



Az.:

2 . Ausfertigung

Prüfbericht: Nr. 1

Prüf-Nr.: **5012 / 23**

Wismar, d. 18.07.2023

Prüfauftrag: Landkreis Ludwigslust-Parchim vom 31.01.2023
Aktenzeichen: 162 0000 0999 ST 220019

Bauvorhaben: Errichtung und Betrieb von vier Windenergieanlagen
Des Typs Nordex N163 5.X,
StALU WM-51-1-4724-5712.0.1.6.2V-76162

GESEHEN
FD Bauordnung

Grundstück: 19374 Kladrum
Gemarkung: Kladrum
Flur 1, Flurstück(e): 150/1

Bauherr: naturwind schwerin GmbH
Bernd Jeske
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

Hersteller: Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg

Tragwerksplaner: Nordex Energy SE & Co. KG
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Max Bögl Wind AG
Max-Bögl-Straße 1
92369 Sengenthal

K2 E+C GmbH
Ditmar-Koel-Straße 24
20459 Hamburg

1. Prüfunterlagen

1.1 Gesehene statische Berechnungen

2-fach

1.1.1 Hybridturm

Dok.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2018849DE

„Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm N21, Bauteil:
Spannbetonturm“, erstellt von k2 E+C GmbH, 1127 Seiten
27.05.21

Dok.-Nr. 200845-02, Rev. 1, Nordex-Dok.-Nr. 2016896DE

„Turmstatik des Stahlteils für den Hybridturm der NORDEX
Windenergieanlage 149/5.X TCS164B-01 (N21)“, erstellt von
k2 E+C GmbH, 111 Seiten
16.03.21

Dok.-Nr. 200845-01, Rev. 0, Nordex-Dok.-Nr. 2020147DE	„Turmstatik des Stahlteils für den Hybridturm der NORDEX Windenergieanlage 163/5.X TCS164B-01 (N21)“, erstellt von k2 E+C GmbH, 36 Seiten	29.04.21
Pr.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2018850DE	„Statische Berechnung der Bauzustände Max Bögl Hybridturm N21“, erstellt von Max Bögl, 43 Seiten	27.05.21
Pr.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2018850DE	„Spannanweisung der Spannglieder Max Bögl Hybridturm N21“, erstellt von Max Bögl, 10 Seiten	27.05.21
Pr.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2018850DE	„Spannanweisung der Ankerstäbe Max Bögl Hybridturm N21“, erstellt von Max Bögl, 17 Seiten	27.05.21
Pr.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2018850DE	„Anforderungen an das Fundamentdesign Max Bögl Hybridturm N21“, erstellt von Max Bögl, 13 Seiten	16.06.21

1.1.2 Fundament

Dok.-Nr. 21683-N21, Rev. b, Nordex-Dok.-Nr. 2019038DE	„Statische Berechnung - Max Bögl Hybridturm N21, Bauteil: Fundament D=24,0m mit Auftrieb“, erstellt von Max Bögl, 190 Seiten	27.05.21
---	--	----------

1.2 Gesehene statische und konstruktive Ausführungsunterlagen 2-fach

1.2.1 Hybridturm

Plan-Nr. DE-N21-001-XX-X-Uebersicht-d, Nordex-Dok.-Nr. 2018831IN	„Übersichtsplan Gesamtturm“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	17.05.21
Plan-Nr. DE-N21-095-XX-X-Schalplan-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018837IN	„Schalplan Rohteile C-Ringe“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	17.05.21
Plan-Nr. DE-N21-096-XX-X-Bewehrung-c, Nordex-Dok.-Nr. 2018844IN	„Bewehrung Rohteile C-Ringe (3-teilig)“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	25.05.21
Plan-Nr. DE-N21-AE1-K1-X-Schalplan-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018842IN	„Schalplan Übergangsstück AE1 (SUSPA)“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	18.05.21
Plan-Nr. DE-N21-AE1-K1-X-Bewehrung-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018845IN	„Bewehrung Übergangsstück AE1 (SUSPA)“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	17.05.21
Plan-Nr. DE-N21-AE1-HV-1-Schalplan-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018838IN	„Gewindestange für Übergangsstück mit Decordynbeschichtung T0256288“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	17.05.21
Plan-Nr. DE-N21-AE1-HV-2-Schalplan-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018840IN	„Gewindestange für Übergangsstück mit Schrumpfschlauch T0256289“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	17.05.21
Plan-Nr. XX-XXX-M64-HV-1-Schalplan-c, Nordex-Dok.-Nr. 2018839IN	„Gewindestange für Übergangsstück mit Decordynbeschichtung T0177772“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	25.01.21

Plan-Nr. XX-XXX-M64-HV-2-Schalplan-b, Nordex-Dok.-Nr. 2018841IN	
„Gewindestange für Übergangsstück mit Schrumpfschlauch T0177773“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	25.01.21
Plan-Nr. DE-N21-M008-Montageplan-a, Nordex-Dok.-Nr. 2018833IN	
„Fugendetailplan“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	18.05.21
Plan-Nr. DE-N21-AE1-K1-X-Fertigteile-a, Nordex-Dok.-Nr. 2020458IN	
„Fertigteileplan Übergangsstück AE1 (SUSPA)“, erstellt von Max Bögl, 1 Blatt	18.05.21
Plan-Nr. 01430-E0005355493, Ind. 1	
„Rohrturm Delta4000 N163/N149/5.X/TCS164B-01 (N21)“, erstellt von Nordex Energy SE & Co. KG, 2 Blatt	18.05.21

1.2.2 Fundament

Plan-Nr. DE-N21-005-XX-X, Rev. c, Nordex-Dok.-Nr. 2019044IN	
„Schalplan Fundament Ø24.00m“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 1 Blatt	20.05.21
Plan-Nr. DE-N21-006-XX-X, Rev. d, Nordex-Dok.-Nr. 2019044IN	
„Bewehrungsplan Fundament Ø24.00m“, erstellt von Max Bögl Wind AG, 1 Blatt	17.07.21

1.3 Sonstige Unterlagen (gesehen)

2-fach

Standorteignung:

Bericht-Nr. I17-SE-2021-175, Rev. -

„Gutachten zur Standorteignung von Windenergieanlagen nach DIBt 2012 für den Windpark Kladrum Mitte, Deutschland“, erstellt von I17-Wind GmbH & Co. KG, 55 Seiten 14.02.22

Dokument zu Bauvorhaben Nr. kl-23/02/028

„Geotechnischer Bericht über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse für das Bauvorhaben: Errichtung von 4 WEA am Standort WP Kladrum Mitte (WEA 03, WEA 04, WEA 05 und WEA 06)“, erstellt von Baugrundbüro Klein GmbH, 17 Seiten und Anlage 19.06.23

Prüfberichte:

Prüfnr. 3114113-166-d, Rev. 3

„Prüfbescheid für eine Typenprüfung, Objekt: Turm und Fundamente TCS164B-01 (N21), Windenergieanlage Nordex N149/5.X und N163/5.X, Rotorblatt Typ NR74.5-3 und NR81.5-1, Nabenhöhe 164 m, Windzone S, Erdbebenzone 3“ erstellt von TÜV Süd Industrie Service, 9 Seiten 06.12.21

Prüfnr. 3368000-3-d-6, Rev. 2

„Prüfbericht für eine Typenprüfung, Objekt: Prüfung der Standsicherheit – Hybridturm TCS164B-01 (N21), Windenergieanlagen Nordex Delta 4000 N149/5.X und N163/5.X, 164 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3“ erstellt von TÜV Süd Industrie Service, 15 Seiten 03.12.21

Prüfnr. 3423942-1-d-7, Rev. 2

„Prüfbericht für eine Typenprüfung, Objekt: Prüfung der Standsicherheit – Flachgründung, Windenergieanlagen Nordex Delta4000 N149/5.X und N163/5.X, Turm: Hybridturm: TCS164B-01 (N21), Nabenhöhe: 164 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Hier: Ø=24,0 m (rund) mit Auftrieb“ erstellt von TÜV Süd Industrie Service, 8 Seiten 03.12.21

Prüfnr. 3114128-100-d-11, Rev. 1

„Gutachterliche Stellungnahme, Objekt: Bewertung der Konstruktion - Turmkopfflansch, Windenergieanlagen Nordex Delta4000“ erstellt von TÜV Süd Industrie Service, 6 Seiten
02.07.20

Lasten:

Prüfnr. 3368000-1-d-1, Rev. -

„Gutachterliche Stellungnahme, Objekt: Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlage Nordex Delta4000 N149/5.X 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR74.5, optional mit AIS und Serrations, Nabenhöhe 164 m über Geländeoberkante (Turm TCS164B-01 (N21)), WEA-Klasse S und Windzone S, Erdbebenzone 3, hier: Turm- und Fundamentlasten“, erstellt von TÜV Süd Service GmbH, 13 Seiten
26.03.21

Prüfnr. 3430801-1-d-1, Rev. -

„Gutachterliche Stellungnahme, Objekt: Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlage Nordex Delta4000 N163/5.X 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR74.5, optional mit AIS und Serrations, Nabenhöhe 164 m über Geländeoberkante (Turm TCS164B-01 (N21)), WEA-Klasse S und Windzone S, Erdbebenzone 3, hier: Turm- und Fundamentlasten“, erstellt von TÜV Süd Service GmbH, 13 Seiten
19.07.21

Prüfnr. 3114128-15-d-1, Rev. 10

„Gutachterliche Stellungnahme, Objekt: Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlagen Nordex Delta4000 N149/5.X und N163/5.X 50/60 Hz, Rotorblatt Typen NR74.5 und NR81.5, optional mit AIS und Serrations, Nabenhöhen 105 m, 108 m, 118 m, 120 m, 125 m, 135 m, 148 m, 155 m, 159 m und 164 m über Geländeoberkante (Türme TS105-01, TS108-01, TS118-00, TC120N, TS125-03, TS125-04, TS135-01, TS148-00, TS155-02, TS159-00, TCS164N, TCS164V-03 (NV07), TCS164B-01 (N21)), WEA-Klasse S und Windzone S, Erdbebenzone 3, hier: Maschinenbau- und Rotorlasten“, erstellt von TÜV Süd Service GmbH, 23 Seiten
19.07.21

Sonstiges:

Gutachterliche Stellungnahme zum Sicherheitssystem, 19 Seiten	20.10.21
Gutachterliche Stellungnahme zum Rotorblatt, 20 Seiten	11.08.21
Gutachterliche Stellungnahme zum Rotorblatt, 5 Seiten	24.07.20
Gutachterliche Stellungnahme zum Rotorblatt, 5 Seiten	08.11.21
Gutachterliche Stellungnahme zum Rotorblatt, 21 Seiten	02.09.21
Gutachterliche Stellungnahme zum Maschinenbau, 72 Seiten	13.10.21
Gutachterliche Stellungnahme zum Rotorblatt, 21 Seiten	02.09.21
Gutachterliche Stellungnahme zu elektr. Komponenten und Blitzschutz, 57 Seiten	30.11.21
Gutachterliche Stellungnahme zur Lebensdauererlängerung, 8 Seiten	16.12.20
Bauantragsunterlagen, 7 Seiten	-
Lage- und Höhenplan, zug. zu Bauantragsunterlagen, 1 Blatt	18.08.21

2. Baustoffgüten der tragenden Bauteile

2.1 Turmfundament

Beton:	Fundament:	C30/37 XC4, XF1, XD1 gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
	Sockel:	C40/50 XC4, XF1, XD1 gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl:	generell:	B 500 B gem. DIN EN 1992-1-1 /3/

2.2 Hybridturm

2.2.1 Stahlsektionen

Stahl:	Turmwand:	S355 J2+N gem. DIN EN 10025
	Ringflansche:	S355 NL gem. DIN EN 10025 Z25 Güte gem. DIN EN 10164
	Turmfußflansch:	S355 NL gem. DIN EN 10025 Z25 Güte gem. DIN EN 10164
	Schraubengarnituren:	M36-10.9 gem. 14399-4/13/ M56-10.9 gem. DAST-Richtlinie 021/11/
	Gewindebolzen (Adapter):	M64-10.9 gem. DIN EN ISO 898-1/12/
	Ankerring (Adapter):	S355 J2 gem. DIN EN 10025
	Lastverteilplatte (Adapter):	S355 J2 gem. DIN EN 10025

2.2.2 Betonteil

Beton:	Betonfertigteile:	C100/115 XC4, XF1, WF gem. DIN EN 1992-1-1/4/ C80/95 XC4, XF1, WF gem. DIN EN 1992-1-1/4/ Für alle Segmente wird selbstverdichtender Beton gem. DIN EN 206-9 und abZ eingesetzt.
	Vergussmörtel:	≥ C70/85 gem. DIN EN 1992-1-1/4/
Stahl:	Betonstahl:	B500B gem. DIN EN 1992-1-1/4/
	Schrauben in vertikaler Fuge	M24-8.8 gem. DIN EN ISO 4014
	Dübel in horizontaler Fuge	S235 JR+AR
Spannsystem:	24 Spannglieder System SUSPA Draht EX-84, 84 Spannstahldrähte St 1570/1770 mit 38,5 mm ² Nennquerschnitt gem. der zugehörigen allgemeinen Bauartgenehmigungen	

3. Allgemeine Prüfbemerkungen

- 3.1 Die Grüneintragungen in den geprüften Unterlagen sind bei der Bauausführung zu beachten. Es wird bescheinigt, dass die vorliegenden Unterlagen unter Beachtung der Prüfbemerkungen in konstruktiver und statischer Hinsicht vollständig sind.
- 3.2 Eine Ausfertigung der Unterlagen hat ständig auf der Baustelle vorzuliegen. Die Ausführung darf nur nach geprüften Unterlagen erfolgen.
- 3.3 Auf die vollumfängliche Einhaltung der eingeführten technischen Baubestimmungen, insbesondere der normativen Vorgaben zur Ausführung, Qualitätssicherung und Dokumentation sowie Überwachung wird ausdrücklich hingewiesen.
- 3.4 Die Stahlbauteile werden der Ausführungsklasse EXC 3 zugeordnet. Die sich hieraus bedingenden qualitätssichernden Maßnahmen zur Ausführung sind nach normativer / baurechtlicher Vorgabe vorzunehmen. Folgende Nachweise sind vorzulegen:
- Zertifizierungsnachweis über die werkseigene Produktionskontrolle nach EN 1090-1
 - Schweißzertifikat nach EN ISO 3834-2, Standard-Qualitätsanforderungen für EXC 3
- 3.5 Die Stahlbetonbauteile des Fundamentes unterliegen nach DIN EN 13670:2011 und DIN EN 206-1:2000 der Überwachungsklasse 2. Die sich hieraus bedingenden qualitätssichernden Maßnahmen zur Ausführung sind nach normativer / baurechtlicher Vorgabe vorzunehmen. Folgende Nachweise sind vorzulegen:
- Werkseigene Produktionskontrolle inkl. Lieferscheine (Eigenüberwachung)
 - Überwachungsergebnis der unabhängigen Überwachungsstelle (Fremdüberwachung)

Vor Baubeginn ist das Labor zur Ausführung der Fremdüberwachung zu benennen.

- 3.6 Die Überwachung der Bauausführung hinsichtlich der geprüften Standsicherheitsnachweise ist für folgende Bauarbeiten bzw. Bauteile erforderlich:
- Stahlbetonbewehrung jedes Betonierabschnittes nach dem Verlegen
 - Stahlkonstruktion nach Fertigstellung

Die Fertigstellung ist spätestens 2 Arbeitstage vorher anzuzeigen. Die Arbeiten dürfen erst fortgesetzt werden, wenn die Kontrolle erfolgt ist.

Durch vorsätzliche oder fahrlässige Unterlassung der o. a. Anzeigen wird eine Ordnungswidrigkeit begangen. In diesem Fall kann darüber hinaus im Rahmen der Bauüberwachung die Übereinstimmung des Vorhabens mit den Bauvorlagen in bautechnischer Hinsicht nicht bescheinigt werden.

- 3.7 Sofern ein Probetrieb der Anlage vorgesehen ist, so ist dieser mindestens 2 Werktage vorher anzuzeigen.

4. Prüffeststellungen

- 4.1 Am Standort Kladrup werden vier neue Windkraftanlagen des Typs Nordex N163/5.X errichtet.
- 4.2 Die Ausführung der Windkraftanlagen erfolgt als kreisrundes Stahlbetonfundament und einem darauf aufgesetzten Hybridturm.
- 4.3 Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 24,0 m Außendurchmesser mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Zwischen Turmfuß und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet. Die Fundamentplatte wird mit Erdreich überschüttet, um die statisch erforderliche Auflast zu erreichen.

- 4.4 Der Turm TCS164B-01 (N21) der Windenergieanlagen Nordex N149/5.X und N163/5.X besteht aus einem aus Fertigteilen zusammengesetzten, konischen Stahlbetonturm mit Stahlrohraufsatz. Der Betonteil besteht aus 28 Segmenten und einem einteiligen Adapterring, der Stahlrohraufsatz aus 3 Sektionen.

Die konischen Betonfertigteilelemente haben einen kreisförmigen Querschnitt und werden aus Drittelschalen zusammengesetzt. Die horizontalen Fugen zwischen den Betonfertigteilen werden planmäßig trocken ausgeführt. Die Fuge am Turmfuß wird mit Verguss hergestellt. Die vertikalen Fugen der Teilsegmente werden trocken ohne Verbund ausgeführt. Am oberen und unteren Ende der Vertikalfuge befinden sich zwei Kontaktflächen zur Übertragung von Druckkräften, oben und unten werden Schraubenelemente angeordnet.

Der Betonschaft wird mit externen, im Inneren des Turms liegenden Spanngliedern vorgespannt. Die Spannglieder laufen vom obersten Segment des Betonturms bis zur Verankerung im Fundament, die als Ankerstangenkonstruktion mit Ankerplatte ausgeführt ist. Die Verbindung zwischen der unteren Stahlsektion mit dem obersten Betonelement wird als L-förmige Ringflanschverbindung mit vorgespannten Ankerstäben ausgeführt.

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

- 4.5 Die Maße des Turmes sind im Folgenden dargestellt:

Nabenhöhe:	164 m
Gesamtlänge Turm:	159,98 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmfuß:	8,448 m
Außendurchmesser Turmkopfflansch:	3,258 m

- 4.6 Die Prüfung der Standsicherheitsnachweise erfolgte durch die TÜV Süd Industrie Services GmbH. Die dazugehörigen Typenprüfberichte zum Fundament und Hybridturm sowie der Kombination dieser liegen vor.
- 4.7 Die den Berechnungen zugrunde gelegten Beanspruchungen wurden durch eine gutachterliche Stellungnahme der TÜV Süd Industrie GmbH bestätigt.
- 4.8 Die standortbezogenen Randbedingungen wurden ordnungsgemäß berücksichtigt und nachgewiesen.
- 4.9 Die Standorteignung der Windkraftanlagen für den Standort Kladrum, auch im Zusammenspiel mit der Positionierung der Windenergieanlagen im gesamten Windpark, wird durch ein Turbulenzgutachten der I17-Wind GmbH & Co. KG bestätigt. Am Standort gibt es 62 unmittelbar benachbarte Windkraftanlagen, von denen 12 Anlagen vor dem Zubau der 4 neuen Anlagen zurückgebaut werden. Die im Turbulenzgutachten zugrunde gelegten Auslegungswerte der zu betrachtenden Windkraftanlagen wurden durch ein Gutachten bestätigt und stimmen mit den in der Typenstatik angesetzten Lastannahmen überein. Für die 4 geplanten Windkraftanlagen wurde aufgrund der festgestellten Überschreitungen der Turbulenzintensitäten seitens des Herstellers Nordex eine standortspezifische Lastrechnung durchgeführt, welche ergeben hat, dass die Auslegungslasten der WEA nicht überschritten werden. Die durch das Gutachten bescheinigte Standorteignung kann somit bestätigt werden.
- 4.10 Das Turbulenzgutachten untersucht zwei Varianten, um den eventuellen Rückbau einer weiteren, 13. Windkraftanlage zu berücksichtigen.
- 4.11 Bei einem Rückbau einer 13. Anlage werden für die Windkraftanlagen WEA 02 und WEA 03 gem. dem vorliegenden Turbulenzgutachten Tabelle 3.10 zum Schutz von

- Anlagennummer 54 Betriebsbeschränkungen erforderlich. Des Weiteren werden gem. Tabelle 3.19 und 3.20 von Nordex selbst für die Ausführung der Variante 2 Betriebsbeschränkungen vorgegeben.
- 4.12 Unabhängig von der Zubauvariante wurden gem. Tabelle 3.7, 3.8 sowie 3.9 Betriebsbeschränkungen an bestehenden Anlagen, die andere bestehende Anlagen schützen, berücksichtigt.
- 4.13 Die Ausführung des Fundamentes erfolgt entsprechend dem vorliegenden geotechnischen Bericht mit Auftriebssicherung sowie mit bodenverbessernden Zusatzmaßnahmen.
- 4.14 Der maximal zulässige Wasserstand liegt 0,892 m über Fundamentunterkante.
- 4.15 Die Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament wurde im geotechnischen Bericht für jede Windkraftanlage separat untersucht. Die geforderten Mindestwerte von $k_{\varphi,stat} \geq 60 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\varphi,dyn} \geq 300,0 \text{ GNm/rad}$ können für die vier geplanten WEA rechnerisch ohne geotechnische Zusatzmaßnahmen nicht bestätigt werden.
- 4.16 Die maximale Kantenpressung gem. Typenprüfbericht beträgt $\sigma_{k,max} = 258,0 \text{ kN/m}^2$. Gem. geotechnischem Bericht kann der Baugrund die geforderte Kantenpressung ohne geotechnische Zusatzmaßnahmen nicht aufnehmen kann.
- 4.17 Um die Funktionstüchtigkeit der Anlage zu gewährleisten, darf eine Schiefstellung des Fundamentes infolge ungleichmäßiger Baugrundsetzung von 3mm/m von Außenkante zu Außenkante des Fundamentes innerhalb der Auslegungsdauer von 25 Jahren nicht überschritten werden. Gem. Baugrundgutachten kann eine Einhaltung dieser zulässigen Schiefstellung ohne geotechnische Zusatzmaßnahmen nicht bestätigt werden.
- 4.18 Für die Turmschiefstellung wurde anstatt der gem. DIBt vorgeschriebenen 5 mm/m lediglich eine Schiefstellung von 200 mm an der Oberkante des Adapters berücksichtigt. Aufgrund der verschärften Toleranzgrenzen in Herstellung und Montage und der rechnerischen Berücksichtigung der einseitigen Sonneneinstrahlung kann diese Abweichung gem. Typenprüfbericht akzeptiert werden.
- 4.19 Die erste Eigenfrequenz des Hybridturms mit der Turmkopfmasse der N163/5.X liegt innerhalb des Gültigkeitsbereichs von 0,183 Hz bis 0,203 Hz.
- 4.20 Folgende Bau- und Wartungszustände wurden im Rahmen der Nachweise für wirbelerregte Schwingungen berücksichtigt:
- Betonturm ohne Vorspannung: -
 - Vorgespannter Betonturm ohne Stahlsektionen: 6 Monate und $v_{max,10min} \leq 20,8 \text{ m/s}$
 - Vorgespannter Betonturm mit 1. Stahlsektion: 30 Tage und $v_{max,10min} \leq 15,1 \text{ m/s}$
 - Vorgespannter Betonturm mit 2. Stahlsektion: 30 Tage und $v_{max,10min} \leq 11,68 \text{ m/s}$
 - Vollständiger Turm ohne Gondel: 30 Tage und $v_{max,10min} \leq 7,39 \text{ m/s}$
 - Vollständiger Turm und Maschinenkopf: 30 Tage und $v_{max,10min} \leq 4,04 \text{ m/s}$
 - Stillstandzeit der fertiggestellten Anlage: 456 Tage über die Lebensdauer
- 4.21 In der statischen Berechnung wurden die Spannkraftverluste infolge Schwinden, Kriechen und Relaxation über die Lebensdauer berücksichtigt. Ein planmäßiges Nachspannen der Spannglieder ist daher nicht erforderlich.
- 4.22 Die in den Typenprüfberichten angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlagen beträgt 25 Jahre. Die Auslegung gem. Turbulenzgutachten erfolgt jedoch nur für 20 Jahre und ist als maßgebend zu betrachten.

5. Prüfergebnis und Prüfaufgaben

- 5.1 Die Auflagen der Typenprüfberichte sind zu berücksichtigen und umzusetzen.
- 5.2 Die Fundamente sind als Flachgründungen mit Gründungspolster zu errichten.
- 5.3 Gem. geotechnischem Bericht sind für eine fachgerechte und ausreichend tragfähige Gründung für alle vier WEA zwingend bodenverbessernde Maßnahmen vorzunehmen.
- 5.4 Die erdstatischen Nachweise für die bodenverbessernden Maßnahmen sind vor Baubeginn durch die bauausführende Firma zur Prüfung vorzulegen. Bei der Berechnung sind die standortbezogenen Parameter gem. Baugrundgutachten zu verwenden bzw. zu berücksichtigen.
- 5.5 Bei der Dimensionierung der bodenverbessernden Maßnahmen sind die folgenden Polstermächtigkeiten zu berücksichtigen:

Standort	UK-Bodenverbesserung	UK-Polster	OK-Polster	Mächtigkeit-Polster
WEA 03	ca. 6,0 m	2,00 m	0,99 m	1,00 m
WEA 04	ca. mind. 11 bis 14 m	2,00 m	0,99 m	1,00 m
WEA 05	ca. mind. 3 bis 10 m	2,00 m	0,99 m	1,00 m
WEA 06	ca. mind. 2 bis 7 m	2,00 m	0,99 m	1,00 m

Der Verfahrensweg für die Fundamentherstellung gem. Baugrundgutachten Pkt. 5.1 ist zwingend zu berücksichtigen und umzusetzen.

- 5.6 Vor Baubeginn sind Nachweise zur Einhaltung der Drehfedersteifigkeiten, Kantenpressung und der zulässigen Schiefstellung zur Prüfung vorzulegen.
- 5.7 Die in den Typenprüfberichten angenommenen Baugrundverhältnisse sowie die auszuführenden Bodenverbesserungsmaßnahmen sind von einem Bodengutachter vor Ort zu überprüfen und zu bestätigen. Folgende Nachweise sind durch Vorlage entsprechender Protokolle zu erbringen:
 - Einhaltung der erforderlichen Mindestwerte für die statische und dynamische Drehfedersteifigkeit in der Sohlfuge,
 - Ausreichende Tragfähigkeit der Baugrubensohle vor dem Aufbringen der Sauberkeitsschicht. Hiermit verbunden ist die Bestätigung der Einhaltung der zulässigen Sohlpressung.
- 5.8 Nach der Herstellung der bodenverbessernden Maßnahmen (Rüttelstopfsäulen) sind zur Bestätigung einer ausreichenden Tragfähigkeit Probelastungen durchzuführen. Die Protokolle der Probelastungen sind zur Prüfung vorzulegen.
- 5.9 Die Hinweise zur Ausführung der Baugrube sowie zur Wasserhaltung gem. Baugrundgutachten sind zu berücksichtigen.
- 5.10 Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärme sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu treffen.
- 5.11 Die minimale Wichte des Fundamentkörpers gem. Typenprüfbericht von 23,7 kN/m³ sind durch eine entsprechende Qualitätssicherung auf der Baustelle eindeutig nachzuweisen.
- 5.12 Infolge der Reduzierung des Vorhaltemaßes der Betondeckung der Fertigteilsegmente ist eine erhöhte Qualitätskontrolle gem. DIN EN 1992-1-1/NA, 4.4.1.3 (3) bei der Herstellung umzusetzen.
- 5.13 Aufgrund der Reduzierung des Teilsicherheitsbeiwertes des Betons auf $\gamma_{c,red} = 1,35$ sind gem. DIN EN 1992-1-1/4/, A.2.3 Maßnahmen zur erhöhten Qualitätssicherung erforderlich.

- Die Maßnahmen sind vom Hersteller in Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsstelle festzulegen und zu dokumentieren.
- 5.14 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.
 - 5.15 Für das Vorspannen der Spannglieder ist die Spannanweisung heranzuziehen. Es ist ein Spannprotokoll anzulegen.
 - 5.16 Für das Spannen der Ankerschrauben ist die Spannanweisung heranzuziehen. Es ist bei beiden Vorspannstufen eine Qualitätskontrolle des Anziehvorgangs nach DIN EN 1090-2/10/, 12.5.2 durchzuführen, um eine stichprobenartige Überprüfung des erzielten Vorspannniveaus sicherzustellen.
 - 5.17 Schweißungen an der Bewehrung sind nicht zulässig. Ausgenommen davon ist die Montagebewehrung.
 - 5.18 Die Kerbfallkategorien gem. Prüfbericht Nr. 3368000-3-d-6, Punkt 5 Kerbfallkategorien sind zu berücksichtigen.
 - 5.19 Der Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit $f_{cd,fat}$ wurde abweichend vom Eurocode und abweichend von der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-3.51-2036 mit einem Versprödungsfaktor von 1,0 angesetzt. Dieser Rechenwert ist durch eine Aktualisierung der abZ oder durch einen entsprechenden bautechnischen Nachweis zu bestätigen, andernfalls sind neue Berechnung zu Ermüdung vorzulegen.
 - 5.20 Bis zum Beginn der Ermüdungsbeanspruchung muss der Adapter mindestens 90 Tage alt sein.
 - 5.21 Alle Innenausbauten und Besteigeeinrichtungen sind entsprechend den anerkannten Regeln der Technik und den Anforderungen des Arbeitsschutzes auszubilden. Der Bauherr ist für die Einhaltung dieser Anforderungen verantwortlich. Die vorgegebenen Kerbfallkategorien sind zu beachten.
 - 5.22 Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung zu überdecken. Das im Plan spezifizierte Gesamtgewicht ist einzuhalten und über den gesamten Umfang gleichmäßig zu verteilen. Die Ausführung der Überschüttung muss in Abstimmung mit dem Bodengutachter gewählt werden.
 - 5.23 Die Betriebsbeschränkungen gem. dem Turbulenzgutachten sind zwingend zu berücksichtigen.
 - 5.24 Die Eigenfrequenz des Turmes liegt im Bereich möglicher Erregerfrequenzen der Anlage. Die Anlage ist daher mit einer betrieblichen Schwingungsüberwachung auszurüsten, die in der Lage sein muss, auftretende Schwingungen entsprechend den Annahmen in den Typenstatiken zu begrenzen. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen nicht berücksichtigt wurden, oder die Abweichung der 1. Turmeigenfrequenz mehr als $\pm 5\%$ von der lt. Statik einzuhaltenden Eigenfrequenz betragen, so sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls neue Berechnungen zur Prüfung vorzulegen.
 - 5.25 Bei Nichteinhaltung der zeitlichen Begrenzung der einzelnen Bauzustände gemäß den Typenprüfberichten sind Maßnahmen gegen wirbelerregende Querschwingungen zu treffen. Die Standsicherheit der Konstruktionsteile und des Gesamtbauwerks muss durch geeignete Sicherungsmaßnahmen in jeder Phase gewährleistet werden.

- 5.26 Die Bau- und Wartungszustände sind ohne weitere Nachweise auf die unter Pkt. 4.18 genannten Zeiträume zu begrenzen.
- 5.27 Die planmäßige Vorspannung der Schrauben und Ankerbolzen ist nach Inbetriebnahme gem. den Vorgaben der DIBt-Richtlinie erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen. Wenn die 2. Vorspannstufe innerhalb dieses Zeitraums aufgebracht wird, kann die zuvor genannte Prüfung hierdurch ersetzt werden. Die Protokolle des Vorspannens und der eines etwaigen Nachspannens der Schraubverbindungen sind zur Einsichtnahme vorzulegen.
- 5.28 Die Schlussüberwachung erfolgt erst bei Vorliegen sämtlicher Gütenachweise sowie der in diesem Prüfbericht aufgeführten Protokolle.
- 5.29 Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen sind zu beachten.
- 5.30 Vor dem Baubeginn sind noch folgende Unterlagen einzureichen:
- Unterlagen zu Pkt. 5.14 dieses Prüfberichtes:
Aktualisierung der abZ oder bautechnischer Nachweis oder neue Berechnung zur Ermüdung

6. Zusammenfassung

Die vorliegenden Unterlagen sind vollständig.

Die standortbezogenen Parameter wurden ordnungsgemäß berücksichtigt und nachgewiesen.

Gegen die Erteilung der Genehmigung für die vier Windkraftanlagen für eine Betriebsdauer von 20 Jahren besteht unter Beachtung der Prüfbemerkungen und Typenprüfberichte aus statischer Sicht keine Bedenken.

Die Prüfung wird fortgesetzt.



A handwritten signature in green ink, consisting of several loops and a trailing line.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bittermann
Prüfsingenieur für Standsicherheit

An der Prüfung beteiligt waren:

Nadine Lauckner (03841 – 30 47 507)

Verteiler: 1. Ausf. Bauordnung (Prüfexemplar)
 2. Ausf. Bauherr, über Bauordnung
 3. Ausf. Hersteller, sofern bekannt
 4. Ausf. Prüfsingenieur (zu den Akten)