

Prüfbericht zur Typenprüfung

**Windenergieanlagen VENSYS 126 und VENSYS 126 Version 2,
Rotorblatt EBT61.6, Hybridturm Y23 NH 136,9 m,
DIBt Windzone 2, Geländekategorie II**

- Flachgründung mit Auftrieb, D=21,00 m -

Prüfbericht Nr.: T-7005/21-2 Rev. 0

Gegenstand der Prüfung: Standsicherheit der Flachgründung mit Auftrieb für die oben genannten Windenergieanlagen gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)

**Anlagenhersteller
(Antragsteller):** VENSYS Energy AG
Im Langental 6
66539 Neunkirchen
Deutschland

Dokumentation: Max Bögl Wind AG
Postfach 11 20
92301 Neumarkt
Deutschland

grbv wind GmbH
Expo Plaza 10
30539 Hannover
Deutschland

Dieser Prüfbericht wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfberichts ist nur durch eine vorherige, schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet. Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Der Prüfbericht umfasst 10 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	24.03.2021	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

1	Dokumente	3
1.1	Geprüfte Dokumente	3
1.2	Dazugehörige Dokumente.....	3
2	Prüfgrundlagen	4
3	Einleitung	5
4	Beschreibung.....	5
4.1	Fundament	5
4.2	Lastannahmen	6
4.3	Baustoffe	7
5	Prüfung	7
5.1	Umfang und Methodik	7
5.2	Anmerkungen zur Prüfung	8
5.3	Ergebnisse	8
5.4	Schnittstellen.....	8
6	Auflagen.....	9
7	Zusammenfassung	10

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] grbv wind GmbH:

„Statische Berechnung Projektnummer: 50180-163 Bauvorhaben: VENSYS
Windenergieanlage 3,8 MW VS126 HH137 m IEC IIIA Hybridturm Y23 Thema:
Statische Bemessung einer Flachgründung mit D=21,00 m“, Dokument-Nr.:
34580-163-711_Y23_Flachgruendung_D21,0m_rev01_2021-03-04.pdf, Rev.
01, Datum: 04.03.2021

Anlagen zum Prüfbericht zur Typenprüfung

Zeichnungen erstellt von Max Bögl Wind AG

[1.1.2] „Bauvorhaben: Windkraftanlage Bauteile: Fundament Schalplan“,
Dokument-Nr.: DE Y23 005 XX X Schalplan, Rev. b, Datum: 09.03.2021

[1.1.3] „Bauvorhaben: Windkraftanlage Bauteile: Bewehrung Fundament Ø21.00m“,
Dokument-Nr.: DE Y23 006 XX X Bewehrung, Rev. a, Datum: 04.03.2021

[1.1.4] „Bauvorhaben: Windkraftanlage Bauteile: Bodenplatte für Fundament bei
Grundwasser“,
Dokument-Nr.: DE Y23 007 XX X Bewehrung, Rev. -, Datum: 14.12.2020

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:

„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlagen VENSYS 126 und VEN-
SYS 126 Version 2, Rotorblatt EBT61.6, Nabenhöhe 136,9 m, DIBt Windzone
2, Geländekategorie II, - Hybridturm Y23 -,
Prüfbericht Nr.: T-7005/21-1 Rev. 0, Datum: 24.03.2021

[1.2.2] grbv wind GmbH:

„Statische Berechnung Projektnummer: 50180-163 Bauvorhaben: VENSYS
Windenergieanlage 3,8 MW VS126 HH137 m IEC IIIA Hybridturm Y23 Thema:
Anforderungen an das Fundamentdesign“, Dokument Nr.:
34580-163-711_Y23_Anforderungen_Fundament_rev00_2020-12-11.pdf,
Rev. 00, Datum: 11.12.2020

[1.2.3] grbv wind GmbH:

„Statische Berechnung Projektnummer: 50180-163 Bauvorhaben: VENSYS
Windenergieanlage 3,8 MW VS126 HH137 m IEC IIIA Hybridturm Y23 Thema:
Spannanweisungen der Spannglieder“, Dokument Nr.:
34580-163-711_Y23-Spannglieder_SUPSA_rev00_2020-12-11.pdf, Rev. 00,
Datum: 11.12.2020

[1.2.4] Max Bögl Wind AG:

Zeichnung „Bauvorhaben: Windkraftanlage Bauteile: Uebersichtsplan Ge-
samtturm“,
Dokument-Nr.: DE Y23 001 XX X Uebersicht, Rev. a, Datum: 10.02.2021

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / Allgemeine Bauartgenehmigungen

[1.2.5] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt:

„Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/ Allgemeine Bauartgenehmigung;
Nummer: Z-13.3-139; Gegenstand dieses Bescheides: Drahtspannsystem
SUSPA-Draht EX für externe Vorspannung mit 30 bis 84 Spannstahldrähten
nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-2“, gültig vom 16.04.2018 bis
16.04.2021

[1.2.6] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt:

„Allgemeine Bauartgenehmigung; Nummer: Z-13.3-141; Gegenstand dieses
Bescheides: SUSPA-Draht EX für Windenergieanlagen“, gültig vom 15.04.2019
bis 16.04.2021

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:

„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnach-
weise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:

„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 +
A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 +

NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton-
und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Re-
geln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2014-03 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12:

„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik –
Teil 1: Allgemeine Regeln“

- [2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11:
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“
- [2.6] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“
- [2.7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994
- [2.8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012
- [2.9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, 04.2010

3 Einleitung

Gegenstand dieses Berichts ist die Prüfung einer Flachgründung mit Auftrieb, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

4 Beschreibung

4.1 Fundament

Das Fundament dient der Aufnahme des vorgespannten Betonfertigteilturms mit Stahlsektionen Y23, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisringfundament weist einen Außendurchmesser von 21,00 m auf.

Weitere Details können dem Schalplan (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Der Turm ist über externe Spannglieder mit dem Fundament verbunden.

Die folgenden Anlagenkonfigurationen wurden bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	VENSYS 126	136,9 m	3,8 MW	EBT61.6**	WZ 2	GK II	[1.1.1]
2	VENSYS 126 Version 2*	136,9 m	3,8 MW	EBT61.6**	WZ 2	GK II	[1.1.1]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfigurationen für Fundamentnachweise

*) In den eingereichten Dokumenten wird diese Variante als „VENSYS 126 INT“ bezeichnet.

**) Das Rotorblatt EB61.6 wurde in EBT61.6 umbenannt. Referenzierte Dokumente, die den Blattnamen EB61.6 enthalten, bleiben weiterhin gültig.

4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfigurationen ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	VENSYS 126	136,9 m	3,8 MW	EBT61.6**	WZ 2	GK II	[1.2.2]	[1.2.1]
2	VENSYS 126 Version 2*	136,9 m	3,8 MW	EBT61.6**	WZ 2	GK II	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

*) In den eingereichten Dokumenten wird diese Variante als „VENSYS 126 INT“ bezeichnet.

**) Das Rotorblatt EB61.6 wurde in EBT61.6 umbenannt. Referenzierte Dokumente, die den Blattnamen EB61.6 enthalten, bleiben weiterhin gültig.

Die Auslegungslebensdauer beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten und Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung wurde eine Auslenkung der Turmachse von 200 mm auf Höhe der Oberkante des Betonadapters angenommen. Dies entspricht einer Turmschiefstellung von ca. 2,88 mm/m und liegt somit unter dem in der DIBt Richtlinie geforderten Wert von 5 mm/m. Die Vergleichsrechnung zeigt jedoch ausreichende Sicherheiten. Zusätzlich wurde eine Schiefstellung des Turms von 3 mm/m infolge ungleichmäßiger Fundamentsetzungen berücksichtigt.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\phi, \text{stat}} = 32\,000 \text{ MNm/rad}$ wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\phi, \text{dyn}} = 160\,000 \text{ MNm/rad}$ angesetzt.

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt. Im Turminnenraum wurde eine Verkehrslast von 10 kN/m^2 angesetzt.

Das Fundament wurde für zwei Erdüberschüttungsvarianten auf der Fundamentplatte berechnet. Bei der Variante I (maximale Erdauflast) liegt der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 1,39 m über der Fundamentsohle. Bei der Variante II (minimale Erdauflast) liegt der maximale Wasserspiegel 0,60 m über der Fundamentsohle.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Fundament

Fundamentplatte:	C30/37 und C40/50	DIN EN 206-1, DIN 1045-2
Bodenplatte:	C30/37	DIN EN 206-1, DIN 1045-2
Vergussmörtel:	≥ C70/85	DIN EN 206-1 Der Vergussbeton muss den Anforderungen der DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“ genügen.
Betonstahl:	B500	DIN 488
Spannverfahren:	SUSPA-Draht EX-72, Zulassung [1.2.5] und [1.2.6], 20 externe Spannglieder belegt mit 72 Drähten, Stahlgüte St 1570/1770	

5 Prüfung

5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in der eingereichten statischen Berechnung (siehe 1.1) geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

Die Prüfung umfasst das Fundament und die Bodenplatte.

Der Turm, die Fundamentabdeckung und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybridturm, der Vergussmörtel am Turmfuß und die externen Spannglieder wurden in [1.2.1] geprüft.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

Fundament

Unter dem Kreisring ist eine 30 cm dicke, bewehrte Bodenplatte angeordnet. Die Bodenplatte ist für Wasserdruck von unten ausgelegt. Die Fuge zwischen der Bodenplatte und dem Kreisring ist mit einer umlaufenden Anschlussbewehrung versehen, die Bodenplatte selbst ist kreuzweise bewehrt. Da eine vollständige Dichtheit der Fuge nicht unbedingt gewährleistet ist, kann es innerhalb des Kreisrings zum gleichen Wasserstand wie außen kommen. Beide Grenzzustände wurden untersucht.

5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Turmbericht [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

Geotechnische Nachweise

5.4.2 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.3 Der Baugrund muss die in [1.1.2] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.4 Aufgrund der beim Ermüdungsnachweis getroffenen Annahmen darf die Windenergieanlage frühestens 34 Tage nach Herstellung des Fundaments in Betrieb genommen werden.

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

- 5.4.5 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Fundament

- 6.1 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670 und der DIN 1045-3 zu beachten. Für den Beton sind Eigenschafts- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.
- 6.2 Der Fundamentsporn ist mit einer Erdaufschüttung zu versehen. Die erforderliche Höhe der Erdauflast hängt von deren Trockenwichte γ sowie vom Auftrieb ab und ist gemäß [1.1.2] zu ermitteln.
- 6.3 Durch Kontrolle der Rohbetonwichte des Turms ist nachzuweisen, dass die in der Berechnung angesetzte, minimale Stahlbetonwichte von 25,00 kN/m³ sichergestellt werden kann. Bei jeder im Rahmen der Konformitätskontrolle gemäß DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2, Abschnitt 8.2.1 entnommenen Probe ist auch die Festbetonrohichte gemäß DIN EN 12390-7 zu ermitteln. Für jede Probe ist eine Festbetonrohichte $\geq 24,2$ kN/m³ nachzuweisen; im Falle einer stetigen Herstellung und einer Probenanzahl $n \geq 15$ ist die Festbetonrohichte von 24,2 kN/m³ nur für das 5%-Quantil nachzuweisen.
- 6.4 Durch Kontrolle der Rohbetonwichte des Fundaments ist nachzuweisen, dass die in der Berechnung angesetzte minimale Stahlbetonwichte von 23,75 kN/m³ sichergestellt werden kann. Bei jeder im Rahmen der Konformitätskontrolle gemäß DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2, Abschnitt 8.2.1 entnommenen Probe ist auch die Festbetonrohichte gemäß DIN EN 12390-7 zu ermitteln. Für jede Probe ist eine Festbetonrohichte $\geq 22,5$ kN/m³ nachzuweisen; im Falle einer stetigen Herstellung und einer Probenanzahl $n \geq 15$ ist die Festbetonrohichte von 22,5 kN/m³ nur für das 5%-Quantil nachzuweisen.
- 6.5 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

- 6.6 Bei der Berechnung des Fundaments wurden keine Arbeitsfugen berücksichtigt. Daher hat die Ausführung fugenlos zu erfolgen. Sollten mehrere Betonierabschnitte erforderlich sein, sind zusätzliche Nachweise der Querkraftbewehrung zu führen und zur Prüfung vorzulegen.
- 6.7 Schweißungen an der Bewehrung sind ohne weitere Nachweise nicht erlaubt. Hiervon ausgenommen sind die in [1.1.3] spezifizierten Schweißungen an der Montagebewehrung.

Anforderungen an den Baugrund

- 6.8 Der maximal zulässige Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser hängt von der ausgeführten Erdüberschüttung ab (s. [1.1.2]).
- 6.9 Um die Funktionsfähigkeit der Anlage nicht zu beeinträchtigen, darf durch Setzungsunterschiede eine Fundamentneigung (Schiefstellung der Anlage) von 3 mm/m innerhalb der Auslegungsdauer nicht überschritten werden.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Flachgründung mit Auftrieb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbericht zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Windenergieanlagenkonfigurationen.

Im Falle von standsicherheitsrelevanten Änderungen an der Fundamentkonstruktion verliert dieser Bericht seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Für eine vollständige Typenprüfung müssen alle gutachtlichen Stellungnahmen gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 3, Abschnitt I sowie ein Prüfbescheid zur Typenprüfung vorliegen.

Der Leiter

Dipl.-Ing. Thomas Krause

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. E. Dottai

