

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 16.04.2021

Prüfnummer: 2546984-1-d Rev. 3

Objekt: Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung
Windenergieanlage Vestas V117-3.3 / 3.45 MW
Turm: Stahlrohrturm
Nabenhöhe: 116,5 m über GOK
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Ø = 25,10 m (rund) mit Auftrieb

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

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

Statische Berechnung: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

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

Geltungsdauer: bis 15.04.2026

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/FS

Dokument:
2546984-1-d-
Rev3_Vestas_V117_3.3-
3.45MW_116,5m_DIBtS_FGmA.
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

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

Revision	Datum	Änderungen
0	28.04.2016	Erstfassung
1	23.06.2017	Leistungserhöhung Turbine auf 3,45 MW: Aufnahme von [4] und [6], neue Version von [7]
2	20.07.2017	Neue Version von [7]
3	16.04.2021	Gültigkeit Typenprüfung verlängert: Normen Abschnitt 2 aktualisiert, neues Dokument [5], neue Revision von [8] und [9], neue Zeichnung [11]; redaktionelle Überarbeitung des Berichts; Dokumente [1] bis [4] behalten ihre Gültigkeit

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

Inhaltsverzeichnis

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

1. Unterlagen

1.1. Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente, von Vestas Wind Systems A/S erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

- [1] Statische Berechnung „Vestas Wind Systems A/S, Flachgründung (mit Auftrieb) der Windkraftanlage (WKA) V117 3.3 MW 116.5 m Mk2 DIBtS“, 161 Seiten, Dokument Nr. 0058-0974, Rev. 0, Datum 2016-04-01
- [2] Schal- und Bewehrungsplan „V117 3.3 MW 116.5 m Mk2 DIBtS, GWS in OK Gelände“, Zeichnung Nr. 0058-0978, Rev. 0, Datum 2016-03-30
- [3] Ankerkorb „ANCH E V117 3.3MW 116.5M DIBt“, Zeichnung Nr. 0058-0979, Rev. 0, Datum 2016-03-30
- [4] Lastvergleich Fundament „Appendix A in RNSP 15-428: Load Spectrum Comparison, V117-3.45MW, Mk2C, DIBt, HH116.5m, 50/60 Hz, GS, Site: Krumstedter Viert, DE“, Seite 19 bis 20, Dokument Nr. 0065-3553, Rev. 2, Datum 2017-06-21
- [5] „Statement of foundation design compatibility“, 5 Seiten, Dokument Nr. 0095-9760, Rev. 0, Datum 2020-06-25

1.2. Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

- [6] „Foundation loads V117-3.3 MW Mk2 DIBtS 116.5 m“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 36 Seiten, Dokument- Nr. 0050-4315, Rev. 0, Datum 2015-03-03
- [7] Fundamentlastangaben „RNSP 15-428: Foundation loads, V117-3.45 MW, Mk2C, DIBt, HH116.5, 50 Hz, GS, Site: Krumstedter Viert, DE“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 36 Seiten, Dokument Nr. 0065-3555, Rev. 0, Datum 2017-02-22
- [8] „Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turm- und Fundamentsberechnung der Vestas V117-3.3/3.45 MW mit 116,5 m Nabenhöhe für Windklasse S“, erstellt von DNV GL, 6 Seiten, Dokument Nr. PD-2309-18CGY6P-74, Rev. 6, Datum 2021-01-11
- [9] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm Windenergieanlage Vestas V117-3.3 / 3.45 MW, 116,5 m Nabenhöhe, Windzone S, Turbulenzkategorie A, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten, Prüfnummer 2370125-21-d, Rev. 1, Datum 2021-02-24
- [10] Bewehrungsliste „V117 3.3MW 116.5m Mk2 DIBtS Fundament für zylindrischen Stahlrohrturm“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 14 Seiten, Dokument Nr. 0058-0976, Rev. 0, Datum 2016-04-01
- [11] Turmzeichnung „T3E150-V117-3.3MW NH116.5 DIBtS GKS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. A012-0780, Rev. 0, Datum 2020-12-08

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 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
- /5/ 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
- /6/ 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
- /7/ 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
- /8/ 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
- /9/ 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
- /10/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /11/ 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 Stahlrohrturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V117-3.3 / 3.45 MW mit 116,5 m Nabenhöhe wird auf einem kreisrunden Stahlbetonfundament verankert. Die unterste Stahlsektion wird mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring auf dem Fundament verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 25,10 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Unter dem Fußflansch ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

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

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

3.1. Baustoffe

Beton für Fundament	C35/45 mit Expositionsclassen XC4, XD1, XS1, XF3, XA1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C50/60 mit Expositionsclassen XC4, XD1, XS1, XF3, XA1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Ankerbolzen	M42-10.9 gemäß DIN EN ISO 898-1 / DAST-Richtlinie 021
Ankerplatte	S355J0 gemäß DIN EN 10025

3.2. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [6] (für 3,3 MW) und [7] (für 3,45 MW, standortspezifisch) für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [8] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß [8] auf Basis der DIN EN 1998-1 /9/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /10/ in Deutschland abgedeckt.

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] $k_{\phi, \text{dyn}} \geq 38 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\phi, \text{stat}} \geq 13,8 \text{ GNm/rad}$.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Geländeoberkante.

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.

In [4] wurde durch Lastvergleich nachgewiesen, dass die Lasten in [7] nicht ungünstiger sind als die zur Bemessung angesetzten Lasten [6]. Dieser Lastvergleich in [4] wurde mit Revision 1 dieses Prüfberichts bestätigt.

Schnittstellen:

Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Ankerbolzen und Ankerring) sowie die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel und Beton des Fundaments werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.

Imperfektionen:

Die Lasten aus [6] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 5 mm/m und von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m.

Revision 3 dieses Prüfberichts:

Die Gültigkeit des Prüfberichts für eine Typenprüfung wurde verlängert. In Dokument [5] wurde gezeigt, dass die Bemessung des Fundaments auch für die aktuellen Normen gemäß Abschnitt 2 gültig ist. Der Prüfbericht wurde redaktionell überarbeitet.

6. Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament und den Ankerkorb 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 [1], Seiten 1.22 und 1.44 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. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb ist zu achten. 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 der Ankerbolzen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren. Die Druckfestigkeit des Vergussmörtels muss zum Zeitpunkt des Vorspannes $\geq 65 \text{ N/mm}^2$ betragen.
8. Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung gemäß [2] dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss die in [2] spezifizierte Mindestwichte im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden.

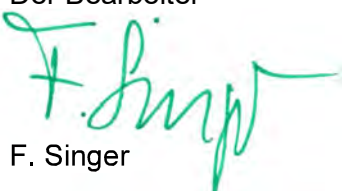
Prüfintervalle

9. Die planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen ist nach Inbetriebnahme analog den Vorgaben in /1/ zu Ringflanschverbindungen (Abschnitt 13.1 Anmerkung 1) erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
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.

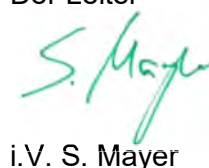
**TÜV SÜD Industrie Service GmbH
 Prüfamts für Standsicherheit für die
 bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter



F. Singer

Der Leiter



i.V. S. Mayer