

Revision	Datum	Änderungen
0	28.02.2018	Erstfassung

2. Prüfunterlagen

2.1 Geprüfte Unterlagen

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

- [1] „ED02-Berechnungsnachweis / Bauteilbemessung, Bemessung Stahlrohrturm (2 Sektionen) für Hybridturm Delta4000 TCS164“, erstellt von Nordex Energy GmbH, 62 Seiten + Anhang, Nordex Dokument Nr.: E0004425066, Revision 2, vom 01.02.2018
- [2] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 1 – Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit für Betonschaft“, erstellt von SKI, 154 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-01-03, Revision 3, vom 20.02.2018
Nordex Dokument Nr.: E0004394154
- [3] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 2 – Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Adapterring“, erstellt von SKI, 79 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-02-02, Revision 2, vom 26.02.2018
Nordex Dokument Nr. E0004394162
- [4] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 3 – Grenzzustand der Ermüdung für Betonschaft“, erstellt von SKI, 292 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-03-02, Revision 2, vom 20.02.2018
Nordex Dokument Nr.: E0004394164
- [5] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 4 – Grenzzustand der Ermüdung für den Adapterring“, erstellt von SKI, 67 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-04-02, Revision 2, vom 26.02.2018
Nordex Dokument Nr.: E0004410612
- [6] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 8 – Spannanweisung“, erstellt von SKI, 22 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-08-02, Revision 2, vom 21.02.2018
Nordex Dokument Nr.: E0004394308
- [7] Pläne zum Stahl- und Betonturm gemäß Planliste in Anhang 1
- [8] „Sicherstellung maximale Schiefstellung Ventur Betonturm“, erstellt von Ventur GmbH, 2 Seiten, Dokument Nr.: AA 09-92-164, Revision 1, 26.02.2018

2.2 Unterlagen zur Information

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

Lasten:

- [9] „Load Specification – Tower TCS164 Delta4000“, erstellt von Nordex Energy GmbH, Dokument Nr.: E0004141313, Revision 3, vom 18.12.2017
- [10] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000, Nordex N149/4000 (4000 kW), Nordex N149/4380 (4380 kW) und Nordex N149/4500 (4500 kW), 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR74.5-1, optional mit AIS und Serrations, 164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante (Turm TCS164)“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 13 Seiten, Dokument Nr.: 2740209-4-d-1, Revision 1, vom 26.02.2018

Stahlurm:

- [11] Zeichnung „Turmkopfflansch Delta4000“, erstellt von Nordex Energy GmbH, Zeichnungs Nr.: 02300-e0004229653, Revision 0, vom 01.11.2017
- [12] „ED02-Calculation / component dimensioning – Bemessung Turmkopfflansch, Delta4000“, erstellt von Nordex Energy GmbH, Dokument Nr.: E0004291979, Revision 1, vom 29.11.2017
- [13] „Gutachtliche Stellungnahme Bewertung der Konstruktion – Turmkopfflansche, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000 Nordex N149/4000 (4000 kW), Nordex N149/4380 (4380 kW) und Nordex N149/4500 (4500 kW), Türme TS105, TS125 und TCS164“, erstellt von TÜV SÜD Industrieservice GmbH, Dokument Nr.: 2740209-55-d-11, Revision 0, vom 12.12.2017
- [14] Zeichnung „Form und Lagetoleranzen für Rohrtürme mit Ø 4300 mm, erstellt von Nordex Energy GmbH, Zeichnungs Nr.: 01400-1047874, Revision 5, vom 25.11.2016
- [15] „EC03-Technical specification Stahlrohrtürme Turmhülle“, erstellt von Nordex Energy GmbH, 39 Seiten, Dokument Nr.: NALL02_004536_DE, Revision 20, vom 20.04.2017
- [16] „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.6-73“, erstellt von Deutsches Institut für Bau-technik, 8 Seiten, Zulassungs Nr.: Z-30.6-73, Geschäftszeichen: I 37.1-1.30.6-8/16, Revision 0, vom 14.06.2017
- [17] „Ausführungsempfehlung zum WIG-Umschmelzen (TIG-Dressing) an Kehlnähten von Schweißbuchsen für zyklisch beanspruchte Turmwände von Windenergieanlagen“, erstellt von Fraunhofer Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik, 43 Seiten, Dokument Nr.: E0004044163, Revision 0, vom 20.04.2017
- [18] „Gutachten Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Ermüdungsfestigkeitskennwerte von geschweißten Konstruktionsdetails an der Turmkonstruktion von Windenergieanlagen“, erstellt von Ingenieurbüro für Stahlbau und Schweißtechnik, 41 Seiten, Revision 0, vom 21.04.2017

Betonturm:

- [19] „Statische Berechnung – Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 0 – Design Basis“, erstellt von SKI, 45 Seiten, Dokument Nr.: 2017-63-STA-00-02, Revision 3, vom 20.02.2018 Nordex Dokument Nr.: E0004394147
- [20] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Litzenspannverfahren VT-CMM KD für externe Vorspannung“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 32 Seiten, Zulassungs Nr.: Z-13.3-110, vom 01.02.2015, Geltungsdauer bis 01.02.2018
- [21] Allgemeine Bauartgenehmigung „Litzenspannverfahren VT-CMM D/KD für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 15 Seiten, Zulassungs Nr.: Z-13.3-143, vom 02.09.2017, Geltungsdauer bis 02.09.2020
- [22] 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, 41 Seiten, Zulassungs Nr.: Z-13.3-139, vom 29.09.2016, Geltungsdauer bis 15.04.2018
- [23] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „SUSPA Draht EX für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 7 Seiten, Zulassungs Nr.: Z-13.3-141, vom 08.03.2017, Geltungsdauer bis 14.04.2019
- [24] „Gutachten über den Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im Grenzzustand der Ermüdung $f_{cd,fat}$ des Vergussbetons PAGEL HF 10“, erstellt von Institut für Baustoffe, Leibniz Universität Hannover, 14 Seiten, Versionsnummer 03, vom 08.04.2013
- [25] „Gutachten über den Bemessungswert der Betondruckfestigkeit im Grenzzustand der Ermüdung $f_{cd,fat}$ des Vergussbetons PAGEL HF 10 - Teil 2“, von Institut für Baustoffe, Leibniz Universität Hannover, 10 Seiten, Versionsnummer 01, vom 19.08.2013
- [26] „Gutachten über den Bemessungswert der Betonfestigkeit im Grenzzustand der Ermüdung $f_{cd,fat}$ des Vergussbetons Sika-Grout-3265“, erstellt von Institut für Baustoffe, Leibniz Universität Hannover, 14 Seiten, Versionsnummer 01, vom 04.04.2017
- [27] „Gutachten über die Anwendung des Ermüdungsnachweises nach CEB-FIP Model Code 90 auf den Vergussmörtel Sika-Grout-3265“, erstellt von Institut für Baustoffe, Leibniz Universität Hannover, 19 Seiten, Versionsnummer 0, vom 04.04.2017

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 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 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
- /11/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /12/ 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“
- /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 TCS164 (NV05) der Windenergieanlagen Delta4000 N149/4.0-4.5 mit 164 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 Stahlbetonfundament verankert.

Der Betonschaft besteht aus höhenversetzt zueinander angeordneten ebenen Fertigteilwandelementen, die einen achteckigen Polygonquerschnitt ergeben. Die vertikalen Fugen in den Ecken des Polygons werden verzahnt ausgeführt. Die vertikalen Fugen und die horizontalen Fugen zwischen den Wandelementen und den Elementen des Adapters werden mit hochfestem Vergussmörtel verpresst. Auf einer Höhe von 66,45 m über Oberkante des Fundaments liegt ein Wanddickensprung der Wandelemente vor. Die Wanddicke geht hier von 30 cm auf 38 cm über.

Der Formenübergang zwischen achteckigem Betonschaft und rundem Stahlrohraufsatz besteht aus dem Übergangselement (Sonderring) aus Beton und einem aufgesetzten Rohrschuss aus Stahl (Adapterring) mit je einem innenliegenden Flansch an Ober- und Unterkante.

Der Betonschaft wird mit 22 externen, im Inneren des Turms liegenden, Spanngliedern vorgespannt. Die Spannglieder laufen von Oberkante Adapter bis Unterkante Fundamentkonsole.

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

Maße:

Gesamthöhe Turm.....	160,09 m
Höhe Betonturm (OK Fundament bis OK Stahladapterring).....	102,21 m
Schlüsselweite Betonturm am Turmfuß.....	9,42 m
Schlüsselweite Betonturm am obersten Segment.....	4,29 m

Wanddicke der Stahlbetonsegmente.....	30 cm / 38 cm
Anzahl Spannglieder.....	22 (VT und Suspa)
Länge Stahlturmsegmente.....	27,983 m 29,895 m
Außendurchmesser Stahlrohraufsatz (unteres Ende).....	4,293 m
Außendurchmesser Stahlrohraufsatz (Turmkopfflansch).....	3,260 m
Wanddicken der Stahlturmsegmente.....	14,2 bis 26,2 mm

Daten der Maschine Typ Delta4000:

	N149/4000	N149/4380	N149/4500
Nennzahl des Rotors	9,8 U/min	10,7 U/min	11,0 U/min
Rotordrehzahl im Produktionsbetrieb	6,43 - 12,25 U/min	6,43 - 12,25 U/min	6,43 - 12,25 U/min

Turmkopfmasse 256 t
 (incl. Rotor, Nabe, Gondel usw.)

6. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Prüfung des Turms der oben genannten Windenergieanlage sind in [9] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [10] bestätigt und 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 /10/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /11/ in Deutschland abgedeckt.

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

7. Baustoffe

7.1 Spannbeton:

Betonfertigteile	C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Wandelemente 6041 bis 6084 und Betonteil Adapterkonstruktion)
	C70/85 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Wandelemente 6025 bis 6040)
	C60/75 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Wandelemente 6001 und 6009 bis 6024)
	C55/67 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ (Wandelemente 6002 bis 6008)

Vergussmörtel Fugen	Pagel HF 10 Festigkeitsklasse \geq C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/ oder alternativ SikaGrout-3265 Festigkeitsklasse \geq C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /4/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /2/
Spannsystem	22 Spannglieder System VT-CMM 04x04-165 KD, 7-drähtige Spannstahllitzen St 1600/1820 mit 165 mm ² Nennquerschnitt gemäß [20] in Verbindung mit [21] oder alternativ 22 Spannglieder System SUSPA Draht EX-72, 72 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm ² Nennquerschnitt gemäß [22] in Verbindung mit [23]

7.2 Stahlsektionen:

Turmwand	S355 JR+N gemäß DIN EN 10025-2
Turmflansche	S355 NL gemäß DIN EN 10025-3 + Z25 gemäß DIN EN 10164
Adapterwand	S355 J2+N gemäß DIN EN 10025-2 + Z25 gemäß DIN EN 10164
Adapterflansche	S355 NL 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 M48-10.9 Schraubengarnituren gemäß DAST-Richtlinie 021

8. Prüfbemerkungen

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

Imperfektionen:

Die Lasten aus [9] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 2 mm/m, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung einer statischen Bodendrehfeder von $k_{\phi,stat} = 37,5$ GNm/rad.

Abweichend von /1/ wurden für die Turmschiefstellung lediglich 2 mm/m statt 5 mm/m angesetzt. In Dokument [8] wird das Vorgehen zur Ermittlung der Turmschiefstellung dargestellt. Aufgrund der verschärften Toleranzgrenzen in Herstellung und Montage gemäß [8] und der rechnerischen Berücksichtigung der einseitigen Sonneneinstrahlung in [2] kann diese Abweichung akzeptiert werden.

Abweichend von den Angaben im Lastdokument [9] wurde für den Nachweis des Stahlaufsatzes im Dokument [1] eine gesamte Ersatzimperfection von 10,1 mm/m, anstatt 11,2 mm/m (gemäß [9]) angesetzt. Diese Abweichung wurde im Rahmen unserer Vergleichsrechnung als unbedenklich bewertet.

Eigenfrequenz:

Die in [1] berechneten ersten Eigenfrequenzen liegen innerhalb des im Lastgutachten [10] angegebenen Gültigkeitsbereiches (0,212 Hz bis 0,257 Hz). Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens $k_{\varphi, \text{dyn}} = 150 \text{ GNm/rad}$ betragen.

Bauzustände, Querschwingungen:

Nachweise wirbelerregter Querschwingungen wurden für den Hybridturm für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [1] und [4] geführt. Weitere hiervon abweichende Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer
Zwischenbauzustand: Betonturm $h = 102,21\text{m}$ über FOK	3 Monate
Betonturm mit Stahlsektion ohne Gondel und Rotor	1 Monat
Hybridturm ohne oberste Stahlsektion $h = 130,19\text{m}$ über FOK	1 Monat
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	1 Jahr über die Lebensdauer

Ermüdung:

Für die Nachweise des Grenzzustandes der Ermüdung wurde das Alter der Fertigteilsegmente zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung mit 60 Tagen angesetzt.

Für den Vergussmörtel wurde eine Erhöhung der Druckfestigkeit unter Ermüdungsbeanspruchung infolge Querdehnungsbehinderung für die vorliegende Anwendung im Rahmen der Gutachten [24] bis [27] getestet und bestätigt.

Turmkopfflansch:

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 [11] wurden im Dokument [12] durchgeführt und mit dem Bericht des TÜV SÜD [13] bestätigt.

Stahlsortenauswahl:

Die Materialauswahl erfolgte für eine Bezugstemperatur T_{ED} der Anlage von -40°C .

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 [9] 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 [9] 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 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. Der Stahlrohrturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
8. Die Fertigung des Stahlrohrturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 und den Dokumenten entsprechen.
9. Die maximal zulässigen Flanschtoleranzen gemäß [14] und [15] sind einzuhalten.
10. Zwischen den Höhen 104,010 m und 161,888 m müssen die geschweißten Quernähte der Turmsektionen mindestens der Kerbfallklasse 100 gemäß [15] bis [18] entsprechen.
11. Zwischen den Höhen 104,010 m und 161,888 m müssen die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) mindestens der Kerbfallklasse 100 gemäß [16] entsprechen.
12. Zwischen den Höhen 104,14 m und 107,11 m ($t = 26,2$ mm), 119,00 m und 121,97 m ($t = 20,5$ mm), sowie 132,10 m und 134,36 m ($t = 15,7$ mm) müssen die Flugfeuerbohrungen mindestens der Kerbfallklasse 90 gemäß /8/ entsprechen.
13. Im vertikalen Abstand von 300 mm zur Schweißnaht des Turmkopfflansches dürfen keine zusätzlichen Teile angeschweißt werden.

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. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [20], [21], [22] und [23] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
16. Zum Zeitpunkt der Genehmigung ist eine gültige Version der Zulassung [20] vorzulegen.
17. 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.
18. Für das Vorspannen der Spannglieder ist die Spannanweisung [6] heranzuziehen. Über das Spannen der Spannglieder ist ein Spannprotokoll zu führen.
19. Bis zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung müssen die Fertigteilsegmente mindestens 60 Tage alt sein.

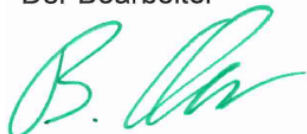
Prüfintervalle:

20. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten.
21. Die planmäßige Vorspannung der Schrauben ist nach Inbetriebnahme gemäß den Vorgaben in /1/ erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
22. Im Rahmen der üblichen Wartungsintervalle ist gemäß [21] bzw. [23] 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



B. Ober

Der Leiter



T. Uhrig

Anhang 1 zum Prüfbericht 2740209-58-d-6: Verzeichnis geprüfter Pläne

Übersichtspläne				
Position / Bl.Nr.	Revision	Revisionsdatum	Bauteil / Zeichnungstyp	Nordex Dokumentnummer
1	d	25.01.2018	Übersichtsplan	E0004394319
8	a	12.02.2018	Details zu Übersichtsplan 1	E0004460681

Zeichnungen Stahlbau				
Position / Bl.Nr.	Revision	Revisionsdatum	Bauteil / Zeichnungstyp	Nordex Dokumentnummer
	2	01.02.2018	Rohrturm Delta4000 TCS164 (NV05), 2 Blätter	01430-e0004227638
12728-1	0	16.02.2018	Adapterstück DSI/SUSPA	E0004491693
12729-1	0	16.02.2018	Adapterstück KB-VT	E0004491486

Pläne Übergangsring (Beton)				
Position / Bl.Nr.	Revision	Revisionsdatum	Bauteil / Zeichnungstyp	Nordex Dokumentnummer
B 9001	b	26.02.2018	Bewehrungsplan Übergangsstück Suspa	E0004455871
B 9002	a	26.02.2018	Bewehrungsplan Übergangsstück KBVT	E0004456321
S 9001	a	01.02.2018	Schalungsplan Übergangsstück Suspa	E0004437283
S 9002	a	01.02.2018	Schalungsplan Übergangsstück KBVT	E0004437285

Bewehrungspläne Turmelemente			
Bauteil: Bewehrungsplan Turmelement	Revision	Revisionsdatum	Nordex Dokumentnummer
6001	a	12.02.2018	E0004463305
6002, 6004, 6006, 6008	-	23.01.2018	E0004463306
6003, 6005, 6007	-	23.01.2018	E0004463304
6009, 6010, 6011, 6012	a	19.01.2018	E0004422447
6013, 6014, 6015, 6016	-	18.01.2018	E0004460624
6017, 6018, 6019, 6020	-	18.01.2018	E0004460627
6021, 6022, 6023, 6024	a	12.02.2018	E0004460629
6025, 6026, 6027, 6028	a	12.02.2018	E0004460630
6029, 6030, 6031, 6032	a	12.02.2018	E0004460633
6033, 6034, 6035, 6036	a	12.02.2018	E0004460636
6037, 6038, 6039, 6040	a	12.02.2018	E0004460635
6041, 6042, 6043, 6044	b	12.02.2018	E0004422451
6045, 6046, 6047, 6048	a	12.02.2018	E0004460634
6049, 6050, 6051, 6052	a	12.02.2018	E0004460641
6053, 6054, 6055, 6056	b	12.02.2018	E0004460643
6057, 6058, 6059, 6060	a	12.02.2018	E0004460642

Bewehrungspläne Turmelemente			
Bauteil: Bewehrungsplan Turmelement	Revision	Revisionsdatum	Nordex Dokumentnummer
6061, 6062, 6063, 6064	a	12.02.2018	E0004460640
6065, 6066, 6067, 6068	a	12.02.2018	E0004463307
6069, 6070, 6071, 6072	a	12.02.2018	E0004463308
6073, 6074, 6075, 6076	a	19.01.2018	E0004422452
6077, 6078, 6079, 6080	-	22.01.2018	E0004463321
6081, 6082, 6083, 6084	-	24.01.2018	E0004463320

Schalpläne Turmelemente			
Bauteil: Schalplan Turmelement	Revision	Revisionsdatum	Nordex Dokumentnummer
6001	a	02.02.2018	E0004470924
6002, 6004, 6006, 6008	a	02.02.2018	E0004470927
6003, 6007	-	24.01.2018	E0004469447
6005	-	25.01.2018	E0004470929
6009, 6010, 6011, 6012	a	30.01.2018	E0004463332
6013, 6014, 6016	a	30.01.2018	E0004463323
6015	-	25.01.2018	E0004469449
6017, 6018, 6019, 6020	a	02.02.2018	E0004463328
6021, 6022, 6024	a	02.02.2018	E0004463326
6023	a	02.02.2018	E0004469443
6025, 6026, 6027, 6028	a	02.02.2018	E0004463322
6029, 6030, 6032	a	02.02.2018	E0004463327
6031	a	02.02.2018	E0004469446
6033, 6034, 6035, 6036	b	12.02.2018	E0004463331
6037, 6038, 6040	b	12.02.2018	E0004463324
6039	a	30.01.2018	E0004469445
6041, 6042, 6043, 6044	c	12.02.2018	E0004429334
6045, 6046, 6048	a	12.02.2018	E0004463333
6047	a	12.02.2018	E0004469450
6049, 6050, 6051, 6052	a	12.02.2018	E0004463330
6053, 6054, 6056	a	12.02.2018	E0004470925
6055	-	31.01.2018	E0004470928
6057, 6058, 6059, 6060	a	12.02.2018	E0004463325
6061, 6062, 6064	a	12.02.2018	E0004463329
6063	a	12.02.2018	E0004469444
6065, 6066, 6067, 6068	a	12.02.2018	E0004463335
6069, 6070, 6072	a	12.02.2018	E0004463334
6071	-	25.01.2018	E0004469448
6073, 6074, 6075, 6076	b	30.01.2018	E0004429336
6077, 6078, 6080	-	29.01.2018	E0004470926



Schalpläne Turmelemente			
Bauteil: Schalplan Turmelement	Revision	Revisions- datum	Nordex Dokumentnummer
6079	-	30.01.2018	E0004470931
6081, 6082, 6083, 6084	-	29.01.2018	E0004470930