



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 26.07.2017

**Prüfnummer:** 2732216-7-d

### 1. Objekt

**Anlage:** Hybridturm Typ R08 für Windenergieanlagen vom Typ Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC mit 157 -160 m Nabenhöhe über GOK, Rotorblatt RE68.5, Windzone 2, Turbulenzkategorie A, Geländekategorie II, Erdbebenzone 3

Datum: 26.07.2017

Unser Zeichen:  
IS-ESW3-MUC/FS

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

Dok.-Name:  
2732216-7-  
d\_Hybridturm\_Senvion-3.6M140-  
EBC-R08.docx

Bericht Nr. 2732216-7-d

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

Das Dokument besteht aus  
11 Seiten.  
Seite 1 von 11

**Konstruktion und Berechnung Bauteil:** 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.

**Konstruktion und Berechnung Stahlteil:** Senvion GmbH  
Überseering 10  
22297 Hamburg

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

**Auftraggeber:** Senvion GmbH  
Überseering 10  
22297 Hamburg

**Geltungsdauer:** bis 25.07.2022



Revision	Datum	Änderungen
0	26.07.2017	Erstfassung

## **2. Prüfunterlagen**

### **2.1 Geprüfte Unterlagen**

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

- [1] „Statische Bemessung des Stahlurmteils Senvion 3.6M140 NH 157 – 160m“ erstellt von Senvion GmbH, 67 Seiten, Dokument Nr. T-3.20-RT.05.01-A-A, Rev. A, vom 22.05.2017
- [2] „Statische Berechnung Senvion Windenergieanlage 3.6M140 EBC, NH 157-160 m, Hybrid-turm R08, Statische Bemessung des Spannbetonfertigteilschaftes mit externer Vorspannung“, erstellt von grbv wind GmbH, Titelseite und Seiten 1-10, A1-A83, B1-B143, C1-C79, Projektnr.: 50180-071, Rev. 01, vom 24.07.2017
- [3] „Statische Berechnung Senvion Windenergieanlage 3.6M140 EBC, NH 157-160 m, Hybrid-turm R08, Spannanweisung der Spannglieder“, erstellt von grbv wind GmbH, 12 Seiten, Projektnr.: 50180-071, Rev. 00, vom 16.06.2017
- [4] „Statische Berechnung Senvion Windenergieanlage 3.6M140 EBC, NH 157-160 m, Hybrid-turm R08, Spannanweisung der Ankerstangen im Adapter“, erstellt von grbv wind GmbH, 16 Seiten, Projekt Nr. 50180-071, Rev. 0, vom 16.06.2017
- [5] „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, 29 Seiten, Dokument Nr. T-3.20-RT.05.02-A-A, Ver. A, vom 23.06.2017
- [6] „3.6M140 EBC, NH / hh 157-160 m, DIBt (2012) Wz 2 Binnenland, Angaben zur Bemessung des Betonturmes und der Gründung“, erstellt von Senvion GmbH, 71 Seiten, Dokument Nr. T-3.20-RT.00.01-A-A, Ver. A, vom 10.04.2017
- [7] Pläne gemäß Planliste in Anhang 1

### **2.2 Unterlagen zur Information**

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

Lasten:

- [8] „Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC Certification Loads, Certification Load Assumption with RE68.5 Blades at 160 m Hybrid Tower based on IEC3A ed. 3 and DIBT 2012 WZ2/Inland“, erstellt von Senvion GmbH, Dokument Nr. T-3.20-LA.DA.06-A-EN-A, Ver. A, vom 07.04.2017
- [9] „Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlagen Senvion 3.6M140 3600 kW 50 Hz, Rotorblatt Typ RE68.5, 160 m Nabenhöhe über Geländeoberkante - Lastannahmen und Lastvergleich für Maschine, Turm und Rotorblätter“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Dokument Nr. 2732216-1-d, Rev. 0, vom 14.07.2017



#### Stahlurm:

- [10] „Festigkeitsnachweis der Azimut-Lagerverschraubung inkl. des Turmkopfflansches“, erstellt von Senvion GmbH,  
Dokument Nr.: T-3.20-WN.DK.01-A-A, Rev. A, vom 31.08.2016
- [11] Gutachterliche Stellungnahme „Maschinenbauliche Strukturen Windenergieanlage Senvion 3.XM EBC Leistung 3.4 MW – 3.6 MW“, erstellt von TÜV SÜD,  
Bericht Nr.: 2595293-6-d, Rev. 1, vom 30.05.2017
- [12] „Strukturmechanische Bestimmung von Kerbfallgruppen für Anschweißbolzen“, erstellt von Senvion GmbH,  
Dokument Nr.: T-1.1-RT.EB.01-A-B, Revision B, vom 06.06.2017
- [13] Gutachterliche Stellungnahme „Strukturmechanische Bestimmung von Kerbfallgruppen für Anschweißbuchsen“, erstellt von TÜV SÜD,  
Bericht Nr.: 2622313-5-d, Revision 0, vom 03.07.2017

#### Betonturm:

- [14] 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
- [15] 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
- [16] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Hochfeste Betone der Max Bögl GmbH & Co. KG“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik,  
Zulassungsnr. Z-3.51-2036, vom 14.02.2017, Geltungsdauer bis 15.02.2019
- [17] Datenblatt „Sofrasar Tunnel Products, T28 / 160 Bolting System“, erstellt von Optimas OE Solutions LCC,  
vom 10.11.2015
- [18] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Mechanische Verbindung und Verankerung von Betonstahl B500 B, Nenndurchmesser: 8 bis 40 mm, PFEIFER-Bewehrungsschraubanschluss PH“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik,  
Zulassungsnr. Z-1.5-226, vom 01.03.2017, Geltungsdauer bis 28.02.2022

### **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 1991-1-4:2010 „Eurocode 1: Einwirkung 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“, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013
- /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“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2010
- /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
- /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 1090-2:2011 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011“
- /11/ 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
- /12/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /13/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439: „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB/FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /14/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 600: „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, Ausgabe 2012

#### **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 den Hybridturm R08 der Windenergieanlagen 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 sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich.

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

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.

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. Baubeschreibung**

Der Turm der oben genannten Windenergieanlage besteht aus einem aus Fertigteilen zusammengesetzten, konischen Stahlbetonturm mit Stahlrohraufsatz. Die Betonsegmente werden durch innenliegende, externe Spannglieder auf einem kreisringförmigen Stahlbetonfundament verankert.

Die konischen und zylindrischen Betonfertigteilelemente haben einen kreisringförmigen Querschnitt und werden teilweise aus Halbschalen zusammengesetzt. Die vertikalen Fugen zwischen den Halbschalen werden trocken, d.h. ohne Vergussmörtel ausgeführt. In der Vertikalfuge sind an Oberseite Kontaktflächen zur Übertragung von Druckkräften sowie an Ober- und Unterseite eine konstruktive Verschraubung angeordnet. Die horizontalen Fugen zwischen den Betonfertigteilen werden planmäßig trocken ausgeführt. Die Fuge am Turmfuß wird mit Verguss hergestellt.

Der Betonschaft wird mit 24 externen im Inneren des Turms liegenden Spanngliedern vorgespannt. Die Spannglieder laufen vom obersten Segment des Betonturms (Adapterelement) bis zur Unterkante der Fundamentkonsole.

Die Verbindung zwischen dem unteren Stahlsegment und dem Adapterelement wird als L-förmige Ringflanschverbindung mit 96 vorgespannten Ankerstäben ausgeführt.

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

Maße:

Höhe Betonturm (OK Fundament bis OK Adapterring)	93,99 m
Außendurchmesser Betonturm am Turmfuß	8,802 m
Außendurchmesser Betonturm am Adapter	4,412 m
Wanddicke der Stahlbetonsegmente	30 cm
Querschnitt Adapter (Kreisring)	b x h = ca. 71 cm x 220 cm
Länge Stahlurmsegmente	28,820 m 32,420 m
Außendurchmesser Stahlrohraufsatz (unteres Ende)	4,300 m
Außendurchmesser Stahlrohraufsatz (Turmkopfflansch)	3,403 m
Wanddicken der Stahlurmsegmente	16,3 bis 35 mm

Daten der Maschine Typ Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC:

Nenn Drehzahl des Rotors	9,55 U/min
Rotordrehzahl im Produktionsbetrieb	6,30 - 13,12 U/min

## **6. Lastannahmen**

Die dimensionierenden Lasten für den Turm der oben genannten Windenergieanlage sind in [8] für den Stahlteil und in [6] für den Betonteil für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Die Lasten in [8] wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [9] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die Lastangaben in [6] wurden im Rahmen dieses Prüfberichts durch Abgleich mit den Angaben in [8] bestätigt, dabei wurden Zusatzmomente aus der Schiefstellung des Turms berücksichtigt, siehe Beschreibung in Abschnitt 8. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

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

Maschine Senvion 3.4M140 / 3.6M140 EBC: m = 246 t  
(incl. Rotor, Nabe, Gondel usw.)

## **7. Baustoffe**

### **7.1 Spannbeton:**

Betonfertigteile	C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Segmente D05, D06, D07)  C90/105 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Segment D04)  C100/115 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (alle anderen Segmente)  Für alle Segmente wird selbstverdichtender Beton gemäß DIN EN 206-9 und abZ [16] eingesetzt
Vergussmörtel	C50/60 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /2/
Spannsystem:	24 Spannglieder System SUSPA Draht EX-83, 83 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm <sup>2</sup> Nennquerschnitt gemäß [14] in Verbindung mit [15]

### **7.2 Stahlsektionen:**

Turmwand	S355 J0+N oder S355 J2+N gemäß DIN EN 10025-2
Flansche	S355NL gemäß DIN EN 10025-3 + Z25 gemäß DIN EN 10164
HV-Schrauben	M36-10.9 Schraubengarnituren gemäß DIN EN 14399-4 und HV-Scheiben gemäß DIN EN 14399-6  M56-10.9 Ankerbolzen gemäß ISO 898-1 HV-Muttern gemäß ISO 4032, HV-Scheiben gemäß ISO 7089

## 8. Prüfbemerkungen

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

Die zur Bemessung des Betonturms verwendeten Lasten aus [6] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 8 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von  $k_{\varphi,stat} = 40 \text{ GNm/rad}$ . Die zur Bemessung des Stahlturms verwendet Lasten aus [8] enthalten lediglich Effekte aus Theorie II. Ordnung. Zusätzliche Effekte aus einer Turmschiefstellung von 8 mm/m sowie aus einer Schiefstellung infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von  $k_{\varphi,stat} = 40 \text{ GNm/rad}$  wurden in [1] berücksichtigt.

Die erste Eigenfrequenz wurde für starre und elastische Einspannung in [9] wie folgt angegeben:

	Eigenfrequenz $f_0$ [1/s]
bei Einspannung mit dynamischer Bodendrehfeder von $k_{\varphi,dyn} = 160 \text{ GNm/rad}$	0,192 in Rotorachsrichtung 0,194 quer zur Rotorachsrichtung
bei starrer Einspannung:	0,207 in Rotorachsrichtung 0,210 quer zur Rotorachsrichtung

Die in [1] berechneten ersten Eigenfrequenzen weichen weniger als 5% von den im Lastgutachten [9] angegebenen Werten ab.

Die folgenden Mindestwerte der Steifigkeiten an Unterkante des Turms aus dem Zusammenwirken von Fundament und Baugrund dürfen gemäß Angaben in [6] nicht unterschritten werden:

Dynamische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi,dyn} = 200 \text{ GNm/rad}$
Statische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi,stat} = 40 \text{ GNm/rad}$

Bei Ausführung von Pfahlgründungen ist gemäß Angaben in [6] folgender Mindestwert der Wegfedersteifigkeiten an Unterkante des Betonturms aus dem Zusammenwirken von Pfahlgründung und Baugrund einzuhalten:

Masse Pfahlkopfplatte	Horizontale Wegfedersteifigkeit $k_{n,dyn}$
1500 t	390 MN/m
2000 t	400 MN/m
2500 t	410 MN/m

Die Standsicherheit des Turms vor dem Vorspannen der Spannglieder wurde in [2] Teil V.C nachgewiesen. Nachweise wirbelerregter Querschwingungen wurden für den Hybridturm für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [2] Teil V.C für den Betonteil sowie in [1] für den Stahlteil geführt. Weitere hiervon abweichende Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer
Betonturm mit 1 Stahlsektion	7 Tage
Betonturm mit beiden Stahlsektionen ohne Gondel	30 Tage
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	1 Jahr über die Lebensdauer

Für die Nachweise des Grenzzustandes der Ermüdung wurde das Alter der Fertigteilesegmente zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung mit 28 - 90 Tagen angesetzt. Abweichend von den Angaben in /1/ wird der Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit  $f_{cd,fat}$  für Fertigteilelemente der Betongüte C100/115 gemäß [16] angesetzt.

Die Kerbfälle für Anschweißteile wurden anhand des Dokumentes [12], geprüft in [13], bestimmt.

Die Berechnung des Turmkopfflansches, mit dem Nachweis der Schweißverbindung im Einflussbereich des Turmkopfflansches, des Radius des Turmkopfflansches und der Schraubenverbindung am Turmkopf zur Maschine, gemäß Zeichnung [7], Zeichnung-Nr.: 10000096472 wurden im Dokument [10] durchgeführt und mit dem Bericht des TÜV SÜD [11] bestätigt.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [5] auf Basis der DIN EN 1998-1 /10/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /12/ in Deutschland abgedeckt.

## **9. Prüfergebnis**

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für den Hybridturm entsprechen den unter Abschnitt 3 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.

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

## **Auflagen**

### **Allgemein:**

1. Der Turm der Windkraftanlage ist für Standorte entsprechend den Lastannahmen in [8] geeignet. Bei ungünstigeren Aufstellungsorten sind gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Lastgutachter erneute statische Berechnungen anzustellen und zur Prüfung vorzulegen.
2. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [8] nicht berücksichtigt wurden, so sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls neue Berechnungen zur Prüfung vorzulegen.
3. Die Mindestwerte der Steifigkeiten aus dem Zusammenwirken von Fundament und Baugrund entsprechend Abschnitt 8 dürfen nicht unterschritten werden.
4. Es ist für jeden Standort sicherzustellen, dass der Bereich der zulässigen Eigenfrequenzen gemäß Abschnitt 8 eingehalten wird.



5. Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind gemäß den Angaben in Abschnitt 8 zeitlich zu beschränken. Falls die zulässigen Zeiten überschritten werden oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird, so sind detaillierte Berechnungen vorzulegen und geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen zu treffen.

#### **Stahlteil:**

6. 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-I bzw. C5-M 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.
7. Sämtliche in Dickenrichtung belastete Bauteile (z.B. Flansche und Zargen) müssen hinsichtlich der Dopplungsfreiheit nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse S2 und E2, oder einem äquivalenten Standard ultraschallgeprüft sein.
8. Der Stahlrohrturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
9. Die Fertigung des Stahlrohrturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.
10. Die maximal zulässigen Flanschtoleranzen gemäß /1/, Abschnitt 13.1 sind einzuhalten.
11. Zwischen den Höhen 93,99 m und 122,81 m (Höhenangabe Gesamtturm – Segment 1) müssen die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) mindestens der Kerbfallklasse gemäß [7], Zeichnung Nr.: 10000096471 (Tabelle Anschweißbolzen) in Verbindung mit [12] entsprechen. Für alle anderen Höhen müssen die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile mindestens der Kerbfallklasse gemäß [7], Zeichnung Nr.: 10000096472 (Tabelle Anschweißbolzen) in Verbindung mit [12] entsprechen.
12. Die planmäßige Vorspannung der Flanschschrauben ist nach Inbetriebnahme gemäß den Vorgaben in [7], Zeichnung Nr.: 10000096470 erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.

#### **Betonteil:**

13. Infolge der Reduzierung des Vorhaltemaßes der Betondeckung der Fertigteilesegmente ist eine erhöhte Qualitätskontrolle gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 4.4.1.3 (3) bei der Herstellung erforderlich.
14. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [14] und [15] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
15. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Vergussmörtels 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.



16. Für das Vorspannen der Spannglieder ist die Spannanweisung [3] heranzuziehen. Über das Spannen der Spannglieder ist ein Spannprotokoll zu führen.
17. Für das Vorspannen der Ankerschrauben ist die Spannanweisung [4] heranzuziehen.
18. Bis zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung müssen die Fertigteilesegmente das folgende Mindestalter aufweisen:
  - AD1, A02 bis A06, E01, E02, D01, D02, D06 bis D08: 90 Tage
  - D04: 63 Tage
  - D05: 84 Tage.Für alle weiteren Elemente ist ein Betonalter von 28 Tagen ausreichend.

#### **Prüfintervalle:**

19. Der Turm 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.
20. Innerhalb des ersten Halbjahres nach der Turmmontage, jedoch nicht unmittelbar nach der Inbetriebnahme, muss die planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen am Übergang Stahl-turm zu Betonturm durch Überprüfung und gegebenenfalls Nachspannen sichergestellt werden. Für die Schrauben ist regelmäßig mindestens eine Sicht- und Lockerheitskontrolle durchzuführen.
21. Im Rahmen der üblichen Wartungsintervalle ist eine regelmäßige Kontrolle der Spannglieder durchzuführen. Beschädigte Spannglieder sind auszutauschen. In diesem Fall sind die Wartungsintervalle in Abstimmung mit dem Prüfamts für Standsicherheit für die bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen anzupassen. Ein entsprechendes Vorgehen ist im Betriebshandbuch zu vermerken.

**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  
Prüfamts für Standsicherheit für die  
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

  
F. Singer

Der Leiter

  
S. Kasper

**Anhang 1 zum Prüfbericht 2732216-7-d:  
 Verzeichnis geprüfter Pläne**

**Stahlteil (erstellt von Senvion GmbH)**

Planbezeichnung	Index	Titel	Datum
10000096469	A	Turm 3.6M140 EBC NH157-160m Gesamt	09.05.2017
10000096470	A	Turm 3.6M140 EBC NH157-160m TSS	09.05.2017
10000096471	A	Turm 3.6M140 EBC NH157-160m S1	09.05.2017
10000096472	A	Turm 3.6M140 EBC NH157-160m S2	09.05.2017

**Betonteil (erstellt von Max Bögl)**

Planbezeichnung	Index	Titel	Datum
DE-R08-001-XX-X- Übersicht	a	Übersichtsplan Gesamtturm Spannglied-System SUSPA	20.07.2017
DE-R08-M008- Montageplan	a	Fugendetailplan „Trockene Fuge“	21.07.2017
DE-R08-095-XX-X- Schalplan	a	Schalplan Rohteile A+D+E+Z	20.07.2017
DE-R08-096-XX-X- Bewehrung	a	Bewehrung Rohteile A+D+E+Z	20.07.2017
DE-R08-E08-O2-T- Fertigteil	b	Halbschale E08_O2	26.07.2017
DE-R08-E08-M2-X- Fertigteil	a	Halbschale E08_M2	21.07.2017
DE-R08-AD1-K1-X- Schalplan	-	Schalplan Übergangsstück Fertigteil Über- gangsstück AD1	05.05.2017
DE-R08-AD1-HV-X- Schalplan	-	Gewindestange für Übergangsstück Ein- bauteile E109, E14, E22	05.05.2017
DE-R08-AD1-K1-X- Bewehrung	a	Bewehrungsplan Übergangsstück Spann- variante „SUSPA“	06.07.2017