

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**

Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 26.07.2017

Prüfnummer: 2732216-17-d Rev. 1

1. Objekt

Anlage: Flachgründung $d = 22,00$ m (rund) für einen Hybrid-
turm Typ R08 der Windenergieanlage vom Typ
Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC mit 157 - 160 m
Nabenhöhe über GOK und Rotorblatt RE68.5 für
Windzone 2, Turbulenzkategorie A, Geländekatego-
rie II, Erdbebenzone 3
Wasserstand maximal bis 0.83 m über Unterkante
Fundament – mit Auftrieb

Datum: 26.07.2017

Unser Zeichen:
IS-ESW3-MUC/UP

Dok.-Name:
2732216-17-d_Senvion 3.6M 140
EBC NH 157-160m
FGmA_DIBL_UP.docx

Bericht Nr. 2732216-17-d Rev.1

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller und
Konstruktion:** Senvion GmbH
Überseering 10
22297 Hamburg

Das Dokument besteht aus
7 Seiten.
Seite 1 von 7

**Statische
Berechnung:** Max Bögl Wind AG
Max-Bögl-Straße 1
92369 Sengenthal
grbv wind GmbH
Expo Plaza 10
30539 Hannover

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Auftraggeber: Senvion GmbH
Überseering 10
22297 Hamburg

Die Prüfergebnisse beziehen sich
ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.

Geltungsdauer: bis 25.07.2022



Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-sued.de/impressum

Aufsichtsrat:
Prof. Dr.-Ing. Axel Stepken (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Thomas Kainz

Telefon: +49 89 5791-1994
Telefax: +49 89 5791-2022
www.tuev-sued.de
TUV®

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

Revision	Datum	Änderungen
0	26.07.2017	Erstfassung
1	26.07.2017	Dokument [3] revidiert; Dokumente [1], [2] und [4] bleiben unverändert gültig

2. Prüfunterlagen

2.1 Geprüfte Unterlagen

Zur Prüfung lagen folgende Unterlagen vor und wurden mit rundem Prüfstempel versehen:

- [1] „Statische Berechnung Senvion Windenergieanlage 3.6M 140 EBC NH 157-160 m Hybridturm R08, Statische Bemessung einer Flachgründung mit Ø 22,00 m“, erstellt von grbv wind GmbH, 197 Seiten, Projektnummer 50180-071, Rev. 0, vom 19.05.2017
- [2] „Schalplan Fundament“, erstellt von Max Bögl, Zeichnung Nr. DE R08 005 XX X Schalplan, Rev. a, vom 19.05.2017
- [3] „Bewehrung Fundament“, erstellt von Max Bögl, Zeichnung Nr. DE R08 006 XX X Bewehrung, Rev. a, vom 03.07.2017
- [4] „Schalung und Bewehrung Bodenplatte im Grundwasser“, erstellt von Max Bögl, Zeichnung Nr. DE R08 007 XX X Bewehrung, Rev. -, vom 05.05.2017

2.2 Unterlagen zur Information

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

- [5] „3.6M140 EBC NH 157-160 m Dibt (2012) Wz 2 Binnenland Angaben zur Bemessung des Betonturmes und der Gründung“, erstellt von Senvion GmbH, Dokument Nr. T-3.20-RT.00.01-A-A, Ver. A, vom 10.04.2017
- [6] „Übersichtsplan Gesamtturm Spannglied-System VT+ SUSPA“, erstellt von Max Bögl, Zeichnung Nr. DE R08 001 XX X Uebersicht, Rev. a, vom 20.07.2017
- [7] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Drahtspannsystem SUSPA-Draht EX für externe Vorspannung mit 30 bis 84 Spannstahldrähten nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-2“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-13.3-139, vom 29.09.2016, Geltungsdauer bis 15.04.2018
- [8] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „SUSPA Draht EX für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, Zulassungsnr. Z-13.3-141, vom 08.03.2017, Geltungsdauer bis 14.04.2019
- [9] „Windenergieanlage SENVION 3.6M140 EBC Erdbebennachweis gemäß DIN EN 1998 Erdbebenzone 3 alle Untergrundverhältnisse DIBt(2012) WZ II Binnenland Turm mit Nabenhöhe 157 – 160m“, erstellt von Senvion GmbH, Dokument Nr. T-3.20-RT-05.02-A-A, Rev. A, vom 23.06.2017

3. Normen und Richtlinien

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012
- /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
- /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“, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013
- /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“
- /6/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011
- /7/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /8/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994

4. Geltungsbereich

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der in den technischen Unterlagen dargestellten und nachgewiesenen Bauteile auf Basis der in Abschnitt 3 genannten Prüfgrundlagen für die Gründung der Windenergieanlage vom Typ Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC mit 157 - 160 m Nabenhöhe über GOK.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten Unterlagen, der Prüfbericht zum Turm sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich.

Weitere Prüfungen wie zum Beispiel die Überprüfung der Bauausführung, der Standorteignung sowie des Blitzschutz-/ Erdungskonzepts sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lastannahmen, 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.

5. Baubeschreibung

Der Hybridturm für die oben genannten Windenergieanlagen wird mit 24 Spanngliedern extern vorgespannt und im kreisringförmigen Fundamentsockel verankert. Der Außendurchmesser des Turms beträgt am Turmfuß 8,802 m.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisringförmigen Fundamentplatte mit einem Außendurchmesser von 22,00 m und einem Innendurchmesser von 8,40 m. Der Außendurchmesser des aufgesetzten Sockels beträgt 10,90 m, der Innendurchmesser 5,70 m. Die veränderliche Höhe der Fundamentplatte beträgt 2,30 m am Anschnitt zum Fundamentsockel und 1,30 m am Rand der Platte. Die Gesamthöhe des Fundaments im Sockelbereich beträgt 3,20 m. Der Innenbereich des Fundaments wird bei anstehendem Grundwasser mit einer 0,30 m dicken Stahlbetonplatte verschlossen. Zwischen Turmfuß und Fundamentsockel ist eine Vergussmörtelschicht angeordnet.

Die Oberkante des Fundamentsockels liegt 0,10 m über der Oberkante der Erdüberschüttung. In Abhängigkeit von OK Fundamentsockel bezogen auf OK Gelände ($\pm 0,00$) ergeben sich unterschiedliche Nabenhöhen für die Windenergieanlage.

Variante	OK Fundamentsockel	UK Fundament	Nabenhöhe
[-]	[m]	[m]	[m]
1	2,37	-0,83	160
2	1,37	-1,83	159
3	0,37	-2,83	158
4	-0,63	-3,83	157

Die Höhe der Erdüberschüttung beträgt zwischen 0,80 m am Anschnitt zum Fundamentsockel und 1,80 m am Rand der Fundamentplatte.

Für Variante 1 ohne Auftrieb muss die Erdüberschüttungshöhe konstant mindestens 0,50 m betragen.

6. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten aus dem Turm für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [5] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Diese Lasten werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [9] auf Basis der DIN EN 1998-1 /6/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /7/ in Deutschland abgedeckt.

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

7. Baustoffe

Beton für Fundament	C25/30 mit Expositionsklassen XC4, XF1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C45/55 mit Expositionsklassen XC4, XF1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	≥ C50/60 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Spannsystem	24 Spannglieder System SUSPA Draht EX-83, 83 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm ² Nennquerschnitt gemäß [7] in Verbindung mit [8]

8. Baugrund

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Lastdokument [5] $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 200 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 40 \text{ GNm/rad}$.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt 0,83 m über UK Fundament. Bei minimaler Überschüttung gemäß Variante I darf der für den Auftrieb maßgebende Wasserstand nur bei Fundamentunterkante liegen.

9. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnung überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden.

Die Lasten aus [5] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 5 mm/m, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte.

Die Nachweise der Lasteinleitung des Turms in den Vergussmörtel und Beton des Fundaments wurden im Rahmen der Erstellung dieses Prüfberichts geprüft.

10. Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 3 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. Für jeden Standort ist ein geotechnischer Entwurfsbericht zu erstellen, der die Mindestanforderungen der geotechnischen Kategorie GK3 gemäß DIN EN 1997-1 /4/ erfüllt.
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. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind auf Zeichnung [2] angegeben.
3. Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament gemäß Abschnitt 8 müssen für den jeweiligen Standort nachgewiesen werden. Dabei kann das Fundament in guter Näherung als Starrkörper angenommen werden.
4. Der höchste Wasserstand darf maximal 0,83 m über UK Fundament stehen. Für die Ausführung mit minimaler Überschüttung gemäß [2] darf der höchste Wasserstand maximal bis UK Fundament stehen.
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 7 am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
7. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [7] und [8] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
8. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen. Bei Ausführung mit Arbeitsfugen sind die Bestimmungen der DIN EN 13670 zu beachten.
9. 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 Druckfestigkeit des Vergussmörtels muss zum Zeitpunkt des Vorspannes $\geq 34 \text{ N/mm}^2$ betragen.
10. 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:

11. Der sichtbare Teil des Fundaments (Fundamentsockel und Fundamentkeller) ist mindestens alle 2 Jahre durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen auf den Erhaltungszustand hin zu überprüfen. Wenn von der Herstellerfirma eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird, kann der Zeitraum der Fremdüberwachung auf 4 Jahre verlängert werden. Über die Überprüfung bzw. Überwachung und Wartung ist mindestens alle 2 Jahre ein Bericht zu erstellen.

Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung, in Hinsicht auf geänderte Vorschriften oder Richtlinien, wieder vorzulegen.

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

Der Bearbeiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paluch'.

U. Paluch

Der Leiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'SK'.

S. Kasper