und der Turmeinbauten sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

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

Es wird davon ausgegangen, dass Hersteller und Betreiber ihren Verpflichtungen zur Gewährleistung des sicheren Betriebes der Anlage nachkommen und über im Betrieb festgestellte, auslegungsrelevante Auffälligkeiten wie z.B. Schwingungsphänomene berichten und gegebenenfalls veranlassen, dass entsprechende Untersuchungen durchgeführt und neue Berechnungen zur Prüfung vorgelegt werden.

#### **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 Berechnung des Turmkopfflansches mit dem Nachweis der Schweißverbindung in seinem Einflussbereich und seines Radius gemäß Zeichnung [25] wurden in [7] anhand der Turmkopfflanschstatik [26] durchgeführt. Dokument [26] wurde mit [27] bestätigt.

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel am Turmfuß werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.

Die Nachweise der oberen und unteren Ankerplatten sowie der Ankerstangen der Spanngliedverankerung im Fundament wurden in Dokument [21] durchgeführt und mit [22] bestätigt. Mit diesem Prüfbericht wird bestätigt, dass die Randbedingungen der Nachweise in [21] für den vorliegenden Turm eingehalten sind.

Die Nachweise der Einbauteile für die Befestigung der Podeste und Einbauten sind nicht Bestandteil dieser Prüfung.

##### **Eigenfrequenzen:**

Die in [1] berechnete erste Eigenfrequenz liegt mit ausreichender Genauigkeit innerhalb im Lastgutachten [10] angegebenen Gültigkeitsbereich (0,172 Hz bis 0,203 Hz). Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens  $k_{\varphi, \text{dyn}} = 186 \text{ GNm/rad}$  betragen.



Die Eigenfrequenz kann auch im Bereich der möglichen Erregerfrequenzen der Anlage liegen. Daher ist eine betriebliche Schwingungsüberwachung vorzusehen, die mit dem Betriebs- und Sicherheitssystem der Anlage verbunden ist, siehe Auflage 2.

### Imperfektionen:

Die Lasten aus [9] enthalten lediglich Effekte aus Theorie II. Ordnung. Zusätzliche Effekte aus einer Turmschiefstellung, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von mindestens  $k_{\varphi, \text{stat}} = 40 \text{ GNm/rad}$  wurden in [1] berücksichtigt.

Abweichend von /1/ wurden für die Turmschiefstellung statt 5 mm/m lediglich 200 mm an der Oberkante des Adapters angesetzt. In Dokument [13] wird das Vorgehen zur Ermittlung der Turmschiefstellung dargestellt.

Aufgrund der verschärften Toleranzgrenzen in Herstellung und Montage gemäß [13] und der rechnerischen Berücksichtigung der einseitigen Sonneneinstrahlung in [1] kann diese Abweichung akzeptiert werden.

### Bauzustände, Querschwingungen:

Die Standsicherheit des Turms vor dem Vorspannen der Spannglieder wurde in [3] nachgewiesen. Nachweise wirbelerregter Querschwingungen wurden für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [3] geführt. Die zeitliche Beschränkung gilt für den Fall, dass die angegebenen maximalen Windgeschwindigkeiten überschritten werden. Querschwingungen vor dem Aufbringen der ersten Vorspannstufe der Ankerstangen am Adapter wurden nicht berücksichtigt. Weitere hiervon abweichende Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung, siehe Auflage 5.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer oder Windgeschwindigkeit	
Vorgespannter Betonturm ohne Stahlsektionen	1 Jahr	Die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 14,5 m/s nicht überschreiten
Vorgespannter Betonturm mit 1. Stahlsektion	90 Tage	Die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 10,8 m/s nicht überschreiten
Vorgespannter Betonturm mit 2. Stahlsektion	90 Tage	Die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 9,5 m/s nicht überschreiten
Vollständiger Turm (alle Stahlsektionen) ohne Gondel	90 Tage	Die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 7,0 m/s nicht überschreiten
Vollständiger Turm (alle Stahlsektionen) und Gondel ohne Rotor	90 Tage	Die maximale Windgeschwindigkeit darf einen 10 Minuten-Mittelwert von 4,1 m/s nicht überschreiten
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	456 Tage über die Lebensdauer	

### Kerbfallklassen:

Für die Berechnung des Turmes in [2] wurden die Kerbfallkategorien, sofern nicht anders angegeben gemäß DIN EN 1993-1-9 /8/ Bild 7.1, folgendermaßen angesetzt:

Lage gemäß Zeichnung [8] ([A9])	Kerbfallkategorie / Anforderung
<b>Zusätzlich an der Turmwand befestigte Teile</b>	
Kerbfallklassen gemäß [28] und [29] Die für jedes Turmblech zulässige Butzengröße der Anschweißteile und die zugehörigen Kerbfallklassen sind auf der Turmzeichnung [8] ([A9]) definiert.	
<b>Rundnähte (wenn nicht anderes angegeben oben und unten am genannten Blech)</b>	
Stumpfnäht zum Turmkopfflansch	KFK 90
Alle anderen Rundnähte	KFK 90

Ein Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit wurde nicht angesetzt.

### Ermüdung:

Für die Nachweise des Grenzzustandes der Ermüdung wurde das Alter der Betonfertigteile vor Beginn der zyklischen Belastung gemäß [1] folgendermaßen angesetzt:

Position	Beginn der zyklischen Belastung $t_0$	Beiwert für die Betonfestigkeit bei Erstbelastung $\beta_{cc}(t_0)$
Adapter	90 Tage	1,09
S01	36 Tage	1,02
S02 – C35	28 Tage	1,00
ZA5-X	28 Tage	1,00

Der Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit des Betons  $f_{cd,fat}$  wurde abweichend von /4/ und auch abweichend von der abZ [19] teilweise mit einem Versprödungsfaktor von 1,0 gemäß [24] angesetzt. Dieser Rechenwert ist durch eine Aktualisierung der abZ [19] oder durch einen entsprechenden bautechnischen Nachweis (Typengenehmigung) zu bestätigen (s. Auflage 18), andernfalls sind neue Nachweise zur Ermüdung vorzulegen.

Abweichend von den Angaben in /4/ wird der Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit  $\Delta\sigma_{Rsk}$  für geschweißte Bewehrungselemente gemäß [20] angesetzt.

### Stahlsortenauswahl:

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 /9/ wurde in [2] für eine Bezugstemperatur  $T_{Ed} = -30^\circ\text{C}$  durchgeführt.

### Betondeckung:

In Anlehnung an DIN EN 1992-1-1 /4/, NDP zu 4.4.1.3 (3) wurde das Vorhaltemaß der Betondeckung um 5 mm abgemindert.

### Teilsicherheitsbeiwert Betonfestigkeit:

Für die Nachweise der Betonfertigteile wurde in Anlehnung an DIN EN 1992-1-1 /4/, Abschnitt A.2.3 ein reduzierter Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_{c, red} = 1,35$  angesetzt.

### Ausführungsvarianten:

Bezüglich der Ankerschrauben im Adapterelement sind 2 Varianten möglich:

- a) Mit Decordynbeschichtung gemäß [A7]
- b) Mit Schrumpfschlauch gemäß [A8]

### Änderungen Einbauteile:

Die Ergänzung und Änderung von Erdungsfestpunkten und Einbauteilen für Turmeinbauten im Btonteil haben in der Regel keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Turmes.

## 6. Prüfergebnis

Die Berechnung und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den Hybridturm entsprechen den in Abschnitt 2 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

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

Der Turm der Windenergieanlage ist für Standorte entsprechend den Lastannahmen in [9] geeignet.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für den Turm ist hiermit abgeschlossen.

## Auflagen

### Allgemein

1. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [9] nicht berücksichtigt wurden, so sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls neue Berechnungen zur Prüfung vorzulegen.
2. Die Anlage ist mit einer betrieblichen Schwingungsüberwachung auszurüsten, die in der Lage sein muss, auftretende Schwingungen entsprechend den Annahmen im Lastdokument [9] zu begrenzen.
3. Die in Abschnitt 5 angegebenen Mindestwerte der Steifigkeiten aus dem Zusammenwirken von Fundament und Baugrund dürfen nicht unterschritten werden.
4. Es ist für jede Anlage sicherzustellen, dass der Bereich der zulässigen Eigenfrequenzen gemäß Abschnitt 5 eingehalten wird.
5. Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind gemäß den Angaben in Abschnitt 5 zeitlich zu beschränken. Falls die zulässigen Zeiten überschritten werden oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird, so sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen zu treffen. Vor dem Aufbringen der ersten Vorspannstufe der Ankerstangen sind wirbelerregten Querschwingungen durch geeignete Maßnahmen auszuschließen.



Industrie Service

6. Die Pläne gemäß Planliste in Anhang 1 wurden teilweise als Entwurfsversionen vorgelegt. Alle Änderungen der Zeichnungen sind zur Prüfung vorzulegen.

### Stahlsektionen

7. Der Korrosionsschutz der Turmaußenseite (Turminnenseite) ist für eine Korrosivitätskategorie C4 (C3) nach DIN EN ISO 12944 auszuführen. Bei Aufstellung in Industrienähe mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre oder Meeresnähe mit hoher Salzbelastung ist für die Turmaußenseite eine Korrosivitätskategorie C5 erforderlich. Für die Schutzdauer ist die Klasse „hoch“ gemäß DIN EN ISO 12944-5 anzusetzen, dies entspricht einer angestrebten Zeitspanne von mindestens 15 Jahren bis zur ersten planmäßigen Instandsetzungsmaßnahme aus Korrosionsschutzgründen.
8. Sämtliche in Dickenrichtung belasteten Bauteile (z.B. Flansche und Zargen) müssen hinsichtlich der Dopplungsfreiheit nach EN 10160, Qualitätsklasse S1 und E1, oder einem äquivalenten Standard ultraschallgeprüft sein.
9. Der Stahlrohrturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
10. Die Fertigung des Stahlrohrturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.
11. Die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeinrichtungen) müssen mindestens den in Abschnitt 5 angegebenen Kerbfallklassen entsprechen.
12. Die Schweißnähte des Turmes müssen den Anforderungen der Kerbfallklassen gemäß Abschnitt 5 entsprechen.
13. Die Prüfung der Schraubverbindung am Turmkopfflansch (Turm zur Maschine) ist in die Prüfung der Maschine einzubeziehen.

### Betonteil

14. Infolge der Reduzierung des Vorhaltemaßes der Betondeckung der Fertigteilsegmente ist eine erhöhte Qualitätskontrolle gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 4.4.1.3 (3) bei der Herstellung erforderlich.
15. Aufgrund der Reduktion des Teilsicherheitsbeiwerts des Betons auf  $\gamma_{c, red} = 1,35$  sind gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/, A.2.3 Maßnahmen zur erhöhten Qualitätssicherung erforderlich. Die Maßnahmen sind vom Hersteller in Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsstelle festzulegen und zu dokumentieren.
16. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [14] bis [18] sowie für die hochfesten Betone [19] und die geschweißten Bewehrungselemente [20] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
17. Zum Zeitpunkt der Herstellung des Turmes ist eine gültige Version der zitierten Zulassungen [14] bis [20] vorzulegen und gegebenenfalls die Gleichwertigkeit mit der hier zitierten Version nachzuweisen.



Industrie Service

18. Die gewählten Ansätze für die Ermüdungsfestigkeit des Betons sind mit einer aktualisierten abZ [19] zu bestätigen. Die aktualisierte abZ [19] oder ein entsprechender bautechnischer Nachweis (Typengenehmigung) ist unaufgefordert vorzulegen und muss vor Inbetriebnahme des ersten Turms der hier genannten Anlage vorliegen. Falls der allgemeine Anwendbarkeitsnachweis noch nicht rechtzeitig erteilt sein sollte, ist für den verwendeten Ansatz eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung als Anwendbarkeitsnachweis vorzulegen. Dieser Nachweis kann bei der jeweils zuständigen Obersten Baubehörde beantragt werden.
19. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeiten des Vergussmörtels und des Betons für das Vorspannen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren. Die Druckfestigkeit des Vergussmörtels und des Betons muss zum Zeitpunkt des Vorspannens der Spannglieder mindestens die Festigkeit aus Kap. 1.2 von [3] betragen.
20. Für das Vorspannen der Spannglieder ist die Spannanweisung [4] heranzuziehen. Über das Spannen der Spannglieder ist ein Spannprotokoll zu führen.
21. Für das Vorspannen der Ankerschrauben ist die Spannanweisung [5] heranzuziehen. Es ist bei beiden Vorspannstufen eine Qualitätskontrolle des Anziehvorgangs nach DIN EN 1090-2 /10/, 12.5.2 durchzuführen, um eine stichprobenartige Überprüfung des erzielten Vorspanniveaus sicherzustellen.
22. Bis zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung muss der Adapter das Mindestalter gemäß Abschnitt 5 aufweisen. Der dabei rechnerisch angesetzte Werte für die Nacherhärtung des Betons  $\beta_{cc} = 1,09$  ist durch erweiterte Erstprüfungen und Produktionskontrollen nachzuweisen.

#### Prüfintervalle

23. Die planmäßige Vorspannung der Schraubverbindungen ist nach Inbetriebnahme gemäß den Vorgaben der DIBt-Richtlinie /1/ (Abschnitt 13.1 Anmerkung 1) erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen. Wenn die 2. Vorspannstufe der Ankerschrauben des Adapters innerhalb dieses Zeitraums aufgebracht wird, kann die zuvor genannte Prüfung dieser Ankerschrauben hierdurch ersetzt werden.
24. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß der 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  
 Prüfamf für Standsicherheit für die  
 bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

C. Reuter

Der Leiter

i.V. S. Mayer



Industrie Service

## Anhang 1: Verzeichnis geprüfter Pläne

### Betonteil (erstellt von Max Bögl)

Nr.	Planbezeichnung	Ind.	Titel	Datum
[A1]	DE-T23-001-XX-X- Uebersicht	a ENTWURF	Übersichtsplan Gesamtturm, NH = 175.0 m, Spannglieds. „SUSPA“	2023-04-19
[A2]	DE-T23-095-XX-X- Schalplan	- ENTWURF	Schalplan Rohteile C- und S- Ringe	2023-02-20
[A3]	DE-T23-096-XX-X- Bewehrung	b ENTWURF	Bewehrung Rohteile C-, S- und Z-Ringe(3-teilig)	2023-04-21
[A4]	DE-T23-AE1-K1-X- Schalplan	a ENTWURF	Schalplan Uebergangsstueck AE1 (SUSPA)	2023-04-20
[A5]	DE-T23-AE1-K1-X- Bewehrung	a ENTWURF	Bewehrung Uebergangsstueck AE1 (SUSPA)	2023-04-20
[A6]	DE-T23-M008- Montageplan	- ENTWURF	Fugendetailplan	2023-02-20
[A7]	XX-XXX-M64-HV-1- Schalplan	c	Gewindestange fuer Uebergangsstueck mit Decor- dynbe- schichtung T0177772	2021-01-25
[A8]	XX-XXX-M64-HV-2- Schalplan	b	Gewindestange fuer Uebergangsstueck mit Schrumpfschlauch T0177773	2021-01-25

### Stahlteil (erstellt von Max Bögl)

Nr.	Planbezeichnung	Ind.	Titel	Datum
[A9]	DE-T23-022-XX-X- Uebersicht	c ENTWURF	Übersichtsplan Stahlturm	2023-04-20