

S-N / 180147-2

Nürnberg 22.11.2018
0911 81771-301

Prüfbericht zur Typenprüfung

Gegenstand: Windenergieanlage eno126 137mHH 4.0 MW
Nabenhöhe 137 m
WZ 4, GK II (DIBt-Richtlinie 2012)

Hier: Flachgründung mit Auftrieb
Kreisfundament $d = 22,60$ m
Betonstahl B500B

Auftraggeber: eno energy systems GmbH
Swienskühlenstr. 5
18147 Rostock

Auftrag vom: 17.05.2018

Hersteller: eno energy systems GmbH
Swienskühlenstr. 5
18147 Rostock

Ersteller der statischen Unterlagen:

Andreas Kiehn UG Rosenthaler Weg 13 21389 Neetze	(Statische Berechnung, Zeichnungen)
eno energy systems GmbH Swienskühlenstr. 5 18147 Rostock	(Zeichnungen)

Geltungsdauer: Bis 30.11.2023

Revision	Datum	Änderungen
0	22.11.2018	Erstausgabe

1 Prüfungsunterlagen

1.1 Statische Berechnung:

- 1.1.1 Unterlage ENO 114 / ENO 126
Fundament für Stahlrohrturm 142m HH / 137m HH
Grundwasserstand auf 0.0m unter GOK
IEC ed. 3 TC IIA / DIBt WZ 4 GK 2 (2012) Rev. 0
vom 30.05.2017
Seite 1 – 95

1.2 Konstruktionszeichnungen:

- 1.2.1 Plan Nr. 181029 ENO126 137m Fundament mit GW rev2.idw, Blatt 1
Flachgründung, Übersicht Schalplan Rev. 1
vom 27.11.2017
- 1.2.2 Plan Nr. 181029 ENO126 137m Fundament mit GW rev2.idw, Blatt 2
Flachgründung, Übersicht Bewehrung Rev. 2
vom 29.10.2018
- 1.2.3 Plan Nr. 181029 ENO126 137m Fundament mit GW rev2.idw, Blatt 3
Flachgründung, Übersicht Bewehrung 2 Rev. 0
vom 15.06.2016
- 1.2.4 Plan Nr. 181029 ENO126 137m Fundament mit GW rev2.idw, Blatt 4
Flachgründung, Verankerung Rev. 2
vom 27.11.2017
- 1.2.5 Plan Nr. 100862501
Fundament eno114 – 142m HH, eno126 – 137m HH (Ankerkorb) Rev. 1
vom 27.05.2016
- 1.2.6 Plan Nr. 101029500
Ankerplatte 142m NH Rev. 0
vom 10.11.2015
- 1.2.7 Plan Nr. 100831001
Ankerbolzen M42 x 3725 Rev. 1
vom 28.05.2015

1.3 Sonstige Unterlagen:

- 1.3.1 Report Nr. 2016-88
der Aerodynamik Consult GmbH,
Load Assessment for the Wind Energy Turbine eno 126 137mHH 4.0 MW
IEC ed3 TC IIA / DIBt WZ 4 GK 2 (2012) Rev. 2.1
vom 19.05.2017
113 Seiten
- 1.3.2 Gutachterliche Stellungnahme Nr. R11927558-1-de
der DEWI-OCC Offshore and Certification GmbH,
Lastannahmen für die Windenergieanlage eno126 Rev. 0
vom 30.10.2017
10 Seiten
- 1.3.3 Prüfbericht zur Typenprüfung Nr. S-N / 180147-1
der LGA, Prüfamt für Standsicherheit Nürnberg
Windenergieanlage eno126 137mHH 4.0 MW,
Nabenhöhe 137 m
WZ 4, GK II (DIBt-Richtlinie 2012) Rev. 0
vom 22.11.2018

1.4 Grundlegende Unterlagen:

1.4.1 Die gültigen technischen Regeln, insbesondere:

- DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung 10.2012
- DIN EN 61400-1: 2011-08, Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005+ A1:2010)
- DIN EN 1992-1-1: 2011-01 + NA: 2011-01, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1993-1-1: 2010-12 + NA: 2010-12 + A1:2014-07, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1993-1-6: 2010-12 + NA: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalentragwerken
- DIN EN 1993-1-9: 2010-12 + NA: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Teil 1-9: Ermüdung
- DIN EN 1997-1: 2009-09 + NA: 2010-12, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: allgemeine Regeln
- DIN EN 1998-1: 2010-12 + NA: 2011-01 + A1:2013-05, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten

2 **Baubeschreibung und Inhalt der geprüften Unterlagen**

2.1 Baubeschreibung:

Turm:

s. Prüfbericht Turm (Ziff. 1.3.1)

Fundament:

Das flach gegründete Kreisringfundament ist ausgelegt für die Windenergieanlage eno126 137mHH 4.0 MW mit spezifizierten Einwirkungen.

Das Fundament besteht aus Sporn und Sockel. Der Sporn ist an der Außenkante 0,60 m hoch und hat einen Außendurchmesser von 22,60 m. Er steigt bis zu einer Höhe von 2,15 m an der Außenkante des Sockels an. Im Sockelbereich beträgt die Höhe 3,35 m.

Der rund 137 m hohe Turm der WEA (Nabenhöhe über OK Sockel) wird mittels Fundamentankerorb mit dem Fundamentsockel verbunden: Die Einleitung der Lasten in das Fundament erfolgt über einen kreisförmigen T-Flansch (b/t = 400 / 90 mm, Fußflansch) und 160 vorgespannten Ankern M42 10.9. Die Zuglasten werden durch die Anker an die untere Ankerplatte (b/t = 350 / 75 mm) weiter- und von dieser als Druckspannungen in das Fundament eingeleitet.

Die Drucklasten werden über den Fußflansch als Druckspannungen in den Fundamentsockel eingeleitet.

2.2 Inhalt der geprüften Unterlagen:

- Statische Berechnungen und Konstruktionszeichnungen des Fundaments zum Stahlurm der Windenergieanlage eno126 137mHH 4.0 MW

3 Einwirkungen

- 3.1 Eigenlasten nach DIN EN 1991-1-1 + NA:2010-12
- 3.2 Lasten aus gesamtdynamischer Berechnung nach Angabe aus den zertifizierten Lastberechnungen von Aerodynamik Consult GmbH, erstellt für die Windlastzonen
eno126 137mHH 4.0 MW: DIBt (2012) Windzone 4, Geländekategorie II
- 3.3 Schiefstellung des Turms von 8 mm/m
- 3.4 Erdbebenlasten nach DIN EN 1998-1 + NA:2010-12
Erdbebenzone 0

4 Baustoffe

- 4.1 Beton C35/45 (Fundament)
 C80/95 (Vergussmörtel)
- 4.2 Betonstahl B500B
- 4.3 Baustahl S355J2 (Ankerplatte)
- 4.4 Anker Festigkeitsklasse 10.9

5 Baugrund und Grundwasserverhältnisse

- 5.1 Für die Boden-Bauwerk-Interaktion wurde der Boden als Feder mit definierten Steifigkeiten modelliert. Die Typenprüfung ist daher nur gültig für Untergrundverhältnisse, die die Einhaltung der folgenden Federkennwerte gewährleisten:

Drehfedersteifigkeit: $k_{\phi, \text{dyn}} = 140000 \text{ MNm/rad}$
 $k_{\phi, \text{stat}} = 28000 \text{ MNm/rad}$

- 5.2 Der Boden muss einen zulässigen Sohldruckwert von rund $\sigma \geq 260 \text{ kN/m}^2$ und einen Sohlreibungswinkel $\delta_{sk} \geq 7^\circ$ aufweisen
- 5.3 Die maximale Schiefstellung des Fundaments (Setzungsdifferenz) infolge ungleichmäßiger Baugrundsetzung ist zu begrenzen: Sie darf maximal 67 mm (= 3mm/m) von Außenkante zu Außenkante des Fundaments innerhalb der Auslegungsdauer von 20 Jahren betragen.
- 5.4 Der maximale Grundwasserstand liegt auf GOK
- 5.5 Die Einhaltung dieser Anforderungen ist durch einen Sachverständigen für Geotechnik zu bescheinigen.

6 Prüfergebnis

- 6.1 Die geprüften Unterlagen nach Ziffer 1.1 und 1.2 entsprechen hinsichtlich der Standsicherheit in statischer Hinsicht den eingeführten Technischen Baubestimmungen. Sie sind vollständig und richtig.
- 6.2 Gegen die Ausführung der durch die geprüften Konstruktionszeichnungen erfassten Bauteile bestehen, unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise, hinsichtlich der Standsicherheit, keine Bedenken.

7 Besondere Hinweise

- 7.1 Teile der statischen Berechnung wurden durch unabhängige Vergleichsrechnungen geprüft. Dabei wurden die Ausgangswerte und die für die Beurteilung der Tragfähigkeit erforderlichen Endergebnisse überprüft.
- 7.2 Die Beanspruchungen des Fundaments für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wurden aus den gesamtdynamischen Berechnungen der Aerodynamik Consult GmbH entnommen. Diese Lasten wurden durch die DEWI-OCC GmbH geprüft und zertifiziert; sie werden somit als richtig vorausgesetzt.
Die in den Lastgutachten beschriebenen regelungstechnischen Randbedingungen müssen im Betrieb eingehalten werden.
Turm und Fundament wurden für eine Lebensdauer von 20 Jahren bemessen.
- 7.3 Die unter Ziff. 5 berücksichtigten Untergrundverhältnisse und daraus resultierenden Kennwerte der rechnerisch angesetzten Bodenfeder sind durch einen geotechnischen Untersuchungsbericht zu belegen.
- 7.4 Für die Ausführung gilt die DIBt-Richtlinie (2012) in Verbindung mit DIN 1045-3.
- 7.5 Die Standsicherheit des Turms ist im Rahmen des Prüfberichts des Turms behandelt.
Der Fundamentankerkorb - inkl. T-Flansch, Gewindestäbe und Druckplatte - ist Bestandteil dieses Prüfberichts.
- 7.6 Im Rahmen der Ermüdungsnachweise wurde für die Erstbelastung (Inbetriebnahme) die Einhaltung der Betonfestigkeit f_{ck} der jeweiligen Betongüte (C25/30 bzw. C40/50) nach DIN EN 1992-1 Tab. 3.1 angesetzt. Dieser Wert ist im Rahmen der Inbetriebnahme einzuhalten (Inbetriebnahme nach $\geq 28d$).
- 7.7 Zur Berücksichtigung der Auswirkungen durch Kriechen und Schwinden beim Nachweis des Ankerkorbes wurde von folgenden Prüfintervallen der Vorspannung der Anker ausgegangen:
 - 3 Monate nach Errichtung
 - 15 Monate nach Errichtung

Diese Prüfzyklen sind einzuhalten.

8 Für den Bauantrag im Einzelfall erforderliche Unterlagen

- 8.1 Vorliegender Prüfbericht zur Typenprüfung SN / 180158-2
- 8.2 Konstruktionszeichnungen gem. Ziffer 1.2
- 8.3 Geotechnischer Bericht
- 8.4 Abnahme und Kontrollprüfung der Gründungssohle durch den Ersteller des geotechnischen Berichts.

9 Sonstige Bemerkungen

- 9.1 Die statische Typenprüfung ersetzt weder eine ggfs. erforderliche Baugenehmigung, noch andere für die Ausführung von Bauvorhaben erforderliche öffentlich-rechtliche Gestattungen.
- 9.2 Diese statische Typenprüfung entbindet den Anwender zwar von der nochmaligen statischen Prüfung der Berechnungsunterlagen, nicht jedoch von der Verpflichtung, im Einzelfall die Übereinstimmung mit den Voraussetzungen und Anwendungsgrenzen der Typenprüfung zu überprüfen.
- 9.3 Die geprüften Unterlagen dürfen nur in der vom Prüfamt genehmigten Originalfassung verwendet oder veröffentlicht werden. In Zweifelsfällen sind die beim Prüfamt für Standsicherheit befindlichen geprüften Unterlagen maßgebend.
- 9.4 Die Geltungsdauer dieser Typenprüfung kann auf Antrag jeweils um 5 Jahre verlängert werden, wenn dieses vor Ablauf der Frist schriftlich beantragt wird.
- 9.5 Sollten sich vor Ablauf der Geltungsdauer der Typenprüfung wesentliche Änderungen ergeben
 - in statisch konstruktiver Hinsicht
 - hinsichtlich der Nutzungsart
 - hinsichtlich der dieser statischen Typenprüfung zugrunde liegenden technischen Baubestimmungen, Zulassungen oder bautechnischen Erkenntnisse,

so hat der Inhaber der Typenprüfung dies beim Prüfamt anzuzeigen. Das Prüfamt entscheidet dann über das weitere Vorgehen.

Der Bearbeiter



Dipl.-Ing. M. Gehlhaar
Baurat

Der Leiter:



Dipl.-Ing. P. Hofmann
Baudirektor