12.6 Bautechnische Nachweise

Anhänge:

- Anschreiben LK Vechta vom 11.08.2021
- Typenprüfung ENERCON E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

WINDPARK KRIMPENFORT GmbH & Co. KG

Windpark Krimpenfort GmbH & Co. KG
Krimpenforter Str. 10 a, 49393 Lohne

Steuernummer 68/208/04664
Umsatzsteuer-Identifikationsnummer
DE311200544

An den
Landkreis Vechta
Amt für Bauordnung und Immissionsschutz
Herrn Andreas Espelage
Ravensberger Straße 20
49377 Vechta

Lohne-Krimpenfort,
11. August 2021
Ansprechpartner:
Martin Laudenbach
Telefon: 04442-803324
Mobil: 0171-6065778
Fax: 04442-803363

Antrag nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zur Errichtung von einer Windenergieanlage vom Typ ENERCON E-147 EP5 E2 5,0MW

63.03575-2020-11

Sehr geehrter Herr Espelage,

anbei erhalten Sie die gewünschten Nachforderungen laut E-Mail vom 23.09.2020 in 3-facher Ausfertigung:

- Punkt 12.6.1: Statische Berechnung

Mit freundlichen Grüßen

Windpark Krimpenfort GmbH & Co. KG
Martin Laudenbach
Krimpenforter Straße 10a
49393 Lohne
Telefon: 04442-803324
Fax: 04442-803363
Mobil: 0171-6065778
E-Mail: martin.laudenbach@gmx.de

Windpark Krimpenfort
GmbH & Co. KG
Martin Laudenbach
Krimpenforter Straße 10a
49393 Lohne
Mobil: 0171-606 5778
E-Mail : martin.laudenbach@gmx.de

Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentationen

ENERCON

E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
D - 26605 Aurich
Telefon: 0 49 41 – 927–0
Telefax: 0 49 41 – 927–109

Rev. 0

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

1 Prüfbescheid zur Typenprüfung T-7022/20 Rev. 1 vom 08.06.2021

2 Modularer Stahlturm T-7022/20-1 Rev. 0 vom 07.12.2020

2.1 **Zusammenstellungsplan Turm** **20-014758**

2.2 **Zusammenstellungsplan Turm** **20-014745**

3 Flachgründung mit Auftrieb ∅ 26,30 m T-7022/20- 2 Rev. 0 vom 21.01.2021

3.1 **Schalplan** **D0984368-1**

3.2 **Bewehrungsplan 1** **D0984369-1**

3.3 **Bewehrungsplan 2** **D0984370-1**

3.4 **Bewehrungsplan 3** **D0984371-1**

3.5 **Fundamentdatenblatt** **D0899480-5**

4 Tiefgründung mit Auftrieb ∅ 22,30 m T-7022/20- 3 Rev. 0 vom 08.06.2021

4.1 **Schalplan Variante A** **D0984395-1**

4.2 **Schalplan Variante B** **D0984396-1**

4.3 **Schalplan Variante C** **D0984397-1**

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

4.4 **Bewehrungsplan 1** **D0984401-1**

4.5 **Bewehrungsplan 2** **D0988598-1**

4.6 **Bewehrungsplan 3** **D0988599-0**

4.7 **Fundamentdatenblatt** **D0978609-3**

5 Zusammenstellung der Gutachtlichen Stellungnahmen

5.1 **Lastannahmen** **8118329386-1 D II Rev.0 vom 20.11.2020**

5.2 **Sicherheitssystem und Handbücher** **8116000195- 2 D Rev.5 vom 31.05.2021**

5.3 **Rotorblatt** **8116090508- 3 D Rev.4 vom 03.03.2021**

5.4 **Maschinenbauliche Komponenten** **8116090508- 4 D Rev.6 vom 20.05.2021**

5.5 **Elektrische Komponenten und Blitzschutz** **8114242475- 5 D Rev.4 vom 01.03.2021**

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

6 Revisionstabelle

Datum	Änderung
15.06.2021 Rev. 0	**Dokument erstellt** **1 Prüfbescheid zur Typenprüfung 7022/20 Rev. 1 vom 08.06.2021** **2 Modularer Stahlturm T-7022/20- 1 Rev. 0 vom 07.12.2020** 2.1 Zusammenstellungsplan Turm D0691959-1 2.2 Zusammenstellungsplan Turm D0691960-1 **3 Flachgründung mit Auftrieb ∅ 26,30 m T-7022/20 - 2 Rev. 0 vom 21.01.2021** 3.1 Schalplan D0984368-1 3.2 Bewehrungsplan 1 D0984369-1 3.3 Bewehrungsplan 2 D0984370-1 3.4 Bewehrungsplan 3 D0984371-1 3.5 Fundamentdatenblatt D0899480-5 **4 Tiefgründung mit Auftrieb ∅ 22,30 m T-7022/20-3 Rev. 0 vom 08.06.2021** 4.1 Schalplan Variante A D0984395-1 4.2 Schalplan Variante B D0984396-1 4.3 Schalplan Variante C D0984397-1 4.4 Bewehrungsplan 1 D0984401-1 4.5 Bewehrungsplan 2 D0988598-1 4.6 Bewehrungsplan 3 D0988599-0 4.7 Fundamentdatenblatt D0978609-3 **5 Zusammenstellung der Gutachtlichen Stellungnahmen** 5.1 Lastannahmen 8118329386-1 D II Rev.0 vom 20.11.2020 5.2 Sicherheitssystem und Handbücher 8116000195-2 D Rev.5 vom 31.05.2021 5.3 Rotorblatt 8116090508-4 D Rev.4 vom 03.03.2021 5.4 Maschinenbauliche Komponenten 8116090508-4 D Rev.6 vom 20.05.2021 5.5 Elektrische Komponenten und Blitzschutz 8114242475-5 D Rev.4 vom 01.03.2021

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

TÜV NORD CERT GmbH
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

Essen, 08.06.2021

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II

Prüfbescheid Nr.:	T-7022/20 Rev. 1
Typenentwurf:	Stahlrohrturm und Fundament für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Antragsteller und Kooperationspartner:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	31.03.2026

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur durch eine vorherige, schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

Der Prüfbescheid umfasst 11 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	09.03.2021	Erstausgabe
1	08.06.2021	- Kooperationsparter auf Deckblatt ergänzt - Tiefgründung mit Auftrieb ergänzt (geprüft in [4.2.3], beschrieben unter 5.3) - Parameter- und Ergänzungsdokumente für das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem [4.3.2] ergänzt. - Neue Revision der gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.2] und [4.4.4] - Anpassung Fußnote Tabelle 5.1 - Redaktionelle Änderungen

TÜV NORD Zertifizierung

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Bestimmungen 4
2 Einleitung 4
2.1 Beschreibung von Änderungen 4
3 Prüfgrundlagen 5
4 Dokumente 5
4.1 Anlagen zum Prüfbescheid 5
4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung 6
4.3 Dazugehörige Dokumente 6
4.4 Gutachtliche Stellungnahmen 7
5 Beschreibung 8
5.1 Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 8
5.2 Flachgründung mit Auftrieb, D=26,30 m 8
5.3 Tiefgründung mit Auftrieb, D=22,30 m 8
6 Umfang der Prüfung 9
7 Baustoffe 9
8 Bemerkungen 10
9 Auflagen 10
10 Zusammenfassung 11

1 Allgemeine Bestimmungen

Diese Typenprüfung entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung und seinen unter Punkt 4 aufgeführten Prüfberichten zur Typenprüfung übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder seinen unter Punkt 4 aufgeführten Prüfberichten zur Typenprüfung ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

Der Prüfbescheid ersetzt nicht die Bestätigung des Auflagenvollzugs. Des Weiteren ersetzt er keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

Diese Typenprüfung darf nur vollständig und nicht in Auszügen verwendet oder veröffentlicht werden.

Dieser Prüfbescheid gilt nur in Verbindung mit den unter Punkt 4 genannten Prüfberichten zur Typenprüfung und gutachtlichen Stellungnahmen.

Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieses Prüfbescheids zur Typenprüfung ist ein Antrag erforderlich.

Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH vorbehalten.

2 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung des modularen Stahlrohrturms E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 und der zugehörigen Fundamente, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurden.

2.1 Beschreibung von Änderungen

Mit der Revision 1 des Prüfbescheids werden die folgenden Änderungen berücksichtigt:

- Es wird die im Abschnitt 5.3 beschriebene Tiefgründung mit Auftrieb (D=22,30 m) ergänzt (geprüft in [4.2.3]).
- In der Fußnote „*“ der Tabelle 5.1 wurde der Hinweis zum Rotorblatt abgeändert, da in einigen Lastdokumenten das Rotorblatt LM71.8P als Gen B bezeichnet wird. Die Unterschiede zwischen den Blattvarianten Gen B und Gen C sind kleiner 0,2 % bezogen auf die Eigenfrequenzen, Masse und das statische Moment. Daher sind die geprüften Lastannahmen unverändert gültig.
- Anstelle einer neuen Revision der gutachtliche Stellungnahme [4.4.3] zur Aufnahme der Rotorblattvariante Gen C, wurden lediglich die Tabellen 4.1 und 4.2 in gutachtlicher Stellungnahme [4.4.3] bzgl. der Rotorblattbezeichnung verändert und eine Austauschseite (Seite 9‘‘) erstellt.

- Zusätzliche Parameter- und Ergänzungsdokumente für das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem ergänzt.
- Die folgenden, gutachtlichen Stellungnahmen liegen in einer neuen Revision vor:
  - Sicherheitssystem und Handbücher [4.4.2]
  - Maschinenbauliche Komponenten [4.4.4]

3 Prüfgrundlagen

[3.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[3.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

Ferner gelten die in den Prüfberichten zur Typenprüfung genannten Prüfgrundlagen.

4 Dokumente

4.1 Anlagen zum Prüfbescheid

Folgende Anlagen beschreiben die Windenergieanlage dieser Typenprüfung:

Übersichtszeichnungen

Anlage Nr. 1 Lagerwey Wind BV:
„E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01“, Dokument-Nr.: M00-C7-20-000193, Blatt 4 von 6, Rev. C, Datum: 09.12.2019

Anlage Nr. 2 Lagerwey Wind BV:
„E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01“, Dokument-Nr.: M00-C7-20-000193, Blatt 5 von 6, Rev. C, Datum: 09.12.2019

Anlage Nr. 3 Lagerwey Wind BV:
„E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01“, Dokument-Nr.: M00-C7-20-000193, Blatt 6 von 6, Rev. C, Datum: 09.12.2019

Anlagenbeschreibung

Anlage Nr. 4 Lagerwey Wind BV:
„Data sheet / Datenblatt EP5 E-147 E2, 5.0MW-126m MST2 wind class IIA“, Dokument-Nr.: M00-C2-30-10956-R0, Rev. 0, Datum: 17.09.2020

4.2 Prüfberichte zur Typenprüfung

[4.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II,
- Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 -“,
Prüfbericht Nr.: T-7022/20-1 Rev. 0, Datum: 07.12.2020

[4.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II,
- Flachgründung mit Auftrieb, D=26,30 m -“,
Prüfbericht Nr.: T-7022/20-2 Rev. 0, Datum: 21.01.2021

[4.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II,
- Tiefgründung mit Auftrieb, D=22,30 m -“,
Prüfbericht Nr.: T-7022/20-3 Rev. 0, Datum: 08.06.2021

4.3 Dazugehörige Dokumente

<u>Betriebsführungs- und Sicherheitssystem</u>

[4.3.1] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem:
„EP5 Description Operation and Safety System“,
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050302-R0, Rev. 0, Datum: 15.01.2020

[4.3.2] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Ergänzung):
„L147 wind turbine controller – P5200 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0 Supplement”
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050360-R0
Rev. R0, Datum: 04.09.2020

[4.3.3] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Parameter):
„L147 P5200 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0 Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown”, Dokument-Nr.: M00-C2-30-050407-R0,
Rev. R0, Datum: 04.09.2020

Auslegungslasten

[4.3.4] Lagerwey Wind BV:
„Load report, Rotor blade LM718P_1b, Covering operating and extreme loads for the Rotor blade LM718P_1b with Machine E-147 EP5 E2 as per DIBt and IEC", Dokument Nr.: D0991589-0, Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[4.3.5] Lagerwey Wind BV:
„Load report, Machine E-147 EP5 E2, Covering fatigue and extreme loads for the E-147 EP5 E2 with the rotor blade LM718P_1b as per DIBt und IEC", Dokument Nr.: D0991590-0, Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[4.3.6] Lagerwey Wind BV:
„Load report, Tower E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Covering fatigue and ultimate loads for the tower E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 of the WEC E-147 EP5 E2 with the rotor blade LM71_8P as per DIBt and IEC",
Dokument Nr.: D0991594-0, Rev. 0, Datum: 31.08.2020

4.4 Gutachtliche Stellungnahmen

[4.4.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage E-147 EP5 E2, RB LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01), DIBt WZ 3 (S), GK II,
- Lastannahmen -",
TÜV NORD Bericht-Nr.: 8118329386-1 D II Rev. 0, Datum: 20.11.2020

[4.4.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage Lagerwey LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012),
- Sicherheitssystem und Handbücher-",
Bericht Nr.: 8116 000 195 - 2 D Rev. 5, Datum: 31.05.2021

[4.4.3] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage Lagerwey/ENERCON L147 LP4 / E-147 EP5 und E-147 EP5 E2, verschiedene Konfigurationen, - Rotorblatt LM71.8P -",
Bericht Nr.: 8116090508-3 D, Rev. 4, Datum: 03.03.2021

[4.4.4] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen-plattform LP4 / EP5, - Maschinenbauliche Komponenten -",
Bericht Nr.: 8116090508-4 D Rev. 6, Datum: 20.05.2021

[4.4.5] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage Lagerwey LP4 / EP5 Plattform, - Elektrische Komponenten und Blitzschutz -",
Bericht Nr.: 8114242475 - 5 D Rev. 4, Datum: 01.03.2021

5 Beschreibung

5.1 Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Der Stahlrohrturm mit einer Höhe von 123,093 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch) ist aus gekanteten Blechen hergestellt. Der Turm besteht aus 12 Sektionen, die durch vorgespannte Schraubverbindungen miteinander verbunden sind. Die oberste Sektion ist eine geschweißte Konstruktion mit einem unteren polygonalen Kegel und einem oberen runden Zylinder. Die unteren 11 Sektionen bestehen jeweils aus einzelnen Blechen, deren Längsfugen mit vorgespannten Schrauben verbunden sind. Die 11 Sektionen haben einen polygonalen Querschnitt mit jeweils 48 Kanten (7,5° Winkel).

Die unterste Sektion (Flanschsegment) ist durch einen angeschweißten T-Flansch und 2 x 120 vorgespannte Ankerbolzen M36-10.9 mit dem Fundament verbunden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Turms berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Rotor-Ø	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	Gondel-masse
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P Gen C*	147 m	WZ S	GK II	284.416 t

Tabelle 5.1: Geprüfte Konfiguration für Turmnachweise

*) Das Rotorblatt LM71.8P Gen C ist mit aerodynamischen Anbauteilen (Serrations Mk. II, Vortexgeneratoren Mk. II und T-Spoilern Mk. II) ausgestattet. Diese Anbauteile sind lastseitig in den Rotorblatt-Profilflächen erfasst und deren strukturelle Integrität und Verklebung mit dem Rotorblatt in [4.4.3] bestätigt. In einigen Lastdokumenten wird das Rotorblatt auch als LM71.8P Gen B bezeichnet (siehe Hinweis in Kapitel 2.1).

5.2 Flachgründung mit Auftrieb, D=26,30 m

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 26,30 m auf und ist über einen Ankerkorb mit dem Turm verbunden.

Bei der Prüfung der Flachgründung mit Auftrieb wurde die gleiche Anlagenkonfiguration wie bei der Turmprüfung berücksichtigt.

5.3 Tiefgründung mit Auftrieb, D=22,30 m

Das Kreisringfundament weist einen Außendurchmesser von D=22,30 m auf und ist für die folgenden Pfahlvarianten ausgelegt:

Variante A: 39 Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm oder
39 Fertigteilrammpfähle mit 45/45cm
Variante B: 33 Ortbetonrammpfähle mit Ø56cm
Variante C: 16 Bohrpfähle mit Ø100cm

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Bei der Prüfung der Tiefgründung mit Auftrieb wurde die gleiche Anlagenkonfiguration wie bei der Turmprüfung berücksichtigt.

6 Umfang der Prüfung

Die bautechnische Prüfung umfasst den modularen Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, den Ankerkorb und die Gründungen.

Darüber hinaus wurde die Konformität mit dem Turmmodell aus der Lastrechnung hinsichtlich folgender Punkte überprüft:

- zulässiger Turmeigenfrequenzbereich gemäß [4.4.1], Abschnitt 4.3
- Turmaußenabmessungen hinsichtlich des verbleibenden Freigangs bei durchgebogenen Rotorblättern

Der Turmkopfflansch einschließlich der Schweißnahtverbindung zum Turm wurde anhand einer Finite-Elemente-Analyse nachgewiesen und in [4.2.1] geprüft.

Die Schraubverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager ist nicht Bestandteil der bautechnischen Prüfung, sie wurde im Rahmen der gutachtlichen Stellungnahme zu den maschinenbaulichen Komponenten behandelt (s. [4.4.4]).

Lageplan und Baugrundgutachten (s. [3.1], Kapitel 3, Buchstaben B und H) sind nicht Bestandteil der Prüfung, Transportzustände ebenfalls nicht.

Die angesetzten Lasten aus der Windturbine werden in der gutachtlichen Stellungnahme [4.4.1] bestätigt.

Die Bewertung der Sicherheitseinrichtungen und Handbücher, des Rotorblatts, der maschinenbaulichen Komponenten, der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe sowie der elektrischen Komponenten und des Blitzschutzes erfolgt in den gutachtlichen Stellungnahmen [4.4.2] bis [4.4.5].

Die geprüften Dokumente zum Stahlrohrturm, zum Ankerkorb und zu den Gründungen sind jeweils im Abschnitt 1.1 der Prüfberichte zur Typenprüfung aufgelistet.

7 Baustoffe

Die Auflistung der Baustoffe erfolgt jeweils im Abschnitt 4.3 der Prüfberichte zur Typenprüfung.

8 Bemerkungen

8.1 Turmeinbauten (z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahreinrichtungen) sowie zugehörige Schweißanschlüsse oder Verankerungen sind nicht Gegenstand dieser Prüfung. Eine gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zu den Nachweisen der Turmeinbauten (z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahreinrichtungen) sowie die zugehörigen Schweißanschlüsse oder Verankerungen ist gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I, nicht erforderlich und dementsprechend auch nicht Gegenstand dieser Typenprüfung.

8.2 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

8.3 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung zu beachten.

8.4 Etwaige Schäden an den in Betrieb genommenen Windenergieanlagen, wie z.B. unzulässige Risse, und daraus abgeleitete Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen.

8.5 Ist nach Ablauf der rechnerisch zugrunde gelegten Lebensdauer von 20 Jahren ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

9 Auflagen

9.1 Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Abschnitt 16.2 vorzulegen, dem die in [4.4.1], Abschnitt 4.1 aufgeführten Umgebungsbedingungen zu Grunde liegen.

9.2 Durch ein entsprechendes Eiserkennungssystem ist zu gewährleisten, dass die Rotorblätter nicht mit Eis- oder Schneebedeckung im Betrieb sind.

9.3 Die Auflagen im Abschnitt 6 der Prüfberichte zur Typenprüfung (s. Punkt 4.2) und die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (s. Punkt 4.4) sind zu beachten. Die gutachtlichen Stellungnahmen sind zur Bauakte zu nehmen.

9.4 Der Anlagenhersteller hat mittels Erklärung zu bescheinigen, dass die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und dass die Windenergieanlage gemäß den geprüften Anlagen in den Prüfberichten zur Typenprüfung errichtet worden ist. Diese Herstellererklärung ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.

9.5 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

9.6 Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.

10 Zusammenfassung

Der unter Punkt 5 beschriebene, modulare Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, der dazugehörige Ankerkorb und die dazugehörigen Gründungen sind für die in Tabelle 5.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration ausgelegt.

Die unter Punkt 4.4 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I vollständig und können für diese Windenergieanlage verwendet werden.

Alle relevanten Schnittstellen (Maschine/Turm/Fundament) wurden überprüft.

Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Turm oder an den Fundamenten sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Der stellvertretende Leiter

Dipl.-Ing. (FH) Sven Möller

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

TÜV NORD CERT GmbH
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

Prüfbericht zur Typenprüfung

Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II

- Modularer Stahlturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 -

Prüfbericht Nr.:	T-7022/20-1 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit des modularen Stahlrohrturms für die oben genannten Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande
Dokumentation:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande Enercon GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Der Prüfbericht umfasst 18 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	07.12.2020	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 10
2 Prüfgrundlagen 11
3 Einleitung 12
4 Beschreibung 12
4.1 Turm 12
4.2 Lastannahmen 13
4.3 Baustoffe 13
5 Prüfung 14
5.1 Umfang und Methodik 14
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 15
5.3 Ergebnisse 15
5.4 Schnittstellen 15
6 Auflagen 17
7 Zusammenfassung 17

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen erstellt von Lagerwey Wind BV:

[1.1.1] „Overall strength analysis E-147 E1 E2 EP5-MST-126-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000706-R0, Rev. 0, Datum: 17.08.2020

[1.1.2] „SA Buckling L147 LP4-MST-155-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000592-R0, Rev. 0, Datum: 02.10.2019

[1.1.3] „SA of the tower base flange and anchor bolts LP4-MST-109-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000558-R0, Rev. 0, Datum: 025.04.2019

[1.1.4] „SA of the tower openings LP4-MST-109-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000556-R0, Rev. 0, Datum: 25.04.2019

[1.1.5] „SA tower bolted connections LP4-MST-XXX-FB-C-XX”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000549-R2, Rev. 0, Datum: 02.10.2019

[1.1.6] „SA of the tower top section LP4-MST-109-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C2-40-000552-R0, Rev. 0, Datum: 01.04.2019

[1.1.7] „Load set comparison EP5 - E-147 E2 5.2MW t126m & 155m IIA”,
Dokument Nr.: M00-C2-40-000713-R0, Rev. 0, Datum: 23.09.2020

Anlagen zum Prüfbericht zur Typenprüfung

Zeichnungen von Lagerwey Wind BV

[1.1.8] „E-147 EP5-MST-126-FB-C-01”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014758, Rev. A, Datum: 01.10.2019

[1.1.9] „E-147 EP5-MST-126-FB-C-01; Structural parts“,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014745, Rev. A, Datum: 01.10.2019

[1.1.10] „Anchor threaded rod assy”,
Dokument Nr.: M07-C5-20-070203, Rev. A, Datum: 12.11.2018

[1.1.11] „EP5; E147_126; Anchor segment assy”,
Dokument Nr.: M07-C5-20-070268, Rev. B, Datum: 18.11.2019

[1.1.12] „EP5; E147_126; Upper flange segment”,
Dokument Nr.: M07-C5-20-070269, Rev. B, Datum: 04.11.2019

[1.1.13] „EP5; E147_126; Anchor lower ring weldment”,
Dokument Nr.: M07-C5-20-070270, Rev. B, Datum: 29.05.2020

[1.1.14] „EP5; E147_126; Anchor arrangement assy”,
Dokument Nr.: M07-C5-20-070272, Rev. A, Datum: 03.10.2019

[1.1.15] „EP5; E147_126; Anchor segments transport assy”,
Dokument Nr.: M90-C5-20-070273, Rev. B, Datum: 18.11.2019

[1.1.16] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014756, Rev. A, Datum: 08.10.2019

[1.1.17] „EP5; MST section 3 assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013105, Rev. D, Datum: 28.11.2019

[1.1.18] „EP5; MST section 4 assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013217, Rev. C, Datum: 03.06.2019

[1.1.19] „EP5; MST section 2 assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013229, Rev. D, Datum: 25.10.2019

[1.1.20] „EP5; MST Section 1 with tower top assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013739, Rev. C, Datum: 07.10.2019

[1.1.21] „EP5; MST section 2 assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014269, Rev. D, Datum: 25.10.2019

[1.1.22] „EP5; MST section 3 assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014286, Rev. D, Datum: 28.11.2019

[1.1.23] „EP5; MST section 4 assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014294, Rev. C, Datum: 03.06.2019

[1.1.24] „EP5; MST section 10 assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014355, Rev. A, Datum: 18.06.2019

[1.1.25] „EP5; 126; MST bottom section 11 assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014363, Rev. A, Datum: 18.06.2019

[1.1.26] „EP5; MST section 9 assy; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014677, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.27] „EP5; MST section 9 assy; OL; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014678, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.28] „EP5; MST section 8 assy; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014681, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.29] „EP5; MST section 8 assy; OL; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014682, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.30] „EP5; MST section 7 assy; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014685, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.31] „EP5; MST section 7 assy; OL; Flat cable guid.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014686, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.32] „EP5; MST section 6 assy; Flat cable conn.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014693, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.33] „EP5; MST section 6 assy; OL; Flat cable conn.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014694, Rev. A, Datum: 06.09.2019

[1.1.34] „EP5; MST section 5 assy; Flat cable conn.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014709, Rev. A, Datum: 09.09.2019

[1.1.35] „EP5; MST section 5 assy; OL; Flat cable conn.”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014710, Rev. A, Datum: 09.09.2019

[1.1.36] „EP5; MST tower top assy”,
Dokument Nr.: M01-C4-20-013245, Rev. C, Datum: 07.10.2019

[1.1.37] „EP5; Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013064, Rev. B, Datum: 17.05.2019

[1.1.38] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013075, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.39] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013076, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.40] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013077, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.41] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013082, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.42] „EP5; Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013091, Rev. B, Datum: 20.05.2019

[1.1.43] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013092, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.44] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013102, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.45] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013106, Rev. B, Datum: 18.07.2019

[1.1.46] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013107, Rev. B, Datum: 18.07.2019

[1.1.47] „EP5; Tower top weld assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013134, Rev. F, Datum: 07.10.2019

[1.1.48] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013141, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.49] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013142, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.50] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013170, Rev. B, Datum: 23.07.2019

[1.1.51] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013179, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.52] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013180, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.53] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013181, Rev. B, Datum: 21.06.2019

[1.1.54] „EP5; Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013194, Rev. B, Datum: 15.05.2019

[1.1.55] „Doorframe tower”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013195, Rev. A, Datum: 06.12.2018

[1.1.56] „EP5; Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013196, Rev. B, Datum: 05.06.2019

[1.1.57] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013200, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.58] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013218, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.59] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013219, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.60] „Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013221, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.61] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013222, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.62] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013224, Rev. B, Datum: 21.05.2019

[1.1.63] „Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013225, Rev. B, Datum: 17.07.2019

[1.1.64] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013226, Rev. C, Datum: 17.07.2019

[1.1.65] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013227, Rev. B, Datum: 17.07.2019

[1.1.66] „Shell tower outside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013233, Rev. B, Datum: 17.07.2019

[1.1.67] „Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013234, Rev. B, Datum: 17.07.2019

[1.1.68] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013235, Rev. B, Datum: 16.07.2019

[1.1.69] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013236, Rev. B, Datum: 16.07.2019

[1.1.70] „Tower top shim plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013242, Rev. C, Datum: 23.07.2019

[1.1.71] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013243, Rev. B, Datum: 23.07.2019

[1.1.72] „EP5; Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013340, Rev. B, Datum: 20.05.2019

[1.1.73] „Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013347, Rev. B, Datum: 18.07.2019

[1.1.74] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013469, Rev. B, Datum: 22.07.2019

[1.1.75] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-013845, Rev. A, Datum: 02.04.2019

[1.1.76] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014205, Rev. A, Datum: 21.05.2019

[1.1.77] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014206, Rev. A, Datum: 21.05.2019

[1.1.78] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014211, Rev. A, Datum: 21.05.2019

[1.1.79] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014212, Rev. A, Datum: 21.05.2019

[1.1.80] „EP5; Shell tower section plate; OL 1”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014223, Rev. A, Datum: 22.05.2019

[1.1.81] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014225, Rev. A, Datum: 22.05.2019

[1.1.82] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014342, Rev. A, Datum: 14.06.2019

[1.1.83] „EP5; Shell tower door section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014343, Rev. A, Datum: 14.06.2019

[1.1.84] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014344, Rev. A, Datum: 17.06.2019

[1.1.85] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014345, Rev. A, Datum: 17.06.2019

[1.1.86] „EP5; Shell tower section door plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014346, Rev. A, Datum: 17.06.2019

[1.1.87] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014347, Rev. A, Datum: 17.06.2019

[1.1.88] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014352, Rev. A, Datum: 09.10.2019

[1.1.89] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014353, Rev. A, Datum: 18.06.2019

[1.1.90] „Shell tower outside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014356, Rev. A, Datum: 18.06.2019

[1.1.91] „Shell tower inside couple plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014358, Rev. A, Datum: 18.06.2019

[1.1.92] „Shim bottom section; MST 126; t=23”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014359, Rev. A, Datum: 09.10.2019

[1.1.93] „EP5; Shell tower inside connecting plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014456, Rev. A, Datum: 17.06.2019

[1.1.94] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014567, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.95] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014568, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.96] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014573, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.97] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014574, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.98] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014575, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.99] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014576, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.100] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014577, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.101] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014578, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.102] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014583, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.103] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014584, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.104] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014585, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.105] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014586, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.106] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014592, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.107] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014593, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.108] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014594, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.109] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014595, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.110] „EP5; Shell tower section plates assy”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014600, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.111] „EP5; Shell tower section plate”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014601, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.112] „EP5; Shell tower section plates assy; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014602, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.113] „EP5; Shell tower section plate; OL”,
Dokument Nr.: M01-C5-20-014603, Rev. A, Datum: 04.09.2019

[1.1.114] „EP5; MST section 1 assy”,
Dokument Nr.: M01-C8-20-013237, Rev. B, Datum: 22.05.2019

Übersetzungsdokument zu den Zeichnungen

[1.1.115] Lagerwey Wind BV:
„Translation table for tower drawings”,
Dokument Nr.: M00-C2-40-000506, Rev. R3, Datum: 20.08.2020

Anforderungen an das Fundament

[1.1.116] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01, Fundamentlasten”,
Dokument Nr.: D0942630-4, Rev. 4, Datum: 26.11.2020

1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Load report, Tower E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Covering fatigue and ultimate loads for the tower E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 of the WEC E-147 EP5 E2 with the rotor blade LM71_8P as per DIBt and IEC”,
Dokument Nr.: D0991594-0, Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH :
„Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage E-147 EP5 E2, RB LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01), DIBt WZ 3 (S), GK II, - Lastannahmen -”,
TÜV NORD Bericht-Nr.: 8118329386-1 D II Rev. 0, Datum: 20.11.2020

Kopfflansch

[1.2.3] Lagerwey Wind BV:
„Nacelle 2760 V2 Mainframe machined”,
Zeichnungs-Nr.: M02-C5-20-021436, Rev. A, Datum: 05.04.2018

[1.2.4] Lagerwey Wind BV:
„Yaw brake disc",
Zeichnungs-Nr.: M02-C5-20-020939, Rev. C, Datum: 19.12.2016

[1.2.5] Lagerwey Wind BV:
„Ring segment yaw brake disc",
Zeichnungs-Nr.: M02-C5-20-020862, Rev. B, Datum: 23.11.2016

Sprödbruch

[1.2.6] Lagerwey Wind BV:
„Brittle fracture assessment for MST components",
Dokument Nr.: M01-C2-40-000574, Rev. 1, Datum: 21.06.2019

Handbücher

[1.2.7] Lagerwey Wind BV:
Wartungshandbuch „LP4 L136 and L147 MST, Maintenance manual",
Dokument-Nr.: M00-C5-31-20001, Rev. 6, Datum: 22.07.2019

[1.2.8] Lagerwey Wind BV:
Errichtungshandbuch Ankerkorb „EP5 Anchor manual EN, Installation",
Dokument-Nr.: M07-C5-31-20082, Rev. R2, Datum: 06.10.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010"

[2.3] DIN EN 1991-1-4:2010-12 + DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12:
„Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten"

[2.4] DIN EN 1993-1-1:2010-12 + A1:2014-07 + DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau"

[2.5] DIN EN 1993-1-6:2010-12 + DIN EN 1993-1-6/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen"

[2.6] DIN EN 1993-1-8:2010-12 + DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen“

[2.7] DIN EN 1993-1-9:2010-12 + DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung“

[2.8] DIN EN 1993-1-10:2010-12 + DIN EN 1993-1-10/NA:2016-04:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung“

[2.9] VDI 2230 Blatt 1 (11.2015):
„Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen“

3 Einleitung

Gegenstand dieses Berichts ist die Prüfung des Stahlrohrturms E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 und des zugehörigen Ankerkorbs, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurden.

4 Beschreibung

4.1 Turm

Der Stahlrohrturm mit einer Höhe von 123.093 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch) ist aus gekanteten Blechen hergestellt. Der Turm besteht aus 12 Sektionen, die durch vorgespannte Schraubverbindungen miteinander verbunden sind. Die oberste Sektion ist eine geschweißte Konstruktion mit einem unteren polygonalen Kegel und einem oberen runden Zylinder. Die unteren 11 Sektionen bestehen jeweils aus einzelnen Blechen, deren Längsfugen mit vorgespannten Schrauben verbunden sind. Die 11 Sektionen haben einen polygonalen Querschnitt mit jeweils 48 Kanten (7,5° Winkel).

Die unterste Sektion (Flanschsegment) ist durch einen angeschweißten T-Flansch und 2 x 120 vorgespannte Ankerbolzen M36-10.9 mit dem Fundament verbunden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Turms berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	Turm-nachweise
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	[1.1.1] - [1.1.7]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Turmnachweise

Die Windenergieanlage hat folgende, technische Basisdaten:

Nabenhöhe:	126 m
Gondelmasse (inkl. Rotor):	284.416 t
Rotorduchmesser:	147 m

In [1.1.1] wurde die erste Turmeigenfrequenz bei elastischer und bei starrer Fundamenteinspannung ermittelt:

f_0 = 0,238 Hz bei elastischer Einspannung ($k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad)
f_0 = 0,250 Hz bei starrer Einspannung

4.2 Lastannahmen

Die Lastannahmen wurden mit einem gesamtdynamischen Modell der Anlage unter Berücksichtigung der Elastizität von Turm und Rotorblättern bestimmt.

Die folgenden Lastannahmen liegen der Turmberechnung zugrunde:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	[1.2.1]	[1.2.2]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Lastannahmen sind für eine gekoppelte Turmeigenfrequenz von 0,237 Hz (in Schubrichtung, elastische Einspannung) mit einem zulässigen Intervall von ± 5 % gültig.

Bei der Auslegung der Windenergieanlage wurden spezielle Windbedingungen angesetzt, welche von der Windzoneneinteilung nach DIN EN 1991-1-4/NA abweichen und somit als Windlasten der Windzone S / Geländekategorie II bezeichnet werden.

Die Ermüdungslasten beziehen sich auf eine Lebensdauer von 20 Jahren.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

<u>Turm</u>

Baustahl:	S355	DIN EN 10025-2 und -3
Schrauben:	HRC M27 – 10.9	DIN EN 14399-10

Darüberhinaus basiert die Auslegung des Turms auf folgenden Annahmen:

Der Kopfflansch wird nahtlos ringgewalzt oder abbrennstumpfgeschweißt. Für den Kopfflansch wurde eine Streckgrenze von R_{eh}=295 MPa angenommen.

Ankerkorb

Ankerbolzen:	Festigkeitsklasse	10.9
	Gewinde	M36
	Vorspannung	min. 425 – max. 510 kN
Gewinde, Muttern und Unterlegscheiben:	M36	DIN EN 1993-1-8, Bezugsnormengruppe 4

5 Prüfung

5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in den eingereichten statischen Berechnungen geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Prüfung umfasst den Stahlrohrturm und den Ankerkorb.

Wirbelerregte Querschwingungen wurden gemäß DIBt-Richtlinie, Abschnitt 9.4 für den Endzustand und für verschiedene Montagezustände berücksichtigt. Weitere Montagezustände sowie Zustände während des Transports sind nicht Bestandteil der Prüfung.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

Darüber hinaus wurde die Konformität mit dem Turmmodell aus der Lastrechnung hinsichtlich folgender Punkte überprüft:

- zulässiger Turmeigenfrequenzbereich gemäß Abschnitt 4.2
- Turmaußenabmessungen hinsichtlich des verbleibenden Freigangs bei durchgebogenen Rotorblättern

Der Nachweis des zulässigen Frequenzbereichs wurde durch eine Bestätigung der gekoppelten Turmeigenfrquenzen geführt.

Der Nachweis des Turmfreigangs ist nicht Bestandteil der bautechnischen Prüfung. Der Nachweis wurde in der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.2] geprüft.

Lasten aus dem Betrieb eines während der Montage am Turm befestigten Krans wurden bei der Prüfung nicht berücksichtigt.

Turmeinbauten (z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahreinrichtungen) sowie zugehörige Schweißanschlüsse oder Verankerungen sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Die Schrauben der Ringflanschverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager sind ebenfalls nicht Bestandteil dieser Prüfung.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Der Materialteilsicherheitsbeiwert für die Ermüdung wurde mit γ_{Mf} = 1,265 angesetzt.

Der Kopfflansch einschließlich der Schweißnahtverbindung mit dem Turm wurde mittels FE-Berechnung nachgewiesen.

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten, Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung und ungleichmäßiger Fundamentsetzung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 8 mm/m angenommen.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die unter Abschnitt 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen. In folgenden Unterlagen sind Grüneinträge zu beachten: [1.1.1], [1.1.7], [1.1.8], [1.1.9].

5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

5.4 Schnittstellen

Maschinenbauliche Komponenten

5.4.1 Die Schrauben der Ringflanschverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager sind als Bestandteil der maschinenbaulichen Komponenten zu bewerten.

5.4.2 Der Nachweis des Turmkopfflansches wurde mit einer minimalen Schraubenvorspannkraft von 456 kN geführt.

Einbauten

5.4.3 Außer den in den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) dargestellten Anbindungen wurden beim Ermüdungsnachweis der Turmwand keine geschweißten Anbindungen berücksichtigt.

Fundament

5.4.4 Die Anforderungen an das Fundament sind in [1.1.116] spezifiziert.

5.4.5 Der Nachweis des T-Flansches am Turmfuß basiert auf einer minimalen Vorspannung der Ankerbolzen von 425 kN und einer maximalen Vorspannkraft von 510 kN. Wenn das realisierte Fundament erheblich von dieser Annahme abweicht, muss der Nachweis des T-Flansches im Rahmen des Fundamentnachweises neu bewertet werden.

5.4.6 Um die Funktionsfähigkeit der Anlage nicht zu beeinträchtigen, darf durch Setzungsunterschiede eine Fundamentneigung (Schiefstellung der Turmachse) von 3 mm/m innerhalb der Auslegungsdauer nicht überschritten werden.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Im Bauzustand darf die am oberen Turmende gemessene Windgeschwindigkeit folgende Werte nicht überschreiten:

Turm mit 8 Sektionen:	26,1 m/s
Turm mit 9 Sektionen:	19,6 m/s
Turm mit 10 Sektionen:	15,0 m/s
Turm mit 11 Sektionen:	9,6 m/s

Zusätzlich sind folgende Standzeiten bei Überschreitung der o.g. Windgeschwindigkeiten zulässig:

Turm mit 10 Sektionen:	4 Wochen
Turm mit 11 Sektionen (ohne Gondel und Rotor):	19 Wochen

Andernfalls sind geeignete Maßnahmen zur Sicherung gegen wirbelerregte Querschwingungen zu treffen.

5.4.8 Die Vorspannkraft der Schrauben muss den Mindestwerten nach DIN EN 14399-10 entsprechen.

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.9 Bei planmäßig vorgespannten Schrauben ist mindestens eine Sicht- und Lockerheitskontrolle durchzuführen.

5.4.10 Ein Jahr nach erstmaligem Aufbringen der Vorspannung muss die Vorspannkraft der Ankerbolzen überprüft und ggf. wieder aufgebracht werden, um etwaige Vorspannkraftverluste aus Kriech- und Schwindeffekten auszugleichen (s. [1.2.7], Abschnitt 5.1).

5.4.11 Der Korrosionsschutz ist regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf zu erneuern.

5.4.12 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

6.1 Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Abschnitt 16.2 vorzulegen, dem die in [1.2.2], Kapitel 4.1 aufgeführten Auslegungsparameter für die Windzone S zugrunde liegen.

Stahlteil

6.2 Für die Ausführung der Stahlsektionen gilt DIN EN 1090. Als Mindestanforderung für Windenergieanlagen gilt die Ausführungsklasse EXC3.

6.3 Die Streckgrenze des für den Kopfflansch verwendeten Materials muss mindestens den in Kapitel 4.3 genannten Werten entsprechen.

6.4 Bei allen scherbeanspruchten Schraubverbindungen muss ein Reibbeiwert von mindestens 0,4 sichergestellt sein.

6.5 Die Schweißnaht innerhalb der Topsektion am unteren Rand des Zylinders muss mindestens der Kerbfallklasse 100 gemäß DIN EN 1993-1-9 (Anhang B) entsprechen.

6.6 Freie Kanten des Türauschnitts müssen mindestens Kerbfallklasse 125 gemäß DIN EN 1993-1-9 entsprechen.

6.7 Der Fußflansch ist vor dem Schweißprozess auf mindestens 100° C vorzuwärmen. Der Einfluss zu hoher Vorwärmtemperaturen auf die metallurgischen Eigenschaften ist dabei zu beachten.

6.8 Die Toleranzen der Qualitätsklasse B gemäß DIN EN 1993-1-6 sind einzuhalten. Die Ergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt der hier geprüfte modulare Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbericht zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Im Falle von standsicherheitsrelevanten Änderungen an der Turmkonstruktion verliert dieser Bericht seine Gültigkeit.

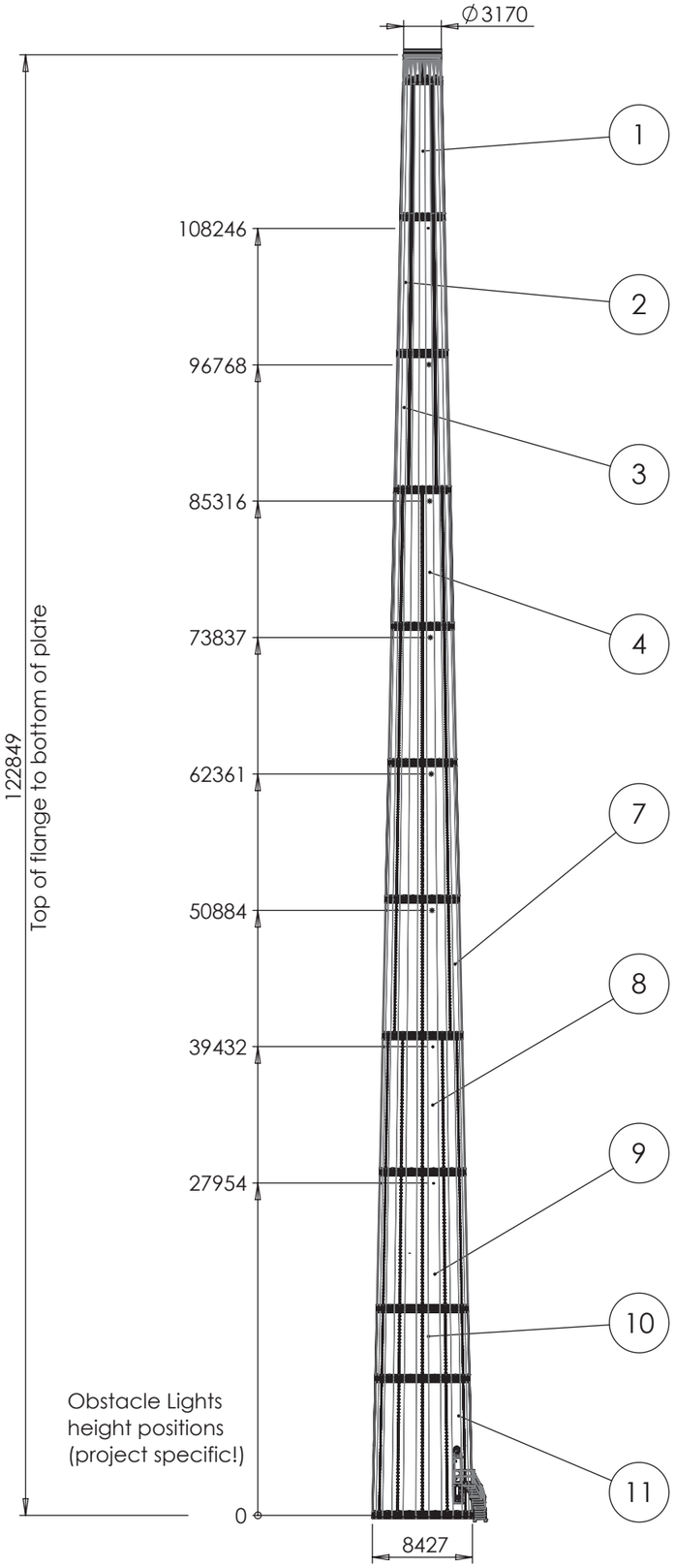
Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Für eine vollständige Typenprüfung müssen alle gutachtlichen Stellungnahmen gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 3, Abschnitt I sowie ein Prüfbescheid zur Typenprüfung vorliegen.

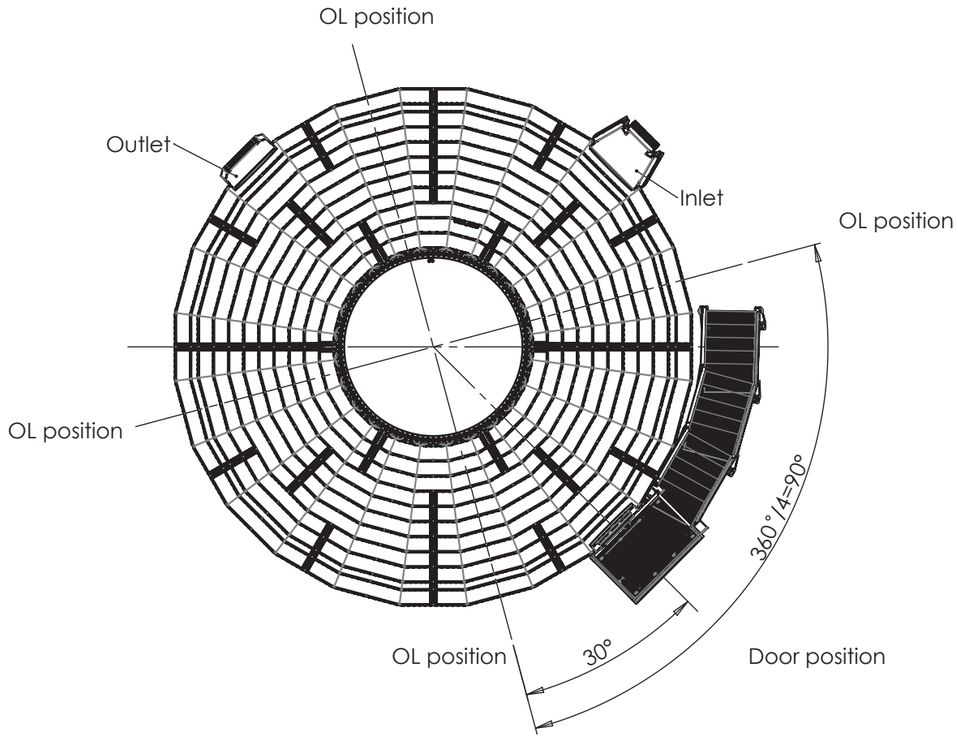
Der stellvertretende Leiter

Dipl.-Ing. (FH) Sven Möller

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. R. Diewald



View: Obstacle Light configuration



Configuration regarding
- Obstacle Light (OL) positions are project specific
See project documents for details

Item	Revision	Description	Drawnr. Standard	Drawnr. OL
12	A	EP5; 126; Site box tower	20-014217	
11	A	EP5; 126; MST bottom section 11 assy	20-014363	-
10	A	EP5; MST section 10	20-014355	-
9	A	EP5; MST section 9	20-014677	20-014678
8	A	EP5; MST section 8	20-014681	20-014682
7	A	EP5; MST section 7	20-014685	20-014686
6	A	EP5; MST section 6 assy	20-014693	20-014694
5	A	EP5; MST section 5 assy	20-014709	20-014710
4	C	EP5; MST section 4 assy	20-013217	20-014284
3	D	EP5; MST section 3 assy	20-013105	20-014286
2	D	EP5; MST section 2 assy	20-013229	20-014269
1	C	EP5; MST Section 1 with tower top assy	20-013739	-

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-1 Rev.0
vom 07. Dez. 2020

Rev	Date	Description	Init.
A	01-10-2019	First Release	PE

Drawn	01-10-2019	PE	Surface roughness acc. to ISO 4287 ISO limits and fits acc. to NEN-ISO 286-2 Welding symbols acc. to ISO 2553
Check	3-12-2019	EB	
	Date	Initials	

ISO 13715

Lagerwey

© Copyright Lagerwey Wind BV

Surf.treatment: None
Material: -

NEN-ISO 1101

Module: Tower
Description: E-147 EP5-MST-126-FB-C-01

Gen. Tol. NEN-ISO 2768-cK | ISO 1302

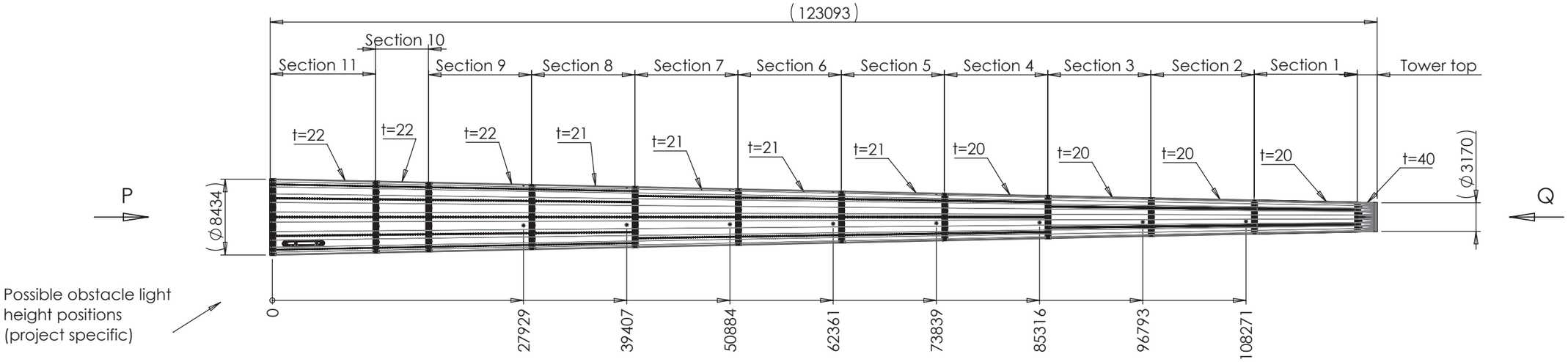
American proj.

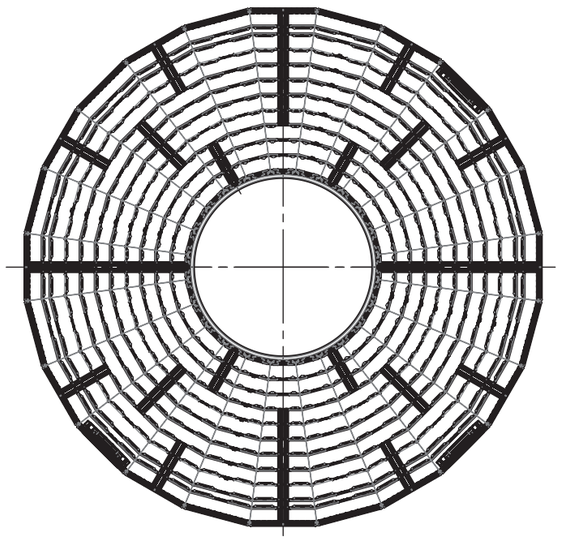
Drawing no.:	Rev.	Document class no.
20-014758	A	M01-C5

Weight: 417203.4 kg

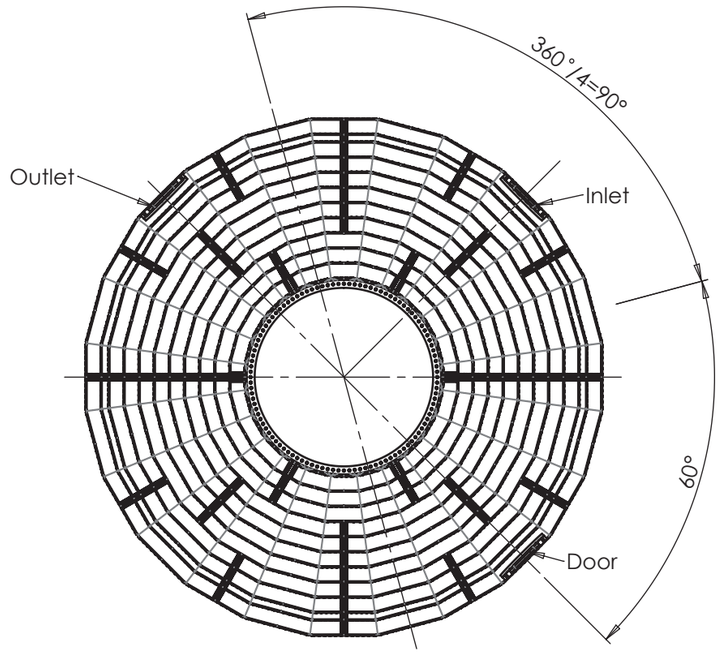
units: mm | size: A3 | Scale: 1:500 | Sheets: 1 of 1 | IGC: No

This document is confidential. It contains confidential, proprietary and privileged information and unauthorised disclosure, reproduction or use is prohibited. It is subject to change without notice.





VIEW P (Bottom view)
SCALE 1 : 100



VIEW Q (Top view)
SCALE 1 : 100

Configuration regarding
- Obstacle Lights (OL) are project specific.
See project documents for details

See sheet 2 for drawing numbers of all structural parts

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-1 Rev.0
vom 07. Dez. 2020

Rev	Date	Description	Init.
A	01-10-2019	First Release	PE

	Date	Initials
Drawn	01-10-2019	PE
Check	03-12-2019	EB

Surface roughness acc. to ISO 4287
ISO limits and fits acc. to NEN-ISO 286-2
Welding symbols acc. to ISO 2553
ISO 13715

Lagerwey

© Copyright Lagerwey Wind BV

Surf.treatment: -
Material: -
NEN-ISO 1101
Gen. Tol. NEN-ISO 2768-cK
ISO 1302
American proj.
units mm
size A3

Module: Tower
Description: E-147 EP5-MST-126-FB-C-01; Structural parts
Drawing no.: 20-014745
Rev.: A
Document class no.: M01-C5
Weight: 411132.7 kg
Scale: 1:500
Sheets: 1 of 2
IGC:

This document is confidential. It contains confidential, proprietary and privileged information and unauthorised disclosure, reproduction or use is prohibited. It is subject to change without notice.

TÜV NORD CERT GmbH
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

Prüfbericht zur Typenprüfung

Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, Modularer Stahlturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II

- Flachgründung mit Auftrieb, D=26,30 m -

Prüfbericht Nr.:	T-7022/20-2 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Flachgründung mit Auftrieb für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Der Prüfbericht umfasst 10 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	21.01.2021	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 4
2 Prüfgrundlagen 5
3 Einleitung 6
4 Beschreibung 6
4.1 Fundament 6
4.2 Lastannahmen 6
4.3 Baustoffe 7
5 Prüfung 7
5.1 Umfang und Methodik 7
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 8
5.3 Ergebnisse 8
5.4 Schnittstellen 8
6 Auflagen 9
7 Zusammenfassung 10

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„Statische Berechnung, Flachgründung, E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Projekt: E20-036“, Dokument-Nr.: D0392704, Rev. 2, Datum: 13.01.2021

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Lastenvergleich, E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01, Bauteil: Flachgründung, Projekt: E20-064 zugehörig zu E20-036“,
Dokument-Nr.: D02169079, Rev. 1, Datum: 08.12.2020

Anlagen zum Prüfbericht zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Schalplan Ortbetonfundament, Flachgründung (Fg), Projekt-Nr. E20-036 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D0984368-1, Rev. 1, Datum: 21.12.2020

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament, Flachgründung (Fg), Projekt-Nr. E20-036 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D0984369-1, Rev. 1, Datum: 21.12.2020

[1.1.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament, Flachgründung (Fg), Projekt-Nr. E20-036 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D0984370-1, Rev. 1, Datum: 21.12.2020

[1.1.6] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Bewehrungsplan 3, Fundamentkern, Flachgründung (Fg), Projekt-Nr. E20-036 Ff“
Zeichnungs-Nr.: D0984371-1, Rev. 1, Datum: 03.12.2020

Spezifikation

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Fundamentdatenblatt, E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Flachgründung, WZ 3 GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D0899480-5, Rev. 5, Datum: 15.01.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II, - Modularer Stahlturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 -“,
Prüfbericht Nr.: T-7022/20-1, Rev. 0, Datum: 07.12.2020

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01, Fundamentlasten“,
Dokumenten Nr.: D0942630-2, Rev.: 2, Datum: 11.06.2020

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Fundamentlasten“,
Dokumenten Nr.: D0942630-4, Rev.: 4, Datum: 26.11.2020

Ankerkorb

[1.2.4] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „Anchor threaded rod assy”,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070203, Rev. A, Datum: 12.11.2018

[1.2.5] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor segment assy”,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070268, Rev. B, Datum: 18.11.2019

[1.2.6] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Upper flange segment”,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070269, Rev. B, Datum: 04.11.2019

[1.2.7] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor lower ring weldment”,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070270, Rev. B, Datum: 29.05.2020

[1.2.8] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor arrangement assy”,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070272, Rev. A, Datum: 03.10.2019

Spezifikationen

[1.2.9] ENERCON GmbH:
„Materialspezifikation Betonstahl“,
Dokument-Nr.: D0181818-2, Rev. 2, Datum: 22.05.2017

[1.2.10] ENERCON GmbH:
„Fundamente Lagerwey / MST, Anforderungen während des Turmaufbaus“,
Dokument-Nr.: D0935526-0, Rev. 0, Datum: 09.03.2020

Handbücher

[1.2.11] Lagerwey Wind BV:
Wartungshandbuch „LP4 L136 and L147 MST, Maintenance manual“,
Dokument-Nr.: M00-C5-31-20005, Rev. 6, Datum: 22.07.2019

[1.2.12] Lagerwey Wind BV:
Errichtungshandbuch Ankerkorb „EP5 Anchor MST manual EN, Installation“,
Dokument-Nr.: M07-C5-31-20082, Rev. R2, Datum: 06.10.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04
„Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2014-03 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12
„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik –
Teil 1: Allgemeine Regeln“

[2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“

[2.6] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994

[2.7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012

[2.8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Massige Bauteile aus Beton“, 2010-04

3 Einleitung

Gegenstand dieses Berichts ist die Prüfung einer Flachgründung mit Auftrieb, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

4 Beschreibung

4.1 Fundament

Das Fundament dient zur Aufnahme des modularen Stahlturms E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 26,30 m auf.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.3] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.7] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	Fundament-nachweise
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	[1.1.1] + [1.1.2]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Fundamentnachweise

4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfiguration ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	spezifi-ziert in	geprüft in
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	[1.2.3]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslasten beziehen sich auf eine Lebensdauer von 20 Jahren.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten und Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 5 mm/m angenommen. Zusätzlich wurde eine Schiefstellung des Turms von 3 mm/m infolge ungleichmäßiger Fundamentsetzungen berücksichtigt.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad angesetzt.

Der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser liegt 2,000 m über der Fundamentsohle. Dementsprechend wurde das Fundament mit und ohne Einwirkungen aus Auftrieb berechnet.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.8] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Für den Endzustand wurde die in [1.1.3] dargestellte Betonierfuge nachgewiesen.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Zeichnungen [1.1.3] bis [1.1.6] (siehe Abschnitt 1.1) bzw. dem Fundamentdatenblatt [1.1.7] und der Spezifikation [1.2.9] entnommen werden.

Fundament

Fundamentplatte:	C35/45	DIN EN 206-1, DIN 1045-2
Betonstahl:	B500	DIN 488

5 Prüfung

5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in den eingereichten statischen Berechnungen (siehe 1.1) geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft. Die Auslegung des Fundamentes in [1.1.1] erfolgte für die in [1.2.2] aufgeführten Fundamentlasten. Diese weichen von den endgültig in [1.2.1] bestätigten Fundamentlasten [1.2.3] ab. Diese Abweichungen wurden in [1.1.2] beurteilt und durch ergänzende Berechnungen nachgewiesen.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

Die Prüfung umfasst das Fundament und die Betonnachweise des Ankerkorbes im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbes und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung. Des Weiteren sind die Ermittlung und Wahl der erforderlichen Bewehrung B400B in [1.1.1] nicht Bestandteil der Prüfung.

Der modulare Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbes wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Prüfung wurde die in [1.1.3] dargestellte Betonierfuge berücksichtigt. Zusätzliche Bauzustände während der Vor-Ort Montage des Turmes sind nicht Gegenstand der Prüfung.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter Abschnitt 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

Fundament

Eine Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens wurde nicht berücksichtigt. Es wird vorausgesetzt, dass ein duktiles Bauteilverhalten durch Umlagerung des Sohldrucks bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann.

5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Turmbericht [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

Geotechnische Nachweise

5.4.2 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.3 Der Baugrund muss die in [1.1.7] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.4 Die Ankerbolzen sind gemäß der Zeichnung [1.2.8] mit 510 kN vorzuspannen. Beim Vorspannen ist das Handbuch [1.2.12] anzuwenden.

5.4.5 Die Vorspannkraft der Ankerbolzen darf erst aufgebracht werden, wenn der Beton seine Nenndruckfestigkeit erreicht hat.

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.6 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

5.4.7 Ein Jahr nach erstmaligem Aufbringen der Vorspannung muss die Vorspannkraft der Ankerbolzen überprüft und ggf. wieder aufgebracht werden, um etwaige Vorspannkraftverluste aus Kriech- und Schwindeffekten auszugleichen (s. [1.2.11], Abschnitt 5.1).

6 Auflagen

Fundament

6.1 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670 und der DIN 1045-3 zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.2 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

6.3 Wegen der erforderlichen Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite ist ein langsam erhärtender Beton mit r ≤ 0,30 zu verwenden.

6.4 Die in [1.1.3] dargestellte, horizontale Arbeitsfuge muss mindestens die Oberflächenbeschaffenheit „glatt“ gemäß DIN EN 1992-1-1 aufweisen.

Anforderungen an den Baugrund

6.5 Um die Funktionsfähigkeit der Anlage nicht zu beeinträchtigen, darf durch Setzungsunterschiede eine Fundamentneigung (Schiefstellung der Anlage) von 3 mm/m innerhalb der Auslegungsdauer nicht überschritten werden.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Flachgründung mit Auftrieb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbericht zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Im Falle von standsicherheitsrelevanten Änderungen an der Fundamentkonstruktion verliert dieser Bericht seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Für eine vollständige Typenprüfung müssen alle gutachtlichen Stellungnahmen gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 3, Abschnitt I sowie ein Prüfbescheid zur Typenprüfung vorliegen.

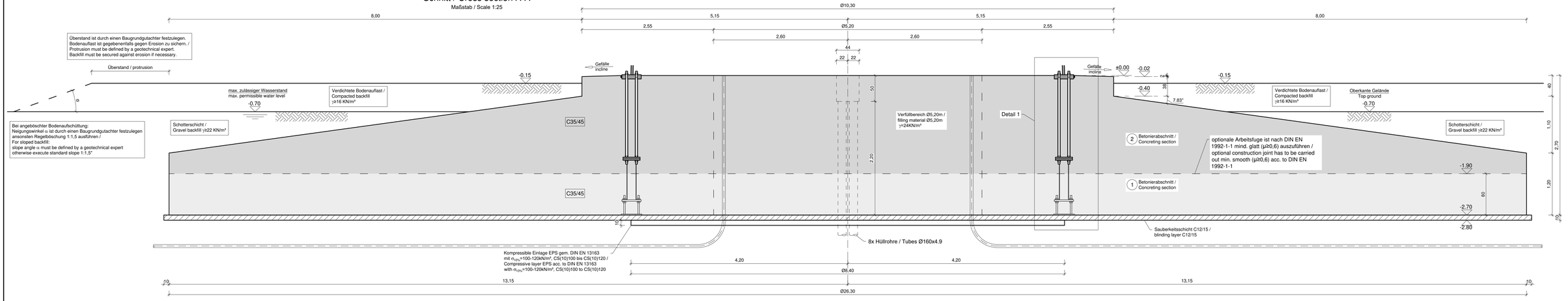
Der stellvertretende Leiter

Dipl.-Ing. (FH) Sven Möller

An der Prüfung beteiligt:
Dipl.-Ing. (FH) T. Ladišić

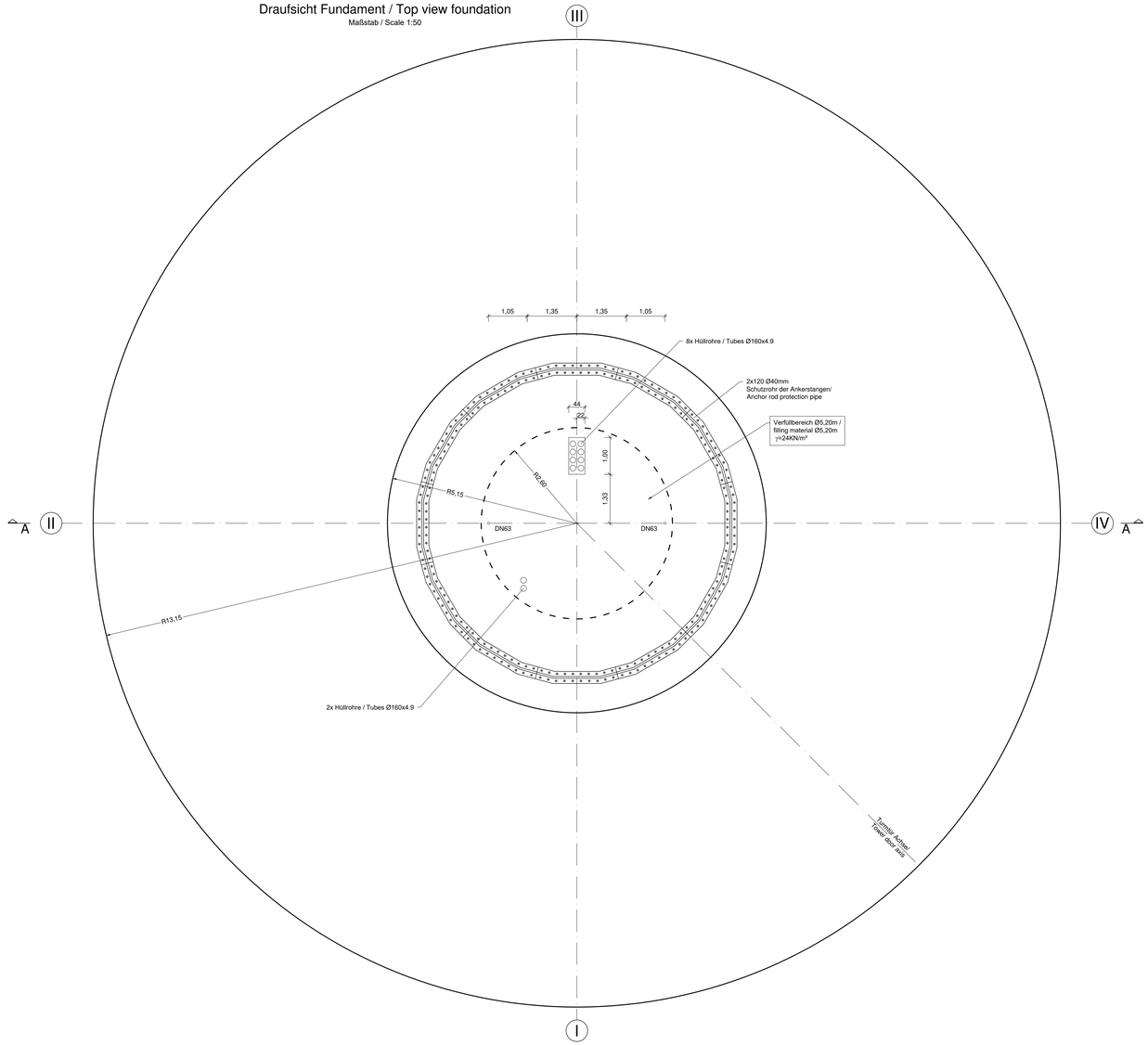
Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Draufsicht Fundament / Top view foundation

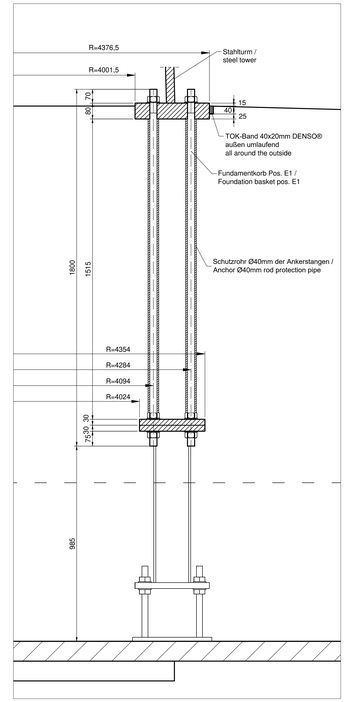
Maßstab / Scale 1:50



Detail 1

Maßstab / scale 1:10

Angaben in [mm]



Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /
The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange. In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (M08-C5-30-10894)

ACHTUNG:

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionalen Betonierfuge (h=0,80m), im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:

If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint (h=0,80m) in this present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

Baugrundanforderungen:

- Die zulässige charakteristische Bodenpressung muss mindestens 210 kN/m² betragen.
- Zwischen Baugrund und Unterbeton (Sauberkeitsschicht) muss ein Reibungswinkel von mindestens 20° vorhanden sein.
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:

- The permissible characteristic soil pressure has be at least 210 kN/m².
- In between subsoil and subconcrete (subbase) has to be a friction angle of at least 20°.
- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt: Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss ≥ 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbauröhren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert f_{ctm}=0,7f_{ctm} für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt: guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value f_{ctm}=0,7f_{ctm} for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984368
Bewehrungszeichnung Nr. D1088 / Reinforcement drawing no. D1088	D0984369 D0984370 D0984371
Bewehrungszeichnung Nr. D1488 / Reinforcement drawing no. D1488	
separate Stabstahlliste D1088 / separate steel bar list D1088	D0984372
separate Stabstahlliste D1488 / separate steel bar list D1488	
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-036, D0392704

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
IUP Ingenieure GbR
Hegger + Partner
Kaiserstraße 8
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Bez. / Dept.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	21.12.2020	AR	PB

Prüfvermerk / Certification stamp

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-2 Rev.0
vom 21. Jan. 2021

TÜV NORD CERT
GEPRÜFT FÜR SICHERHEIT UND ORDNUNGSGEMÄSSIGKEIT

Turbtyp / Tower type:
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location

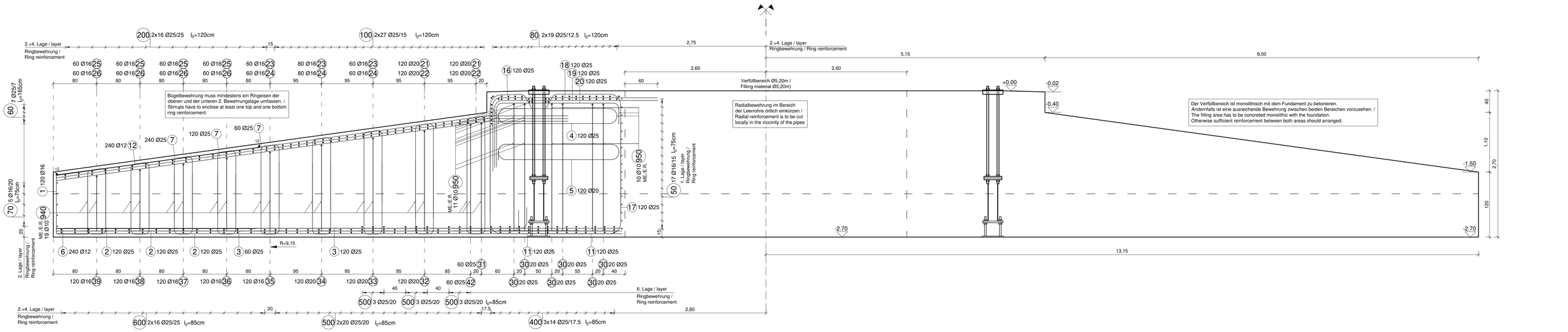
Planinhalt / Content
Schalplan Orbetonfundament / Shuttering drawing cast-in-place-foundation
Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
31.07.2020 VV	31.07.2020 OD	31.07.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr. / Project no.
wie angezeigt / as shown	D0984368-1	841x1300	E20 036 FI

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25

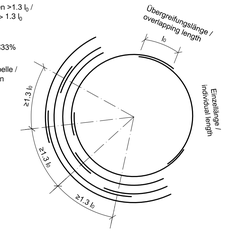


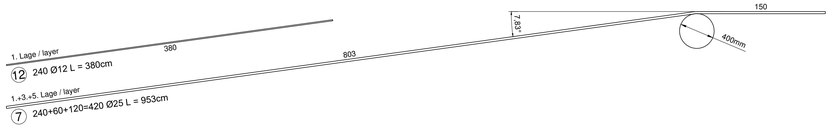
Detail
Schutzkappe / safety cap

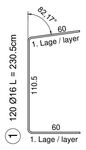
Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 l_0 / Change arrangements circumferentially > 1.3 l_0

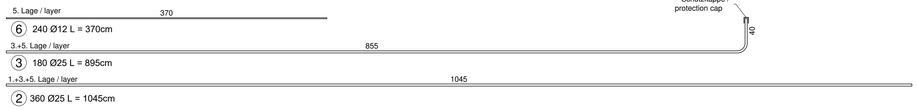
Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE / Percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE

Übergreifungsstoß (l_0) siehe Positionstabelle / Overlappings length (l_0) see table position



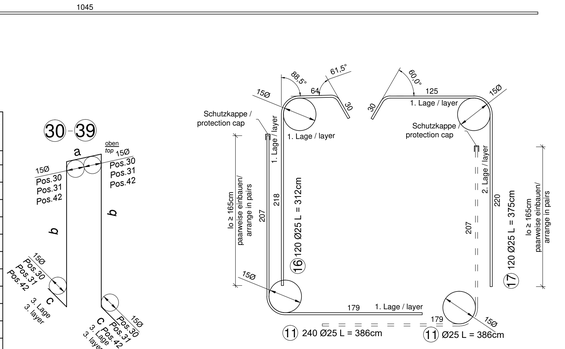






Schubzulage / shear reinforcement

Pos.	Anzahl / Pie.	Ø [mm]	a [cm]	b [cm]	c [cm]	Einzellänge length [cm]	Gesamtlänge total length [m]
30	120	25	60,0	236,0	40,0	612,0	734,40
31	60	25	55,0	200,9	40,0	536,8	322,08
32	120	20	35,0	186,5	30,0	468,0	561,60
33	120	20	35,0	173,5	30,0	442,0	530,40
34	120	20	35,0	160,5	30,0	416,0	499,20
35	120	16	35,0	147,5	30,0	390,0	468,00
36	120	16	35,0	136,5	30,0	368,0	441,60
37	120	16	35,0	125,5	30,0	346,0	415,20
38	120	16	35,0	114,5	30,0	324,0	388,80
39	120	16	35,0	103,5	30,0	302,0	362,40
42	60	25	55,0	198,2	40,0	531,4	318,84



umschließt äußere Ringbewehrung / enclose outer ring reinforcement

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20	Ø 25
1	120	16	2,31			276,60		
2	360	25	10,45					3762,00
3	180	25	8,95					1611,00
4	120	25	5,82					698,40
5	120	20	5,89				706,80	
6	240	12	3,70		888,00			
7	420	25	9,53					4002,60
11	240	25	3,86					926,40
12	240	12	3,80		912,00			
16	120	25	3,12					374,40
17	120	25	3,75					450,00
18	120	25	4,42					530,40
19	120	25	4,27					512,40
20	120	25	3,88					465,60
21	240	20	3,79				909,60	
22	240	20	3,05				732,00	
23	200	16	3,00			600,00		
24	200	16	3,03			606,00		
25	240	16	2,69			645,60		
26	240	16	2,59			621,60		
30	120	25	6,12					734,40
31	60	25	5,37					322,20
32	120	20	4,68				561,60	
33	120	20	4,42				530,40	
34	120	20	4,16				499,20	
35	120	16	3,90			468,00		
36	120	16	3,68			441,60		
37	120	16	3,46			415,20		
38	120	16	3,24			388,80		
39	120	16	3,02			362,40		
42	60	25	5,31					318,60
50	17	16	lfdM			323,90		
60	7	25	lfdM					268,80
70	5	16	lfdM			442,00		
80	38	25	lfdM					1099,30
100	54	25	lfdM					2745,50
200	32	25	lfdM					2499,10
400	42	25	lfdM					1172,00
500	49	25	lfdM					2335,10
600	32	25	lfdM					2426,40
940	19	10	lfdM	1128,10				
950	21	10	lfdM	578,80				
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				1706,790	1800,000	5591,650	3939,600	27254,715
Gewicht/ Mass (kg/m)				0,617	0,888	1,580	2,470	3,850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				1053,089	1598,400	8834,807	9730,812	104930,653
Total (kg)				126147,761				

Pos.50 Ø16; s=15.0; lo=75cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge total length [m]
50	6.35	2.660	3	51	323.85
Summe L / current meter =					323.9

Pos.60 Ø25; s=7.0; lo=165cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge total length [m]
60	9.60	5.060	4	28	268.80
Summe L / current meter =					268.8

Pos.70 Ø16; s=20.0; lo=75cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge total length [m]
70	11.05	13.076	8	40	442.00
Summe L / current meter =					442.0

Pos.400 Ø25; s=17.5; lo=85cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
400.1	6.75	2.800	3	9	60.75
400.2	7.10	2.975	3	9	63.90
400.3	7.45	3.150	3	9	67.05
400.4	7.85	3.325	3	9	70.65
400.5	8.20	3.500	3	9	73.80
400.6	6.65	3.675	4	12	79.80
400.7	6.90	3.850	4	12	82.80
400.8	7.20	4.025	4	12	86.40
400.9	7.45	4.200	4	12	89.40
400.10	7.75	4.375	4	12	93.00
400.11	8.00	4.550	4	12	96.00
400.12	8.30	4.725	4	12	99.60
400.13	8.55	4.900	4	12	102.60
400.14	8.85	5.075	4	12	106.20
Summe L / current meter =					1172.0

Pos.500 Ø25; s=20.0; lo=85cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
500.1	9.10	5.250	4	8	72.80
500.2	9.45	5.450	4	12	113.40
500.3	9.75	5.650	4	12	117.00
500.4	10.05	5.850	4	12	120.60
500.5	10.40	6.050	4	8	83.20
500.6	10.70	6.250	4	12	128.40
500.7	11.00	6.450	4	12	132.00
500.8	9.25	6.650	5	10	111.00
500.9	9.50	6.850	5	10	95.00
500.10	9.75	7.050	5	15	146.25
500.11	10.00	7.250	5	15	150.00
500.12	10.25	7.450	5	15	153.75
500.13	10.50	7.650	5	10	105.00
500.14	10.75	7.850	5	10	107.50
500.15	11.00	8.050	5	10	110.00
500.16	11.25	8.250	5	10	112.50
500.17	11.50	8.450	5	10	115.00
500.18	11.75	8.650	5	10	117.50
500.19	12.00	8.850	5	10	120.00
500.20	10.35	9.050	6	12	124.20
Summe L / current meter =					2335.1

Pos.600 Ø25; s=25.0; lo=85cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
600.1	10.55	9.250	6	12	126.60
600.2	10.80	9.500	6	12	129.60
600.3	11.10	9.750	6	12	133.20
600.4	11.35	10.000	6	12	136.20
600.5	11.60	10.250	6	12	139.20
600.6	11.85	10.500	6	12	142.20
600.7	10.50	10.750	7	14	147.00
600.8	10.75	11.000	7	14	150.50
600.9	10.95	11.250	7	14	153.30
600.10	11.20	11.500	7	14	156.80
600.11	11.40	11.750	7	14	159.60
600.12	11.65	12.000	7	14	163.10
600.13	11.85	12.250	7	14	165.90
600.14	10.70	12.500	8	16	171.20
600.15	10.90	12.750	8	16	174.40
600.16	11.10	13.000	8	16	177.60
Summe L / current meter =					2426.4

Pos.100 Ø25; s=15.0; lo=120cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
100.1	9.40	5.200	4	8	75.20
100.2	9.65	5.349	4	8	77.20
100.3	9.85	5.497	4	8	78.80
100.4	10.10	5.646	4	8	80.80
100.5	10.35	5.794	4	8	82.80
100.6	10.55	5.943	4	8	84.40
100.7	8.90	6.092	5	10	89.00
100.8	9.05	6.240	5	10	90.50
100.9	9.25	6.389	5	10	92.50
100.10	9.45	6.537	5	10	94.50
100.11	9.65	6.686	5	10	96.50
100.12	9.80	6.835	5	10	98.00
100.13	10.00	6.983	5	10	100.00
100.14	10.20	7.132	5	10	102.00
100.15	10.35	7.280	5	10	103.50
100.16	10.55	7.429	5	10	105.50
100.17	10.75	7.578	5	10	107.50
100.18	10.95	7.726	5	10	109.50
100.19	11.10	7.875	5	10	111.00
100.20	11.30	8.023	5	10	113.00
100.21	11.50	8.172	5	10	115.00
100.22	11.70	8.321	5	10	117.00
100.23	11.85	8.469	5	10	118.50
100.24	10.25	8.618	6	12	123.00
100.25	10.40	8.766	6	12	124.80
100.26	10.55	8.915	6	12	126.60
100.27	10.70	9.064	6	12	128.40
Summe L / current meter =					2745.5

Pos.200 Ø25; s=25.0; lo=120cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
200.1	10.85	9.215	6	12	130.20
200.2	11.15	9.463	6	12	133.80
200.3	11.40	9.710	6	12	136.80
200.4	11.65	9.958	6	12	139.80
200.5	11.90	10.206	6	12	142.80
200.6	10.60	10.454	7	14	148.40
200.7	10.85	10.701	7	14	151.90
200.8	11.05	10.949	7	14	154.70
200.9	11.30	11.197	7	14	158.20
200.10	11.50	11.444	7	14	161.00
200.11	11.70	11.692	7	14	163.80
200.12	11.95	11.940	7	14	167.30
200.13	10.80	12.187	8	16	172.80
200.14	11.00	12.435	8	16	176.00
200.15	11.20	12.683	8	16	179.20
200.16	11.40	12.931	8	16	182.40
Summe L / current meter =					2499.1

Pos.80 Ø25; s=12.5; lo=120cm

Nr.	Länge A length A [m]	Radius radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
80.1	7.00	2.750	3	6	42.00
80.2	7.25	2.875	3	6	43.50
80.3	7.50	3.000	3	6	45.00
80.4	7.75	3.125	3	6	46.50
80.5	8.05	3.250	3	6	48.30
80.6	6.55	3.375	4	8	52.40
80.7	6.70	3.500	4	8	53.60
80.8	6.90	3.625	4	8	55.20
80.9	7.10	3.750	4	8	56.80
80.10	7.30	3.875	4	8	58.40
80.11	7.50	4.000	4	8	60.00
80.12	7.70	4.125	4	8	61.60
80.13	7.90	4.250	4	8	63.20
80.14	8.10	4.375	4	8	64.80
80.15	8.30	4.500	4	8	66.40
80.16	8.50	4.625	4	8	68.00
80.17	8.70	4.750	4	8	69.60
80.18	8.90	4.875	4	8	71.20
80.19	9.10	5.000	4	8	72.80
Summe L / current meter =					1099.3

Montagebewehrung /erection reinforcement

Pos.950 Ø10; lo=60cm Montage

Nr.	Länge A Length A [m]	Radius Radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
950.1	6.25	2.696	3	3	18.75
950.2	6.35	2.731	3	3	19.05
950.3	6.85	2.983	3	6	41.10
950.4	7.30	3.183	3	6	43.80
950.5	8.45	3.733	3	6	50.70
950.6	6.80	3.932	4	8	54.40
950.7	8.50	5.020	4	4	34.00
950.8	8.45	4.985	4	4	33.80
950.9	8.40	4.950	4	4	33.60
950.10	7.95	4.667	4	16	127.20
950.11	7.65	4.468	4	16	122.40
Summe L / current meter =					578.8

Pos.940 Ø10; lo=60cm Montage

Nr.	Länge A Length A [m]	Radius Radius [m]	Stückzahl Number of items pro Ring	Stückzahl Number of items ges.	Gesamtlänge Total length [m]
940.1	8.90	5.268	4	4	35.60
940.2	9.20	5.468	4	4	36.80
940.3	9.30	5.530	4	4	37.20
940.4	10.55	6.310	4	4	42.20
940.5	8.75	6.480	5	5	43.75
940.6	9.75	7.260	5	5	48.75
940.7	9.95	7.430	5	5	49.75
940.8	10.95	8.210	5	5	54.75
940.9	9.40	8.380	6	6	56.40
940.10	10.25	9.170	6	6	61.50
940.11	10.40	9.330	6	6	62.40
940.12	11.05	9.960	6	6	66.30
940.13	11.25	10.130	6	6	67.50
940.14	10.30	10.760	7	7	72.10
940.15	10.45	10.930	7	7	73.15
940.16	11.00	11.560	7	7	77.00
940.17	11.15	11.730	7	7	78.05
940.18	11.70	12.360	7	7	81.90
940.19	11.85	12.530	7	7	82.95
Summe L / current meter =					1128.1

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standardmäßig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anordnungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert τ_{bm}=0,7*τ_{bk} für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value τ_{bm}=0,7*τ_{bk} for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dmin gemäß DIN EN 1992-1-1
minimum mandrel diameter Dmin according to DIN EN 1992-1-1

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament circle foundation				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m^3)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	992,50
Expositionsklasse exposure class	außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3		----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δc_{dev}		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage	c_{min}	innen internal	40 mm
		außen outside	50 mm
nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer		seitlich sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value at cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse / consistency classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheets "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Bauteil element	Sauberkeitsschicht blinding layer				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m^3)
	C12/15	----	----	----	55,20
Expositionsklasse exposure class	außen / external X0		innen / internal X0		----

Besondere Anforderungen / special requirements

---- ----	----

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design Calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984368
Bewehrungsplan Nr. B500B / Reinforcement drawing no. B500B	D0984369 D0984370 D0984371
Bewehrungsplan Nr. B400S / Reinforcement drawing no. B400S	
separate Stahlstäbliste B500B / separate steel bar list B500B	D0984372
separate Stahlstäbliste B400S / separate steel bar list B400S	
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-036, D039270

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Ruf Ingenieure GmbH
Hegger + Partner
Kaiserstraße 9
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Ges. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	21.12.2020	AR	PB

Prüfstempel / Certification stamp

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-2 Rev.0
vom 21. Jan. 2021

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
PRÜFINGENIEURBÜRO

Turmtyp / Tower type
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location

Prüfamt / Certif.

Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament
Reinforcement drawing 1 cast-in-place-foundation

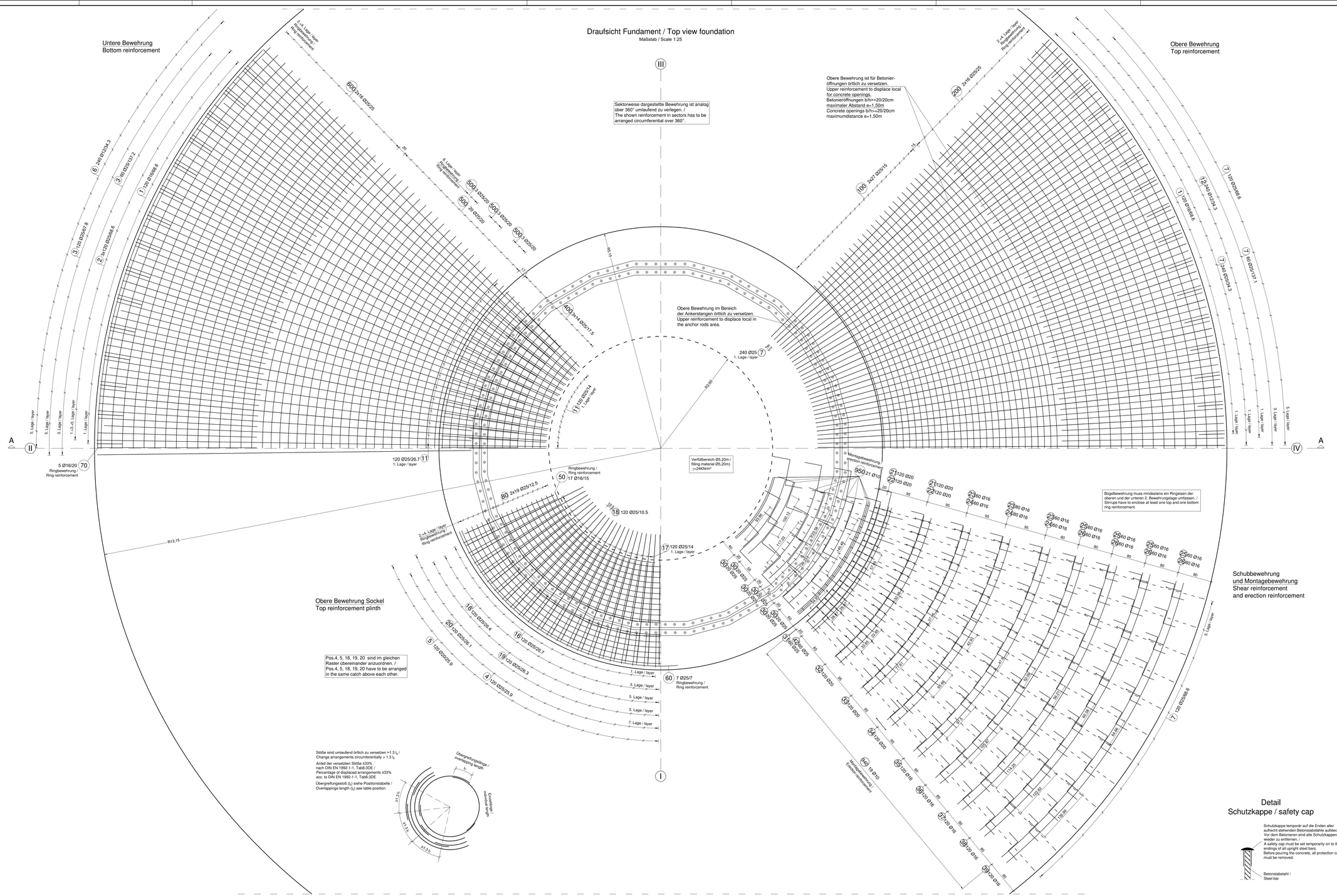
Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ft)

Erstellt / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
31.07.2020 VV	31.07.2020 OD	31.07.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr /Project no.
wie angezeigt / as shown	D0984369-1	DIN A0	E20-036 FI

Draufsicht Fundament / Top view foundation

Maßstab / Scale 1:25



Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbau/Unterbeton sind Anforderungen an Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentsoberkante liegen.
- Im Bereich des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungsrabatte nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Betondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttelfugen anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbauröhren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Für die Fundamentoberfläche sind Anforderungen an die Ebenheit einzuhalten.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Für die Betonage bei niedrigen Temperaturen ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0055526-D) sind zu beachten.
- Die Anforderungen der Betonstahlmatten (D0055526-E) sind zu beachten.
- Die ENERCON Spezifikation zum Thema Korrosion- Anwendung auf Vorteilung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm,fl}$=0,7f_{ctm} für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (unterbeton) requirements to DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- In the area of the foundation and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- For the fresh concrete properties a concrete technologist is required.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- Due to concreting at low temperatures a construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0055526-D) have to be observed.
- The requirements of the anchor cage (D0055526-E) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.

In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm,fl}$=0,7f_{ctm} for an early constraint was used.
This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dm,min gemäß DIN EN 1992-1-1
minimum mandrel diameter Dm,min according to DIN EN 1992-1-1

Winkelhaken (senkr.)	Bügel, Schlaufen Stirrups, loops	Aufbiegung, Kröpfungen Bent-ups, cranked bars
Stab / Bar ϕ	Stab / Bar ϕ	Stab / Bar ϕ
Rahel (liegt) / Rahel (lying) Stab / Bar ϕ	Dm≤1 → 4d für ϕ < 20mm Dm≤1 → 7d für ϕ ≥ 20mm	Dm≤1 → 10d

	≤ 100 mm: ≥ 3d ≥ 50 mm	> 100 mm: ≥ 6d (≥40) ≥ 3d Dm≤1→ 15d	≤30 mm: ≥6d (≥7) ≤ 3d Dm≤1→ 25d

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament circle foundation				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	992,50
Expositionsklasse exposure class	außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3		---

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δcdev		15 mm
Mindestwert Vertiegemaß der 1. Bewehrungslage	cmin	innen / internal	40 mm
		außen / outside	50 mm
nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer		seitlich / sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value of cement with low hydration heat	NW / (LH)
Korrosionsklasse / corrosion/cy classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betonüberdeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheeds "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Bauteil element	Sauberkeitsschicht blinding layer				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	---	---	---	55,20
Expositionsklasse exposure class	außen / external X0		innen / internal X0		---

Besondere Anforderungen / special requirements

---	---
---	---

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0084368
Bewehrungszeichnung Nr. B1/B2 / Reinforcement drawing no. B1/B2	D0084369 D0084370 D0084371
Bewehrungszeichnung Nr. B3/B5 / Reinforcement drawing no. B3/B5	
separate Stahlschlaufen B1/B2 / separate steel bar list B1/B2	D0084372
separate Stahlschlaufen B3/B5 / separate steel bar list B3/B5	
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-036, D039704

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieurbüro Hellgen + Partner
Hellgen + Partner
Kaiserstraße 9
52874 Selfkant

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Dwg.	Gepr. / Chk.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	21.12.2020	AR	PB

Prüfvermerk / Certification stamp

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-2 Rev.0
vom 21. Jan. 2021
TÜV NORD CERT

Typ/Typ / Tower type:
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location

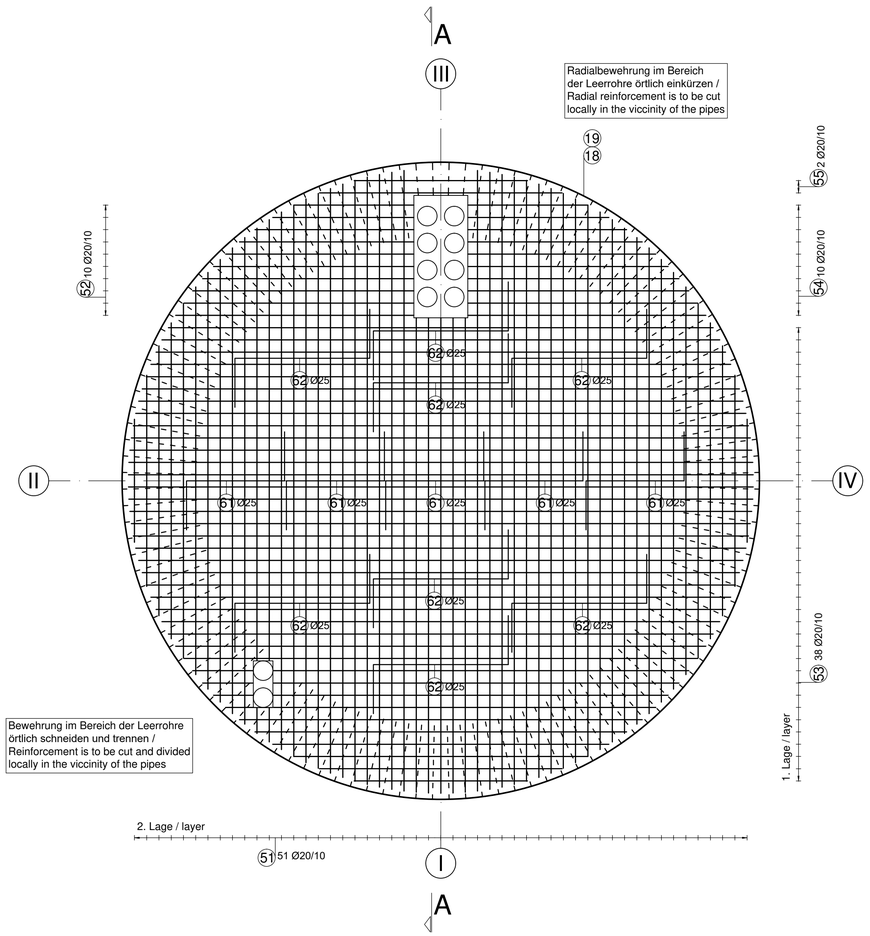
Thema/Topic / Content:
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament
Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation
Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
31.07.2020 VV	31.07.2020 OD	31.07.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr. / Project no.
wie angezeigt / as shown	D0984370-1	841x1500	E20-036 FI

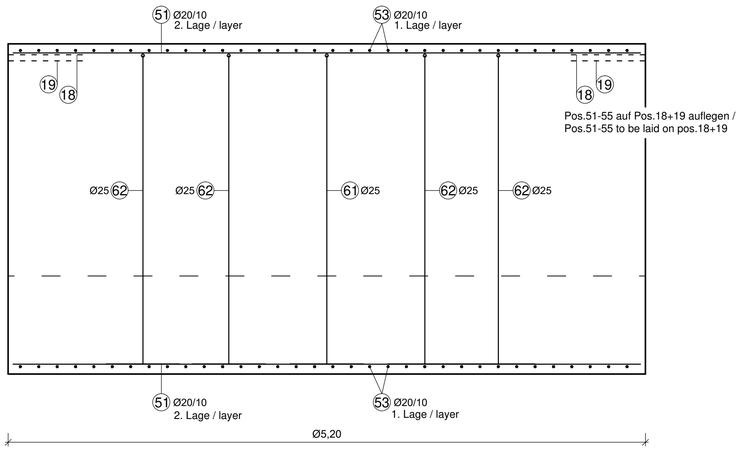
Untere und obere Fundamentkernbewehrung und Abstandhalter / Bottom and top reinforcement foundation core and spacers

Maßstab / scale 1:25



Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / scale 1:25



Stahlliste Fundamenkern / Steel shedule foundation core

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B Ø 20	Ø 25
51	102	20	3,89 *	396,78	
52	20	20	1,54 *	30,80	
53	76	20	4,34 *	330,22	
54	20	20	1,54 *	30,80	
55	4	20	1,70 *	6,80	
61	5	25	6,64		33,20
62	8	25	6,94		55,52
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				795,400	88,720
Gewicht/ Mass (kg/m)				2,470	3,850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				1964,638	341,572
Total (kg)				2306,210	

* Mittlere Länge / Average lenght

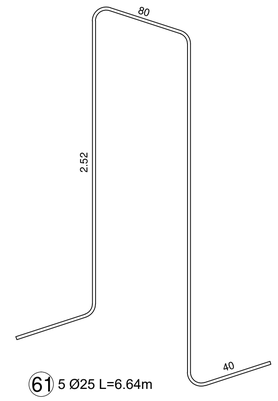
Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
51.1	4	1,005	4,020
51.2	4	1,725	6,900
51.3	4	2,200	8,800
51.4	4	2,580	10,320
51.5	4	2,895	11,580
51.6	4	3,165	12,660
51.7	4	3,400	13,600
51.8	4	3,610	14,440
51.9	4	3,800	15,200
51.10	4	3,970	15,880
51.11	4	4,125	16,500
51.12	4	4,265	17,060
51.13	4	4,385	17,540
51.14	4	4,500	18,000
51.15	4	4,600	18,400
51.16	4	4,690	18,760
51.17	4	4,770	19,080
51.18	4	4,845	19,380
51.19	4	4,905	19,620
51.20	4	4,955	19,820
51.21	4	5,000	20,000
51.22	4	5,035	20,140
51.23	4	5,065	20,260
51.24	4	3,870	15,480
51.25	6	3,880	23,280
Gesamt / Total: (m)			396,720

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
52.1	2	0,980	1,960
52.2	2	1,150	2,300
52.3	2	1,295	2,590
52.4	2	1,425	2,850
52.5	2	1,535	3,070
52.6	2	1,635	3,270
52.7	2	1,725	3,450
52.8	2	1,805	3,610
52.9	2	1,880	3,760
52.10	2	1,945	3,890
Gesamt / Total: (m)			30,750

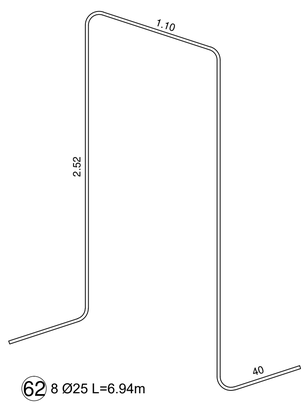
Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
53.1	4	4,445	17,780
53.2	4	4,550	18,200
53.3	4	4,650	18,600
53.4	4	4,735	18,940
53.5	4	4,810	19,240
53.6	4	4,875	19,500
53.7	4	4,930	19,720
53.8	4	4,980	19,920
53.9	4	5,020	20,080
53.10	4	5,050	20,200
53.11	4	5,075	20,300
53.12	4	5,090	20,360
53.13	4	5,100	20,400
53.14	2	4,325	8,650
53.15	2	4,195	8,390
53.16	2	4,050	8,100
53.17	2	3,890	7,780
53.18	2	3,710	7,420
53.19	2	3,510	7,020
53.20	2	3,285	6,570
53.21	2	3,035	6,070
53.22	2	2,740	5,480
53.23	2	2,400	4,800
53.24	2	1,980	3,960
53.25	2	1,415	2,830
Gesamt / Total: (m)			330,310

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
54.1	2	0,980	1,960
54.2	2	1,150	2,300
54.3	2	1,295	2,590
54.4	2	1,425	2,850
54.5	2	1,535	3,070
54.6	2	1,635	3,270
54.7	2	1,725	3,450
54.8	2	1,805	3,610
54.9	2	1,880	3,760
54.10	2	1,945	3,890
Gesamt / Total: (m)			30,750

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
55.1	2	1,415	2,830
55.2	2	1,980	3,960
Gesamt / Total: (m)			6,790



61 5 Ø25 L=6.64m



62 8 Ø25 L=6.94m

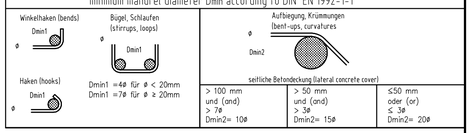
Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
  Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ct,eff}=0,7*f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficent gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
  The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ct,eff}=0,7*f_{ctm}$ for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dmin gemäß DIN EN 1992-1-1 / minimum mandrel diameter Dmin according to DIN EN 1992-1-1



Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1 / specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament / circle foundation				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	992,50
Expositionsklasse exposure class		außen / external XC4,XF1,XA1	innen / internal XC3		----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	$\triangle C_{dev}$		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage nominal dimension of concrete covver for the 1. reinforcement layer	C_{nom}	innen / internal	40 mm
		außen / outside	50 mm
		seitlich / sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value af cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse / consistency classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheeds "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Bauteil element	Sauberkeitsschicht / blinding layer				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	55,20
Expositionsklasse exposure class		außen / external X0	innen / internal X0		----

Besondere Anforderungen / special requirements

---- ----	----

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984368
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D0984369 D0984370 D0984371
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D0984372
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-036, D0392704

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
H-P Ingenieure GmbH
Hegger + Partner
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	03.12.2020	AR	PB

Prüfstempel / Certification stamp

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-2 Rev.0
vom 21. Jan. 2021

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / Content:
Bewehrungsplan 3 / Reinforcement drawing 3
Fundamentkern / Foundation core
Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared:	Gegrüft / Reviewed:	Freigegeben / Approved:
31.07.2020 VV	31.07.2020 OD	31.07.2020 CG
Maßstab / scale:	**Plan-Nr. / plan no.:**	**Blattgröße / Sheet size:** / **Projekt-Nr./Project no.**
wie angezeigt / as shown	D0984371-1	DIN A0 / E20-036 Ff

Fundamentdatenblatt
Foundation Data Sheet

E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Flachgründung
Flat Foundation

WZ 3 GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)
WTC WK IIA (IEC 61400-1, 3rd edition, 2005-08)

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-2 Rev.0
vom 21. Jan. 2021

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON

Released: 2021-01-15 13:59

D0899480/5

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Publisher

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Hans-Dieter Kettwig, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.
ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.
The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.
If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Released: 2021-01-15 13:59

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D0899480-5
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2020-09-04	de;en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

Ergänzende Angaben / Additional notes

Angaben zum Original (ger;eng) **Original document details**		**Angaben zur Übersetzung (--)** **Translation details**	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Shah, S. / 2019-11-19	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Papadamos, M./ 2019-11-19	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2019-09-26	Dokument erstellt als Entwurf Document created Preliminary	SMS
1	2020-06-29	Geometrie angepasst / change geometry	MAB
2	2020-09-04	Stahlliste angepasst / change steel amount	JAV
3	2020-12-08	Dokument aktualisiert gem. TÜV anmerkungen / Document updated acc. to TÜV remarks.	SMS
4	2021-01-14	Stahlmenge angepasst & $F_{z,max}$ bei Kapitel 7.1&7.2 / Steel amount changed & $F_{z,max}$ at chapter 7.1&7.2	ALC
5	2021-01-15	Stahlmenge B 400 angepasst / Steel quantity for B 400 updated	SMS

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

1 Allgemeine Angaben / General information

Typenstatik	H+P Ingenieure GmbH	*Design-specific structural analysis*
Flachgründung	Ø 26,30 m	*Flat foundation*
Auftrag / Datum	E20-036 - 13.01.2021/ E20-064 - 08.12.2020	*Order no. / date*

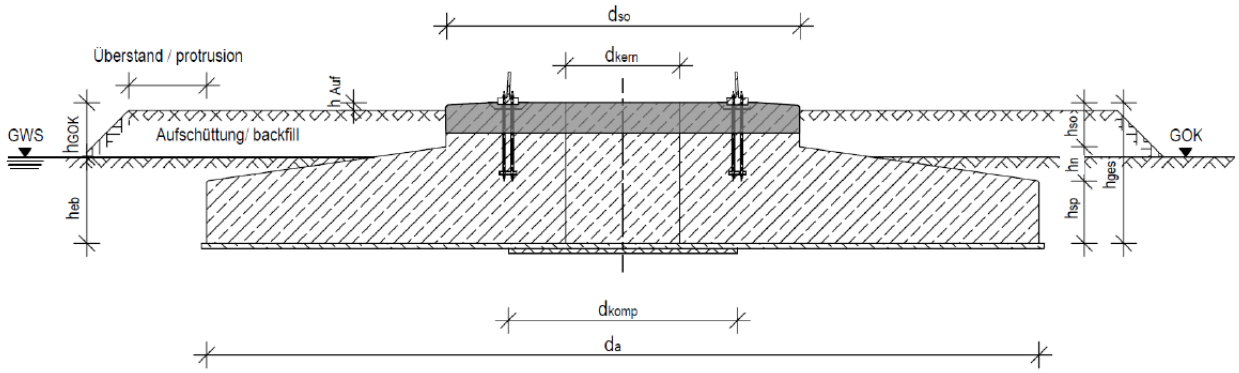
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Released: 2021-01-15 13:59

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	26,30 m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	10,30 m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	5,20 m	***Diameter of foundation core***
Durchmesser kompressible Einlage	d_{komp}	8,40 m	***Compressible layer diameter***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70 m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,40 m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,10 m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,20 m	***Spur height***
Differenz Fundamentoberkante bis Geländeoberkante	h_{GOK}	0,70 m	***Difference between foundation top edge and ground level***
Differenz Fundamentoberkante – Oberkante Aufschüttung	h_{Auf}	0,15 m	***Difference between foundation top edge and top edge of backfill***
Einbindetiefe (ohne Sohlvertiefung)	h_{eb}	2,00 m	***Embedment depth (without bottom pit)***
Betongüte und Volumen	C 35/45	993 m³	***Concrete quality and volume***
Betonstahl und Gewicht	B 500B	128 t	***Reinforcement steel and weight***
	B 400B	142 t	



Maximal zulässiger Grundwasserstand (GWS) bis zur Geländeoberkante (GOK).

Maximum permissible groundwater level (GWS) is up to ground level (GOK).

Der erforderliche Überstand der Aufschüttung über die Fundamentaußenkanten ist durch den verantwortlichen Baugrundgutachter festzulegen.

The required protrusion of the backfill beyond the outer foundation edges must be defined by the responsible geotechnical expert.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Released: 2021-01-15 13:59

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

3 Mindestdrehfedersteifigkeiten / Minimum rotational spring stiffness

Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund sind folgende Mindestwerte einzuhalten:

Observe the following minimum values with regard to elastic clamping between foundation and subsoil:

Gesamtsystem / Total system (Turm und Gründung / Tower and foundation)	**kφ,stat** **18750 MNm/rad**
	kφ,dyn **150000 MNm/rad**

Die erforderlichen dynamischen Steifemodule ($E_{oed,dyn}$) ergeben sich in Abhängigkeit von Fundamentgeometrie und Querdehnzahl.

The resulting required dynamic stiffness moduli ($E_{oed,dyn}$) depend on the foundation dimensions and Poisson's ratio.

Für Kreisfundamente gilt:

The following applies to circular foundations:

$$k_{\varphi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1 - \nu)}$$

daraus folgt:

This means that:

$$E_{oed,dyn} = k_{\varphi} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{r^3} \cdot \frac{(1+\nu) \cdot (1-\nu)^2}{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}$$

G = Schubmodul / *Shear modulus* in MN/m²
r = Radius / *Radius* in m
ν = Querdehnzahl / *Poisson's ratio*

4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 20 Jahren bezogen auf den Außendurchmesser:

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 20 years, related to the outer diameter:

$\Delta s \leq 3$ mm/m

5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

The in-situ subsoil must be able to bear the following minimum pressure:

$\sigma_{k,vorh} = 210$ kN/m²

6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel zwischen Baugrund und Fundament:

Minimum angle of internal friction between subsoil and foundation:

ϕ = 20°

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Released: 2021-01-15 13:59

7 Lasten an der Fundamentunterkante
Loads at the bottom edge of the foundation

Die hier angegebenen F_Z-Lasten enthalten ein Fundamenteigengewicht γ = 25 kN/m³ sowie eine Aufschüttung γ = 22 kN/m³ (Schotter) und und γ = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand. MXY enthält ein Zusatzmoment infolge Schief-stellung von Turm und Fundament.

The FZ loads specified here include a dead weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a backfill weight γ = 22 kN/m³ (gravel) and γ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.
M_{XY} includes an additional moment due to misalignment of tower and foundation.

7.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall ***Load case***	**($\gamma_{G,min}$/$\gamma_{G,max}$)**	**F_{XY} in kN**	**$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**M_{XY} in kNm**	**M_Z in kNm**
DLC D.3	(1.00/1.00)	770	-39948	-27913	90579	3850
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1190	-39948	-27913	144613	-11350
N / A / T	(1.00/1.00)	2130	-41448	-26363	168151	-12000

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.00)

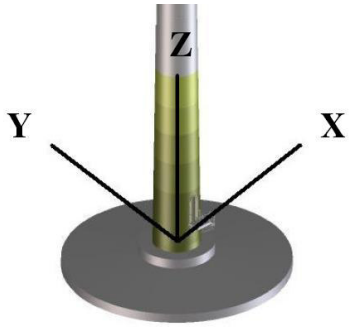
7.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

Lastfall ***Load case***	**($\gamma_{G,min}$/$\gamma_{G,max}$)**	**F_{XY} in kN**	**$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**M_{XY} in kNm**	**M_Z in kNm**
N / A / T	(1.35/0.90)	2340	-53648	-21550	196718	-15350

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{Buoyancy}$ = 1.10)

8 Koordinatensystem / Coordinate system



© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Released: 2021-01-15 13:59

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

TÜV NORD CERT GmbH
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

Prüfbericht zur Typenprüfung

Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, Modularer Stahlrohrturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II

- Tiefgründung mit Auftrieb, D=22,30 m -

Prüfbericht Nr.:	T-7022/20-3 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Tiefgründung mit Auftrieb für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Dieser Prüfbericht wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfberichts ist nur durch eine vorherige, schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet. Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Der Prüfbericht umfasst 12 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen
0	08.06.2021	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Dazugehörige Dokumente 5
2 Prüfgrundlagen 6
3 Einleitung 7
4 Beschreibung 7
4.1 Fundament 7
4.2 Lastannahmen 8
4.3 Baustoffe 9
5 Prüfung 9
5.1 Umfang und Methodik 9
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 9
5.3 Ergebnisse 10
5.4 Schnittstellen 10
6 Auflagen 11
7 Zusammenfassung 12

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„Statische Berechnung, Tiefgründung, E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01,
Projekt: E20-037“,
Dokument-Nr.: D0392705-2, Rev. 2, Datum: 13.01.2021

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Lastenvergleich, E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Bauteil: Tiefgründung,
Projekt: E20-064, zugehörig zu E20-037, D0392705“,
Dokument-Nr.: D02169080-0, Rev. 0, Datum: 08.01.2020

Anlagen zum Prüfbericht zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Schalplan Übersicht
Variante A: 39x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm (alternativ: 39x Fertigteilramm-
pfähle 45x45xm), Tiefgründung (Tg), Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0984395-1, Rev. 1, Datum: 28.12.2020

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Schalplan Übersicht
Variante B:33x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm, Tiefgründung (Tg),
Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0984396-1, Rev. 1, Datum: 28.12.2020

[1.1.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Schalplan Übersicht
Variante C: 16x Bohrpfähle mit Ø=100cm, Tiefgründung (Tg),
Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0984397-1, Rev. 1, Datum: 28.12.2020

[1.1.6] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ort-
betonfundament, Tiefgründung (Tg), Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0984401-1, Rev. 1, Datum: 11.12.2020

[1.1.7] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ort-
betonfundament, Tiefgründung (Tg), Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0988598-1, Rev. 1, Datum: 11.12.2020

[1.1.8] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01; Planinhalt: Bewehrungsplan 3, Fundamentkern, Tiefgründung (Tg), Projekt-Nr. E20-037 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D0988599-0, Rev. 0, Datum: 10.09.2020

Spezifikation

[1.1.9] ENERCON GmbH:
„Fundamentdatenblatt, E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01, Tiefgründung, WZ3 GK II (DIBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D0978609-3, Rev. 3, Datum: 12.01.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbericht zur Typenprüfung, Windenergieanlage Lagerwey E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8P, NH 126 m, DIBt Windzone S, Geländekategorie II, - Modularer Stahlturm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 -“,
Prüfbericht Nr.: T-7022/20-1, Rev. 0, Datum: 07.12.2020

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01, Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D0942630-2, Rev. 2, Datum: 11.06.2020

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D0942630-4, Rev. 4, Datum: 26.11.2020

Ankerkorb

[1.2.4] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „Anchor threaded rod assy“,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070203, Rev. A, Datum: 12.11.2018

[1.2.5] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor segment assy“,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070268, Rev. B, Datum: 18.11.2019

[1.2.6] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Upper flange segment“,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070269, Rev. B, Datum: 04.11.2019

[1.2.7] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor lower ring weldment“,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070270, Rev. B, Datum: 29.05.2020

[1.2.8] Lagerwey Wind BV:
Zeichnung: „EP5; E147_126; Anchor arrangement assy“,
Dokument-Nr.: M07-C5-20-070272, Rev. A, Datum: 03.10.2019

Übersetzungsdokument zu den Zeichnungen

[1.2.9] Lagerwey Wind BV:
„Translation table for tower drawings”,
Dokument Nr.: M00-C2-40-000506, Rev. R3, Datum: 20.08.2020

Spezifikationen

[1.2.10] ENERCON GmbH:
„Materialspezifikation Betonstahl“,
Dokument-Nr.: D0181818-2, Rev. 2, Datum: 22.05.2017

[1.2.11] ENERCON GmbH:
„Fundamente Lagerwey / MST, Anforderungen während des Turmaufbaus“,
Dokument-Nr.: D0935526-0, Rev. 0, Datum: 09.03.2020

Handbücher

[1.2.12] Lagerwey Wind BV:
Wartungshandbuch „LP4 L136 and L147 MST, Maintenance manual“,
Dokument-Nr.: M00-C5-31-20005, Rev. R6, Datum: 22.07.2017

[1.2.13] Lagerwey Wind BV:
Errichtungshandbuch Ankerkorb „EP5 Anchor MST manual EN, Installation“,
Dokument-Nr.: M07-C5-31-20082, Rev. R2, Datum: 06.10.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt (Korrigierte Fassung 03.2015)
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04
„Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2014-03 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12
„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“

[2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“

[2.6] DAfStb Heft 439 (1994)
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“

[2.7] DAfStb Heft 600 (2012)
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“

[2.8] DAfStb-Richtlinie (2010-04)
„Massige Bauteile aus Beton“

3 Einleitung

Gegenstand dieses Berichts ist die Prüfung einer Tiefgründung mit Auftrieb, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

4 Beschreibung

4.1 Fundament

Das Fundament dient zur Aufnahme des modularen Stahlturms E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 22,30 m auf und ist für die folgenden Pfahlvarianten ausgelegt:

Variante A: 39 Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm oder
39 Fertigteilrammpfähle mit 45/45cm
Variante B: 33 Ortbetonrammpfähle mit Ø56cm
Variante C: 16 Bohrpfähle mit Ø100cm

Weitere Details können den Schalplänen [1.1.3] bis [1.1.5] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.9] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	Fundament-nachweise
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	0 + [1.1.2]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Fundamentnachweise

4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfiguration ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	spezifi-ziert in	geprüft in
1	E-147 EP5 E2	126 m	5,0 MW	LM71.8P	WZ S	GK II	[1.2.3]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslasten beziehen sich auf eine Lebensdauer von 20 Jahren.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten und Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 5 mm/m angenommen. Zusätzlich wurde eine Schiefstellung des Turms von 3 mm/m infolge ungleichmäßiger Fundamentsetzungen berücksichtigt.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad angesetzt.

Der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser liegt 2,00 m über der Fundamentsohle. Dementsprechend wurde das Fundament mit und ohne Einwirkungen aus Auftrieb berechnet.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.8] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Zusätzlich zum Endzustand wurde ein Bauzustand mit Belastung aus Frischbetoneigengewicht nachgewiesen (s. Zeichnungen [1.1.3] bis [1.1.5]).

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Zeichnungen [1.1.3] bis [1.1.8] (siehe Abschnitt 1.1) bzw. dem Fundamentdatenblatt [1.1.9] und der Spezifikation [1.2.10] entnommen werden.

Fundament

Fundamentplatte und -sockel:	C35/45	DIN EN 206-1, DIN 1045-2
Betonstahl:	B500B	DIN 488

5 Prüfung

5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in den eingereichten statischen Berechnungen (siehe 1.1) geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft. Die Auslegung des Fundamentes in 0 erfolgte für die in [1.2.2] aufgeführten Fundamentlasten. Diese weichen von den endgültig in [1.2.1] bestätigten Fundamentlasten [1.2.3] ab. Diese Abweichungen wurden in [1.1.2] beurteilt und durch ergänzende Berechnungen nachgewiesen.

Die Prüfung umfasst das Fundament und die Betonnachweise des Ankerkorbes im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbes, die innere Tragfähigkeit der Pfähle und die geotechnischen Nachweise (inklusive der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle) sind nicht Gegenstand dieser Prüfung. Des Weiteren sind die Ermittlung und die Wahl der erforderlichen Bewehrung für B400B in 0 nicht Bestandteil der Prüfung.

Der modulare Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbes wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Prüfung wurde die in [1.1.3] bis [1.1.5] dargestellte Betonierfuge berücksichtigt. Zusätzliche Bauzustände während der Vor-Ort Montage des Turmes sind nicht Gegenstand der Prüfung.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter Abschnitt 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Turmbericht [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

Geotechnische Nachweise und Pfähle

5.4.2 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.3 Der Baugrund und das Pfahlsystem müssen die in [1.1.9] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

5.4.4 Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind die in [1.1.9] angegebenen Bemessungslasten zu verwenden.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Die Ankerbolzen sind gemäß der Zeichnung [1.2.8] mit 510 kN vorzuspannen. Beim Vorspannen ist das Handbuch [1.2.13] anzuwenden.

5.4.6 Die Vorspannkraft der Ankerbolzen darf erst aufgebracht werden, wenn der Beton seine Nenndruckfestigkeit erreicht hat.

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.7 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

5.4.8 Ein Jahr nach erstmaligem Aufbringen der Vorspannung muss die Vorspannkraft der Ankerbolzen überprüft und ggf. wieder aufgebracht werden, um etwaige Vorspannkraftverluste aus Kriech- und Schwindeffekten auszugleichen (s. [1.2.12], Abschnitt 5.1).

6 Auflagen

Fundament

6.1 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670 und der DIN 1045-3 zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.2 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

6.3 Wegen der erforderlichen Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite ist ein langsam erhärtender Beton mit r ≤ 0,30 zu verwenden.

Anforderungen an den Baugrund

6.4 Die innere Tragfähigkeit der Pfähle muss für jeden Standort nachgewiesen werden. Die in 0 ermittelten und in [1.1.9] aufgeführten Pfahlbiegemomente und -querkräfte, sowie die in [1.1.3] bis [1.1.5] exemplarisch dargestellten Pfahlbewehrungen, dienen lediglich der Vorbemessung und dürfen nicht für die Auslegung von Pfahlgründungen verwendet werden.

6.5 Die Drehfedersteifigkeit des Fundaments hängt von den Bodenkennwerten und dem Pfahlsystem ab und ist für jeden Standort zu bestätigen.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Tiefgründung mit Auftrieb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbericht zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Im Falle von standsicherheitsrelevanten Änderungen an der Fundamentkonstruktion verliert dieser Bericht seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbericht ersetzt nicht den Prüfbescheid zur Typenprüfung.

Für eine vollständige Typenprüfung müssen alle gutachtlichen Stellungnahmen gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Kapitel 3, Abschnitt I sowie ein Prüfbescheid zur Typenprüfung vorliegen.

Der stellvertretende Leiter

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

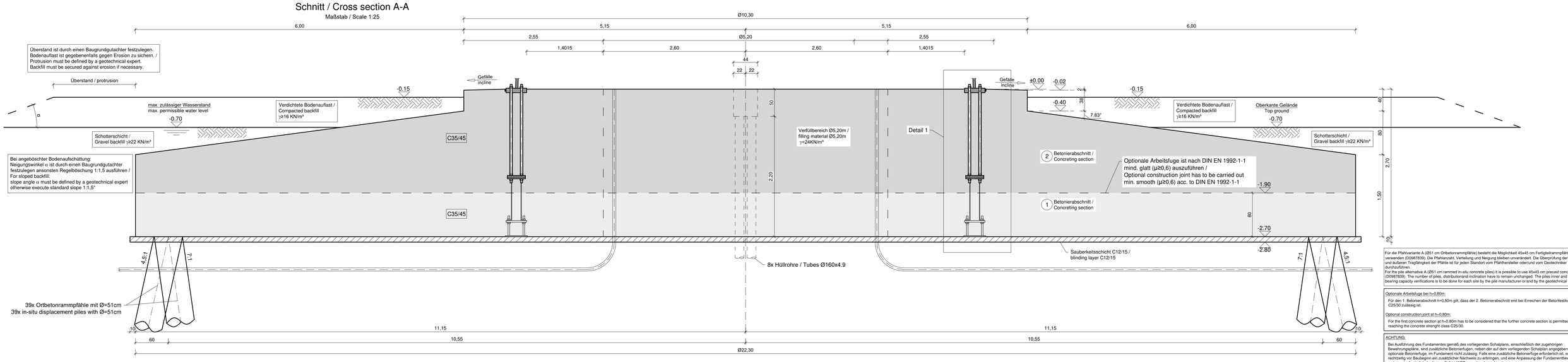
Dipl.-Ing. (FH) S. Möller

An der Prüfung beteiligt:

Dipl.-Ing. (FH) / M.Sc. U. Lingslebe

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Für die Pfahlvariante A (Ø51 cm Ortbetonrammpfähle) besteht die Möglichkeit 45x45 cm Fertigbetonrammpfähle zu verwenden (D0987839). Die Pfahlanzahl, Verteilung und Neigung bleiben unverändert. Die Überprüfung der inneren und äußeren Tragfähigkeit der Pfähle ist für jeden Standort vom Pfahlhersteller oder/und vom Geotechniker durchzuführen.
For the pile alternative A (Ø51 cm rammed in-situ concrete piles) it is possible to use 45x45 cm precast concrete piles (D0987839). The number of piles, distributionand inclination have to remain unchanged. The piles inner and outer load bearing capacity verifications is to be done for each site by the pile manufacturer or/and by the geotechnical engineer.

Optionale Arbeitsfuge bei h=0,80m:

Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.

Optional construction joint at h=0,80m:

For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.

ACHTUNG:

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionale Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:

If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in this present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

Rammebene:

- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,8m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentdatenblatt sind zu beachten.

Pile-driving platform:

- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Baugrundanforderungen:

- Die Baugrundanforderungen sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung ansetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung / Optimierung durchgeführt wird.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:

- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile design / optimization is performed.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

Allgemeines:

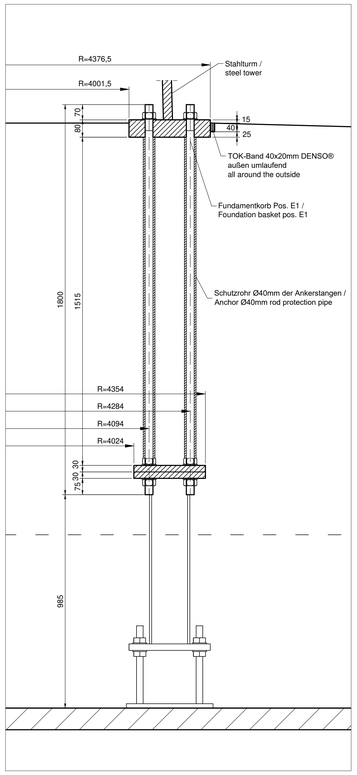
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
  Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm}=0,7 \cdot f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm}=0,7 \cdot f_{ctm}$ for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Detail 1

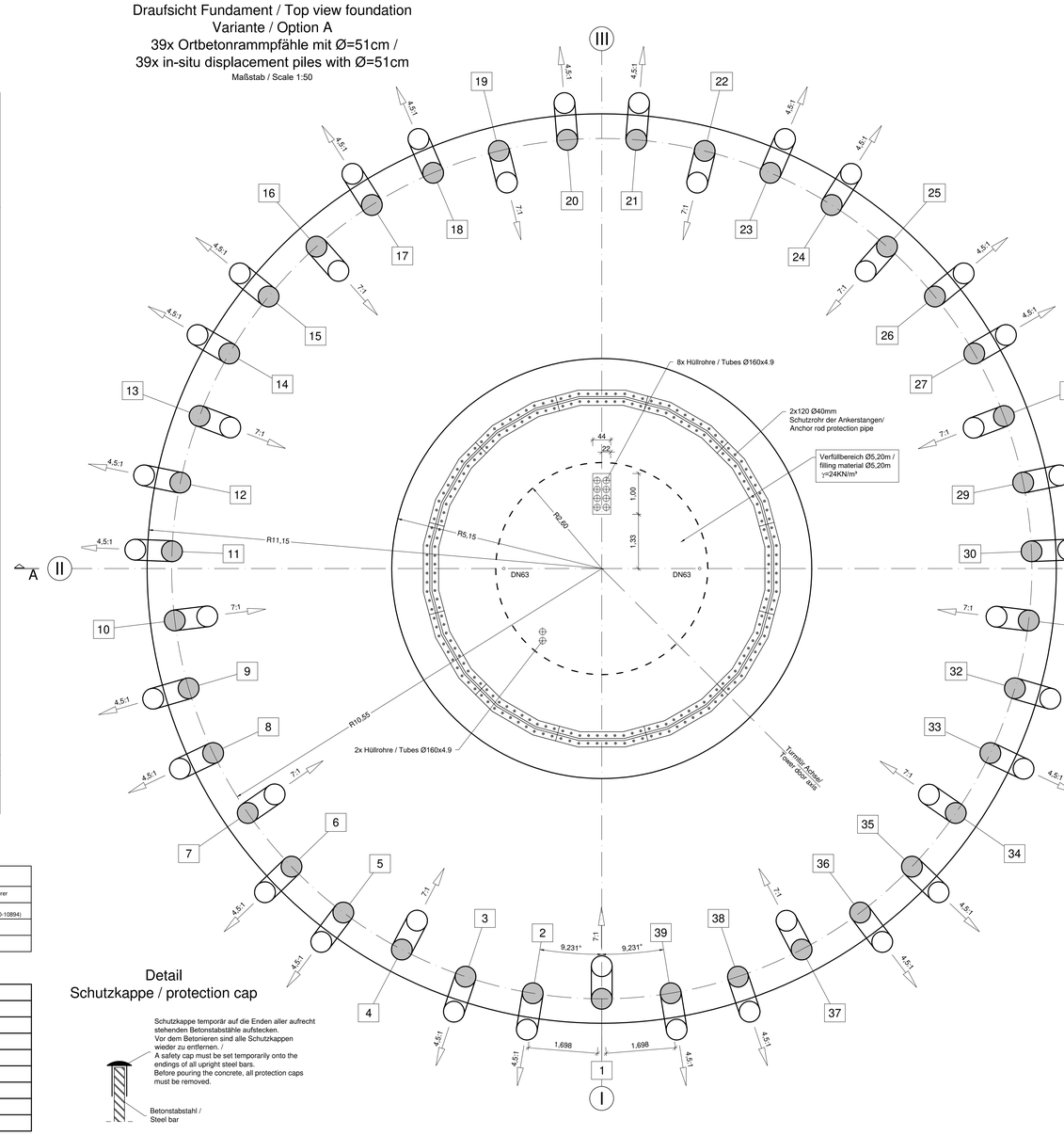
Maßstab / scale 1:10
Angaben in [mm]



Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / Option A
39x Ortbetonrammpfähle mit Ø=51cm /
39x in-situ displacement piles with Ø=51cm

Maßstab / Scale 1:50



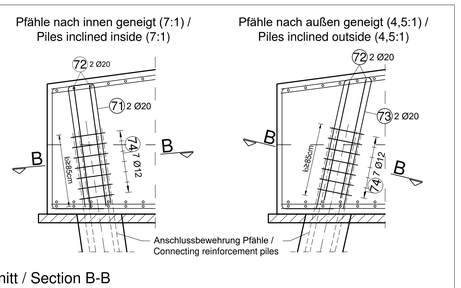
Detail
Schutzkappe / protection cap

Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken.
Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. /
A safety cap must be set temporarily onto the endings of all upright steel bars.
Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstabstahl /
Steel bar

Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle Ø51cm /
Exemplary connecting reinforcement piles Ø51cm

Maßstab / Scale 1:25



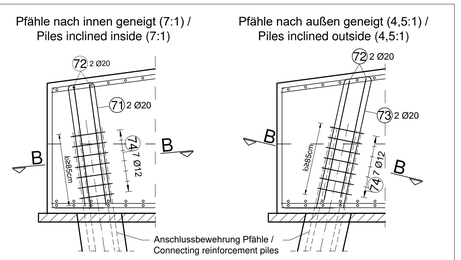
Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B ø≤ 12	B500B ø≥ 20
71	26	20	3,14		81,64
72	78	20	3,14		244,92
73	52	20	3,39		176,28
74	273	12	1,66	453,18	
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				453,18	502,840
Gewicht / Mass (kg/m)				0,888	2,470
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				402,424	1242,015
Total (kg)				1644,439	

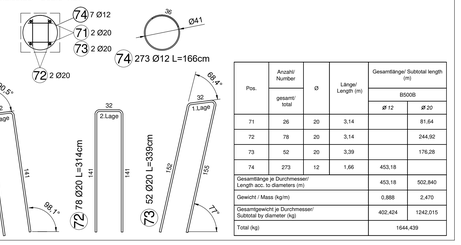
Exemplarische Anschlussbewehrung für alternative Ausführung Pfähle 45/45cm /
Exemplary connecting reinforcement for alternative piles 45/45cm

Maßstab / Scale 1:25



Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25



Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B ø≤ 12	B500B ø≥ 20
71	26	20	3,14		81,64
72	78	20	3,14		244,92
73	52	20	3,39		176,28
74	273	12	1,66	453,18	
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				453,18	502,840
Gewicht / Mass (kg/m)				0,888	2,470
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				402,424	1242,015
Total (kg)				1644,439	

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (M08-C5-30-10894)

VARIANTE A (39 Pfähle) / Alternative A (39 piles)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in ULS (clamped pile heads)	
min N =	-2271 kN
max N =	501 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in SLS (clamped pile heads)	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-1802 kN
max N =	490 kN

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. B5000 / Reinforcement drawing no. (B5000)	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. (B+B500) / Reinforcement drawing no. (B+B500)	
separate Stabstahlliste B5000 / separate steel bar list B5000	D0988600
separate Stabstahlliste B+B500 / separate steel bar list B+B500	
Stabstahlliste Pfahlkern/Gussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar list connection piles option A to C	D0984398 D0984399 D0984400
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0392705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

H+P Ingenieure GmbH
Pegger + Partner
Kellerstraße 9
12051 Berlin

Index / Index	Änderungen / Amendments	Datum / Date	Gez. / Draw.	Gepr. / Chk.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	28.12.2020	VV	CL

Prüfstempel / Certification stamp

TÜV NORD CERT
ENTWURF FÜR BAUPRÜFUNG
DER STANDSICHERHEIT GENEHMIGT

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

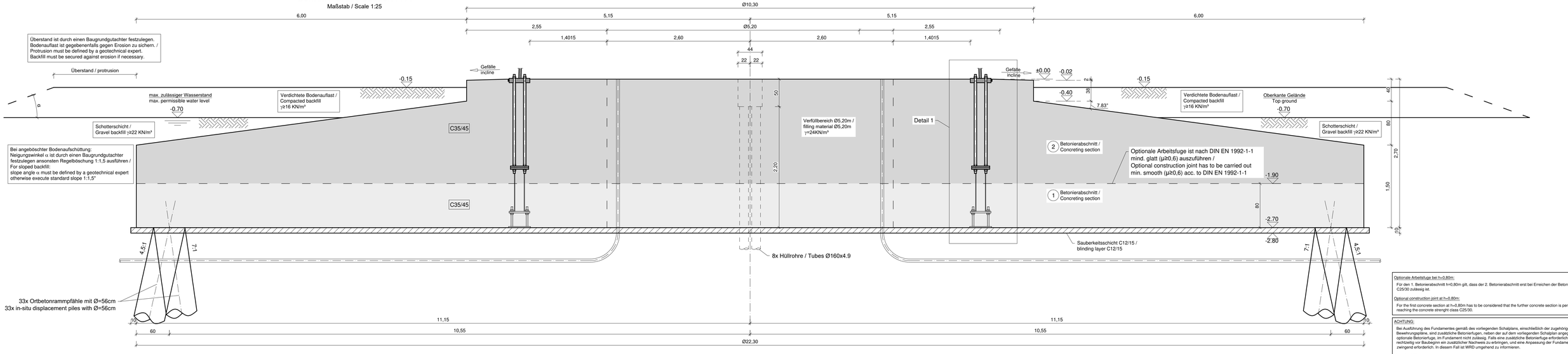
Standort / Location

Planinhalt / Content
Schalplan Übersicht Variante A: 39x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm (alternativ: 39x Fertigteilrammpfähle 45x45cm)/Shuttering drawing overview option A: 39x in-situ concrete displacement piles with Ø51cm (alternatively: 39x precast concrete piles 45x45cm)
Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
10.09.2020 VV	10.09.2020 CL	10.09.2020 CG
Maßstab / scale: wie angezeigt / as shown	Plan-Nr. / plan no.: D0984395-1	Blattgröße / Sheet size: DIN A0
		Projekt-Nr./Project no.: E20-037 Df

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25

Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25

79 231 Ø12 L=181.5cm

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B ø 12	B500B ø 20
76	66	20	3,18		209,88
77	22	20	3,23		71,06
78	44	20	3,48		153,12
79	231	12	1,81	419,26	
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				419,265	434,060
Gewicht / Mass (kg/m)				0,888	2,470
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				372,307	1072,128
Total (kg)				1444,436	

Detail
Schutzkappe / protection cap

VARIANTE B (33 **Pfähle**) / Alternative B (33 **piles**)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in ULS (clamped pile heads)	
min N =	-2676 kN
max N =	590 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in SLS (clamped pile heads)	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-2125 kN
max N =	242 kN

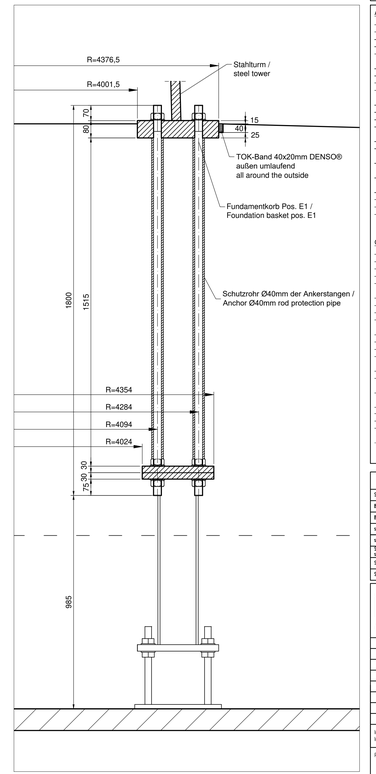
Draufsicht Fundament / Top view foundation
Variante / Option B
33x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm / 33x in-situ displacement piles with Ø=56cm

Maßstab / Scale 1:50

Detail 1

Maßstab / scale 1:10

Angaben in [mm]



Optionale Arbeitsfuge bei h=0,80m:

Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.

Optional construction joint at h=0,80m:

For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.

ACHTUNG:

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionale Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:

If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in this present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

Rammebene:

- Die Rammebene ist auf der Geländeroberkante und mit einer Höhe h=0,8m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentdatenblatt sind zu beachten.

Pile-driving platform:

- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Baugrundanforderungen:

- Die Baugrundanforderungen sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung ansetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung / Optimierung durchgeführt wird.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:

- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile design / optimization is performed.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Aufbau des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- F ür eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm}=0.7*f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm}=0.7*f_{ctm}$ for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / Shuttering drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. (BSt500S) / Reinforcement drawing no. (BSt500S)	
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D0988600
separate Stabstahlliste BSt500 / separate steel bar list BSt500	
Stabstahlliste Pfahlanschlussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar list connection piles option A to C	D0984398 D0984399 D0984400
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0992705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

H+P Ingenieure GmbH
Hegger + Partner
Kackertstraße 16
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Prog.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	28.12.2020	VV	CL

Prüfstempel / Certification stamp

PRÜFBUCH FÜR ANLAGEN TECHNISCHE ANLAGEN
TÜV NORD CERT

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (M08-C5-30-10894)

Planinhalt / Content

Schalplan Übersicht Variante B:33x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm / Shuttering drawing overview option B: 33x in-situ displacement piles with Ø=56cm

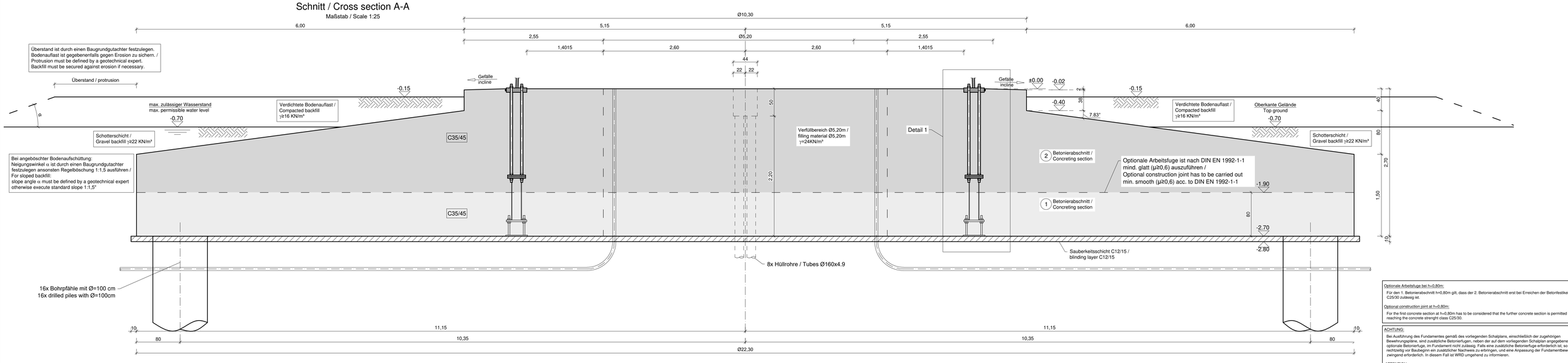
Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
10.09.2020 VV	10.09.2020 CL	10.09.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr. (Projekt no.
wie angezeigt / as shown	D0984396-1	DIN A0	E20-037 Df

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Optionale Arbeitsfuge bei h=0,80m:

Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.

Optional construction joint at h=0,80m:

For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.

ACHTUNG:

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionale Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:

If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in this present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

Rammebene:

- Die Rammebene ist auf der Geländeroberkante und mit einer Höhe h=0,8m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentdatenblatt sind zu beachten.

Pile-driving platform:

- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Baugrundanforderungen:

- Die Baugrundanforderungen sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung ansetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung / Optimierung durchgeführt wird.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:

- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile design / optimization is performed.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

Allgemeines:

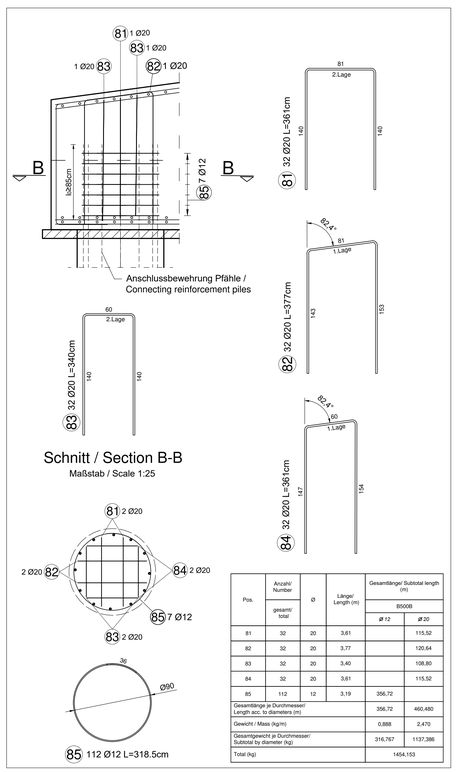
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttelöffnungen anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 1367-1 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm}=0,7*f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
  The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm}=0,7*f_{ctm}$ for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

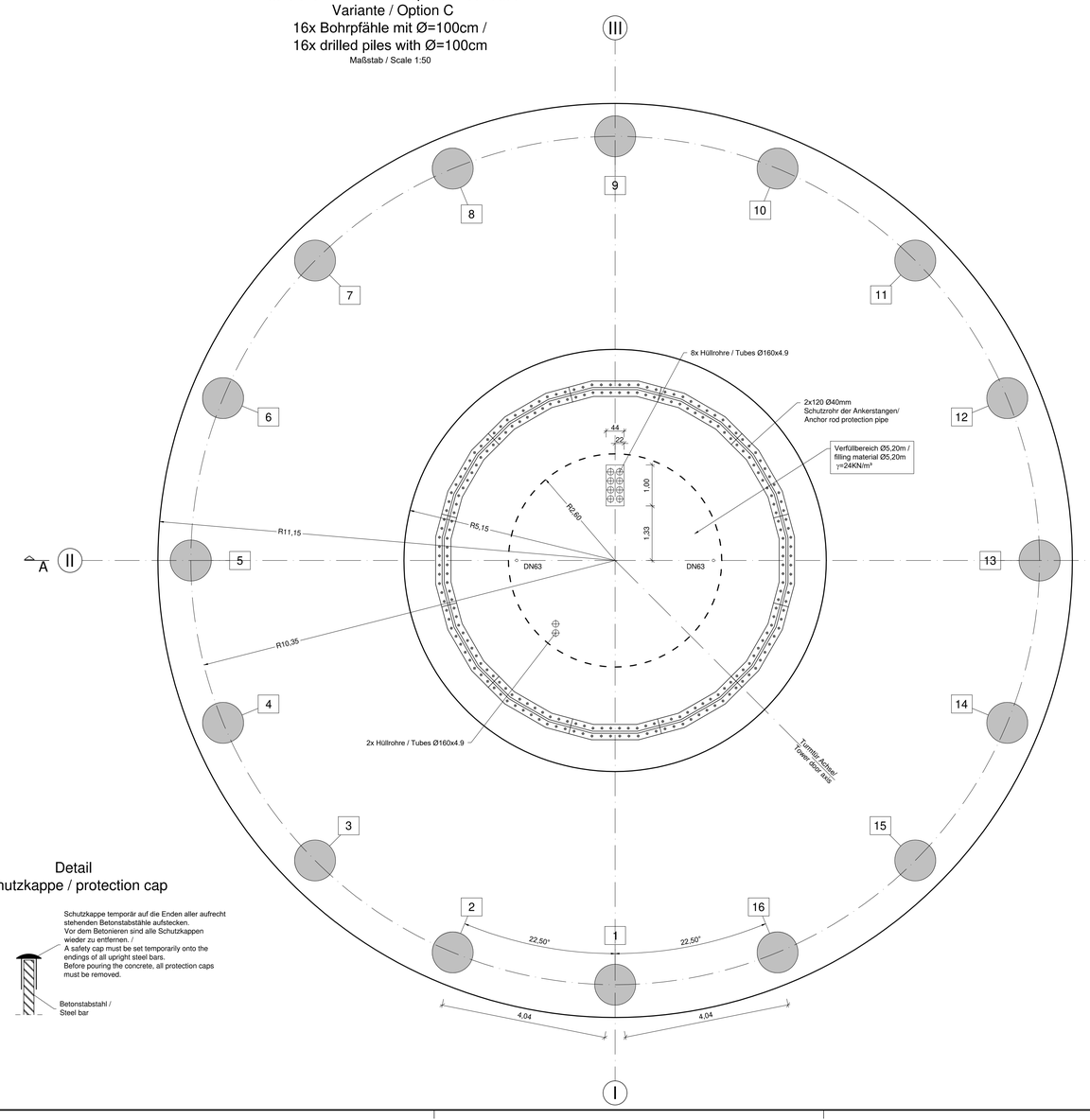
Maßstab / Scale 1:25



Pos.	Anzahl/ Number	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)	
	gesamt/ total			B500B	
				Ø 12	Ø 20
81	32	20	3,61		115,52
82	32	20	3,77		120,64
83	32	20	3,40		108,80
84	32	20	3,61		115,52
85	112	12	3,19	356,72	
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				356,72	460,480
Gewicht / Mass (kg/m)				0,888	2,470
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				316,767	1137,386
Total (kg)				1454,153	

Draufsicht Fundament / top view foundation
Variante / Option C
16x Bohrpfähle mit Ø=100cm / 16x drilled piles with Ø=100cm

Maßstab / Scale 1:50



Detail 1

Maßstab / scale 1:10

Angaben in [mm]

Detail
Schutzkappe / protection cap

VARIANTE C (16 Pfähle) / Alternative C (16 piles)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in ULS (clamped pile heads)	
min N =	-5352 kN
max N =	1123 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS (eingespannte Pfahlköpfe) / overview pile loads in SLS (clamped pile heads)	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-4230 kN
max N =	414 kN

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (M08-C5-30-10894)

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. B500B / Reinforcement drawing no. (B500B)	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. (B+B500) / Reinforcement drawing no. (B+B500)	
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D0988600
separate Stabstahlliste B+B500 / separate steel bar list B+B500	
Stabstahlliste Pfahlkreuzbewehrung Variante B bis C / separate steel bar list connection piles option A to C	D0984398 D0984399 D0984400
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0392705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

H+P Ingenieure GmbH
Hegger + Partner
Kackertstraße 16
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Modifications	Datum / Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	28.12.2020	VV	CL

Prüfstempel / Certification stamp

PRÜFBUCH FÜR ENERCON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location

Planinhalt / Content

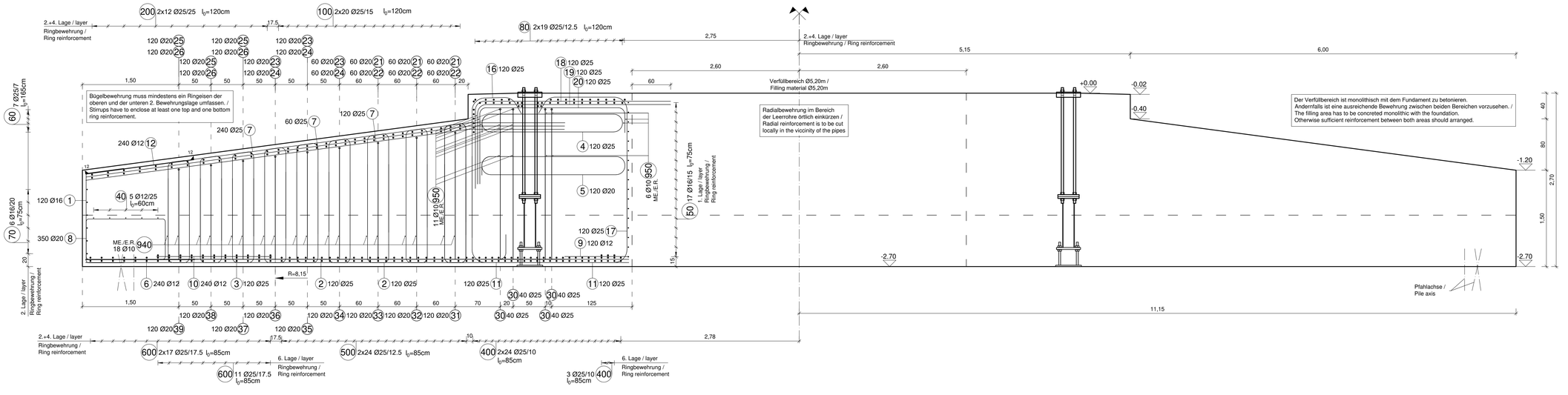
Schalplan Übersicht Variante C: 16x Bohrpfähle mit Ø=100cm / Shuttering drawing overview option C: 16x drilled piles with Ø=100cm

Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
10.09.2020 VV	10.09.2020 CL	10.09.2020 CG
Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr /Project no.
wie angezeigt / as shown	D0984397-1	DIN A0	E20-037 Df

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbauröhren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm,fl}=0.7 f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
  The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the corresponding national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm,fl}=0.7 f_{ctm}$ for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the afterteatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dmo gemäß DIN EN 1992-1-1 / minimum mandrel diameter Dmo according to DIN EN 1992-1-1		
Winkelhaken Bend2	Bügel, Schlaufen (stirrups, loops)	Aufbiegung, Krümmungen (bent-ups, curvatures)
Haken (hooks)	Dmo≥ =48 für ≤ 20mm; Dmo≥ =7ø für ø ≥ 20mm	seitliche Betonüberdeckung (lateral concrete cover)
	> 100 mm und (and) ≥7ø; Dmo≥= 10ø	> 50 mm und (and) ≥3ø; Dmo≥= 15ø	≤50 mm oder (or) ≥2ø; Dmo≥= 20ø

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1 specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament circle foundation					
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class		Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF		793,30
Expositionsklasse exposure class	außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3			----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δc_dev		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer	c_nom	innen internal	40 mm
		außen outside	50 mm
		seitlich sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value af cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse / consistency classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheeds "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Sauberkeitsschicht blinding layer

Bauteil element	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	39,80
Expositionsklasse exposure class	außen / external X0		innen / internal X0		----

Besondere Anforderungen / special requirements

----	----

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design Calculation

Schalplan M. / Outfacing drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. B5000 / Reinforcement drawing no. B5000	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. B4000 / Reinforcement drawing no. B4000	
separate Stabstahlliste B5000 / separate steel bar list B5000	D0988600
separate Stabstahlliste B4000 / separate steel bar list B4000	
Stabstahlliste Pfahlkorbverbindung Variante A bis F / separate steel bar list connection piles option A to F	D0984398 D0984399 D0984400
Specification / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0392705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Ing.-büro Hegger + Partner
Kackertstraße 11
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / changes	Bearb. / Sache	Gepr. / Rev.	Freig. / Rel.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	11.12.2020	AR	CL

Prüfsiegel / Certification stamp: PRÜFBAUMUSTER EU-BAUPROBE; TÜV NORD CERT; ZERTIFIZIERUNGSSTELLE

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type: E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location:

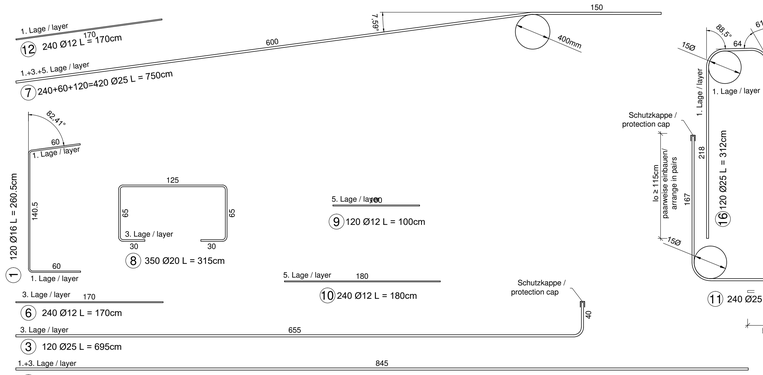
Planinhalt / Content:

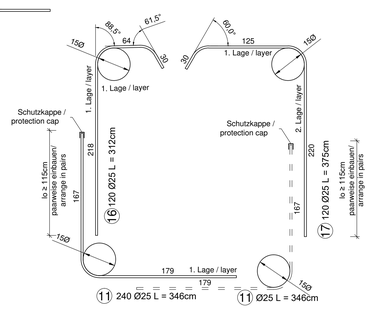
Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament
Reinforcement drawing 1 cast-in-place-foundation

Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (DF)

Gezeichnet / Prepared	Geprüft / Reviewed	Freigegeben / Approved
14.08.2020 VV	14.08.2020 CL	14.08.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr. /Project no.
wie angezeigt / as shown	D0984401-1	DIN A0	E20-037 Df



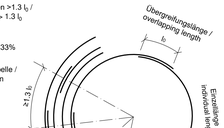


Detail
Schutzkappe / safety cap

Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 $l_ü$ / Change arrangements circumferentially > 1.3 $l_ü$

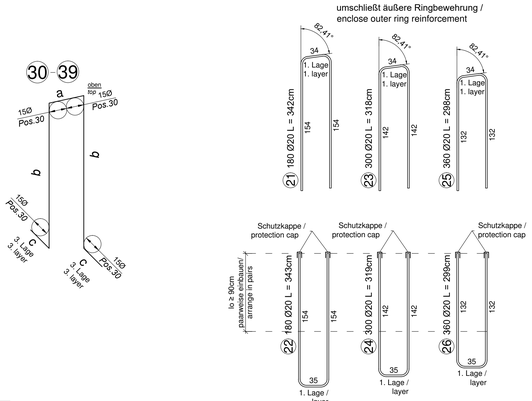
Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE / Percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE

Übergreifungsstoß ($l_ü$) siehe Positionstabelle / Overlappings length ($l_ü$) see table position



Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B				
				Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20	Ø 25
1	120	16	2,61			312,60		
2	240	25	8,45					2028,00
3	120	25	6,95					834,00
4	120	25	5,82					698,40
5	120	20	5,89				706,80	
6	240	12	1,70		408,00			
7	420	25	7,50					3150,00
8	350	20	3,15				1102,50	
9	120	12	1,00		120,00			
10	240	12	1,80		432,00			
11	240	25	3,46					830,40
12	240	12	1,70		408,00			
16	120	25	3,12					374,40
17	120	25	3,75					450,00
18	120	25	4,42					530,40
19	120	25	4,26					511,80
20	120	25	3,88					465,60
21	180	20	3,42				615,60	
22	180	20	3,43				617,40	
23	300	20	3,18				954,00	
24	300	20	3,19				957,00	
25	360	20	2,98				1072,80	
26	360	20	2,99				1076,40	
30	160	25	6,12					979,20
31	120	20	4,95				594,00	
32	120	20	4,79				574,80	
33	120	20	4,63				555,60	
34	120	20	4,47				536,40	
35	120	20	4,33				519,60	
36	120	20	4,20				504,00	
37	120	20	4,07				488,40	
38	120	20	3,93				471,60	
39	120	20	3,80				456,00	
40	5	12	lfdM		348,90			
50	17	16	lfdM			323,90		
60	7	25	lfdM					268,80
70	6	16	lfdM			449,40		
80	38	25	lfdM					1099,30
100	40	25	lfdM					1879,70
200	24	25	lfdM					1636,60
400	51	25	lfdM					1401,70
500	48	25	lfdM					2185,30
600	45	25	lfdM					2914,40
940	18	10	lfdM	923,80				
950	17	10	lfdM	495,10				
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				1418,885	1716,900	1085,850	11802,900	22238,060
Gewicht/ Mass (kg/m)				0,617	0,888	1,580	2,470	3,850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				875,452	1524,607	1715,643	29153,163	85616,531
Total (kg)				118885,396				

umschließt äußere Ringbewehrung / enclose outer ring reinforcement



Schubzulage / shear reinforcement

Pos.	Anzahl / Pie.	Ø [mm]	a [cm]	b [cm]	c [cm]	Einzellänge / length [cm]	Gesamtlänge / total length [m]
30	160	25	60,0	236,0	40,0	612,0	979,20
31	120	20	35,0	200,0	30,0	495,0	594,00
32	120	20	35,0	192,0	30,0	479,0	574,80
33	120	20	35,0	184,0	30,0	463,0	555,60
34	120	20	35,0	176,0	30,0	447,0	536,40
35	120	20	35,0	169,0	30,0	433,0	519,60
36	120	20	35,0	162,5	30,0	420,0	504,00
37	120	20	35,0	156,0	30,0	407,0	488,40
38	120	20	35,0	149,0	30,0	393,0	471,60
39	120	20	35,0	142,5	30,0	380,0	456,00

Pos.100 Ø25; s=15.0; lo=120cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
100.1	9.30	5.150	4	8	74.40
100.2	9.55	5.299	4	8	76.40
100.3	9.80	5.447	4	8	78.40
100.4	10.00	5.596	4	8	80.00
100.5	10.25	5.745	4	8	82.00
100.6	10.50	5.893	4	8	84.00
100.7	8.80	6.042	5	10	88.00
100.8	9.00	6.191	5	10	90.00
100.9	9.20	6.340	5	10	92.00
100.10	9.40	6.488	5	10	94.00
100.11	9.55	6.637	5	10	95.50
100.12	9.75	6.786	5	10	97.50
100.13	9.95	6.934	5	10	99.50
100.14	10.15	7.083	5	10	101.50
100.15	10.30	7.232	5	10	103.00
100.16	10.50	7.380	5	10	105.00
100.17	10.70	7.529	5	10	107.00
100.18	10.85	7.678	5	10	108.50
100.19	11.05	7.827	5	10	110.50
100.20	11.25	7.975	5	10	112.50
Summe L / current meter =					1879.7

Pos.200 Ø25; s=25.0; lo=120cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
200.1	9.90	8.275	6	12	118.80
200.2	10.15	8.522	6	12	121.80
200.3	10.40	8.769	6	12	124.80
200.4	10.65	9.017	6	12	127.80
200.5	10.95	9.264	6	12	131.40
200.6	11.20	9.511	6	12	134.40
200.7	11.45	9.758	6	12	137.40
200.8	11.70	10.005	6	12	140.40
200.9	11.95	10.253	6	12	143.40
200.10	10.65	10.500	7	14	149.10
200.11	10.85	10.747	7	14	151.90
200.12	11.10	10.994	7	14	155.40
Summe L / current meter =					1636.6

Pos.80 Ø25; s=12.5; lo=120cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
80.1	7.00	2.750	3	6	42.00
80.2	7.25	2.875	3	6	43.50
80.3	7.50	3.000	3	6	45.00
80.4	7.75	3.125	3	6	46.50
80.5	8.05	3.250	3	6	48.30
80.6	6.55	3.375	4	8	52.40
80.7	6.70	3.500	4	8	53.60
80.8	6.90	3.625	4	8	55.20
80.9	7.10	3.750	4	8	56.80
80.10	7.30	3.875	4	8	58.40
80.11	7.50	4.000	4	8	60.00
80.12	7.70	4.125	4	8	61.60
80.13	7.90	4.250	4	8	63.20
80.14	8.10	4.375	4	8	64.80
80.15	8.30	4.500	4	8	66.40
80.16	8.50	4.625	4	8	68.00
80.17	8.70	4.750	4	8	69.60
80.18	8.90	4.875	4	8	71.20
80.19	9.10	5.000	4	8	72.80
Summe L / current meter =					1099.3

Pos.40 Ø25; s=25.0; lo=60cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
40.1	11.10	9.980	6	6	66.60
40.2	11.35	10.230	6	6	68.10
40.3	11.60	10.480	6	6	69.60
40.4	11.85	10.730	6	6	71.10
40.5	10.50	10.980	7	7	73.50
Summe L / current meter =					348.9

Pos.400 Ø25; s=10.0; lo=85cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / Radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / Total length [m]
400.1	6.70	2.780	3	6	40.20
400.2	6.90	2.880	3	9	62.10
400.3	7.10	2.980	3	9	63.90
400.4	7.35	3.080	3	9	66.15
400.5	7.55	3.180	3	6	45.30
400.6	7.75	3.280	3	6	46.50
400.7	7.95	3.380	3	6	47.70
400.8	8.15	3.480	3	6	48.90
400.9	8.35	3.580	3	6	50.10
400.10	6.65	3.680	4	8	53.20
400.11	6.80	3.780	4	8	54.40
400.12	6.95	3.880	4	8	55.60
400.13	7.15	3.980	4	8	57.20
400.14	7.30	4.080	4	8	58.40
400.15	7.45	4.180	4	8	59.60
400.16	7.60	4.280	4	8	60.80
400.17	7.75	4.380	4	8	62.00
400.18	7.90	4.480	4	8	63.20
400.19	8.05	4.580	4	8	64.40
400.20	8.25	4.680	4	8	66.00
400.21	8.40	4.780	4	8	67.20
400.22	8.55	4.880	4	8	68.40
400.23	8.70	4.980	4	8	69.60
400.24	8.85	5.080	4	8	70.80
Summe L / current meter =					1401.7

Pos.500 Ø25; s=12.5; lo=85cm

Nr.	Länge A / Length A [m]	Radius / Radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / Total length [m]
500.1	9.00	5.175	4	8	72.00
500.2	9.20	5.300	4	8	73.60
500.3	9.40	5.425	4	8	75.20
500.4	9.60	5.550	4	8	76.80
500.5	9.80	5.675	4	8	78.40
500.6	10.00	5.800	4	8	80.00
500.7	10.20	5.925	4	8	81.60
500.8	10.40	6.050	4	8	83.20
500.9	10.55	6.175	4	8	84.40
500.10	10.75	6.300	4	8	86.00
500.11	10.95	6.425	4	8	87.60
500.12	9.10	6.550	5	10	91.00
500.13	9.25	6.675	5	10	92.50
500.14	9.40	6.800	5	10	94.00
500.15	9.60	6.925	5	10	96.00
500.16	9.75	7.050	5	10	97.50
500.17	9.90	7.175	5	10	99.00
500.18	10.05	7.300	5	10	100.50
500.19	10.20	7.425	5	10	102.00
500.20	10.35	7.550	5	10	103.50
500.21	10.50	7.675	5	10	105.00
500.22	10.70	7.800	5	10	107.00
500.23	10.85	7.925	5	10	108.50
500.24	11.00	8.050	5	10	110.00
Summe L / current meter =					2185.3

Pos.600 Ø25; s=17.5; lo=85cm

Nr.	Länge A / Length A [m]	Radius / Radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / Total length [m]
600.1	11.20	8.225	5	15	168.00
600.2	11.45	8.400	5	15	171.75
600.3	11.65	8.575	5	15	174.75
600.4	11.85	8.750	5	15	177.75
600.5	12.05	8.925	6	18	183.60
600.6	10.40	9.100	6	18	187.20
600.7	10.60	9.275	6	18	190.80
600.8	10.75	9.450	6	18	193.50
600.9	10.95	9.625	6	18	197.10
600.10	11.15	9.800	6	18	200.70
600.11	11.30	9.975	6	18	203.40
600.12	11.50	10.150	6	12	138.00
600.13	11.70	10.325	6	12	140.40
600.14	11.85	10.500	6	12	142.20
600.15	10.45	10.675	7	14	146.30
600.16	10.60	10.850	7	14	148.40
600.17	10.75	11.025	7	14	150.50
Summe L / current meter =					2914.4

Pos.50 Ø16; s=15.0; lo=75cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
50	6.35	2.660	3	51	323.85
Summe L / current meter =					323.9

Pos.60 Ø25; s=7.0; lo=165cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
60	9.60	5.060	4	28	268.80
Summe L / current meter =					268.8

Pos.70 Ø16; s=20.0; lo=75cm

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / total length [m]
70	10.70	11.080	7	42	449.40
Summe L / current meter =					449.4

Montagebewehrung /erection reinforcement

Pos.950 Ø10; lo=60cm Montage

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / Total length [m]
950.1	6.25	2.696	3	3	18.75
950.2	6.35	2.731	3	3	19.05
950.3	8.65	3.833	3	6	51.90
950.4	6.80	3.933	4	8	54.40
950.5	7.65	4.468	4	16	122.40
950.6	7.95	4.668	4	16	127.20
950.7	8.40	4.950	4	4	33.60
950.8	8.45	4.985	4	4	33.80
950.9	8.50	5.000	4	4	34.00
Summe L / current meter =					495.1

Pos.940 Ø10; lo=60cm Montage

Nr.	Länge A / length A [m]	Radius / Radius [m]	Stückzahl / Number of items pro Ring	Stückzahl / Number of items ges.	Gesamtlänge / Total length [m]
940.1	9.05	5.370	4	4	36.20
940.2	9.30	5.530	4	4	37.20
940.3	10.00	5.970	4	4	40.00
940.4	10.25	6.130	4	4	41.00
940.5	10.95	6.570	4	4	43.80
940.6	11.20	6.730	4	4	44.80
940.7	9.65	7.170	5	5	48.25
940.8	9.85	7.330	5	5	49.25
940.9	10.25	7.670	5	5	51.25
940.10	10.45	7.830	5	5	52.25
940.11	10.90	8.170	5	5	54.50
940.12	11.10	8.330	5	5	55.50
940.13	11.50	8.670	5	5	57.50
940.14	11.70	8.830	5	5	58.50
940.15	10.25	9.170	6	6	61.50
940.16	10.40	9.340	6	6	62.40
940.17	10.75	9.670	6	6	64.50
940.18	10.90	9.830	6	6	65.40
Summe L / current meter =					923.8

Draufsicht Fundament / Top view foundation

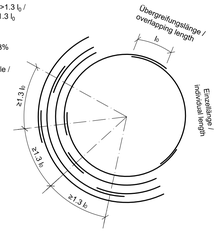
Maßstab / Scale 1:25

Sektorweise dargestellte Bewehrung ist analog über 360° umlaufend zu verlegen. / The shown reinforcement in sectors has to be arranged circumferential over 360°.

Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1,3 l_0 / Change arrangements circumferentially > 1.3 l_0

Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE / Percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE

Übergreifungsstoß (l_0) siehe Positionstabelle / Overlappings length (l_0) see table position



Obere Bewehrung ist für Betonieröffnungen örtlich zu versetzen.
Upper reinforcement to displace local for concrete openings.
Betonieröffnungen b/h>=20/cm
maximaler Abstand e=1,50m
Concrete openings b/h>=20/cm
maximumdistance e=1,50m

Obere Bewehrung im Bereich der Ankerstangen örtlich zu versetzen.
Upper reinforcement to displace local in the anchor rods area.

Verfüllbereich Ø5,20m / filling material Ø5,20m
γ=24KN/m³

Bügelbewehrung muss mindestens ein Ringeisen der oberen und der unteren 2. Bewehrungslage umfassen. / Stirrups have to enclose at least one top and one bottom ring reinforcement.

Untere Bewehrung
Bottom reinforcement

Obere Bewehrung
Top reinforcement

Obere Bewehrung Sockel
Top reinforcement plinth

Schubbewehrung
und Montagebewehrung
Shear reinforcement
and erection reinforcement

Pos.4, 5, 18, 19, 20 sind im gleichen Raster übereinander anzuordnen. / Pos.4, 5, 18, 19, 20 have to be arranged in the same catch above each other.

Detail
Schutzkappe / safety cap

Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken. Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. / A safety cap must be set temporarily on to the endings of all upright steel bars. Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstabstahl / Steel bar

Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
  Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ctm,fl}$=0,7f_{ctm} für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design-data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
  The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ctm,fl}$=0,7f_{ctm} for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dmin gemäß DIN EN 1992-1-1
minimum mandrel diameter Dmin according to DIN EN 1992-1-1

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament circle foundation				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	793,30
Expositionsklasse exposure class	außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3		----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δc_dev		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer	c_min	innen internal	40 mm
		außen outside	50 mm
		seitlich sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value at cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse / consistency classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheeds "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Bauteil element	Sauberkeitsschicht blinding layer				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	39,80
Expositionsklasse exposure class	außen / external X0		innen / internal X0		----

Besondere Anforderungen / special requirements

----	----

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. D0988 / Reinforcement drawing no. D0988	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. Ø40BS / Reinforcement drawing no. Ø40BS	
separate Stahlskizze D0988 / separate steel bar list D0988	D0988600
separate Stahlskizze Ø40BS / separate steel bar list Ø40BS	
Stahlskizze Flanschausschnitt/Verstärkung Variante A bis C / separate steel bar list connection plate option A to C	D0984398 D0984399 D0984400
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0392705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Ing.-büro Hegger + Partner
Kasseler Str. 8
52072 Aachen

Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1	Berücksichtigung von TÜV-Anmerkungen	11.12.2020	AR	CL

Prüfstempel / Certification stamp

PRÜFBERICHT FÜR TYPENPRÜFUNG / TYPE TEST REPORT

TÜV NORD CERT

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-Df

Standort / Location

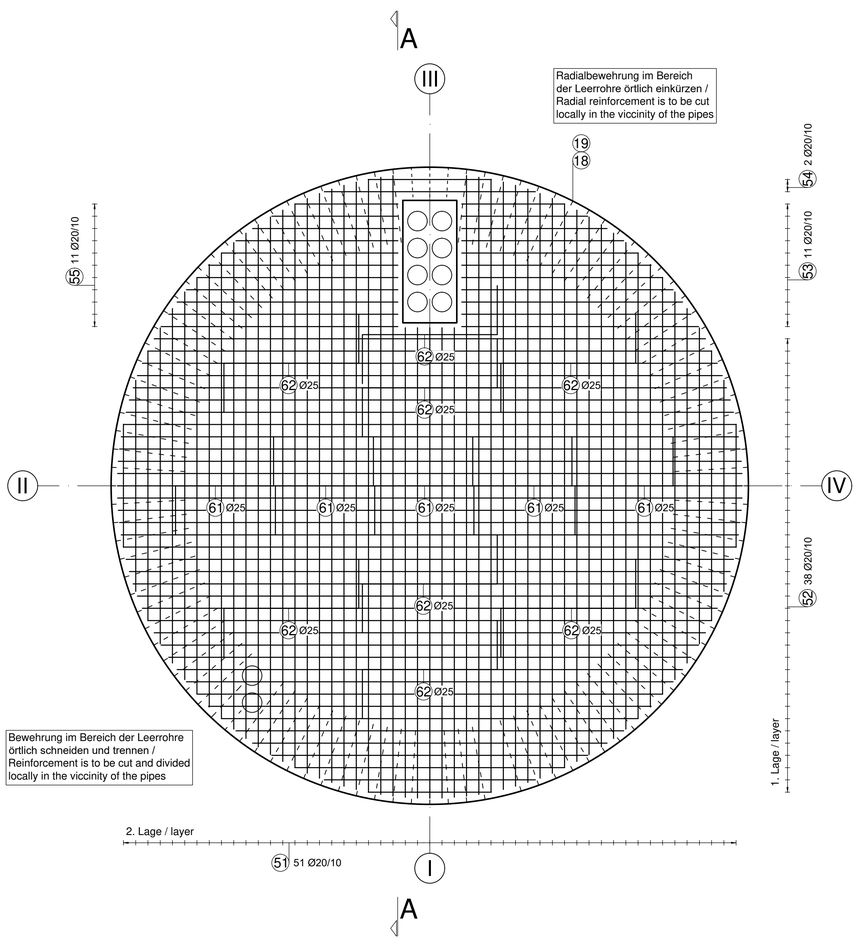
Planinhalt / Content
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament
Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation
Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared	Gepr.ft / Reviewed	Freigegeben / Approved
10.09.2020 VV	10.09.2020 CL	10.09.2020 CG

Maßstab / scale	Plan-Nr. / plan no.	Blattgröße / Sheet size	Projekt-Nr./Project no.
wie angezeigt / as shown	D0988598-1	DIN A0	E20-037 Df

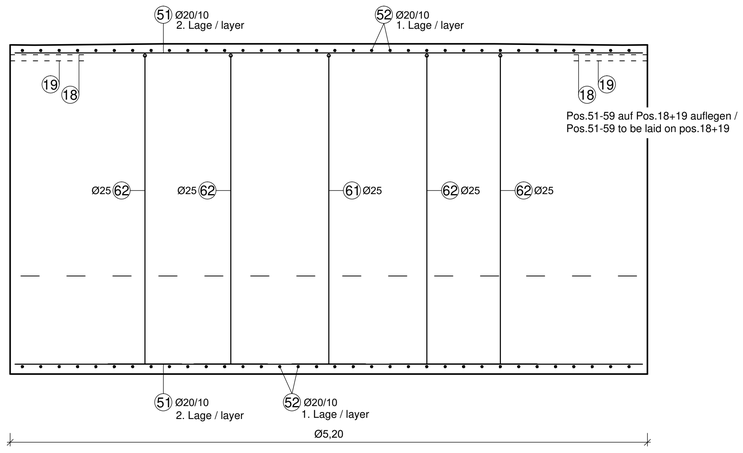
Untere und obere Fundamentkernbewehrung und Abstandhalter / Bottom and top reinforcement foundation core and spacers

Maßstab / scale 1:25



Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / scale 1:25



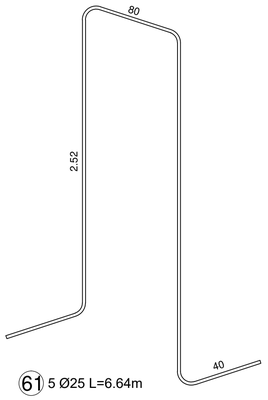
Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
51.1	4	1,005	4,020
51.2	4	1,725	6,900
51.3	4	2,200	8,800
51.4	4	2,580	10,320
51.5	4	2,895	11,580
51.6	4	3,165	12,660
51.7	4	3,400	13,600
51.8	4	3,610	14,440
51.9	4	3,800	15,200
51.10	4	3,970	15,880
51.11	4	4,125	16,500
51.12	4	4,265	17,060
51.13	4	4,385	17,540
51.14	4	4,500	18,000
51.15	4	4,600	18,400
51.16	4	4,690	18,760
51.17	4	4,770	19,080
51.18	4	4,845	19,380
51.19	4	4,905	19,620
51.20	4	4,955	19,820
51.21	4	5,000	20,000
51.22	4	5,035	20,140
51.23	4	5,065	20,260
51.24	4	3,830	15,320
51.25	6	3,840	23,040
Gesamt / Total: (m)			396,320

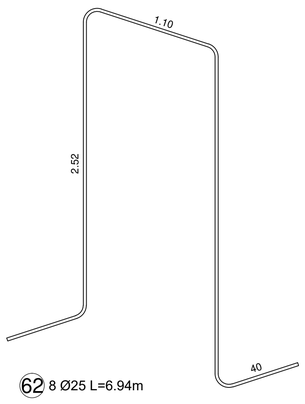
Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
52.1	4	4,500	18,000
52.2	4	4,600	18,400
52.3	4	4,690	18,760
52.4	4	4,770	19,080
52.5	4	4,845	19,380
52.6	4	4,905	19,620
52.7	4	4,955	19,820
52.8	4	5,000	20,000
52.9	4	5,035	20,140
52.10	4	5,065	20,260
52.11	4	5,085	20,340
52.12	4	5,095	20,380
52.13	2	5,100	10,200
52.14	2	4,385	8,770
52.15	2	4,265	8,530
52.16	2	4,125	8,250
52.17	2	3,970	7,940
52.18	2	3,800	7,600
52.19	2	3,610	7,220
52.20	2	3,400	6,800
52.21	2	3,165	6,330
52.22	2	2,895	5,790
52.23	2	2,580	5,160
52.24	2	2,200	4,400
52.25	2	1,725	3,450
52.26	2	1,005	2,010
Gesamt / Total: (m)			326,630

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
53.1	2	0,840	1,680
53.2	2	1,030	2,060
53.3	2	1,185	2,370
53.4	2	1,320	2,640
53.5	2	1,440	2,880
53.6	2	1,545	3,090
53.7	2	1,640	3,280
53.8	2	1,725	3,450
53.9	2	1,800	3,600
53.10	2	1,870	3,740
53.11	2	1,935	3,870
Gesamt / Total: (m)			32,660

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
54.1	2	1,005	2,010
54.2	2	1,725	3,450
Gesamt / Total: (m)			5,460

Pos.	Anzahl / Number gesamt / total	Länge / Length (m)	Gesamtlänge / Subtotal (m)
55.1	2	0,840	1,680
55.2	2	1,030	2,060
55.3	2	1,185	2,370
55.4	2	1,320	2,640
55.5	2	1,440	2,880
55.6	2	1,545	3,090
55.7	2	1,640	3,280
55.8	2	1,725	3,450
55.9	2	1,800	3,600
55.10	2	1,870	3,740
55.11	2	1,935	3,870
Gesamt / Total: (m)			32,660





Stahlliste Fundamenkern / Steel shedule foundation core

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Length (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B	
				Ø 20	Ø 25
51	102	20	3,89 *	396,27	
52	76	20	4,30 *	326,80	
53	22	20	1,49 *	32,67	
54	4	20	1,37 *	5,46	
55	22	20	1,49 *	32,67	
61	5	25	6,64		33,20
62	8	25	6,94		55,52
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				793,870	88,720
Gewicht/ Mass (kg/m)				2,470	3,850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				1960,859	341,572
Total (kg)				2302,431	

* Mittlere Länge / Average lenght

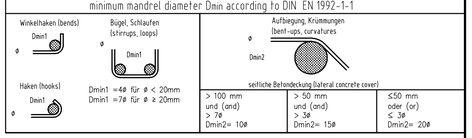
Allgemeines:

- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Oberkante des Geländes muss 0,70m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier-und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
  Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Anforderungen während des Turmaufbaus (D0935526-0) sind zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert $f_{ct,eff}=0,7*f_{ctm}$ für frühen Zwang angesetzt.
  Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a subbase C12/15 is required.
- For the subconcrete (subbase) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (subbase) according to specifications ENERCON.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The top ground surface must be 0,70m below the top of the foundation.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficent gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
  The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The requirements during tower assembly (D0935526-0) have to be observed.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $f_{ct,eff}=0,7*f_{ctm}$ for an early constraint was used.
  This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dmin gemäß DIN EN 1992-1-1
minimum mandrel diameter Dmin according to DIN EN 1992-1-1



Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Bauteil element	Kreisfundament circle foundation				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	793,30
Expositionsklasse exposure class		außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3	----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	ΔC_{dev}		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage nominal dimension of concrete covver for the 1. reinforcement layer	C_{nom}	innen internal	40 mm
		außen outside	50 mm
		seitlich sideways	50 mm

Besondere Anforderungen / special requirements

Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the area of the foundation basket	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts	32 mm
Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value af cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse / consistency classes	F3 / S3

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheeds "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Bauteil element	Sauberkeitsschicht blinding layer				
	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	39,80
Expositionsklasse exposure class		außen / external X0		innen / internal X0	----

Besondere Anforderungen / special requirements

---- ----	----

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D0984395 D0984396 D0984397
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D0984401 D0988598 D0988599
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D0988600
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	
Stabstahlliste Pfahlanschlussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar list connection piles option A to C	D0984398 D0984399 D0984400
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E20-037, D0392705

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
IHP Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 18
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.

Prüfstempel / Certification stamp

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

Turmtyp / Tower type:
E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / Content:
Bewehrungsplan 3 / Reinforcement drawing 3
Fundamentkern / Foundation core
Tiefgründung (Tg) /
Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft / Reviewed:	Freigegeben / Approved:	
10.09.2020 VV	10.09.2020 CL	10.09.2020 CG	
Maßstab / scale: wie angezeigt / as shown	Plan-Nr. / plan no.: D0988599-0	Blattgröße / Sheet size: DIN A0	Projekt-Nr./Project no.: E20-037 Df

Fundamentdatenblatt
Foundation Data Sheet

E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01

Tiefgründung
Pile Foundation

WZ3 GK II (DIBt, Fassung Oktober 2012)
WTC WK IIA (IEC 61400-1, 3rd edition, 2005-08)

Anlage zum Prüfbericht zur Typenprüfung
Nr.: T-7022/20-3 Rev.0
vom 08. Juni 2021

ENERCON

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Publisher

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Hans-Dieter Kettwig, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.
ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.
The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.
If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D0978609-3
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2020-10-27	de;en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

Ergänzende Angaben / Additional notes

Angaben zum Original (ger;eng) **Original document details**		**Angaben zur Übersetzung (--)** **Translation details**	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Behrns, M. / 2020-06-29	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Villada, Gonzalez, J. / 2020-06-30	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2020-06-29	Dokument erstellt als Entwurf Document created Preliminary	MAB
1	2020-09-18	Stahlmenge und Lasten angepasst / Steel quantity and loads adjusted	JAV
2	2020-10-27	Stahlmenge B 400 aktualisiert / Steel quantity B 400 updated	SMS
3	2021-01-12	Dokument aktualisiert gem. neue Fundamentlasten / Document updated acc. to new foundation loads.	SMS

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

1 Allgemeine Angaben / General information

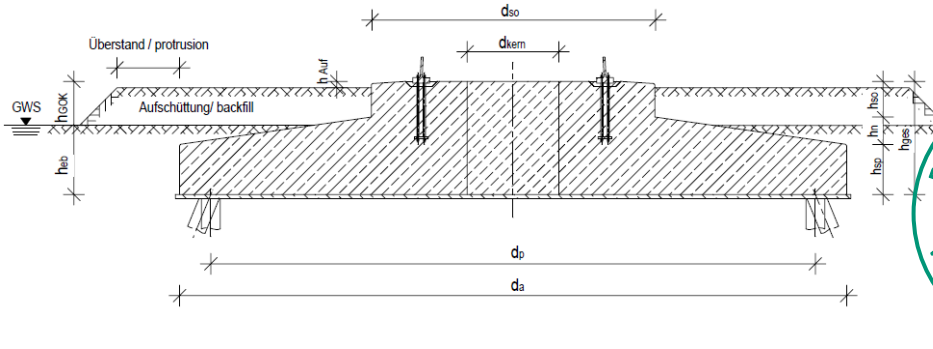
Typenstatik	H+P Ingenieure GmbH	*Design-specific structural analysis*
Tiefgründung	Ø 22,30 m	*Pile foundation*
Auftrag / Datum	E20-037 / 07.12.2020 E20-064 / 08.01.2021	*Order no./ date*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	22,30 m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	10,30 m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	5,20 m	***Diameter of foundation core***
Pfahlkreisdurchmesser Variante A, B	d_p	21,10 m	***Pile ring diameter Option A, B***
Pfahlkreisdurchmesser Variante C	d_p	20,70 m	***Pile ring diameter Option C***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70 m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,40 m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	0,80 m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,50 m	***Spur height***
Differenz Fundamentoberkante bis Geländeoberkante	h_{GOK}	0,70 m	***Difference between foundation top edge and ground level***
Differenz Fundamentoberkante – Oberkante Aufschüttung	h_{Auf}	0,15 m	***Difference between foundation top edge and top edge of backfill***
Einbindetiefe (ohne Sohlvertiefung)	h_{eb}	2,00 m	***Embedment depth (without bottom pit)***
Betongüte und Volumen	C 35/45	793 m³	***Concrete quality and volume***
Betonstahl und Gewicht	B 500B B 400B	123 t 128 t	***Reinforcement steel and weight***



PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Maximal zulässiger Grundwasserstand (GWS) bis zur Geländeoberkante (GOK).

Maximum permissible groundwater level (GWS) is up to ground level (GOK).

Der erforderliche Überstand der Aufschüttung über die Fundamentaußenkanten ist durch den verantwortlichen Baugrundgutachter festzulegen.

The required protrusion of the backfill beyond the outer foundation edges must be defined by the responsible geotechnical expert.

Pfähle / Piles:			
Variante A / Variant A:	**39 Fertigteilrammpfähle nach innen und außen geneigt 39 pre-cast driven piles inclined to the inside / outside**	a/b	45/45 cm
Variante A / Variant A:	**39 Ortbetonrammpfähle nach innen und außen geneigt 39 rammed in-situ concrete piles inclined to the inside / outside**	Ø	51 cm
Variante B / Variant B:	**33 Ortbetonrammpfähle nach innen und außen geneigt 33 rammed in-situ concrete piles inclined to the inside / outside**	Ø	56 cm
Variante C /	**16 Bohrpfähle vertikal**	Ø	100 cm

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Variant C:	**16 bored piles vertical**

3 Mindestdreh- und -wegfedersteifigkeiten / Minimum rotational and translational spring stiffness

Folgende Mindestwerte sind einzuhalten: *Observe the following minimum values:*

Min. Bodendrehfederkonstanten / Min. value of rotational spring	**kφ,stat 18750 MNm/rad**
	kφ,dyn 150000 MNm/rad
Min. Bodenwegfederkonstante / Min. value of translational spring	**kF,dyn 150 MN/m**

Es gelten folgende Beziehungen: *The following relations apply:*

$$\frac{1}{k_{\phi,Gesamt}} = \frac{1}{k_{\phi,Fundament}} + \frac{1}{k_{\phi,Pfahlsystem}}$$

$$\frac{1}{k_{\phi,Total}} = \frac{1}{k_{\phi,Foundation}} + \frac{1}{k_{\phi,Pile\ system}}$$

4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 20 Jahren bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser.

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 20 years, related to the pile ring diameter.

$\Delta s \leq 3$ mm/m

5 Pfahlkräfte / Pile loads

Für den Nachweis der Pfahltragsicherheit sind sowohl Tragfähigkeitsnachweise wie auch Gebrauchstauglichkeitsnachweise zu führen.

Die Pfähle sollten aufgrund der Zugbeanspruchung mindestens 5,0 m in den tragfähigen Baugrund ($q_c > 7{,}5$ MN/m²) einbinden.

Durch einen Sachverständigen der Geotechnik kann diese Einbindetiefe reduziert werden.

Documented evidence of the structural safety of piles requires load-carrying analyses and proof of serviceability.

Due to tensile loads, the piles should bond with the load-bearing subsoil for a minimum of 5.0 m ($q_c > 7.5$ MN/m²).

This anchoring depth can be reduced by means of geotechnical expertise.

Es werden **nur die axialen Pfahllasten** für die ungünstigste Lastfallkombination angegeben. Die Lasten beziehen sich auf Oberkante Pfahl ohne Pfahleigengewicht.

***Only axial pile loads** for the worst load case combination are indicated. Loads refer to the top edge the pile without considering the pile's dead load.*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

5.1 Variante A: Fertigteilrammpfähle oder Ortbetonrammpfähle / Variant A: pre-cast driven piles or Rammed in-situ concrete piles

Querschnitt Breite/Breite oder	45/45 cm		*Cross section width/width or*
Querschnitt Durchmesser	51cm		*Cross section diameter*
Anzahl	39		*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	26	4,5:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	13	7,0:1	*Quantity outward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gk} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gk} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-905	-	-897	**-1802**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-612	1102	**490**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,0) — *Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.0)*

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gd} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gd} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-1163	-	-1108	**-2271**
Zug / *Tension*	(1.35/0.90)	-	-514	1015	**501**

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10) — *All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)*

Erläuterungen / Explanations:

Anteil infolge ständiger Lasten	F_G	*portion due to permanent loads*
Anteil infolge veränderlicher Lasten	F_Q	*portion due to varying loads*
Charakteristische Lasten	F_K	*characteristic loads*
Bemessungswerte der Lasten	F_d	*load design values*
Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten	ΣF	*sum of permanent and varying loads*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

5.2 Variante B: Ortbetonrammpfähle / Variant B: Rammed in-situ concrete piles

Querschnitt Durchmesser	56cm		*Cross section diameter*
Anzahl	33		*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	22	4,5:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	11	7,0:1	*Quantity outward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gk} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gk} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-1070	-	-1055	**-2125**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-724	966	**242**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,0)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.0)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gd} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gd} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-1374	-	-1302	**-2676**
Zug / *Tension*	(1.35/0.90)	-	-607	1197	**590**

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)

Erläuterungen / Explanations:

Anteil infolge ständiger Lasten	F_G	*portion due to permanent loads*
Anteil infolge veränderlicher Lasten	F_Q	*portion due to varying loads*
Charakteristische Lasten	F_K	*characteristic loads*
Bemessungswerte der Lasten	F_d	*load design values*
Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten	ΣF	*sum of permanent and varying loads*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

5.3 Variante C: Bohrpfähle / Variant C: Bored piles

Querschnitt Durchmesser	100 cm	*Cross section diameter*
Anzahl	16	*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl vertikal	16	*Quantity vertical*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gk} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gk} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-2206	-	-2024	**-4230**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-1492	1906	**414**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,0)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.0)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* N/A/T	**(γ_F / γ_F)**	**F_{Gd} in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**F_{Gd} in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-2834	-	-2518	**-5352**
Zug / *Tension*	(1.10/0.90)	-	-1253	2376	**1123**

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)

Erläuterungen / Explanations:

Anteil infolge ständiger Lasten	F_G	*portion due to permanent loads*
Anteil infolge veränderlicher Lasten	F_Q	*portion due to varying loads*
Charakteristische Lasten	F_K	*characteristic loads*
Bemessungswerte der Lasten	F_d	*load design values*
Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten	Σ F	*sum of permanent and varying loads*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

5.4 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Anzahl Pfähle / number of piles		**39**	**33**	**16**
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / *Horizontal force (top edge of pile)*	**Hd**	**52 kN**	**61 kN**	**273 kN**
Einspannmoment in der Platte / *Fixed-end moment in plate*	**Md**	**89 kNm***	**120 kNm***	**616 kNm***
Max. Moment in Pfahlmitte / *Max. moment at centre of pile*	**Md**	**91 kNm***	**113 kNm***	**797 kNm***

* in Abhängigkeit von der anstehenden Bettung

Die Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen dürfen für eine Vorbemessung verwendet werden und sind mit den Bemessungswerten der Pfahlkräfte ungünstig zu kombinieren.

Pile stress resultant design values may be used for pre-analyses and must be unfavourably combined with pile force design values.

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist standortabhängig unter Berücksichtigung des ENERCON-Pflichtenheftes „Nachweisführung der inneren Tragfähigkeit von Pfahlsystemen“ zu führen.

The inner bearing capacity must be verified depending on the location, taking ENERCON's specifications document "Verification of internal pile capacity" into account.

5.5 Baugrundaufbau / Subsoil structure

Die Berechnung der zuvor angegebenen Pfahlkräfte und Pfahlschnittgrößen basiert auf den folgenden angenommenen Bodenparametern.

The calculation of the previously listed pile loads and pile stress resultants is based on the following assumed subsoil parameters.

Diese Parameter sind für jeden Standort durch einen Baugrundgutachter zu überprüfen.

These parameters must be checked for each site by a geotechnical expert.

Tiefe ab Fundamentunterkante / *Depth starting at foundation bottom edge*	**Pfahlvariante / *Pile option***			
	A – B		**C**	
	Es,stat	**Es,dyn**	**Es,stat**	**Es,dyn**
0 m – 1 m	**0 MN/m²**	**0 MN/m²**	**0 MN/m²**	**0 MN/m²**
1 m – 15 m	**3 MN/m²**	**10 MN/m²**	**3 MN/m²**	**10 MN/m²**
15 m – 20 m	**30 MN/m²**	**144 MN/m²**	**30 MN/m²**	**144 MN/m²**

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

6 Lasten an der Fundamentunterkante
Loads at the bottom edge of the foundation

Die hier angegebenen F_Z-Lasten enthalten ein Fundamenteigengewicht γ = 25 kN/m³ sowie eine Aufschüttung γ = 22 kN/m³ (Schotter) und und γ = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand.

MXY enthält ein Zusatzmoment infolge Schiefstellung von Turm und Fundament.

The FZ loads specified here include a dead weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a backfill weight γ = 22 kN/m³ (gravel) and γ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.

M_{XY} includes an additional moment due to misalignment of tower and foundation.

6.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall ***Load case***	**(γ_F / γ_F)**	**F_{XY} in kN**	**$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**M_{XY} in kNm**	**M_Z in kNm**
DLC D.3	(1.00/1.00)	770	-33794	-25426	90579	3850
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1190	-33794	-25426	144613	-11350
N / A / T	(1.00/1.00)	2130	-35294	-23876	168151	-12000

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

Loads do not include partial safety factors (γ_F = 1.00)

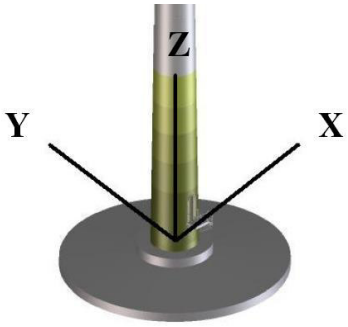
6.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

Lastfall ***Load case***	**(γ_F / γ_F)**	**F_{XY} in kN**	**$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**M_{XY} in kNm**	**M_Z in kNm**
N / A / T	(1.35/0.90)	2340	-45340	-20046	196718	-15350

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

All loads include partial safety factors ($\gamma_{Buoyancy}$ = 1.10)

7 Koordinatensystem / Coordinate system



PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-147 EP5 E2
RB LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01)
DIBt WZ 3 (S), GK II

- Lastannahmen -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8118329386-1 D II Rev.0
Gegenstand der Prüfung:	Lastannahmen für die Windenergieanlage E-147 EP5 E2, Rotorblatt LM71.8 P Gen B, Nabenhöhe 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01) bezüglich der DIBt 2012 Windzone 3 (S), Geländekategorie II
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande
Dokumentation:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 13 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	20.11.2020	Erste Fassung	Volker Smith-Nebe

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 4
2 Prüfgrundlagen 5
3 Einleitung 6
4 Beschreibung der Windenergieanlage 7
4.1 Umgebungsbedingungen 7
4.2 Sicherheitsklasse 8
4.3 Beschreibung des Anlagenmodells 8
5 Durchgeführte Prüfungen 11
5.1 Prüfmethode 11
5.2 Anmerkungen 11
5.3 Prüfergebnis 11
5.4 Schnittstellen 11
6 Auflagen 12
7 Schlussfolgerung 13

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Lastdokument (Rotorblatt),
„Load report Rotor blade LM718P_1b“
Dokument-Nr.: D0991589-0
Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Rotorblattlasten (elektronisch erhalten),
Dateiname: D0953832-2_E-147_EP5_E2__MST-126_FB_C_01;_LM_Blade.zip
Checksumme (MD5): 97D0CDCE70241C60DCF6FA0E619CD30A
Rev. 0, Datum: 21.09.2020

[1.1.3] ENERCON GmbH:
Lastdokument (Maschine),
„Load report Machine E-147 EP5 E2“
Dokument-Nr.: D0991590-0
Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[1.1.4] ENERCON GmbH:
Maschinenlasten (elektronisch erhalten),
Dateiname: D1005073-0_E-147_EP5_E2_MST-126-FB-C-01;_Machine_loads.zip
Checksumme (MD5): AEDEA79903F4956BB4355566D74CE169
Rev. 0, Datum: 17.09.2020

[1.1.5] ENERCON GmbH:
Lastdokument (Turm),
„Load report Tower E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01“
Dokument-Nr.: D0991594-0
Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[1.1.6] ENERCON GmbH:
Turmlasten (elektronisch erhalten),
Dateiname: D1007075-0_Fatigue_and_ultimate_loads;_tower;_E-147_EP5_E2-MST-126-FB-C-01.zip
Checksumme (MD5): 0962F3B38333C0B7AC7CC6CD96FC5F47
Rev. 0, Datum: 23.09.2020

[1.1.7] ENERCON GmbH:
Lasten für Lastvergleich (elektronisch erhalten),
Dateiname: D0953883-2_EP5_E147_E2_LM71.8P_LS01_P5200_T126M02_IIA_R04_191216LW0_v3.40.20.0.zip
Checksumme (MD5): 6071CFA1466E522D562F507C9B01365E
Rev. 0, Datum: 17.09.2020

[1.1.8] ENERCON GmbH:
Lastfallbeschreibung (elektronisch erhalten),
Dateiname: D1004865-0_Loadcase_discription_EP5.zip
Checksumme (MD5): D24FC246C28FCBEB89B00F1A268E8C64
Rev. 0, Datum: 16.09.2020

1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Basis

[1.2.1] Lagerwey Wind BV:
Design Basis,
„Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations“
Dokument-Nr: M00-C2-30-10480 R9
Rev. R9, Datum: 13.10.2020

Begleitende Dokumentation zur Lastsimulation

[1.2.2] ENERCON GmbH:
Zeitreihen, Eingabedateien, Controller (elektronisch erhalten),
Dateiname: .\REV01-Certification\Simulations\E147EP5E2MST126FBC01*
Rev. 0, Eingangsdatum: 06.10.2020

[1.2.3] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Funktionsbeschreibung),
„L147 wind turbine controller – Functional description“
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050177-R4
Rev. R4, Datum: 04.09.2020

[1.2.4] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Ergänzung),
„L147 wind turbine controller – P5200 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0 Supplement“
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050360-R0
Rev. R0, Datum: 04.09.2020

[1.2.5] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Parameter),
„L147 P5200 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0 Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown“
Dokument-Nr.: M00-C2-30-050407-R0
Rev. R0, Datum: 04.09.2020

[1.2.6] ENERCON GmbH:
Bladed Projektfile(s), Eingabedateien, Controller (elektronisch erhalten),
Dateiname: ~\20200916*
Rev. 0, Eingangsdatum: 17.09.2020

[1.2.7] Lagerwey Wind BV:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem (Beschreibung der Regler-Implementierung),
„Supervisory Controller - User Guide“
Dokument-Nr.: M00-C2-30-10739-R1
Rev. R1, Datum: 09.10.2019

[1.2.8] Lagerwey Wind BV:
Erklärung zum Turmfußbiegemoment (Seitwärts-Biegung)
„E-147 E1 155m statement on tower bottom side-side fatigue“
Dokument-Nr.: M01-C2-40-000727-R0
Rev. R0, Datum: 09.09.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt: Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Stand: Oktober 2012 – Korrigierte Fassung März 2015

[2.2] DIN EN 1991-1-4/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten: 2010-12

[2.3] DIN EN 61400-1
Windenergieanlagen, Teil 1: Auslegungsanforderungen
(IEC 61400-1, Ausgabe 2005 + Amendment 1, Ausgabe 2010)
Ausgabe August 2011

3 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Prüfung der typenspezifischen Lastberechnung der Windenergieanlage (WEA) E-147 EP5 E2, welche im folgenden Kapitel genauer beschrieben ist.

Die Berechnung der Lasten wurde anhand der DIBt 2012 [2.1] in Kombination mit der DIN EN 61400-1 ed.3 [2.3] durchgeführt.

Die betrachtete Anlagenkonfiguration E-147 EP5 E2, RB LM71.8 P Gen B mit einer Nabenhöhe von 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01) ist ausgestattet mit:

- das Rotorblatt LM71.8 P Gen B mit aerodynamischen Anbauteilen (Serrations, Vortex Generators und T-Spoilers)
- direktgetriebenem Generator, Vollumrichter (IGBT) für die Netzfrequenz von 50 Hz und 60 Hz
- einem Schalenturm, bestehend aus Stahlschalen (modularer Stahlrohrturm (MST)).

Die Randbedingungen der Lastberechnung umfassen folgende klimatische Verhältnisse, die in Kapitel 4.1 näher beschrieben werden:

- Normaltemperaturbereich (NCV) gemäß [2.3].

Die Prüfung der Lastberechnung umfasst die Prüfung der Lastfall- und Modelldefinition, eine unabhängige Analyse der Lasten sowie den Vergleich der eingereichten und parallel berechneten Lasten.

Die Lastberechnung erfolgte mit Windbedingungen nach Tabelle 4.1 jeweils abdeckend.

Zusätzlich zu der durch die unabhängige Analyse der Lasten betrachteten Anlagenkonfiguration deckt diese Gutachtliche Stellungnahme auch folgende Änderungen an der WEA gegenüber dem Berechnungsmodell ab:

- Geringere Leistung.
- Geringere Solldrehzahl bei geringerem oder gleichem Drehmoment, wenn die aus der Solldrehzahl berechnete Blattdurchgangsfrequenz oberhalb der 1. Turmeigenfrequenz liegt und keine Resonanzbereiche stimuliert werden.
- Änderungen an Turm- und Gondelmassen, Änderungen der Turmkonstruktion (z.B. Variation der Wanddicken, Bodendrehfeder, horizontale Wegfeder, E-Modul) sowie Abweichungen der Turmhöhe, sofern sämtliche folgende Bedingungen eingehalten werden:
  - Abweichung der Anlagenmasse um bis zu ±5 %
  - Abweichung der Turmhöhe um bis zu ±5 %
  - Die erste Turmeigenfrequenz im Ausgangszustand und die erste Turmeigenfrequenz im modifizierten Zustand liegen oberhalb 105 % der 1P Anregung bei Solldrehzahl.

- Alle weiteren Turmeigenfrequenzen im Ausgangszustand und im modifizierten Zustand liegen außerhalb des Intervalls [90 % – 105 %] der 3P Anregung der Solldrehzahl
- Abweichung der 1. Turmeigenfrequenz sind unter folgenden Bedingungen zulässig:
  - Die erste Turmeigenfrequenz „Weich“[1] (linksseitiger Eintritt ins 3P-Sensitivitätsband) darf sich bis auf den Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Starr“[1] (rechtsseitiger Austritt aus 3P-Sensitivitätsband) anheben, wenn sich dabei gleichzeitig der Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Starr“[1] um nicht mehr als 5 % erhöht. Die 2. Turmeigenfrequenz darf eine höhere Abweichung aufweisen.
  - Die erste Turmeigenfrequenz „Starr“[1] darf sich bis auf den Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Weich“[1] absenken, wenn sich dabei gleichzeitig der Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Weich“[1] um nicht mehr als 5 % absenkt. Die 2. Turmeigenfrequenz darf eine höhere Abweichung aufweisen.

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Umgebungsbedingungen

Die folgenden Tabellen fassen alle relevanten klimatischen sowie weitere zum Design der Anlage relevanten Umgebungsbedingungen zusammen:

	DIBt WZ 3 (S) GK II	**IEC IIA**
Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit V_{ave}	7,42 m/s (8,5 m/s)	8,5 m/s
Formparameter der Weibull-Funktion k	2	2
Extreme 1-Jahres-Windgeschwindigkeit V_1 (10 Minuten Mittelwert)	33,00 m/s	34,00 m/s
Extreme 50-Jahres-Windgeschwindigkeit V_{50} (10 Minuten Mittelwert)	41,25 m/s	42,50 m/s
Erwartungswert der longitudinalen Turbulenzintensität bei 15 m/s I_{ref}	0,16	0,16
Angenommener c-Faktor zur Bestimmung des extremen Turbulenzmodells (ETM)	2 m/s	2 m/s
Höhenexponent α (für EWM)	0,2 (0,121)	0,2 (0,11)
Upflow	8°	8°

Tabelle 4.1: Windbedingungen auf Nabenhöhe 126 m

Für die Erstellung der Betriebslasten ist die jeweils höhere mittlere Jahreswindgeschwindigkeit aus DIBt [2.1] und IEC [2.3] zugrunde gelegt.

[1]Ausgehend von den in den hier vorliegenden Lastannahmen ausgewiesenen Werten.

Die Lasten sind bis zu einer mittleren Jahresluftdichte sowie bis zu einer zeitweise auftretenden maximalen Luftdichte im Produktionsbetrieb bzw. im Trudeln oder geparkten Zustand der Windenergieanlage wie in Tabelle 4.2 angegeben gültig.

	Luftdichte [kg/m³]
Mittlere Jahresluftdichte	≤ 1,225
Maximale Luftdichte im Produktionsbetrieb	≤ 1,341
Maximale Luftdichte beim Trudeln oder im geparkten Zustand	≤ 1,394

Tabelle 4.2: Bedingungen an die Luftdichte

Darüber hinaus werden dem Design der Anlage folgende Umgebungsbedingungen zu Grunde gelegt:

Temperaturbereich im Produktionsbetrieb	-10 °C bis +40 °C
Extremer Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C
Netzausfälle	375 Ausfälle/Jahr
Betrieb mit vereisten Blättern	nicht berücksichtigt
Auslegungslebensdauer	20 Jahre

Tabelle 4.3: Klimatische und weitere Umgebungsbedingungen

Alle weiteren Umgebungsbedingungen werden mit den in [2.1] bzw. [2.3] angegebenen Standardwerten angenommen.

4.2 Sicherheitsklasse

Die WEA ist entsprechend der in [2.3] definierten Normal-Sicherheitsklasse ausgelegt.

Der Materialsicherheitsfaktor für den Nachweis der kritischen Rotorblattverformung wird mit 1,05 angesetzt.

4.3 Beschreibung des Anlagenmodells

Bei der WEA E-147 EP5 E2 handelt es sich um eine WEA mit aktiver Windrichtungsnachführung und einem luvseitig angeordneten Dreiblatt-Rotor. Die Rotordrehzahl ist variabel. Die Leistungsbegrenzung erfolgt durch Blattwinkelverstellung aller drei Rotorblätter.

Die technischen Hauptdaten der Anlage, auf denen das in Kapitel 5 beschriebene Berechnungsmodell basiert, sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

Angenommene Elektrische Nennleistung	5200 kW
Turmtyp	E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 (Modularer Stahlrohrturm – MST)
Turmhöhe (exklusive Fundamenthöhe)	123,351 m
Nabenhöhe (exklusive Fundamenthöhe)	125,405 m
Rotorblatt	LM71.8 P Gen B

Rotorblattlänge (entlang des Blattes)	71,893 m
Rotorblattmasse (inkl. Bolzen)	22989 kg
Massenmoment des Rotorblatts (gemessen vom Blattanschluss, inkl. Bolzen)	516574 kgm
Nominaler Rotordurchmesser	146,558 m
Rotorachsneigung	6°
Rotor-Konuswinkel	2° upwind
Rotornenndrehzahl n_r	10,28 U/min
Rotordrehzahl im Produktionsbetrieb $n_1 – n_3$	3,16 – 12,19 U/min
Getriebeübersetzung	- (direktgetrieben)
Netzfrequenz	50 Hz
Windgeschwindigkeitsbereich im Produktionsbetrieb $V_{in} – V_{out}$	2,5 – 25,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit v_r	11,899 m/s

Tabelle 4.4: Technische Hauptdaten der WEA E-147 EP5 E2, Windgeschwindigkeiten bezogen auf Nabenhöhe

	Dateiname
Bladed (Version 4.3.0.99) Simulationsmodelle inkl. Rotorblattstruktur, Aerodynamik, Maschinenbau und Turmstruktur, siehe [1.1.1], [1.1.3], [1.1.5], [1.2.2] und [1.2.6]	Weiche Fundament-Einspannung: 1.1_w20103.$PJ Checksumme (MD5): cd4c42db776cf7757d75f2052a9dfbfc Starre Fundament-Einspannung: 1.1_s20103.$PJ Checksumme (MD5): 86d515c3840051ac91dacdbf76b841e9
Controller, siehe [1.1.1], [1.1.3], [1.1.5], [1.2.2] und [1.2.6]	DLL-Controller: DISCON.dll mit Checksumme (MD5): DEDD3F0A9633C199C125C0CDB0F1ADBB DISCON2.dll mit Checksumme (MD5): 34A659D2010E0BBAE828BE52661F5EE2 Controller Eingabeparameterdaten: DISCON.in mit Checksumme (MD5): 3667b5d05ec394e633141085d94e5a32

Tabelle 4.5: Relevante Eingabedaten des Lastrechnungsmodells

Zur adäquaten Berücksichtigung von Fertigungs- und Montagetoleranzen wird eine aerodynamische Asymmetrie des Rotors durch Abweichung des Blattanstellwinkels sowie eine Massenexzentrizität des Rotors durch Blattmassenabweichungen entsprechend der in Tabelle 4.6 angegebenen Werte angenommen.

Massenexzentrizität des Rotors	5534,80 kgm
Fehler des Blattanstellwinkels (Blatt 1; Blatt 2; Blatt 3)	0°; +0,3°; -0,3°

Tabelle 4.6: Angenommene Asymmetrien

Durch Eisansatz verursachte Massenzunahmen an den Rotorblättern werden nicht berücksichtigt.

Zur adäquaten Berücksichtigung der elastischen Einspannung des Turmfußes am Aufstellort wird eine repräsentative Bodenfederung entsprechend der in Tabelle 4.7 angegebenen Werte angenommen.

Translationsfeder: $k_{x,dyn}$	400 MN/m
Horizontale Drehfeder: $k_{\varphi,dyn}$	150000 MNm/rad

Tabelle 4.7: Angenommene elastische Einspannung des Turmfußes und des Fundaments

Die aus den oben genannten Angaben und Annahmen resultierenden, berechneten Bauteileigenfrequenzen sind in Tabelle 4.8 angegeben. Diese Eigenfrequenzen stellen die ungekoppelten Bauteilfrequenzen dar. Sie beziehen sich jeweils auf das isolierte Bauteil, das heißt, es findet bei der Berechnung der ungekoppelten Bauteileigenfrequenzen keine Interaktion mit weiteren im System befindlichen, schwingungsfähigen Komponenten statt. Die angegebenen Eigenfrequenzen des Turmes berücksichtigen eine starre und eine elastische Bodenfeder (siehe Tabelle 4.7) sowie die Masse des Turmkopfes.

Komponente		**Randbedingungen**	**Frequenz**
Blatt, Biegung flapwise	1. EF	fest eingespannt – frei	0,488 Hz
Blatt, Biegung flapwise	2. EF	fest eingespannt – frei	1,231 Hz
Blatt, Biegung edgewise	1. EF	fest eingespannt – frei	0,897 Hz
Blatt, Biegung edgewise	2. EF	fest eingespannt – frei	2,430 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	flexibel – frei, inkl. Turmkopfmasse	0,237 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	flexibel – frei, inkl. Turmkopfmasse	1,279 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	flexibel – frei, inkl. Turmkopfmasse	0,236 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	flexibel – frei, inkl. Turmkopfmasse	1,137 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	0,249 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	1,354 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	0,246 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	1,150 Hz

Tabelle 4.8: Komponenten-Eigenfrequenzen der WEA E-147 EP5 E2, LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01)

5 Durchgeführte Prüfungen

5.1 Prüfmethode

Die in dieser Lastrechnung angewandte Vorgehensweise, die Methodik sowie die angesetzten Grundparameter wurden auf Übereinstimmung mit den in [2.1] – [2.3] angegebenen Anforderungen überprüft.

Die der Lastberechnung zu Grunde gelegten Modelldaten [1.2.6] wurden auf Plausibilität geprüft und im Übrigen als richtig vorausgesetzt.

Die Definition der Designlastfälle [1.1.8] wurde unter Berücksichtigung des Betriebs- und Sicherheitssystems [1.2.3], [1.2.4], [1.2.5] und [1.2.7] und der Design Basis [1.2.1] auf Vollständigkeit sowie auf Konformität mit der Richtlinie [2.1] und [2.3] überprüft.

Darauf basierend wurde unter Berücksichtigung der in Kapitel 4 aufgelisteten und unter Kapitel 1 dokumentierten Parameter ein unabhängiges Simulationsmodell aufgebaut sowie eine unabhängige Analyse der Lasten durchgeführt. Die Übereinstimmung des Anlagenverhaltens während der Simulation mit dem in [1.2.3], [1.2.4], [1.2.5] und [1.2.7] dokumentierten Regelungskonzept der Anlage wurde überprüft.

Die Ergebnisse der unabhängigen Berechnungen wurden mit den unter 1.1 angegebenen Ergebnissen verglichen.

5.2 Anmerkungen

5.2.1. Im Fall von signifikanten, lastrelevanten Änderungen der zur Lastrechnung verwendeten Eingangsparameter wie z.B. strukturelle Modelldaten, Annahmen bzgl. der Aerodynamik oder Reglerparameter kann eine Neuberechnung der Lasten erforderlich sein.

5.3 Prüfergebnis

Die in 1.1 und Kapitel 3 beschriebene Vorgehensweise ist zur Bestimmung der Lasten geeignet.

Die in 1.1 dargestellten Lasten konnten durch eine unabhängige Lastberechnung bestätigt werden.

5.4 Schnittstellen

5.4.1. Relevante Parameter und Schnittstellenwerte, die über die in Kapitel 4 aufgeführten hinausgehen, sind den Dokumenten [1.1.1], [1.1.3], [1.1.5] sowie [1.2.1] – [1.2.7] zu entnehmen.

5.4.2. Die Lasten sind in den in [1.1.1] beschriebenen Berechnungskoordinaten-systemen ausgewertet worden.

5.4.3. Lastrelevante Einflüsse aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

5.4.4. Lastrelevante Einflüsse aus Eis am Rotorblatt wurden nicht berücksichtigt.

5.4.5. Eine Temperaturabhängigkeit der Materialkennwerte wurde nicht in der Lastberechnung berücksichtigt.

5.4.6. Diese Prüfung beinhaltet die Überprüfung des Turmfreigangs nach [2.1] und [2.3].

5.4.7. Die Gierbewegung der Anlage wurde in der Lastsimulation nicht berücksichtigt.

5.4.8. Die Lasten am Turm beinhalten die Einflüsse aus den vorhandenen Massenexzentrizitäten und den Verformungen des Turms (Effekte aus Theorie 2. Ordnung). Die Einflüsse aus Schiefstellung des Turmes, Setzungen sowie aus einer statischen Drehfeder wurden in der Fundamentspezifikation berücksichtigt.

5.4.9. Der zur Analyse der kritischen Blattdurchbiegung angesetzte Materialsicherheitsfaktor wird wie in Kapitel 4.2 beschrieben angenommen.

5.4.10. Wie in der Design Basis [1.2.1] definiert, wurde diese Lastrechnung unter Berücksichtigung eines Rotorblattes durchgeführt, das mit Serrations, Vortex generators (VGs) und sogenannten T-Spoilers ausgestattet ist. Eine Berechnung ohne diese Anbauten ist nicht Teil dieses Berichtes.

5.4.11. Die geprüften Unterlagen [1.1.1], [1.1.3] und [1.1.5] wurden mit Prüfvermerk und Datumskennzeichnung versehen.

6 Auflagen

6.1 Die Anlage ist mit einem Eiserkennungssystem auszustatten, das einen Betrieb mit vereisten Rotorblättern ausschließt.

6.2 Bei Abweichungen von mehr als ±5 % von der 1. Turmeigenfrequenz (siehe Tabelle 4.8 zum Abgleich ungekoppelter Eigenfrequenzen) des in der Lastberechnung verwendeten Modells sind zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Turmeigenfrequenzen erforderlich.

6.3 Die Anwendbarkeit des angepassten Materialsicherheitsfaktors für das Rotorblatt LM71.8 P Gen B ist gesondert nachzuweisen.

6.4 Aufgrund von Inkonsistenzen zwischen einer Lastvermessung und dem Simulationsprogramm [1.2.8] soll der Kunde Lagerwey Wind BV eine vereinfachte Vermessung des Turmfußbiegemomentes (in Seitwärts-Richtung) für den Prototyp von E-147 EP5 E2 mit dem Turm E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 durchführen. Die gemessenen Lasten sollen im Verhältnis zu den entsprechenden simulierten Ergebnissen dargestellt werden.

7 Schlussfolgerung

Die in [1.1.1] – [1.1.8] aufgeführten Lastannahmen für die Windenergieanlage E-147 EP5 E2, LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01) sind unter Berücksichtigung der Auflagen in Punkt 6 konform zu den Richtlinien [2.1] und [2.3] berechnet worden.

Sachverständiger:

Dipl.-Phys. Volker Smith-Nebe

Freigegeben:

Dipl.-Ing. (FH) Gunnar Ewald

TÜV NORD CERT GmbH

2021-05-31

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage Lagerwey LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012)

- Sicherheitssystem und Handbücher-

TÜV NORD Bericht-Nr.:	8116 000 195 - 2 D Rev. 5
Prüfgegenstand:	Konzeptprüfung des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems sowie der Handbücher für die Windenergieanlagen der LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform nach DIBt Richtline für Windenergieanlagen (2012)
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Netherlands

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller oder Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts, auch auszugsweise, ist nur nach vorheriger schriftlicher Freigabe durch die TÜV NORD CERT GmbH gestattet.

Dieser Bericht umfasst 18 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	2019-03-14	Erstausgabe	L. Klüppel
1	2019-10-29	Ergänzung von Turmvarianten, Aktualisierung von Dokumenten, Ergänzung der Bezeichnungen E-136 EP5 und E-147 EP5 alternativ zu L136 LP4 und L147 LP4	O. Raupach
2	2020-08-18	Ergänzung der E-160 EP5 4.6 MW Variante, Revision von Dokumenten	O. Raupach
3	2020-11-27	Ergänzung der E-147 EP5 E2 (126 MST und 155m MST), Ergänzung 166m Turm für E-160 EP5, Aktualisierung / Ergänzung von Dokumenten, Streichung einer Auflage, redaktionelle Änderungen, Hinzufügung der Ausschlussklausel auf dem Deckblatt	O. Raupach
4	2021-02-24	Ergänzung der E-160 EP5 E2 5.5 MW und weiteren Anlagenvarianten, Entfernung von “parsDefault” und “Parameter List”, Ergänzung und Aktualisierung von Dokumenten	O. Raupach
5	2021-05-31	Ergänzung nachgereichte Dokumente Nr. [1.1.13] und [1.1.14], Aktualisierung Zertifikat [1.2.3]	O. Raupach

Inhalt

1 Eingereichte Unterlagen 4
1.1 Geprüfte Unterlagen 4
1.2 Zugehörige Unterlagen 11
2 Prüfgrundlagen 11
3 Einführung 11
4 Beschreibung der Windenergieanlage 12
4.1 Konfiguration 12
4.2 Temperaturvariante 13
4.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem 13
4.4 Mechanische Bremse 14
5 Durchgeführte Prüfung 14
5.1 Prüfmethodik 14
5.2 Anmerkungen 15
5.3 Prüfergebnisse 15
5.3.1 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem 15
5.3.2 Qualitätssicherung 15
5.3.3 Performance Level 15
5.3.4 Mechanische Bremse 16
5.3.5 Handbücher 16
5.4 Schnittstellen 16
6 Auflagen und Hinweise 17
7 Schlussfolgerung 18

1 Eingereichte Unterlagen

1.1 Geprüfte Unterlagen

Betriebsführungs- und Sicherheitssystem

[1.1.1] Lagerwey:
“EP5 Description operation and safety system"
Dokument Nr.: M00-C2-40-050302-R0
Rev. 0, Datum: 2020-01-15

[1.1.2] Lagerwey:
“EP5 Safety System Components"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050338-R0
Rev. 0, Datum: 2020-02-04

[1.1.3] Lagerwey:
“L136 P4500 T132 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050154-R2
Rev. 02, Datum: 2018-08-28

[1.1.4] Lagerwey:
“L136 P4500 T109M2 BLM AW10.0 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050282-R0
Rev. 0, Datum: 2019-05-10

[1.1.5] Lagerwey:
“L147 P4300 T132 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050232-R0
Rev. 0, Datum: 2018-10-25

[1.1.6] Lagerwey:
“L147 P4360 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument ID: M00-C2-30-050406-R0
Rev. 0, Datum: 2020-08-03

[1.1.7] Lagerwey:
“L160 P4800 T120M2 BLM AW7.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown”
Dokument Nr.: M00-C2-30-050337-R0
Rev. 0, Datum: 2020-04-02

[1.1.8] Lagerwey:
"L160 P4800 T166M2 BLM AW7.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050377-R0
Rev. 0, Datum: 2020-06-02

[1.1.9] Lagerwey:
"L147 P5200 T126M2 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050407-R0
Rev. 0, Datum: 2020-09-04

[1.1.10] Lagerwey:
"L147 P5200 T155M2 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument No.: M00-C2-30-050409-R0
Rev. 0, Datum: 2020-09-04

[1.1.11] Lagerwey:
"L147 P4360 T155M2 BLM AW8.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument No.: M00-C2-30-050319-R0
Rev. 0, Datum: 2020-10-18

[1.1.12] Lagerwey:
"L160 P5500 T143M2 BLM AW7.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument No.: M00-C2-30-050408-R0
Rev. 0, Datum: 2020-08-26

[1.1.13] Lagerwey:
"L160 P5500 T166M2 BLM AW7.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument No.: M00-C2-30-050445-R1
Rev. 1, Datum: 2021-05-27

[1.1.14] Lagerwey:
"L160 P5500 T120M2 BLM AW7.5 TI16.0
Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown"
Dokument No.: M00-C2-30-050405-R0
Rev. 0, Datum: 2021-02-22

[1.1.15] Lagerwey:
"Wind Turbine Control Check"
Dokument Nr.: M00-C2-40-050102-R3
Rev. 03, Datum: 2018-11-20

[1.1.16] Lagerwey:
“LP4 WTG Safety System FMEA"
Dokument Nr.: M00-C2-40-050200-R0
Rev. 0, Datum: 2018-11-20

[1.1.17] Lagerwey:
“EP5 WTG Safety System FMEA"
Dokument Nr.: M00-C2-40-050305-R0
Rev. 0, Datum: 2020-02-13

[1.1.18] Lagerwey:
“L136 WTG Yaw system FMEA"
Dokument Nr.: M00-C0-40-050122-R03
Rev. 03, Datum: 2017-05-24

[1.1.19] Lagerwey:
“EP5 WTG Yaw system FMEA"
Dokument Nr.: M00-C2-40-050298-R0
Rev. 0, Datum: 2020-02-13

[1.1.20] Lagerwey:
“Control system safety EP5”
Dokument Nr.: M00-C2-40-050300-R1
Rev. 1, Datum: 2020-04-08

[1.1.21] Lagerwey:
“Safety and Function Test”
Dokument Nr.: M00-C2-30-050094-R5
Rev. 05, Datum: 2020-04-15

[1.1.22] Lagerwey:
“Functional turbine specification L136”
Dokument Nr.: M00-C2-30-10372-R6
Rev. 06, Datum: 2019-11-29

[1.1.23] Lagerwey:
“Functional turbine specification L147”
Dokument Nr.: M00-C2-30-10529-R2
Rev. 02, Datum: 2018-12-20

[1.1.24] Lagerwey:
“Functional turbine specification E-160 E1”
Dokument Nr.: M00-C2-30-10530-R4
Rev. 04, Datum: 2020-07-08

[1.1.25] Lagerwey:
"Functional turbine specification E-147 E2"
Dokument Nr.: M00-C2-30-10944-R0
Rev. 0, Datum: 2020-09-01

[1.1.26] Lagerwey:
"Functional turbine specification E-160 E2"
Dokument Nr.: M00-C2-30-10986-R0
Rev. 0, Datum: 2021-01-22

[1.1.27] Lagerwey:
"Software quality assurance plan"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050145-R0
Rev. 00, Datum: 2016-05-03

[1.1.28] Lagerwey:
"Finite State machine"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050073-R12-Finite State Machine
Rev. 12, Datum: 2018-11-07

[1.1.29] Lagerwey:
"Parameter structure description"
Dokument Nr.: M00-C2-30-050074-R8
Rev. 8, Datum: 2020-09-24

Handbücher

[1.1.30] Lagerwey:
"Access roads, transport and crane guidelines LP4 platform"
Dokument Nr.: M00-C5-30-10431-R5
Rev. 05, Datum: 2019-05-22

[1.1.31] Lagerwey:
"LP4 L136 and L147 MST Installation manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20002-R3
Rev. 03, Datum: 2019-01-28

[1.1.32] Lagerwey:
"LP4 Mechanical installation checklist"
Dokument Nr.: M00-C5-31-30002-R1
Rev. 01, Datum: 2017-02-24

[1.1.33] Lagerwey:
"LP4 Electrical installation checklist"
Dokument Nr.: M00-C5-31-30003-R1
Rev. 01, Datum: 2017-02-24

[1.1.34] Lagerwey:
"LP4 L136 and L147 MST Commissioning manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20005
Rev. 01, Datum: 2019-07-22

[1.1.35] Lagerwey:
"EP5 E-160 MST Commissioning manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20136 | R0
Rev. 0, Datum: 2020-03-24

[1.1.36] Lagerwey:
"LP4 Commissioning checklist"
Dokument Nr.: M00-C5-31-30005-R1
Rev. 01, Datum: 2017-02-24

[1.1.37] Lagerwey:
"LP4 L136 Operator manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20028-R4
Rev. 04, Datum: 2019-07-22

[1.1.38] Lagerwey:
"EP5 E-160 MST Operator manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20133 | R0
Rev. 0, Datum: 2020-03-24

[1.1.39] ENERCON:
"Betriebsanleitung ENERCON Windenergieanlage E-147 EP5 E2 / 5000 kW"
Dokument Nr.: D1004246-1 / DC
Rev. 1, Datum: 2020-09-25

[1.1.40] Lagerwey:
"LP4 Maintenance manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20001-R6
Rev. 06, Datum: 2019-07-22

[1.1.41] Lagerwey:
"EP5 E-160 MST Maintenance manual"
Dokument Nr.: M00-C5-31-20134 | R0
Rev. 0, Datum: 2020-03-24

[1.1.42] Lagerwey:
"LP4 Maintenance checklist"
Dokument Nr.: M00-C5-31-30001-R1
Rev. 01, Datum: 2017-03-23

[1.1.43] Lagerwey:
“EP5 E-160 MST Service manual”
Dokument Nr.: M00-C5-31-20135 | R0
Rev. 0, Datum: 2020-03-24

[1.1.44] ENERCON:
„Wartungsanleitung Hauptwartung
Windenergieanlage E-147 EP5, E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2“
Dokument-ID: D1002919-0
Rev. 0, Datum: 2020-09-09

[1.1.45] ENERCON:
„Inbetriebnahmeanleitung
300 h-Wartung nach Inbetriebnahme Windenergieanlage E-147 EP5 E2“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-092 Rev000
Rev. 0, Datum: 2020-09-16

[1.1.46] ENERCON:
„Inbetriebnahmeanleitung
Inbetriebnahme Windenergieanlage E-147 EP5 E2, E-160 EP5, E-160 EP5 E2“
Dokument-ID: D1005380
Rev. 0, Datum: 2020-09-17

[1.1.47] Lagerwey:
“Safety instruction manual”
Dokument Nr.: M00-C5-30-10065-R3.1
Rev. 3.1, Datum: 2019-03-12

[1.1.48] ENERCON:
„Montageanleitung, Generelle Montage Modularer Stahlturm (MST)”
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-021 Rev003
Rev. 3, Datum: 2020-11-13

[1.1.49] ENERCON:
“Montageanleitung, Vormontage und Montage Gondel
Windenergieanlage E-160 EP5”
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-046 Rev000
Rev. 0, Datum: 2020-04-24

[1.1.50] ENERCON:
„Montageanleitung modularer Stahlturm
E-136/E-147 EP5 (E2)-MST-155-FB-C-01“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-055 Rev000a
Rev. 0, Datum: 2020-09-02

[1.1.51] ENERCON:
„Vormontage und Montage Gondel
Windenergieanlage E-147 EP5 E2”
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-091 Rev000
Rev. 0, Datum: 2020-09-15

[1.1.52] ENERCON:
„Verladehandbuch Stahltürme (ST/MST/HST)
Status: 2020-07-23“
Dokument-ID: PLM-TES-DC026-VH_Stahlturm-Rev002de-de
Rev. 2, Datum: 2019-06-11

[1.1.53] ENERCON:
„Montageanleitung Turmbasismodul Modularer Stahlturm EP5“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-030 Rev000
Rev. 0, Datum: 2020-08-14

[1.1.54] ENERCON:
„Betriebsanleitung ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 / 5500 kW“
Dokument-ID: D1004306-1
Rev. 1, Datum: 2020-09-25

[1.1.55] ENERCON:
„Inbetriebnahmeanleitung 300 h-Wartung nach Inbetriebnahme
Windenergieanlage E-160 EP5“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-052
Rev. 0, Datum: 2020-06-18

[1.1.56] ENERCON:
„Montageanleitung Vormontage und Montage Gondel Windenergieanlage E-160 EP5 E2 Einzelblattmontage mit Ballastarm“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-21-009
Rev. 0, Datum: 2021-01-08

[1.1.57] ENERCON:
„Montageanleitung Bodennahe Vormontage von modularen Stahltürmen“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-089
Rev. 0, Datum: 2020-10-05

[1.1.58] ENERCON:
„Montageanleitung Vormontage und Montage Gondel Windenergieanlage E-160 EP5 E2 Einzelblattmontage mit Hub Rotating Tool“
Dokument-ID: TD-esc-08-de-de-20-104
Rev. 0, Datum: 2020-12-15

1.2 Zugehörige Unterlagen

[1.2.1] Lagerwey:
"Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations"
Dokument Nr.: M00-C2-30-10480-R10
Rev. 10, Datum: 2021-01-05

[1.2.2] Lagerwey:
“Turbine PLC Software Release certificate"
Dokument Nr.: M00-C5-40-050037-R12
Rev. 12, Datum: 2021-02-25

[1.2.3] TÜV Rheinland Industrie Service GmbH:
“Certificate Product tested: Pitch Inverter for Wind Turbines"
Dokument Nr.: 968_FSP_1188_04_21
Datum: 2021-04-06

[1.2.4] Lagerwey:
“Justification of L136 rated power levels”
Dokument ID: M00-C2-40-000626-R0
Rev. 0, Datum: 2020-01-14

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt, Richtlinie für Windenergieanlagen, Fassung Oktober 2012

[2.2] Internationale Richtlinie IEC 61400-1:
"Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen", dritte Edition, August 2005

Internationale Richtlinie IEC 61400-1:
"Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen", dritte Edition, Amendmend 1, Oktober 2010

3 Einführung

Die Prüfung umfasst die in 1.1 eingereichten Unterlagen und wurde auf Grundlage der in [2] genannten Richtlinien hinsichtlich des Konzepts des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems sowie der Handbücher durchgeführt. Die Unterlagen wurden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft.

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Konfiguration

Die Windenergieanlagen der LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform sind in Tabelle 4.1 spezifiziert. Die Anlagen arbeiten nach dem Konzept der variablen Drehzahl- und Leistungsregelung über Rotorblattverstellung und Generatordrehmoment durch den Umrichter. Die Turbinen sind getriebelos, mit einem direkt angetriebenen Generator. Das Hauptbremssystem ist die aerodynamische Bremsung durch die verstellbaren Rotorblätter, die in einem Bereich zwischen 0° und 90° bewegt werden können.

Die Bezeichnung *E-136 EP5* ist in allen Unterlagen mit *L136 LP4* als gleichwertig anzusehen.

Die Bezeichnung *E-147 EP5* ist in allen Unterlagen mit mit *L147 LP4* als gleichwertig anzusehen.

Die Prüfung umfasst die folgenden Konfigurationen:

4.1: Turbinen Konfiguration

Typ	**L136 LP4 / E-136 EP5**	**L147 LP4 / E-147 EP5**	**E-160 EP5**	**E-147 EP5 E2**	**E-160 EP5 E2**
Wind Klasse	IEC IA / IIA	IEC IIA	IEC IIIA	IEC IIA	IEC IIIA
Nennleistung	4500 kW / 4650 kW	4300 kW / 4360 kW	4600 kW (4800 kW in parameters for CC and SS, s. Kap. 5.3.1)	5000 kW	5500 kW
Rotorblatt (Durchmesser)	LM66.5P (136 m)	LM71.8P (147 m)	LM78.3P (160m)	LM71.8P (147 m)	LM78.3P (160m)
Turm (Nabenhöhe)	MST1 109m/132m, MST2 109m/132m/ 155m	MST1 132m MST2 126m/155m	MST 120m/166m	MST2 126m/155m	MST 120m/140m/ 143m/166m
Rotordrehzahl Limit n_4	13.5 1/min	12.4 1/min	11.8 1/min	12.6 1/min	12.0 1/min
Rotordrehzahl Limit n_A	13.7 1/min	12.6 1/min	12.0 1/min	12.8 1/min	12.2 1/min
Einschalt-Windgeschw.	2.5 m/s				
Nennwind-geschw.	12.1 m/s	11 m/s	10.6 m/s	11.9 m/s	11.6 m/s

Abschalt-Windgeschw.	25 m/s		22 m/s	25 m/s	22 m/s
Controller / SPS	Bachmann MC210				
Controller Software Version	v3.39.12.0	v3.39.41.0	v3.41.30.0	v3.40.20.0	v3.41.30.0
Temp. Variante	STW				
Pitchsystem	AC Motoren mit Kondensator für jedes Blatt				

4.2 Temperaturvariante

Die LP4 / EP5 / EP5 E2 Windenergieanlagen gibt es in folgender Temperaturvariante:

4.2: Temperaturvarianten

Temperaturvariante:	**Betriebstemperatur:**	**Überlebenstemperatur:**
Standard Weather Edition (STW)	-10 °C bis 40 °C	-20 °C bis 50 °C

Die gültigen Temperaturvarianten für jede Konfiguration sind in Tabelle 4.2 angegeben.

4.3 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem

Das Sicherheitssystem ist unabhängig vom Betriebsführungssystem und diesem logisch übergeordnet. Das Sicherheitssystem löst bei Überschreitung von kritischen Grenzwerten eine Notbremsung aus.

Die Überwachung durch das Sicherheitssystem umfasst die folgenden Funktionen:

- Not-Aus-Taster
- Endlagenschalter Azimuth
- Rotordrehzahl
- Gondelschwingung
- Überwachung des Betriebsführungssystems

Nach Auslösen des Sicherheitssystems ist ein automatischer Neustart der Anlage nicht möglich.

Der Ausfall von einer der drei Blattverstellungen führt nicht zu einem unsicheren Zustand, sondern löst sofort eine Abschaltung der Windenergieanlage aus.

Die Azimutantriebe werden bei einer Auslösung des Sicherheitssystems blockiert.

4.4 Mechanische Bremse

Die mechanische Scheibenbremse gewährleistet nur nach manueller Aktivierung einen vollständigen Stillstand des Rotors im Servicebetrieb. Im Falle eines Nothalts bleibt der Rotor im Trudelbetrieb. Dies ist eine formale Abweichung von den Anforderungen der angewandten Richtlinien [2]. Um das Sicherheitsziel zu erreichen, hat Lagerwey die folgenden zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen definiert:

- Um Gefährdungen durch bewegliche Teile zu vermeiden, ist der komplette Antriebsstrang gekapselt.
- Blockierung des Durchgangs zur Nabe durch eine Sicherheitstür. Ein Zugang zur Rotornabe ist nur nach folgender Prozedur möglich:

1. Die Windtrubine befindet sich im service mode, alle Blätter sind in Fahnenstellung, das Betriebsführungssystem ist nicht in der Lage die Anlage neu zu starten.
2. Durch manuelle Kontrolle wird der Rotor durch die Rotorbremse zum vollständigen Stillstand gebracht.
3. Der Rotor wird durch einführen der vier Arretierbolzen festgesetzt.
4. Wenn alle vier Arretierbolzen sich in ihrer Endposition befinden, gibt das interface Relais die Sicherheitstür frei. Diese kann nun geöffnet werden. Die Arretierbolzen werden kontinuierlich überwacht.

Nach Abschluss der Arbeiten in der Nabe sind die Arbeitsschritte in umgekehrter Reihenfolge wieder durchzuführen.

5 Durchgeführte Prüfung

5.1 Prüfmethodik

Die Bewertung erfolgte durch Überprüfung der zugehörigen Dokumentation in Bezug auf die Anforderungen in den angewandten Standards [2].

Das Design der unabhängigen Bremssysteme sowie die unabhängige und übergeordnete Funktion des Sicherheitssystems wurde überprüft.

Mit Hilfe der Fehleranalysen [1.1.16] bis [1.1.19] wurde das Sicherheitssystem auf seine Fähigkeit, die Windenergieanlage bei Ausfall der Steuerung in einem sicheren Zustand zu halten überprüft. Mit [1.1.20] wurden die Performance Level der Schutzfunktionen gemäß den Anforderungen der EN ISO 13894-1 überprüft.

Der Pitchumrichter wurde separat zertifiziert [1.2.3].

Die lastrelevanten Parameter, z.B. Drehzahlgrenzen, Windgeschwindigkeiten oder Pitchgeschwindigkeiten, sowie die Betriebs- und Wartungsbedingungen wurden für die LP4 Varianten auf Übereinstimmung mit den Annahmen aus der Lastrechnung überprüft.

Es wurde überprüft, ob die in [2] geforderten Informationen in den jeweiligen Handbüchern enthalten sind.

Die Überprüfung aller angegebenen Parameter, Software-Validierung sowie eine vollständige Überprüfung aller Spezifikationen, z.B, Schraubenmomente, Schmierstoffe, Gewichte und Abmessungen, elektrische Eigenschaften etc. sind nicht Bestandteil dieses Prüfberichts.

5.2 Anmerkungen

Wesentliche Änderungen am Betriebsführungs- und Sicherheitssystem sowie in den Handbüchern machen diesen Prüfbericht ungültig, es sei denn, sie wurden TÜV NORD gemeldet und zur Bewertung vorgelegt.

5.3 Prüfergebnisse

5.3.1 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem

Das Konzept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems ist geeignet den sicheren Betrieb der LP4 Windenergieanlagen zu gewährleisten. Der sichere Zustand der Windenergieanlagen ist in jedem Modus durch redundante und unabhängige Bremssysteme gewährleistet.

In Bezug auf die Parameter der E-160 wird von Lagerwey in [1.1.7], [1.1.8] nicht die anfängliche Nennleistung von 4,6 MW, sondern 4,8 MW genannt, um mit diesen Parametereinstellungen das erreichbare Leistungsniveau des Prototyps zu testen. Das endgültige Leistungsniveau wird während der Prototyp-Messkampagne bestimmt. Das Dokument wird danach entsprechend aktualisiert.

5.3.2 Qualitätssicherung

Der Qualitätssicherungsprozess enthält ausreichende Maßnahmen, um das Risiko von Fehlfunktionen im Design der LP4 / EP5 / EP5 E2 zu verringern. Der Prozess beinhaltet eine systematische Risikobewertung mittels Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA). Spezifische Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Fehler sind in [1.1.16] bis [1.1.19] beschrieben.

5.3.3 Performance Level

Für die sicherheitskritischen Schutzfunktionen

- Schutz vor Überdrehzahl / aerodynamische Bremse
- Not Aus
- Kabelverdrillung
- Übermäßige Vibration/ Schock
- Generatorüberlastung oder -Fehler
- Kurzschluss

- Fehler im Pitchsystem
- Watchdog

wurde eine quantitative Risikoanalyse durchgeführt. Die erforderlichen Performance Level für jede Schutzfunktion wurden in der Risikobewertung festgelegt. Der Nachweis aller Performance Level wurde auf der Basis von [1.1.20] erreicht. Die Schutzfunktionen erfüllen die Anforderungen der EN ISO 13849-1.

5.3.4 Mechanische Bremse

Das in 4.4 beschriebene Konzept ist geeignet, den Zugang von Personen zu drehenden Teilen in der Nabe zu verhindern. Ein Zugang ist nur bei arretiertem Rotor möglich. Die vorgestellten Maßnahmen sind als ausreichend zu bewerten und bieten eine sichere Arbeitsumgebung im Leerlauf nach Aktivierung eines Notaus-Tasters.

5.3.5 Handbücher

Die Handbücher und Checklisten für Transport, Installation , Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung sind verfügbar und enthalten die erforderlichen Informationen in geeigneter Weise, bis auf folgende Ausnahme:

- Die Handbücher für die EP5 E-160 für Inbetriebnahme [1.1.35], Betrieb [1.1.38], Wartung [1.1.41] und Service [1.1.43] sind als Entwurf gekennzeichnet.

Sicherheitshinweise wurden für vorhersehbare Gefahren gegeben.

5.4 Schnittstellen

Die lastrelevanten Parameter, z.B. Drehzahlgrenzen, Windgeschwindigkeiten oder Pitchgeschwindigkeiten, sowie die Betriebs- und Wartungsbedingungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen aus der Lastrechnung für die Varianten der L136 LP4 / E-136 EP5,L147 LP4 / E-147 EP5 und E-147 EP5 E2 überprüft. Die Lasten der EP 5 E-160 wurden nicht durch TÜV NORD geprüft, es erfolgte daher auch keine Schnittstellenprüfung.

6 Auflagen und Hinweise

6.1 Die Schutztür am Eingang zur Nabe muss ordnungsgemäß montiert und mit einem Warnschild versehen sein, das über die Voraussetzungen für den Eintritt in die Rotornabe informiert.

6.2 Die Handbücher müssen dem Personal in einer für sie verständlichen Sprache zur Verfügung gestellt werden.

6.3 Das EP5 E-160 Inbetriebnahmehandbuch [1.1.35], das Betriebshandbuch [1.1.38], das Wartungshandbuch [1.1.41] und das Servicehandbuch [1.1.43] müssen vor der Inbetriebnahme der ersten seriellen EP5 E-160 Turbine fertiggestellt sein.

6.4 Jede Windenergieanlage dieses Typs muss mindestens entsprechend den Inbetriebnahmeanleitungen getestet werden. Der ordnungsgemäße Zustand ist vom Hersteller zu bestätigen. Der Inbetriebnahmebericht ist dem Betreiber jeweils zusammen mit den Handbüchern und Wartungs- und Instandhaltungsanweisungen zu übergeben. Die Wartungs- und Instandhaltungsanweisungen sind zu befolgen und die durchgeführten Arbeiten in den entsprechenden Berichten zu protokollieren.

6.5 Alle sicherheitsrelevanten Bauteile und Funktionen sind in Abständen von höchstens 2 Jahren durch einen anerkannten Sachverständigen zu prüfen. Dieses Prüfintervall kann auf vier Jahre verlängert werden, wenn durch von Lagerwey autorisierte Sachkundige eine laufende (mind. jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird. Das Ergebnis der wiederkehrenden Prüfung ist in einem Bericht festzuhalten, der mindestens die folgenden Informationen enthalten muss:

- Prüfender Sachverständiger und Anwesende bei der Prüfung
- Hersteller, Typ und Seriennummer der WEA und deren Hauptbestandteile (Rotorblätter, Getriebe, Generator, Turm)
- Standort und Betreiber der Windenergieanlage
- Gesamtbetriebsstunden
- Windgeschwindigkeit und Temperatur am Tag der Prüfung
- Beschreibung des Prüfumfanges
- Prüfergebnis und ggf. Auflagen

Diese Dokumentation ist vom Betreiber über die gesamte Nutzungsdauer der Windenergieanlage aufzubewahren.

7 Schlussfolgerung

Der Aufbau des Betriebsführungs- und Sicherheitssystem mit den redundanten Schutzfunktionen ist geeignet, die in Tabelle 4.1 spezifizierten Windenergieanlagen der Lagerwey LP4 / EP5 / EP5 E2 Plattform in einem sicheren Zustand zu halten.

Das fehlersichere Verhalten der Windenergieanlagen wurde in Form von Fehleranalysen dargelegt. Die nach EN ISO 13849-1 erforderlichen Performance Level wurden für alle Sicherheitsfunktionen erreicht.

Die Anforderungen der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen (Ausgabe 2012) und der DIN EN 61400-1:2005 an das Konzept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems der in Tabelle 4.1 spezifizierten Windenergieanlagen werden erfüllt.

Die Auflagen und Hinweise in Kap. 6 sind zu berücksichtigen.

erstellt	freigegeben
Dipl.-Ing. O. Raupach	Dipl.-Ing. L. Klüppel

Gutachtliche Stellungnahme

für die Typenprüfung der Windenergieanlage Lagerwey/ENERCON L147 LP4 / E-147 EP5 und E-147 EP5 E2 verschiedene Konfigurationen

- Rotorblatt LM71.8P -

TÜV NORD Bericht-Nr.:	8116090508-3 D, Rev. 4
Gegenstand der Prüfung:	Strukturnachweis und statischer Blatttest für das Rotorblatt LM71.8P mit Lasten nach DIBt (2015)
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld The Netherlands
Dokumentation:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld The Netherlands

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 12 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	19.02.2019	Erste Revision	Dipl.-Ing. M. Polster
1	13.11.2019	Konfiguration 2 hinzugefügt, Dokumente hinzugefügt: [1.2.4], [1.2.8], [1.2.22] bis [1.2.24] Dokumente aktualisiert: [1.2.1], [1.2.2], [1.2.12] und [1.2.14] bis [1.2.16]; Blattparameter geringfügig geändert; Auflagen 6.6 und 6.7 hinzugefügt; editorische Änderungen	Dipl.-Ing. M. Polster
2	30.09.2020	Konfiguration 3 hinzugefügt, Dokumente hinzugefügt: [1.2.5], [1.2.25] - [1.2.28]	Dipl.-Ing. M. Polster
3	09.12.2020	Konfiguration 4 hinzugefügt; Dokumente hinzugefügt: [1.2.6] und [1.2.29] bis [1.2.34]; Dokumente aktualisiert: [1.2.14] und [1.2.15]	Dipl.-Ing. M. Polster
4	03.03.2021	Konfiguration 5 Lasten hinzugefügt: [1.2.31] und [1.2.33]; DECS aktualisiert: [1.2.1] und [1.2.2]; Design Basis und Blatt Spezifikation aktualisiert sowie Blade Manual hinzugefügt: [1.2.14] bis [1.2.17]	Dipl.-Ing. M. Polster

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Dazugehörige Dokumente 4
2 Prüfgrundlagen 8
3 Einleitung 8
4 Beschreibung der Komponente 8
4.1 Klimatische Bedingungen 8
4.2 Beschreibung der Komponentenparameter 8
4.3 Designlasten 9
4.4 Materialien 10
5 Durchgeführte Prüfung 10
5.1 Prüfmethode 10
5.2 Anmerkungen 11
5.3 Ergebnisse 11
5.4 Schnittstellen 11
6 Auflagen 11
7 Schlussfolgerung 12

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Keine.

1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Evaluation Conformity Statement

[1.2.1] Bureau Veritas Certification:
"Design Evaluation Conformity Statement LM 71.8 P"
Zertifikats-Nr.: 180003-CS-DE-01-3, Rev. 3, Datum: 26.02.2021

[1.2.2] Bureau Veritas Certification:
"Evaluation report, Design Evaluation, LM 71.8 P rotor blade"
Berichts-Nr.: 180003-DE-BLA-01-3, Rev. 3, Datum: 26.02.2021

[1.2.3] Bureau Veritas Certification:
"Conformity Letter 180003-CL-BLA-01-0"
Dokument-Nr.: 180003-CL-BLA-01-0, Rev. 0, Datum: 25.10.2018

[1.2.4] Bureau Veritas Certification:
"Conformity Letter 180003-CL-BLA-03-0"
Dokument-Nr.: 180003-CL-BLA-03-0, Rev. 0, Datum: 12.11.2019

[1.2.5] Bureau Veritas Certification:
"Conformity Letter 180003-CL-BLA-04-0"
Dokument-Nr.: 180003-CL-BLA-04-0, Rev. 0, Datum: 10.08.2020

[1.2.6] Bureau Veritas Certification:
"Conformity Letter 180003-CL-BLA-05-0"
Dokument-Nr.: 180003-CL-BLA-05-0, Rev. 0, Datum: 08.12.2020

Auslegungslasten

[1.2.7] LM Wind Power:
"Load Assessment Report of LM 71.8 P, For Lagerwey based on loads representing 4.3 MW, 132m tower height and design life of 20 years"
Dokument-Nr.: TR-10182, Rev. A1, undatiert

[1.2.8] LM Wind Power:
"Load Conversion Report, LM 71.8 P, Envision & Enercon-Lagerwey"
Dokument-Nr.: TR-07649, Rev. A9, Datum: 17.02.2021

WEA-Lasten

[1.2.9] "L147 P4300 T132 BLM - Extreme Contemporaneous Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-000439-R0, Rev. R0, Datum: 05.09.2018

[1.2.10] "L147 P4300 T132 BLM - Fatigue Equivalent Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-000438-R0, Rev. R0, Datum: 14.08.2018

[1.2.11] TÜV NORD CERT GmbH:
"Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage L147, RB LM71.8P (VG + T-Spoiler), NH 132 (MST), DIBt WZ 2, GK II - Lastannahmen -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8116090508-1 D I, Rev. 1, Datum: 18.02.2019

Zeichnungen

[1.2.12] LM Wind Power:
"Outline, LM 71.8 P, Enercon"
Zeichnungs-Nr.: DR-09725, Rev. A6, Datum: 28.08.2019

[1.2.13] LM Wind Power:
"Main Drawing, LM 71.8 P, Envision"
Zeichnungs-Nr.: DR-08788, Rev. A1, Datum: 10.10.2017

Design Basis und Handbuch

[1.2.14] "Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations"
Dokument-Nr.: M00-C2-30-10480-R10, Rev. R10, Datum: 05.01.2021

[1.2.15] TÜV NORD CERT GmbH:
"Evaluation Report, Wind Turbine Platform LP4 / EP5, IEC 61400-22 - Design Basis -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8114242475-0 E I, Rev. 6, Datum: 03.02.2021

[1.2.16] LM Wind Power:
"Technical Blade Specification for the LM 71.8 P rotor blade. Generation C, for E-147 turbine of Enercon and its affiliates"
Dokument-Nr.: BS-00489, Rev. A8, Datum: 04.02.2021

[1.2.17] LM Wind Power:
"Technical Blade Manual, LM 71.8 P"
Dokument-Nr.: BM-00178, Rev. B0, Datum 05.02.2021

Vortex Generatoren Mk. II und T-Spoiler Mk. II

[1.2.18] TÜV NORD CERT GmbH:
"Evaluation Report, Vortex Generators Mk. II - unspecific LM rotor blades -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8115417663-3 E I, Rev. 1, Datum: 11.01.2019

[1.2.19] TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG:
"Evaluation Report - Rotor Blade LM 58.7 P5 incl. Vortex Generators MK II, optional T-Spoiler MK II, Spinner Ring and Serrations MK II -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8116029212-3 E, Rev. 0, Datum: 12.07.2018

Statement bzgl. Turmfreigang

[1.2.20] LM Wind Power:
"Engineering Statement, LM 71.8P Static Test Deflection for reduced Partial Safety Factor 1.05"
Dokument: Statement_LM 71.8P_Deflection, Author: Kurt Petersen,
Datum: 14.11.2018

Statischer Blatttest

[1.2.21] SGS-WETC:
"LM 71.8P#0002, Static Test Report"
SGS-WETC-Dokument-Nr.: WETC-1805-159, Rev. C, Datum: 27.06.2018
LM-Dokument-Nr.: TR-09530, Rev. A2. Datum: 02.07.2018

Konfiguration 2

[1.2.22] "L147 P4360 T155M2 BLM IEC IIA & DIBT WZ2 GK2
- Extreme Contemporaneous Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050284-R0, Rev. R0, Datum: 24.10.2019

[1.2.23] "L147 P4360 T155M2 BLM IEC IIA & DIBT WZ2 GK2
- Fatigue Equivalent Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050285-R0, Rev. R0, Datum: 24.10.2019

[1.2.24] TÜV NORD CERT GmbH:
"Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage L147/E-147 P4360 T155M2 BLM, RB LM71.8P, NH 155 (T155M2 – modularer Stahlrohrturm), DIBt WZ 2, GK II - Lastannahmen -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8117485212-1 D I, Rev. 1, Datum: 16.09.2020

Konfiguration 3

[1.2.25] "L147 P4360 T126M2 BLM IEC IIA & DIBT WZ3 GK2
- Extreme Contemporaneous Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050315-R0, Rev. R0, Datum: 01.05.2020

[1.2.26] "L147 P4360 T126M2 BLM IEC IIA & DIBT WZ3 GK2
- Fatigue Equivalent Loads"
Dokument-Nr.: M00-C2-40-050316-R0, Rev. R0, Datum: 01.05.2020

[1.2.27] TÜV NORD CERT GmbH:
"Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage L147/ E-147 P4360 T126M2 BLM, RB LM71.8P, NH 126 (T126M2 - modularer Stahlrohrturm), DIBt WZ 3, GK II - Lastannahmen -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8118329386-1 D I, Rev. 0, Datum: 30.09.2020

[1.2.28] LM Wind Power:
"Load Assessment Report of LM 71.8 P for ENERCON Turbine E-147, 4.36 MW, 126m tower height, Wind class IEC II and design life of 20 years"
Dokument-Nr.: TR-13007, Rev. A1, Datum: 07.07.2020

Konfigurationen 4 und 5

[1.2.29] ENERCON GmbH:
Lastdokument (Rotorblatt), "Load report Rotor blade LM718P_1b"
Dokument-Nr.: D0991589-0, Rev. 0, Datum: 31.08.2020

[1.2.30] ENERCON GmbH:
Rotorblattlasten (elektronisch erhalten),
Dateiname: D0953844-3_E-147_EP5_E2_MST-155_FB_C_01_LM_Blade.zip,
Checksumme (MD5): 8DFC8BF6F45092CBDFABA3990D67EC9E, Rev. 0,
Datum: 21.09.2020

[1.2.31] ENERCON GmbH:
Rotorblattlasten (elektronisch erhalten),
Dateiname: D0953832-2_E-147_EP5_E2__MST-126_FB_C_01;_LM_Blade.zip
Checksumme (MD5): 97D0CDCE70241C60DCF6FA0E619CD30A, Rev. 0,
Datum: 21.09.2020

[1.2.32] TÜV NORD CERT GmbH:
"Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage E-147 EP5 E2,
RB LM 71.8 P Gen B, NH 155 m (E-147 EP5 E2-MST-155-FB-C-01),
DIBt WZ 2 (S), GK II - Lastannahmen -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8118329386-1 D III, Rev. 0, Datum: 20.11.2020

[1.2.33] TÜV NORD CERT GmbH:
"Gutachtliche Stellungnahme, Windenergieanlage E-147 EP5 E2,
RB LM 71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01),
DIBt WZ 3 (S), GK II - Lastannahmen -"
TÜV NORD Berichts-Nr.: 8118329386-1 D II, Rev. 0, Datum: 20.11.2020

[1.2.34] LM Wind Power:
"Load Assessment Report of LM 71.8 P for ENERCON Turbine E-147,
5.2 MW, 155m tower height & Wind class IEC II and design life of 20 years,
“D0991589-0 Load report Rotor blade LM718P 1b [E-147 EP5 E2].pdf”"
Dokument-Nr.: TR-13701, Rev. A2, Datum: 08.12.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
"Richtlinie für Windkraftanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung"
Fassung Oktober 2012 - Korrigierte Fassung März 2015

Anerkannte Regelwerke

[2.2] Germanischer Lloyd:
"Vorschriften und Richtlinien, IV - Industriedienste, Teil 1 - Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen", Edition 2010

[2.3] International Standard IEC 61400-22:
"Wind turbines - Part 22: Conformity testing and certification"
Edition 1.0, 2010-05

3 Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Prozedur und die Ergebnisse der Nachweisführung des Rotorblattes LM71.8P für die Windenergieanlage Lagerwey/ENERCON L147 LP4 / E-147 EP5 und E-147 EP5 E2 nach DIBt 2015 Standard, basierend auf dem vom Bureau Veritas ausgestellten Design Evaluation Conformity Statement [1.2.1] - [1.2.4] gem. [2.3].

In der vorliegenden Revision 4 dieser Gutachtlichen Stellungnahme wird die Lastkonfiguration 5 hinzugefügt. Darüber hinaus wurde das DECS, die Design Basis und die Blattspezifikation aktualisiert sowie das Handbuch hinzugefügt.

4 Beschreibung der Komponente

4.1 Klimatische Bedingungen

Als extremer Temperaturbereich ist -30°C bis +50°C in [1.2.1] ausgewiesen.

4.2 Beschreibung der Komponentenparameter

Das Rotorblatt hat eine Länge von 71,8 m. Es besteht aus Glasfaser verstärkten Polyester, der als Sandwich Konstruktion realisiert wird. Das Rotorblatt wird im Harz-Infusionsverfahren produziert. Die Verbindung zwischen Blattwurzel und Blattlager ist mittels eingebetteter Stahlhülsen realisiert. Das Rotorblatt ist gem. der Blattspezifikation [1.2.16] mit Vortex Generatoren Mk. II, T-Spoiler Mk. II und Serrations Mk. II bestückt.

Nach [1.2.1] bzw. [1.2.16] hat die Rotorblatt-Variante LM 71.8 P Gen C die folgenden Eigenschaften:

1. Eigenfrequenz in Schlagrichtung:	0,489 Hz ± 5 %
1. Eigenfrequenz in Schwenkrichtung:	0,885 Hz ± 5 %
Blattmasse (ohne Bolzen):	23072 kg ± 3 % (inkl. 5 mm Flansch)
Statisches Moment (Blattwurzel):	5064 kNm ± 4,5 %
Auslegungsdauer:	20 Jahre

Die Rotorblatt-Varianten LM 71.8 P Gen A bis Gen C haben ähnliche Eigenschaften, die deutlich innerhalb der technischen Toleranzen liegen.

Das Rotorblatt LM71.8P ist für den Betrieb an folgenden Konfigurationen vorgesehen:

Nr.	WEA	Rotorblatt -Variante	Nenn-leistung	Naben-höhe	Wind-klasse	Gelände-klasse	geprüft mit
1	L147 P4300 MST [1)]	Gen A	4,3 MW	132 m	DIBt (2015): 2	DIBt (2015): 2	[1.2.3]
2	L147/E-147 P4360 T155M2 BLM [2)]	Gen A	4,36 MW	155 m	DIBt (2015): 2	DIBt (2015): 2	[1.2.4]
3	L147/E-147 P4360 T126M2 BLM [2)]	Gen A	4,36 MW	126 m	DIBt (2015): 3	DIBt (2015): 2	[1.2.5], [1.2.28]
4	E-147 EP5 E2-MST-155-FB-C-01 [2)]	Gen A	5,2 MW	155 m	DIBt (2015): 2	DIBt (2015): 2	[1.2.6], [1.2.34]
5	E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 [2)]	Gen C	5,2 MW	126 m	DIBt (2015): 3	DIBt (2015): 2	[1.2.2], [1.2.34]

Table 4.1: Abgedeckte Konfiguration
[1)] mit Vortex Generatoren und T-Spoiler
[2)] mit Vortex Generatoren, Serrations und T-Spoiler

4.3 Designlasten

Die Lastannahmen sind in der folgenden Tabelle spezifiziert:

Nr.	WEA	Rotorblatt -Variante	Nenn-leistung	Nabenhöhe	Spezifiziert in	Geprüft in
1	L147 P4300 MST [1)]	Gen A	4,3 MW	132 m	[1.2.9], [1.2.10]	[1.2.11]
2	L147/E-147 P4360 T155M2 BLM [2)]	Gen A	4,36 MW	155 m	[1.2.22], [1.2.23]	[1.2.24]
3	L147/E-147 P4360 T126M2 BLM [2)]	Gen A	4,36 MW	126 m	[1.2.25], [1.2.26]	[1.2.27]
4	E-147 EP5 E2-MST-155-FB-C-01 [2)]	Gen A	5,2 MW	155 m	[1.2.29], [1.2.30]	[1.2.32]
5	E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01 [2)]	Gen C	5,2 MW	126 m	[1.2.29], [1.2.31]	[1.2.33]

Table 4.2: Abgedeckte Konfiguration
[1)] with Vortex Generatoren und T-Spoiler
[2)] with Vortex Generatoren, Serrations und T-Spoiler

In den Lastannahmen wurden die folgenden Eigenschaften angenommen (alternativ angenommene Eigenschaften):

1. Eigenfrequenz in Schlagrichtung:	0,4807 (0,488) Hz
1. Eigenfrequenz in Schwenkrichtung:	0,902 (0,897) Hz
Blattmasse (inkl. Bolzen):	22989 (22909) kg
Statisches Moment (Blattwurzel):	516574 (515590) kgm

Die Betriebslasten basieren auf einer angenommenen Auslegungszeit von 20 Jahren. Sonderereignisse verursacht durch den Transport und Errichtung sind nicht berücksichtigt worden.

4.4 Materialien

Die Materialien können [1.2.2] entnommen werden.

5 Durchgeführte Prüfung

5.1 Prüfmethode

Das Rotorblatt LM 71.8 P wurde in [1.2.1] nach IEC 61400-22 in Verbindung mit IEC 61400-1 für die Lasten nach [1.2.7] und [1.2.8] zertifiziert. Die GL-Richtlinie [2.2] wurde als anerkanntes Regelwerk ebenfalls herangezogen. Die Anforderungen der IEC 61400-22 decken die Anforderungen der DIBt 2015 [2.1] ab.

Die Lasten nach [1.2.7] sind mit den Lasten der Konfiguration 1 [1.2.9] - [1.2.10]. verglichen. Die Auslegungslasten nach [1.2.8] sind mit den Lasten der Konfigurationen 2 bis 5 verglichen.

Die Konformitätsbescheinigung [1.2.1] deckt die Prüfung der Rotorblattschale, der Handbücher und des Blitzschutzsystems nach IEC 61400-24 ab. Die Anbauteile wie Vortex Generatoren Mk. II sind in [1.2.18] blattunspezifisch sowie T-Spoiler Mk. II und Serrations Mk. II strukturell vergleichbar für das LM 58.7 P5 in [1.2.19] geprüft worden. In den Lastannahmen der obigen Konfigurationen sind die Effekte dieser Anbauteile berücksichtigt.

Die Bolzenverbindung zum Blattlager ist nicht Bestandteil der Prüfung. Der Turmfreigang ist nicht Teil dieser Prüfung, ist aber im Bericht zu den Lastannahmen geprüft worden.

Es wurde überprüft, ob das den Turbinenlasten zugrundeliegende Blattmodell den tatsächlichen Eigenschaften des Rotorblattes entspricht.

In [1.2.3] bis [1.2.6] wurden der Vergleich der Lasten des statischen Blatttests [1.2.21] mit den Auslegungslasten berücksichtigt.

5.2 Anmerkungen

Keine.

5.3 Ergebnisse

Die Lastvergleiche [1.2.7], [1.2.28], [1.2.34] und die Auslegungslasten [1.2.8] sind in [1.2.1] bis [1.2.6] geprüft. Dort wird ebenfalls die Gültigkeit des statischen Blatttests für die Konfiguration 1 bis 5 bestätigt.

Das Blattmodell der Lastannahmen stimmt im Rahmen technischer Toleranzen mit den Eigenschaften des Blattes überein. Der in [1.2.1] berücksichtigte Temperaturbereich deckt den in den Lastananhmen berücksichtigten Temperaturbereich ab.

5.4 Schnittstellen

Die folgenden Schnittstellen sollen betrachtet werden:

5.4.1 Die Prüfung der Nachweise zu den Blattbolzen muss im Rahmen der Maschinenbauprüfung erfolgen.

5.4.2 Gemäß Statement [1.2.20] ist ein reduzierten Teilsicherheitsbeiwert für den Turmfreigang von 1,05 nachgewiesen.

6 Auflagen

6.1 Die für die Produktion verwendeten Materialien haben die Anforderungen gemäß den Prüfgrundlagen in Kapitel 2 zu erfüllen und keine geringeren Festigkeitswerte als die im Design angenommenen aufzuweisen.

6.2 Ein gültiges Komponentenzertifikat des Blitzschutzes ist zu pflegen.

6.3 Das Rotorblatt muss in einem Werk gefertigt werden, welches die Anforderungen nach [2.2] erfüllt.

6.4 Die Umweltbedingungen bei Betrieb dürfen nicht strukturell belastender sein als die im Design angenommenen Umweltbedingungen.

6.6 Die korrekte Applizierung des CSM100 an den T-Spoilern muss sichergestellt sein.

6.7 Die Anbringung der VGs an der Blattaußenseite (Z = 50 - 70 m) sind für eine Lebenszeit von 10 Jahren ausgelegt. Sie müssen nach einem Betrieb von 10 Jahren regelmäßig inspiziert werden und bei eventuellen Schäden repariert bzw. ausgetauscht werden.

6.8 Die Rotorblätter sind jährlich visuell durch einen Sachkundigen des Herstellers oder Betreibers zu prüfen. Die Prüfungen und deren Umfang sind im Wartungsprotokoll zu dokumentieren. Es sind mindestens die Blattoberfläche, der Bereich der Flanschverbindung zum Blattlager und die Vorspannung der Bolzen zu überprüfen. Schäden, welche die Integrität der Struktur der Rotorblätter betreffen, müssen der TÜV NORD CERT GmbH gemeldet werden.

6.9 Alle vier Jahre müssen die Rotorblätter durch einen unabhängigen Sachverständigen für Rotorblätter überprüft werden. Falls erforderlich müssen vorhandene Risse oder andere Beschädigungen in der Laminatstruktur bewertet und Reparaturmaßnahmen definiert werden.

7 Schlussfolgerung

Vorausgesetzt die zuvor genannten Prüfbemerkungen und Auflagen werden berücksichtigt, erfüllt das Rotorblatt die Prüfgrundlagen gemäß Kapitel 2.

Es bestehen keine Bedenken, das Rotorblatt LM 71.8 P an der Windenergieanlage Lagerwey/ENERCON L147 LP4 / E-147 EP5 und E-147 EP5 E2 mit den in Kapitel 4.2 aufgeführten Konfigurationen zu betreiben.

Strukturelle Änderungen am Rotorblatt müssen von der Zertifizierungsstelle geprüft und genehmigt werden. Andernfalls verliert dieser Prüfbericht seine Gültigkeit.

Sachverständige(r):

Dipl.-Ing. M. Polster

Freigegeben:

Dipl.-Ing. M. Passow

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

für die Typenprüfung der Windenergieanlagenplattform LP4 / EP5

- Maschinenbauliche Komponenten -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8116090508-4 D Rev. 6	
Anlagenspezifikation:	Bezeichnung:	LP4 / EP5
	Varianten:	siehe Tab. 4.2
	Anlagenparameter:	siehe Tab. 4.2
Anlagenhersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3772 MR Barneveld The Netherlands	
Prüfumfang:	Auslegungsanforderungen für maschinenbauliche Komponenten gem. DIN EN 61400-1:2011 inkl. deren Verwendung in Windenergieanlagen inkl. Maschinenhaus und Nabenverkleidung	
Auslegungslasten:	Geprüfte Lastannahmen	

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

Dieser Prüfbericht umfasst 34 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständige
0	12.02.2019	- Erstausgabe	Dr.-Ing. Y. Ou
1	15.11.2019	- WEA Variante Nr. 2 hinzugefügt (siehe Tabelle 4.2) - Bezeichnung der WEA Variante Nr. 1 um „E-147“ erweitert - Titel der GS geändert von „Windenergieanlage Lagerwey LP4“ zu „Windenergieanlagenplattform LP4“	F. Rodriguez
2	30.09.2020	- WEA Variante Nr. 3 hinzugefügt (siehe Tabelle 4.2)	F. Rodriguez
3	26.11.2020	- Integration der Komponenten der Plattform EP5 E2 aus den TÜV SÜD Berichten [1.4.2] und [1.4.3] - WEA Varianten Nr. 4 und 5 hinzugefügt (siehe Tabelle 4.2)	F. Rodriguez
4	08.02.2021	- Design Basis aktualisiert - Komponenten für WEA-Typ E-160 EP5 E2 hinzu - TÜV SÜD Evaluation Reports [1.4.2] und [1.4.3] durch entsprechende Gutachtliche Stellungnahmen ersetzt - Zeichnungen Maschinenträger 4.4.7.2 aktualisiert - Zeichnung Wartungsbremse 4.4.10.2 korrigiert - WEA-Varianten Nr. 6-7 hinzugefügt (siehe Tabelle 4.2) - Kapitel 5.4, 5.6 und 6 aktualisiert	R. Sommerfeld
5	07.05.2021	- Blattlager Liebherr /4.3.1.5/ hinzugefügt - WEA-Varianten Nr. 8-9 hinzugefügt (siehe Tabelle 4.2)	F. Rodriguez
6	20.05.2021	- Lastbericht [1.3.8] der WEA-Variante Nr. 9 aktualisiert	F. Rodriguez

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 5
1.1 Geprüfte Dokumente 5
1.2 Dazugehörige Dokumente 12
1.3 Lastannahmen 15
1.4 Zugehörige Prüfberichte 16
1.5 Hauptzeichnungen 17
2 Prüfgrundlagen 17
3 Einleitung 18
4 Beschreibung der Windenergieanlage 18
4.1 Anlagenkonzept 18
4.2 Umgebungsbedingungen 18
4.3 Geprüfte mechanische Komponenten und Strukturen 18
4.3.1 Blattlager 19
4.3.2 Blattverstellgetriebe 20
4.3.3 Blattarretierung 21
4.3.4 Rotornabe 21
4.3.5 Hauptlager 22
4.3.6 Hauptlagerstruktur 23
4.3.7 Maschinenträger 23
4.3.8 Generatorrotor 24
4.3.9 Stator 24
4.3.10 Wartungsbremse 25
4.3.11 Rotorarretierung 25
4.3.12 Azimutlager 25
4.3.13 Azimutgetriebe 26
4.3.14 Azimutbremse 27
4.3.15 Azimutbremsscheibe 27
4.3.16 Hydrauliksystem 28
4.3.17 Maschinenhausverkleidung 28
4.3.18 Nabenverkleidung 29
4.4 Verwendung in Windenergieanlagen 30
5 Durchgeführte Prüfungen 30
5.1 Prüfmethoden 30

5.2 Mechanische Komponenten und Antriebe 31
5.3 Haupttragende Strukturen und Schraubenverbindungen 31
5.4 Hinweise und Annahmen 32
5.5 Prüfergebnis 33
5.6 Schnittstellen zum Rotorblatt und Turm 33
6 Bedingungen 33
7 Schlussfolgerungen 34

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Blattlager

[1.1.1] Lagerwey Wind BV:
SA of the Pitch Bearing Raceway and Gearpinion LP4 L147 – Thyssenkrupp Rothe Erde
Dokument Nr.: M04-C2-40-000521-R1
Rev. R1, vom 12.02.2019

[1.1.2] Liebherr Components Biberach GmbH:
Report FEA - EP5 E160 PiB - 12960552
Dokument Nr.: 20210120_pfea03355-070WJ018-001_rev0_Lagerwey_EP5_E160_PiB
Rev. 0, vom 20.01.2021

[1.1.3] Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH:
Supplement to Technical Data Sheet 19357_00, rothe erde Large Diameter Slewing Bearing 83850080
Dokument Nr.: 19820_00
Rev. 00, vom 04.02.2021

[1.1.4] Liebherr Components Biberach GmbH:
Technical data sheet
Dokument Nr.: TD03330-060WJ18-002
Rev. 01, vom 13.06.2019

[1.1.5] Liebherr Components Biberach GmbH:
Report FEA
Dokument Nr.: 20201210_pfea03330-060WJ018-002_rev0_Lagerwey LP4_PiB
Rev. 0, vom 10.12.2020

Blattverstellgetriebe

[1.1.6] Lagerwey Wind BV:
SA of the Pitch Drive Planetary Gearbox LP4 - Bonfiglioli
Dokument Nr.: M04-C2-40-000354-R1
Rev. R1, vom 11.12.2018

Arretierungen (Pitch- und Azimutsystem)

[1.1.7] Lagerwey Wind BV:
Strength analysis of the maintenance locking devices LP4
Dokument Nr.: M00-C2-40-000273-R3
Rev. R3, vom 08.12.2018

Rotornabe

[1.1.8] Lagerwey Wind BV:
FEA of hub 2340 L136
Dokument Nr.: M04-C2-40-000318-R0
Rev. R0, vom 31.01.2017

[1.1.9] Lagerwey Wind BV:
SA of hub 2340 LP4
Dokument Nr.: M04-C2-40-000319-R1
Rev. R1, vom 08.01.2019

Hauptlager

[1.1.10] Schaeffler Technologies AG & Co. KG:
Main Bearing - Wind Energy Turbine LP4
Dokument Nr: TD_Lagerwey_LP4_2017-03-07_00
Rev. 00, vom 07.03.2017

[1.1.11] PSL, a.s.:
Lagerwey LP4 Mainshaft Bearing Calculation
Dokument Nr.: 16/01
Rev. 04, vom 01.02.2017

[1.1.12] Schaeffler Technologies AG & Co. KG:
Technical Documentation - Main Bearing - Wind Energy Turbine E160-EP5-E2
Dokument Nr.: TD_Lagerwey_E160-EP5-E2_2020-11-16_00
Rev. 00, vom 16.11.2020

[1.1.13] Thyssenkrupp / PSL, a.s.:
Technical Report - Enercon - Lagerwey E-160 EP5 E2 Mainshaft Bearing Calculation
Dokument Nr.: 20/30
Rev. 00, vom 09.12.2020

Hauptlagerstruktur

[1.1.14] Lagerwey Wind BV:
SA of fatigue strength analysis of the Main Bearing Assembly L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000334-R0
Rev. R0, vom 13.03.2017

[1.1.15] Lagerwey Wind BV:
FEA of fatigue strength analysis of the Main Bearing Assembly L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000333-R0
Rev. R0, vom 13.03.2017

[1.1.16] Lagerwey Wind BV:
SA of EP5-E160-E2 main bearing assembly
Dokument Nr.: M03-C2-40-000739-R0
Rev. R0, vom 05.11.2020

[1.1.17] Lagerwey Wind BV:
FEA of EP5-E160-E2 main bearing assembly
Dokument Nr.: M03-C2-40-000738-R0
Rev. R0, vom 23.10.2020

Maschinenträger

[1.1.18] Lagerwey Wind BV:
SA Nacelle 2760 V1 casting LP4
Dokument Nr.: M02-C2-40-000337-R1
Rev. R1, vom 06.12.2018

[1.1.19] Lagerwey Wind BV:
FEA Nacelle 2760 V1 casting LP4
Dokument Nr.: M02-C2-40-000336-R1
Rev. R1, vom 06.12.2018

Generatorrotor

[1.1.20] Lagerwey Wind BV:
SA of strength analysis rotor frame L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000332-R1
Rev. R1, vom 27.11.2018

[1.1.21] Lagerwey Wind BV:
FEA of strength analysis rotor frame L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000331-R0
Rev. R0, vom 31.01.2017

[1.1.22] Lagerwey Wind BV:
SA of the EP5-E160-E2 Rotor Frame
Dokument Nr.: M03-C2-40-000743-R0
Rev. R0, vom 13.11.2020

[1.1.23] Lagerwey Wind BV:
FEA of the EP5-E160-E2 Rotor Frame
Dokument Nr.: M03-C2-40-000742-R0
Rev. R0, vom 13.11.2020

Stator

[1.1.24] Lagerwey Wind BV:
SA of strength analysis stator base frame LP4
Dokument Nr.: M03-C2-40-000340-R2
Rev. R2, vom 13.12.2018

[1.1.25] Lagerwey Wind BV:
FEA of strength analysis stator base frame LP4
Dokument Nr.: M03-C2-40-000339-R2
Rev. R2, vom 13.12.2018

Wartungsbremse

[1.1.26] Lagerwey Wind BV:
Calculation of the generator brake service brake system LP4
Dokument Nr.: M03-C2-40-000363-R1
Rev. R1, vom 13.06.2017

Rotorarretierung

[1.1.27] Lagerwey Wind BV:
SA of the generator locking device LP4
Dokument Nr.: M03-C2-40-000343-R1
Rev. R1, vom 18.12.2018

[1.1.28] Lagerwey Wind BV:
FEA of the generator locking device LP4
Dokument Nr.: M03-C2-40-000342-R1
Rev. R1, vom 18.12.2018

[1.1.29] Lagerwey Wind BV:
SA of the generator locking device EP5-HP
Dokument Nr.: M03-C2-40-000602-R1
Rev. R1, vom 01.10.2020

Schraubverbindungen

[1.1.30] Lagerwey Wind BV:
SA of the Nacelle 2760 V1 bolted connections L136
Dokument Nr.: M02-C2-40-000346-R0
Rev. R0, vom 13.03.2017

[1.1.31] Lagerwey Wind BV:
FEA of the Nacelle 2760 V1 bolted connections L136
Dokument Nr.: M02-C2-40-000345-R0
Rev. R0, vom 13.03.2017

[1.1.32] Lagerwey Wind BV:
SA of the Main Bearing bolted connections L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000383-R0
Rev. R0, vom 21.06.2017

[1.1.33] Lagerwey Wind BV:
FEA of the main bearing bolted connections L136
Dokument Nr.: M03-C2-40-000382-R0
Rev. R0, vom 21.06.2017

[1.1.34] Lagerwey Wind BV:
L147 FEA of bolted connections in hub to LM71.8 blade assembly
Dokument Nr.: M05-C2-40-000503-R0
Rev. R0, vom 29.11.2018

[1.1.35] Lagerwey Wind BV:
L147 SA of bolted connections in hub to LM71.8 blade assembly
Dokument Nr.: M05-C2-40-000504-R0
Rev. R0, vom 30.11.2018

[1.1.36] Lagerwey Wind BV:
SA of EP5-E160-E2 main bearing bolted connections
Dokument Nr.: M03-C2-40-000741-R0
Rev. R0, vom 14.11.2020

[1.1.37] Lagerwey Wind BV:
FEA of EP5-E160-E2 main bearing bolted connections
Dokument Nr.: M03-C2-40-000740-R0
Rev. R0, vom 14.11.2020

Azimutlager

[1.1.38] Lagerwey Wind BV:
SA of the Yaw Bearing Raceway and Gear-pinion LP4 - Thyssenkrupp Rothe Erde
Dokument Nr.: M02-C2-40-000518-R0
Rev. R0, vom 18.12.2018

Azimutgetriebe

[1.1.39] Lagerwey Wind BV:
SA of the Yaw Drive Planetary Gearbox LP4 - Bonfiglioli
Dokument Nr.: M02-C2-40-000355-R1
Rev. R1, vom 11.12.2018

Azimutbremse

[1.1.40] Lagerwey Wind BV:
Calculation of the yaw brake system LP4
Dokument Nr.: M02-C2-40-000362-R0
Rev. R0, vom 14.03.2017

Azimutbremsscheibe

[1.1.41] Lagerwey Wind BV:
SA of the yaw brake disc L136
Dokument Nr.: M02-C2-40-000347-R1
Rev. R1, vom 24.05.2017

[1.1.42] Lagerwey Wind BV:
FEA of the yaw brake disc L136
Dokument Nr.: M02-C2-40-000360-R0
Rev. R0, vom 04.05.2017

Hydrauliksystem

[1.1.43] Trebu Technology BV:
Hydraulic Diagram Powerunit Lagerwey L136 Windturbine
Dokument Nr.: OH-163401.1
Rev. 1, vom 05.10.2016

Maschinenhaus- und Nabenverkleidung

[1.1.44] Lagerwey Wind BV:
SA of the LP4 nacelle covers and hub spinners
Dokument Nr.: M00-C2-40-000341-R2
Rev. R2, vom 23.06.2017

Lastvergleiche

[1.1.45] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison L136 4.5MW t132m updated stiffness VERSUS certified load set L136 4.5MW t132m
Dokument Nr.: M00-C2-40-000388-R0
Rev. R0, vom 04.07.2017

[1.1.46] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison LP4 - L136 4.5MW t132m IIA update & L147 4.3MW t132m IIA vs certified load set L136 4.5MW t132m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000500-R0
Rev. R0, vom 08.12.2018

[1.1.47] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison LP4 - L147 4.36MW t155m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000607-R0
Rev. R0, vom 18.10.2019

[1.1.48] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison LP4 - L147 4.36MW t126m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000712-R0
Rev. R0, vom 17.08.2020

[1.1.49] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison EP5 – E-147 E2 5.2MW t126m & 155m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000713-R0
Rev. R0, vom 08.10.2020

[1.1.50] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison EP5 - E-160 E2 5.5MW t143m IIIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000745-R0
Rev. R0, vom 14.11.2020

[1.1.51] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison EP5 - E-160 E2 5.5MW t120m & 166m IIIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000826-R0
Rev. R0, vom 25.03.2021

Restsicherheitsbetrachtungen

[1.1.52] Lagerwey Wind BV:
RSA LP4 Mach Components on basis of comparison 40-000500 - L136 4.5MW t132m IIA update & L147 4.3MW t132m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000501-R0
Rev. R0, vom 08.12.2018

[1.1.53] Lagerwey Wind BV:
RSA LP4 Mach Components on basis of comparison 40-000607 - L147 4.36MW t155m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000608-R0
Rev. R0, vom 18.10.2019

[1.1.54] Lagerwey Wind BV:
RSA LP4 Mach Components on basis of comparison 40-000712 - L147 4.36MW t126m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000714-R0
Rev. R0, vom 17.08.2020

[1.1.55] Lagerwey Wind BV:
RSA EP5 Mach Components on basis of comparison 40-000713 – E-147 E2 5.2MW t126m & 155m IIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000715-R0
Rev. R0, vom 08.10.2020

[1.1.56] Lagerwey Wind BV:
RSA EP5 Mach Components on basis of comparison 40-000745 - EP5 - E-160 E2 5.5 MW t143m IIIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000746-R0
Rev. R0, vom 14.11.2020

[1.1.57] Lagerwey Wind BV:
RSA EP5 Mach Components on basis of comparison 40-000826 - EP5 - E-160 E2 5.5 MW t120m & 166m IIIA
Dokument Nr.: M00-C2-40-000827-R0
Rev. R0, vom 25.03.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Blattlager

[1.2.1] Lagerwey Wind BV:
Design specification Blade Bearing LP4
Dokument Nr.: M04-C2-30-10377-R7
Rev. R7, vom 08.05.2018

[1.2.2] Lagerwey Wind B.V.:
LP4; L147; Design specification blade bearing
Dokument Nr.: M04-C05-30-10629-R0
Rev. R0, vom 07.05.2019

Blattverstellgetriebe

[1.2.3] Lagerwey Wind BV:
Design Specification Pitch Drives LP4
Dokument Nr.: M04-C5-30-10420-R4
Rev. R4, vom 22.11.2018

Rotornabe

[1.2.4] Lagerwey Wind BV:
Casting specification Hub 2340
Dokument Nr.: M04-C5-30-10408-R1
Rev. R1, vom 25.05.2016

Hauptlager

[1.2.5] Lagerwey Wind BV:
Design specification Main Bearing LP4
Dokument Nr.: M03-C2-30-10376-R5
Rev. R5, vom 18.01.2017

[1.2.6] Lagerwey Wind BV:
Design specification Main Bearing EP5 E2
Dokument Nr.: M03-C2-30-10976-R0
Rev. R0, vom 04.12.2020

Hauptlagerstruktur

[1.2.7] Lagerwey Wind BV:
Casting specification bearing housing 3200
Dokument Nr.: M03-C5-30-10417-R0
Rev. R0, 30.03.2017

[1.2.8] Lagerwey Wind BV:
Casting specification bearing carrier 3200
Dokument Nr.: M03-C5-30-10414-R0
Rev. R0, 30.03.2017

Maschinenträger

[1.2.9] Lagerwey Wind BV:
Casting specification Nacelle 2760
Dokument Nr.: M02-C5-30-10411-R1
Rev. R1, vom 25.05.2016

Generatorarretierung

[1.2.10] Lagerwey Wind BV:
LP4 Description operation and safety system
Dokument Nr.: M00-C2-40-050219-R0
Rev. R0, vom 05.12.2018

Azimutlager

[1.2.11] Lagerwey Wind BV:
Design specification Yaw Bearing LP4
Dokument Nr.: M02-C2-30-10378-R7
Rev. R7, vom 08.05.2018

Azimutgetriebe

[1.2.12] Lagerwey Wind BV:
Design Specification Yaw Drives LP4
Dokument Nr.: M02-C5-30-10419-R4
Rev. R4, vom 09.11.2018

Maschinenhaus- und Nabenverkleidung

[1.2.13] Lagerwey Wind BV:
LP4 Covers and spinners GFRP material specification
Dokument Nr.: M00-C5-30-10497-R0
Rev. R0, vom 16.05.2017

Design Basis

[1.2.14] Lagerwey Wind BV:
Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations
Dokument Nr.: M00-C2-30-10480 R10
Rev. R10, vom 15.01.2021

Stahlschweißkonstruktionen

[1.2.15] Lagerwey Wind BV:
Specification for welded steel constructions
Dokument Nr.: M00-C5-30-10034-R4
Rev. R4, vom 11.05.2016

Schraubenzeichnungen

[1.2.16] Lagerwey Wind BV:
Yaw bearing stud M36-10.9
Zeichnung Nr.: 20-020933
Rev. A, vom 05.09.2016

[1.2.17] Lagerwey Wind BV:
Yaw bearing stud M36 10.9
Zeichnung Nr.: 20-011490
Rev. A, vom 04.10.2016

[1.2.18] Lagerwey Wind BV:
Gen to nac double end stud M39 -10.9
Zeichnung Nr.: 20-030786
Rev. B, vom 28.09.2016

[1.2.19] Lagerwey Wind BV:
Main bearing stud bolt M39-10.9
Zeichnung Nr.: 20-030845
Rev. B, vom 09.09.2016

[1.2.20] Lagerwey Wind BV:
Gen to hub double end stud M36 - 10.9
Zeichnung Nr.: 20-030865
Rev. A, vom 08.07.2016

[1.2.21] Lagerwey Wind BV:
Main bearing housing studbolt M30-10.9
Zeichnung Nr.: 20-030891
Rev. A, vom 05.09.2016

[1.2.22] Lagerwey Wind BV:
Hub - Main Bearing Housing, double end stud bolt M39-10.9
Zeichnung Nr.: 20-031634
Rev. A, vom 12.09.2019

[1.2.23] Lagerwey Wind BV:
Press Ring - Bearing Carrier, stud bolt M39-10.9
Zeichnung Nr.: 20-031543
Rev. A, vom 18.09.2019

1.3 Lastannahmen

[1.3.1] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Windenergieanlage L147, RB LM71.8P (VG + Serrations), NH 132 (MST), DIBt WZ 2, GK II - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8116 090 508-1 D I
Rev. 0, vom 2018-12-03

[1.3.2] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage L147/ E-147 P4360 T155M2BLM, RB LM 71.8 P, NH 155 m (T155M2 - modularer Stahlrohrturm), DIBt WZ 2, GK II - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8117 485 212-1 D I
Rev. 0, vom 2019-11-11

[1.3.3] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage L147/ E-147 P4360 T126M2 BLM, RB LM 71.8 P, NH 126 m (T126M2 - modularer Stahlrohrturm), DIBt WZ 3, GK II - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8118 329 386-1 D I
Rev. 0, vom 30.09.2020

[1.3.4] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-147 EP5 E2, RB LM718 P Gen B, NH 155 m (E-147 EP5 E2-MST-155-FB-C-01), DIBt WZ 2 (S), GK II - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8118 329 386-1 D III
Rev. 0, vom 20.11.2020

[1.3.5] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-147 EP5 E2, RB LM71.8 P Gen B, NH 126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01), DIBt WZ 3 (S), GK II - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8118 329 386-1 D II
Rev. 0, vom 20.11.2020

[1.3.6] TÜV SÜD Industrie Service GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Lastannahmen Windenergieanlage ENERCON / Lagerwey E-160 EP5 E2 - 5500 kW, Rotorblatt Typ LM 78.3 P Gen B, Nabenhöhe 140 m und 143 m über Geländeoberkante, WEA-Klasse IIIA gemäß IEC und Windzone 2, Geländekategorie II gemäß DIBt
Bericht Nr.: 3327372-1-d
Rev. 0, vom 17.12.2020

[1.3.7] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E2, RB LM78.3 P, NH 120 m (T120M2), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8119 042 164-1 D V
Rev. 0, vom 30.04.2021

[1.3.8] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E2, RB LM78.3 P, NH 166 m (T166M2), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen -
Bericht Nr.: 8119 042 164-1 D VI
Rev. 1, vom 18.05.2021

1.4 Zugehörige Prüfberichte

[1.4.1] TÜV NORD CERT GmbH:
Evaluation Report Wind Turbine Platform LP4 / EP5, IEC 61400-22 - Design Basis -
Bericht Nr.: 8114242475-0 E I
Rev. 6, vom 03.02.2021

[1.4.2] TÜV SÜD Industrie Service GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Maschinenbauliche Komponenten - Windenergieanlage ENERCON / Lagerwey E160 EP5 E1
Bericht Nr.: 3217980-75-d
Rev. 2, vom 15.01.2021

[1.4.3] TÜV SÜD Industrie Service GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Strukturkomponenten Windenergieanlage ENERCON/Lagerwey E-160 EP5 E1
Bericht Nr.: 3217980-7-d
Rev. 2, vom 15.01.2021

[1.4.4] TÜV SÜD Industrie Service GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Bewertung der Konstruktion - Maschinenhaus und Nabenverkleidung - Windenergieanlage ENERCON/Lagerwey E160 EP5 - 4800 kW, WK IIIA
Bericht Nr.: 3261218-1-d
Rev. 1, vom 20.07.2020

1.5 Hauptzeichnungen

[1.5.1] Lagerwey Wind BV:
L136 - Nac-Gen-Hub assy
Zeichnung Nr.: 20-000149
Rev. 06, vom 12.07.2016

[1.5.2] Lagerwey Wind BV:
EP5 E160-E2 - Nac-Gen-Hub assy
Zeichnung Nr.: 20-000286
Rev. B, vom 27.11.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt):
Richtlinie für Windenergieanlagen
Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung
Stand: Oktober 2012 – Korrigierte Fassung März 2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011
Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
(IEC 61400-1:2005 + A1:2010)
Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010

3 Einleitung

Die in diesem Prüfbericht unter Abschnitt 4.3 gelisteten maschinenbaulichen Komponenten und Strukturen wurden hinsichtlich ihrer Anforderungen an Auslegung und Gebrauchstauglichkeit für die Verwendung in Windenergieanlagen geprüft.

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Anlagenkonzept

Die technische Spezifikation der Windenergieanlage ist dem Dokument [1.2.14] zu entnehmen. Nachfolgend sind die wichtigsten Kenngrößen aufgeführt:

Antriebskonzept:	Direktantrieb
Auslegungslebensdauer für alle Komponenten:	20 Jahre
Blattverstellsystem:	Verstellgetriebe mit Motor
Windrichtungsnachführung:	Verstellgetriebe mit Motor
Arretierung der Windrichtungsnachführung:	Zwei unabhängige Bremssysteme
Generatorfrequenz:	50 Hz
Generatorhersteller:	Lagerwey Wind BV
Generatorbezeichnung:	- LW 5600-4300 (L147/E-147) - E-147 E2 EP5-GU-01 (E-147 EP5 E2) - E-160 E2 EP5-GU-01 (E-160 EP5 E2)

4.2 Umgebungsbedingungen

Die maschinenbaulichen Komponenten wurden für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Umgebungstemperaturen geprüft.

Bedingung	Temperaturbereich Betrieb	Temperaturbereich Extrem
Windzone gem. DIBt	–10 °C < t < +40 °C	–20 °C < t < +50 °C

Tabelle 4.1: Temperaturbereiche

4.3 Geprüfte mechanische Komponenten und Strukturen

Für alle unten aufgeführten maschinenbaulichen Komponenten wurden Festigkeitsprüfungen oder Lastvergleiche auf der Grundlage der Auslegungslasten durchgeführt. Für den Nachweis der Komponenten wurden Spezifikationen, Auslegungsberechnungen, Datenblätter, Testberichte und Bauteilzeichnungen geprüft.

In der jeweiligen Komponentenspezifikation wird die zugehörige bauteilspezifische Hauptzeichnung zur Identifikation einer Komponente aufgeführt.

Die maschinenbaulichen Komponenten der Gondel der Windenergieanlagen E-147 EP5 E2 (Varianten 4 und 5 aus Tabelle 4.2) wurden den Gutachtlichen Stellungnahmen [1.4.2] und [1.4.3] entnommen.

4.3.1 Blattlager

4.3.1.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Thyssenkrupp (PSL)
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	9I-2B60-3327-1902
Material:	42CrMo4 QT
Zeichnung Nr.:	9-1902-PV, Rev. -, vom 02.07.2018
Schraubensatz Innen	M05-C5-20-050062, Rev. B, vom 09.01.2019
Schraubensatz Aussen	M04-C5-20-040635, Rev. A, vom 16.07.2018
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.1.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Thyssenkrupp (PSL)
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	9I-2B60-3327-1913
Material:	42CrMo4 QT
Zeichnung Nr.:	9-1913-PV, Rev. 1, vom 17.01.2019
Schraubensatz Innen	M05-C5-20-050062, Rev. B, vom 09.01.2019
Schraubensatz Aussen	M04-C5-20-040635, Rev. A, vom 16.07.2018
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.1.3 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	12960552
Material:	42CrMo4+QT
Zeichnung Nr.:	KUD03355-080WJ18-001-000, Rev. 00.2, vom 02.12.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.1.4 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Thyssenkrupp Rothe Erde GmbH
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	83850080
Material:	42CrMo4 V / Q+T
Zeichnung Nr.:	092.80.3355.100.48.140D, Rev. B, vom 09.12.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.1.5 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	12887468
Material:	42CrMo4+QT
Zeichnung Nr.:	KUD03330-060WJ18-002-900, Rev. 03.1, vom 03.07.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.2 Blattverstellgetriebe

4.3.2.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Dreistufiges Planeten-Kegelradgetriebe
Handelsbezeichnung:	2T711T4182A01
Übersetzung:	182,1
Hauptzeichnung Nr.:	I7110T000400, Rev. B, vom 05.12.2016
Schnittzeichnung Nr.:	A7110T008000, Rev. A, vom 19.07.2016
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	6630090590, Rev. B, vom 18.05.2017
Motorbezeichnung:	KEB 7608000-4000
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.2.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Dreistufiges Planetenradgetriebe
Handelsbezeichnung:	711 T3N
Produktcode:	JB00009089
Übersetzung:	174,5
Hauptzeichnung Nr.:	I7110T004601, Rev. B, vom 13.03.2020
Schnittzeichnung Nr.:	A7110T012400, Rev. A, vom 28.02.2020
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	YP00012076, Rev. B, vom 13.03.2020
Motorbezeichnung:	KEB 7608000-4000
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.2.3 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Dreistufiges Planetenradgetriebe
Handelsbezeichnung:	DAT 400/3460
Produktcode:	12865698
Übersetzung:	175
Hauptzeichnung Nr.:	368 460 4000 99 0, Rev. 04.2, vom 18.06.2020
Schnittzeichnung Nr.:	368 460 4000 00 0, Rev. 02.2, vom 19.09.2019
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	368 460 4000 10 0, Rev. 02.6, vom 02.12.2019
Motorbezeichnung:	KEB 7608000-4000

Verwendung: WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.3 Blattarretierung

4.3.3.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S355J2+N/ S690QL
Zeichnung Nr.:	20-902797, Rev. D, vom 03.05.2018
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.4 Rotornabe

4.3.4.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Rohteilzeichnung Nr.:	20-040393, Rev. F, vom 07.03.2018, 7 Blätter
Fertigzeichnung Nr.:	20-040619, Rev. A, vom 07.03.2018, 8 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.4.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Rohteilzeichnung Nr.:	20-040697, Rev. B, vom 21.06.2019
Fertigzeichnung Nr.:	20-040696, Rev. C, vom 31.10.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.4.3 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Rohteilzeichnung Nr.:	20-040884, Rev. A, vom 06.03.2020
Fertigzeichnung Nr.:	20-040885, Rev. A, vom 06.03.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.5 Hauptlager

4.3.5.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	FAG Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Typ:	Kegelrollenlager
Handelsbezeichnung:	F-621876.TR1-WPOS
Zeichnung Nr.:	EDD F-621876.TR1-WPOS 000, Rev. AB, vom 10.06.2016
Hinweis:	Aus zwei identischen Kegelrollenlagern in O-Anordnung
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.5.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	PSL, a.s.
Typ:	Kegelrollenlager
Handelsbezeichnung:	PSL612-402
Zeichnung Nr.:	PSL612-402-PV1, Rev. 1, vom 17.10.2016
Hinweis:	Aus zwei identischen Kegelrollenlagern in O-Anordnung
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.5.3 *Alternative Komponente*

Hersteller:	FAG Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Typ:	Kegelrollenlager
Handelsbezeichnung:	F-621876.TR1-WPOS
Zeichnung Nr.:	EDD F-621876.TR1-WPOS 000, Rev. AD, vom 08.05.2020
Hinweis:	Aus zwei identischen Kegelrollenlagern in O-Anordnung
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.5.4 *Alternative Komponente*

Hersteller:	PSL, a.s.
Typ:	Kegelrollenlager
Handelsbezeichnung:	PSL612-402
Zeichnung Nr.:	PSL612-402-PV3, Rev. 3, vom 21.04.2020
Hinweis:	Aus zwei identischen Kegelrollenlagern in O-Anordnung
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.6 Hauptlagerstruktur

4.3.6.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Guss- und Stahlbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT/ S355J2+N
Zeichnung Nr., Träger:	20-030706, Rev. D, vom 27.10.2016, 5 Blätter
Zeichnung Nr., Gehäuse:	20-030704, Rev. E, vom 21.11.2016, 4 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.6.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Guss- und Stahlbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT/ S355J2+N
Zeichnung Nr., Träger:	20-031507, Rev. B, vom 02.12.2019, 5 Blätter
Zeichnung Nr., Gehäuse:	20-031505, Rev. B, vom 24.02.2020, 4 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.6.3 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Zeichnung Nr., Träger:	20-031732, Rev. D, dated 2020-09-18
Zeichnung Nr., Gehäuse:	20-031730, Rev. D, dated 2020-09-18
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.7 Maschinenträger

4.3.7.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18U-LT
Rohteilzeichnung Nr.:	20-021435, Rev. A, vom 05.04.2018, 7 Blätter
Fertigzeichnung Nr.:	20-021436, Rev. A, vom 05.04.2018, 9 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.7.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18U-LT
Rohteilzeichnung Nr.:	20-022427, Rev. A, vom 26.03.2020, 8 Blätter
Fertigzeichnung Nr.:	20-022750, Rev. A, vom 19.11.2020, 11 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.8 Generatorrotor

4.3.8.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Schweißbauteil
Material:	S355J2, S235JR
Zeichnung Nr.:	20-030720, Rev. G, vom 28.06.2018, 6 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.8.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Schweißbauteil
Material:	S355J2, S235JR
Zeichnung Nr.:	20-031413, Rev. D, vom 13.12.2019, 7 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.8.3 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Schweißbauteil
Material:	S355J2, S235JR
Zeichnung Nr.:	20-031743, Rev. B, vom 07.05.2020, 7 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.9 Stator

4.3.9.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Schweißbauteil
Material:	S355J2, S235J2
Zeichnung Nr.:	20-031248, Rev. F, vom 25.10.2018, 17 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.9.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Schweißbauteil
Material:	S355J2, S235J2, S235JR
Zeichnung Nr.:	20-031433, Rev. C, vom 12.08.2019, 14 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.10 Wartungsbremse

4.3.10.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulische Scheibenbremse
Handelsbezeichnung:	AB-2-90
Zeichnung Nr.:	200-290-000-GD, Rev. 1, vom 14.07.2017
Anzahl der Bremsen:	2
Reibbelag:	TR-F14
Hinweis:	Siehe 6.2
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.10.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulische Scheibenbremse
Handelsbezeichnung:	AB-2-90
Zeichnung Nr.:	200-290-100, Rev. 0, vom 12.02.2019
Anzahl der Bremsen:	2 (L147 / E-147) 6 (E-160)
Reibbelag:	TR-F14
Hinweis:	Siehe 6.2
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.11 Rotorarretierung

4.3.11.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	34CrNiMo6
Zeichnung Nr.:	20-030787, Rev. B, vom 30.01.2017
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.12 Azimutlager

4.3.12.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Thyssenkrupp (PSL)
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	9E-2B55-2905-1900
Material:	42CrMo4 QT
Zeichnung Nr.:	9-1900-PV, Rev. -, vom 22.06.2018
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.12.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Zweireihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	12887431
Material:	42CrMo4 QT
Zeichnung Nr.:	KUD02902-060WJ18-001-900, Rev. 03.1, vom 03.07.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.13 Azimutgetriebe

4.3.13.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Fünfstufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	MT712T078
Übersetzung:	1744.8
Hauptzeichnung Nr.:	I7120T013000, Rev. D, vom 14.05.2018
Schnittzeichnung Nr.:	A7120T005600, Rev. F, vom 14.05.2018
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	6630091030, Rev. A, vom 23.02.2017
Motor:	Bonfiglioli Riduttori BN 132S6 400/690-50 IP55 CLF B5 FD 50 RM SB 400 SA E3
Anzahl der Getriebe:	12
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.13.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Fünfstufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	712T5V
Übersetzung:	1744.8
Hauptzeichnung Nr.:	I7120T025500, Rev. -, vom 18.03.2020
Hauptzeichnung Nr. (Altern.):	I7120T022901, Rev. -, vom 16.03.2020
Schnittzeichnung Nr.:	A7120T017100, Rev. -, vom 18.03.2020
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	YP00012870, Rev. -, vom 16.03.2020
Motorbezeichnung:	Bonfiglioli Riduttori BN 132S6 400/690-50 IP55 CLF B5 FD 50 RM SB 400 SA E3
Anzahl der Getriebe:	12
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.13.3 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Fünfstufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	DAT 450/3461
Übersetzung:	1750
Hauptzeichnung Nr.:	368 461 4000 99 1, Rev. 06.5, vom 18.06.2020
Hauptzeichnung Nr. (Altern.):	368 461 4000 99 0, Rev. 07.5, vom 18.06.2020
Schnittzeichnung Nr.:	368 461 4000 00 1, Rev. 04.1, vom 02.12.2019
Schnittzeichnung Nr. (Altern.):	368 461 4000 00 0, Rev. 04.1, vom 02.12.2019
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	368 461 4000 10 0, Rev. 01.2, vom 02.12.2019
Motorbezeichnung:	Suzhou LEGO Motors Co., Ltd. AKEJ112M-6R / AKEJ112M-6T
Anzahl der Getriebe:	12
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.14 Azimutbremse

4.3.14.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulische Scheibenbremse
Handelsbezeichnung:	AB-3-120
Zeichnung Nr.:	200-3120-001-REV1-GD, Rev. 1, vom 14.07.2017
Anzahl der Bremsen:	12
Reibbelag:	TR-F20
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.14.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulische Scheibenbremse
Handelsbezeichnung:	AB-3-120-105
Zeichnung Nr.:	200-3120-105, Rev. A, vom 12.07.2020
Anzahl der Bremsen:	12
Reibbelag:	20-1185 / 20-1179 (Verschleißerkennung)
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.15 Azimutbremsscheibe

4.3.15.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S355J2+N
Zeichnung Nr.:	20-020939, Rev. C, vom 19.12.2016
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.15.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S355J2+N
Zeichnung Nr.:	20-021693, Rev. C, vom 27.02.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.16 Hydrauliksystem

4.3.16.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulikaggregat
Schaltungsplan:	OH-163401.1, Rev. 1, vom 05.10.2016
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.16.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Trebu Technology BV
Typ:	Hydraulikaggregat
Schaltungsplan:	OH-163401.1, Rev. 3, vom 20.01.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 4-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.17 Maschinenhausverkleidung

4.3.17.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Extremwindgeschwin. V_{e50}:	70 m/s = IEC I
Material:	GFK
Gelcoat:	Vendor: DMS / Typ: Arctic 8005-W-1
Glasfassermate:	Vendor: Vetrotex / Typ: P207
Harz:	Vendor: DMS / Typ: Synolite 83388-P-1
Laminat Zeichnung Nr.:	20-020888, Rev. D, vom 22.06.2017
Stahlstruktur Zeichnung Nr.:	20-021152, Rev. A, vom 16.06.2017, 2 Blätter
Wetterstation Zeichnung Nr.:	20-021136, Rev. A, vom 16.06.2017, 3 Blätter
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.17.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Extremwindgeschwin. V_{e50}:	70 m/s (IEC I)
Material:	GFK und Stahlstruktur
Laminat Zeichnung Nr.:	20-021561, Rev. C, vom 04.06.2019
Stahlstruktur Zeichnung Nr.:	20-021660, Rev. A, vom 01.05.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.18 Nabenverkleidung

4.3.18.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Extremwindgeschwin. V_{e50}:	70 m/s = IEC I
Material:	GFK
Gelcoat:	Vendor: DMS / Typ: Arctic 8005-W-1
Glasfassermate:	Vendor: Vetrotex / Typ: P207
Harz:	Vendor: DMS / Typ: Synolite 83388-P-1
Nabendeckel Zeichnung Nr.:	20-040473, Rev. B, vom 30.06.2017, 4 Blätter
Blattdeckel Zeichnung Nr.:	20-050048, Rev. B, vom 11.05.2017
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-5 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.18.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Extremwindgeschwin. V_{e50}:	70 m/s (IEC I)
Material:	GFK und Stahlstruktur
Verkleidung Zeichnung Nr.:	20-040760, Rev. A, vom 23.07.2019
Stahlstruktur Zeichnung Nr.:	20-040795, Rev. A, vom 14.01.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 6-9 (siehe Tabelle 4.2)

4.4 Verwendung in Windenergieanlagen

Die Eignung der maschinenbaulichen Komponenten wurde für die in Tabelle 4.2 gelisteten Windenergieanlagen geprüft. Hierfür wurden die vom Hersteller Lagerwey Wind BV eingereichten Prüfunterlagen zugrunde gelegt. Für die dort aufgeführten Anlagenkonfigurationen liegen geprüfte Lastannahmen vor, die im Detail den Dokumenten unter Punkt 1.3 zu entnehmen sind.

Variante Nr.	WEA Bezeichnung	Nenn-leistung	Rotorblatt	Nabenhöhe	DIBt Windzone	Gelände-kategorie
1	L147 / E-147	4.3 MW	LM71.8P (VG + Serrations)	132 m (MST)	WZ 2	GK II
2	L147 / E-147	4.3 MW	LM71.8P (VG + T-Spoiler)	155 m (T155M2(MST))	WZ 2	GK II
3	L147 / E-147	4.3 MW	LM71.8P (VG + T-Spoiler)	126 m (T126M2(MST))	WZ 3	GK II
4	E-147 EP5 E2	5.0 MW	LM71.8P (VG + T-Spoiler + Serrations)	155 m (E-147 EP5 E2-MST-155-FB-C-01)	WZ 2 (S)	GK II
5	E-147 EP5 E2	5.0 MW	LM71.8P (VG + T-Spoiler + Serrations)	126 m (E-147 EP5 E2-MST-126-FB-C-01)	WZ 3 (S)	GK II
6	E-160 EP5 E2	5.5 MW	LM 78.3 P	140 m (T140M2)	WZ 2	GK II
7	E-160 EP5 E2	5.5 MW	LM 78.3 P	143 m (T143M2)	WZ 2	GK II
8	E-160 EP5 E2	5.5 MW	LM 78.3 P	120 m (T120M2)	WZ S	GK S
9	E-160 EP5 E2	5.5 MW	LM 78.3 P	166 m (T166M2)	WZ S	GK S

Tabelle 4.2: Anlagenvarianten

5 Durchgeführte Prüfungen

5.1 Prüfmethoden

Die eingereichten Unterlagen wurden auf Vollständigkeit und Inhalt geprüft und bezüglich der Nachweismethoden und der Berechnungsgrundlagen bewertet. Dabei wurden die erforderlichen Sicherheiten und Spannungsreserven berücksichtigt. Die Prüfung erfolgte anhand von Spezifikationen, Berechnungsunterlagen und Zeichnungen, sowie zugehörigen Prüfberichten.

Die Prüfung der Auslegung und Tragfähigkeit der maschinenbaulichen Komponenten erfolgte teilweise auf der Grundlage von Lastvergleichen. Zu diesem Zweck wurden die ursprünglich verwendeten Auslegungslasten mit den dem Dokument [1.3.1] aufgeführten Extrem- und Betriebslasten unter Berücksichtigung der Mittellasten verglichen. Äquivalente Momente und resultierende Beanspruchungen wurden unter Beachtung der geforderten Lebensdauer der Komponenten ermittelt.

Lastunterschiede zwischen Auslegungslasten und neuen Lasten wurden bewertet. Bei Lastüberschreitungen wurden die Spannungsreserven anhand der Typenprüfungsunterlagen neu berechnet.

Die Beurteilung der statischen und betriebsfesten Auslegung der maschinenbaulichen Komponenten und Strukturen basiert auf den Anforderungen der Prüfgrundlagen. Die vorgelegten Prüfunterlagen wurden auf der Grundlage von Plausibilitätsprüfungen oder Vergleichsrechnungen unter Anwendung von analytischen oder numerischen Berechnungsmethoden bewertet.

5.2 Mechanische Komponenten und Antriebe

Die Tragfähigkeit der Kugeldrehverbindungen wurde auf der Grundlage von Hertz'schen Pressungen geprüft. Die maximalen Kontaktspannungen unter den Lastkombinationen von Axiallast, Radiallast und Kippmoment wurden mit den zulässigen Werten verglichen.

Die Lebensdauerberechnungen für die in den Antrieben verwendeten Wälzlager berücksichtigen die erforderlichen Eingangsparameter und vorhandenen Betriebsbedingungen und entsprechen dem internationalen Standard ISO 281 bzw. ISO/TS 16281.

Die Tragfähigkeit von Verzahnungen wurde unter Berücksichtigung der erforderlichen Mindestsicherheiten gegen Grübchenbildung und Zahnfußbruch nach dem internationalen Standard ISO 6336 geprüft.

Vergleichsrechnungen für die Prüfung der statischen und betriebsfesten Auslegung der Wellen erfolgten in Anlehnung an DIN 743, unter Beachtung festigkeitsrelevanter Einflüsse, wie Kerbwirkungen.

Alle weiteren lastübertragenden mechanischen Komponenten wurden hinsichtlich ihrer statischen und betriebsfesten Auslegung auf der Grundlage der Zertifizierungsanforderungen und dem Stand der Technik geprüft.

5.3 Haupttragende Strukturen und Schraubenverbindungen

Die Bewertung der haupttragenden Strukturen bezieht sich auf Auslegungsnachweise wie Rotornabe, Hauptlagerstruktur, Generatorrotor und Stator sowie Maschinenträger inkl. der Schraubverbindungen zu den Anschlusskonstruktionen.

Bei Finite Elemente Berechnungen wurden Geometrie, Vernetzung, Elementauswahl und Randbedingungen geprüft. Die Bewertung der FE-Ergebnisse erfolgte über Vergleichsrechnungen oder Plausibilitätsprüfungen.

Schädigungsrechnungen erfolgten auf der Grundlage synthetischer Wöhlerkurven. Der Mittelspannungseinfluss und abmindernde Einflüsse auf die Schwingfestigkeit wurden berücksichtigt.

Die Festigkeit hochbeanspruchter Schraubenverbindungen wurde mit analytischen Methoden in Anlehnung an VDI 2230 Blatt 1 (2015) geprüft. Die Vergleichsrechnungen berücksichtigen dabei die auslegungsrelevanten Berechnungsgrößen wie Montage-vorspannkraft, Krafteinleitung und Anziehfaktor.

Die Festigkeit einiger hochbeanspruchter Schraubenverbindungen wurden auf der Grundlage von FEM Analysen anhand detaillierter FE Modelle geprüft. Die Vorspannung der Schrauben sowie der Einfluss der Anschlusskonstruktionen wurden dabei in ausreichender Weise berücksichtigt.

Die Tragfähigkeit der Maschinenhaus- und Nabenverkleidung wurde auf der Grundlage der GL-Richtlinie für Windenergieanlagen, Ausgabe 2010, geprüft. Hierbei wurden die Einwirkungen auf die Struktur sowie die Materialkennwerte für glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) berücksichtigt. Des Weiteren umfasst die Prüfung alle festigkeitsrelevanten Anbauteile sowie die Anschlüsse und Verbindungen zu den Haupttragelementen.

5.4 Hinweise und Annahmen

Grundlage für Vergleichsrechnungen und Plausibilitätsprüfungen sind im Allgemeinen die Angaben des Herstellers und Zulieferers. Daher wird vorausgesetzt, dass die angegebenen Spezifikationen für maschinenbauliche Komponenten und Strukturen eingehalten sowie Fertigungstoleranzen und Werkstoffqualitäten erreicht werden.

Die maschinenbaulichen Komponenten der Gondel der Windenergieanlagen E-147 EP5 E2 (Varianten 4 und 5, Tabelle 4.2) wurden auf der Grundlage eines Lastvergleichs, mit den in den Berichten [1.4.2] und [1.4.3] aufgeführten Designlasten der Windenergieanlage E-160 EP5 E1, geprüft. Die maschinenbaulichen Komponenten des Rotors (Blattlager inkl. Schraubverbindungen, Blattverstellgetriebe, Blattarretierung und Rotornabe), der Gondel- und der Nabenverkleidung der Windenergieanlagen E-147 EP5 E2 sind identisch mit den in den Windenergieanlagen L147/E-147 LP4 verwendeten Komponenten.

Einige der maschinenbaulichen Komponenten für den WEA-Typen E-160 EP5 E2 wurden auf Grundlage von Lastvergleichen und Schnittstellenprüfungen den Gutachtlichen Stellungnahmen [1.4.2] - [1.4.4] entnommen.

Im Prüfumfang bzgl. der Maschinenhausverkleidung 4.3.17.2 sowie der Nabenverkleidung 4.3.18.2 aus der Gutachtlichen Stellungnahme [1.4.4] sind nachstehende Punkte nicht enthalten.
- Komponenten, die nicht Teil der hauptsächlich lasttragenden Struktur sind (Podeste, untergeordnete Komponenten)
- zugekaufte Personenanschlagpunkte
- Krane und deren Aufhängung
- Klappen und Klappenanbindungen
- Zusammenbau- und Transportbedingungen

5.5 Prüfergebnis

Vergleichsrechnungen und Plausibilitätsprüfungen der Festigkeitsnachweise haben ergeben, dass ausreichende Sicherheiten und Spannungsreserven bei Extrem- und Betriebslasten vorhanden sind.

Die durchgeführten Lastvergleiche mit den geänderten Lastannahmen zeigen keine wesentliche Überschreitung der ursprünglichen Auslegungslasten. Für alle Komponenten konnten ausreichende Restsicherheiten ermittelt werden.

5.6 Schnittstellen zum Rotorblatt und Turm

Schraubverbindung Blatt / Blattlager (L147):	geprüft
Max./min. Vorspannkraft der Schrauben ($F_{V,max}/F_{V,min}$):	385 kN / 275 kN
Schraubverbindung Blatt / Blattlager (E-160):	geprüft
Max./min. Vorspannkraft der Schrauben ($F_{V,max}/F_{V,min}$):	450 kN / 321 kN, s. [1.4.3]
Schraubverbindung Azimutlager / Turmkopfflansch (L147):	geprüft
Max./min. Vorspannkraft der Schrauben ($F_{V,max}/F_{V,min}$):	638 kN / 456 kN
Schraubverbindung Azimutlager / Turmkopfflansch (E-160):	geprüft
Max./min. Vorspannkraft der Schrauben ($F_{V,max}/F_{V,min}$):	638 kN / 456 kN, s. [1.4.3]
Turmkopfflansch:	nicht Bestandteil der maschinenbaulichen Prüfung

6 Bedingungen

6.1 Um einen ordnungsgemäßen Betrieb der Komponenten sicherzustellen, sind die Anweisungen der Komponentenhersteller hinsichtlich Montage und Instandhaltung zu beachten.

6.2 Die Wartungsbremsen unter 4.3.10 dienen nur zu Wartungszwecken und sind nicht als Rotorbremsen ausgelegt. Die Wartungsbremsen können ausschließlich manuell bedient werden und unterliegen keinen Automatismen. Das minimale Bremsmoment ist zu berücksichtigen.

6.3 Die GFK-Materialeigenschaften für die Maschinenhaus- und Nabenverkleidung wurden einer Materialspezifikation entnommen. Es wird vorausgesetzt, dass der Hersteller die angegebenen Materialkennwerte für die laufende Produktion gewährleistet.

6.4 Die Bemerkungen und Auflagen in den Gutachtlichen Stellungnahmen [1.4.2] - [1.4.4] sind zu berücksichtigen.

7 Schlussfolgerungen

Die im Rahmen dieses Gutachtens geprüften maschinenbaulichen Komponenten und Strukturen erfüllen die Anforderungen der Prüfgrundlagen in Bezug auf Tragfähigkeit und Auslegung für die zugrunde gelegten Annahmen, unter Beachtung der geforderten Lebensdauer von 20 Jahren.

Alle für die Prüfung erforderlichen Unterlagen sind vollständig, es gibt keine ausstehenden Nachweise.

Die unter Punkt 5.4 aufgeführten Hinweise und Annahmen sind zu beachten.

Unter Berücksichtigung der unter Punkt 6 genannten Bedingung bestehen gegen die Auslegung und Betrieb der Komponenten, sowie deren Verwendung in Windenergieanlagen gem. Tabelle 4.2, keine Bedenken.

Änderungen in der Konstruktion müssen von der TÜV NORD CERT GmbH zugelassen werden. Anderenfalls verliert diese Gutachtliche Stellungnahme ihre Gültigkeit.

Der Sachverständige:	Freigegeben:
Eng. Mecânico F. Rodriguez	Dr.-Ing. W. Aldenhoff

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage Lagerwey LP4 / EP5 Plattform

- Elektrische Komponenten und Blitzschutz -

TÜV NORD Report Nr.:	8114242475 - 5 D Rev. 4
Prüfobjekt:	Elektrische Komponenten und Blitzschutz der Windenergieanlage Lagerwey LP4 / EP5 Plattform
Prüfumfang:	- DIBt 2012 - IEC 61400-22
Hersteller:	Lagerwey Wind BV Nijverheidsplein 21 3771 MR Barneveld Niederlande

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 43 Seiten.

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

Revision	Datum	Änderungen	Experte
0	13.02.2019	Erste Fassung	H. Grafe
1	11.11.2019	- EP5 Plattform Bezeichnung als Äquivalent zu LP4 hinzugefügt - E-136 und E-147 Aliase zu L136 und L147 Konfigurationen hinzugefügt - Umrichter ACS880-87CC-5200A/4800A-7 hinzugefügt - Transformator von Eltas und Mittelspannungs-schaltanlage von Ormazabal hinzugefügt - Modifikation des Turmfußmoduls - Geänderte Dokumente aufgeführt - Neue Nabenhöhe hinzugefügt - TÜV NORD Angebote: 2019-0239 Rev. 1	H. Grafe
2	07.09.2020	- Neue Nennleistung für die L136-Konfiguration - E160 E1 Konfiguration hinzugefügt - Generator EP5-GU-E160-E1 von ENERCON hinzugefügt - Yaw Motoren AKEJ112M-6T und AKEJ112M-6R von Suzhou Lego Motors Co., Ltd hinzugefügt - Alternativer Ultrakondensator hinzugefügt - Alternativer Schleifring hinzugefügt - Aktualisierte sowie weitere Dokumente in Kapitel 1 aufgeführt - Revisionshistorie in Kapitel 3 gelöscht - AC-DC Pitch System in Kapitel 4.2 gelöscht - TÜV NORD Angebote: 2019-0101, 2019-0257	C. Silva
3	02.12.2020	- E147 E2 Konfiguration und dazu entsprechende Dokumentation hinzugefügt - Generator E-147 E2 EP5-GU-01 aufgeführt - Transformator HONW 6000A-2018T 11001 hinzugefügt - Aktualisierte sowie weitere Dokumente in Kapitel 1 aufgeführt TÜV NORD Angebot: 2020-0121	C. Silva
4	01.03.2021	- E160 E2 Konfiguration und die dazu entsprechende Dokumentation hinzugefügt - Generator E-160 E2 EP5-GU-01 aufgeführt - Transformatoren HPNW 6500A-2034T12001 und HPNW 6500A-2035T10001 hinzugefügt - Aktualisierte sowie weitere Dokumente in Kapitel 1 aufgeführt Geänderte Seiten: 4, 6, 16, 19, 25, 27, 29, 31, 33 – 36, 38, 42, 43 TÜV NORD Angebot: 2020-0260	C. Silva

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Mitgeltende Unterlagen 27
2 Angewandte Normen 29
3 Einleitung 30
4 Beschreibung der elektrischen Hauptkomponenten 31
4.1 Klimatische Bedingungen 31
4.2 Komponenten Beschreibung 31
5 Prüfbemerkungen 39
5.1 Methode 39
5.2 Anmerkungen 39
5.3 Prüfergebnis 40
6 Auflagen 43
7 Schlussfolgerung 43

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

System Beschreibung

[1.1.1] Lagerwey Wind BV
Functional turbine specification L136
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10372-R3
Rev. R3, Datum: 21.07.2017

[1.1.2] Lagerwey Wind BV
Functional turbine specification L147
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10529-R2
Rev. R2, Datum: 20.12.2018

[1.1.3] Lagerwey Wind BV
LP4 L136-4.5MW Electrical Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C7-30-050240-R2
Rev. R2, Datum: 03.07.2019

[1.1.4] Lagerwey Wind BV
Functional Turbine specification E-160 E1
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10530-R4
Rev. R0, Datum: 08.07.2020

[1.1.5] Lagerwey Wind BV
Functional Turbine specification E-147 E2
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10944-R0
Rev. R0, Datum: 01.09.2020

[1.1.6] Lagerwey Wind BV
Functional Turbine specification E-160 E2
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10986-R0
Rev. R0, Datum: 22.01.2021

Generator

[1.1.7] Lagerwey Wind BV
LP4 Generator LW 5600-4300 description & data sheet
Dokumenten-Nr.: M03-C2-30-050188-R1
Rev. R1, Datum: 16.01.2019

[1.1.8] Lagerwey Wind BV
LP4 Generator LW 5600-4300 Typ test
Dokumenten-Nr.: M03-C2-40-050146-R0
Rev. R0, Datum: 22.05.2017

[1.1.9] Lagerwey Wind BV
Zeichnung Stator lamination assy LP4 general info
Dokumenten-Nr.: M03-C4-20-030890
Rev. B, Datum: 06.06.2017

[1.1.10] Lagerwey Wind BV
Zeichnung Stator base frame 5000
Dokumenten-Nr.: M03-C5-20-030715
Rev. F, Datum: 29.11.2016

[1.1.11] Lagerwey Wind BV
LP4 Generator LW 5600-4300 heat run
Dokumenten-Nr.: M03-C2-40-050147-R1
Rev. 1, Datum: 23.12.2019

[1.1.12] ENERCON
Generator Datenblatt EP5-GU-E160-E1
Dokumenten-Nr.: M03-C2-30-050367-R0
Rev. 0, Datum: 03.08.2020

[1.1.13] ENERCON
Technische Beschreibung – Derating curve E-160 EP5 E1 / 4600 kW
Dokumenten-Nr.: D0955336-0
Rev. -, Datum: 24.04.2020

[1.1.14] Lagerwey Wind BV
Outline drawings – Generator LW6000 – 5450
Dokumenten-Nr.: 20-031438
Rev. A, Datum: 31.10.2019

[1.1.15] Lagerwey Wind BV
LP4 Single Line Diagram SP
Dokumenten Nr.: 20-500215
Rev. R2, Datum: 19.12.2019

[1.1.16] Lagerwey Wind BV
EP5 Generator LW6000-5450 – HP type test
Dokumenten-Nr.: M03-C2-40-050343-R0
Rev. R0, Datum: 29.06.2020

[1.1.17] Lagerwey Wind BV
M03-C5-30-050308-R3-EP5 Generator sensor list.xlsx
Dokumenten-Nr.: M03-C5-30-050308-R3
Rev. R3, Datum: 17.04.2020

[1.1.18] ENERCON
Generator Data sheet E-147 E2 EP5-GU-01
Dokumenten-Nr.: M03-C2-30-050416-R2
Rev. R2, Datum: 16.11.2020

[1.1.19] Lagerwey Wind BV
Generator E-147 E2 EP5-GU-01 Type Test Report
Dokumenten-Nr.: M03-C2-40-050368-R0
Rev. R0, Datum: 19.10.2020

[1.1.20] Lagerwey Wind BV
Outline Drawing – Generator E-147 E2 EP5-GU-01
Dokumenten-Nr.: M03-C4-20-031935-A
Rev. A, Datum: 23.04.2020

[1.1.21] ENERCON
Generator Data sheet E-160 E2 EP5-GU-01
Dokumenten-Nr.: M03-C2-30-050383-R0
Rev. R0, Datum: 14.01.2021

[1.1.22] Lagerwey
Generator E-160 E2 EP5-GU-01 Type Test Report
Dokumenten-Nr.: M03-C2-40-050374-R0
Rev. R0, Datum: 11.01.2021

[1.1.23] Lagerwey
Outline drawing – Generator E-160 E2 EP5-GU-01 (stator base frame)
Dokumenten-Nr.: M03-C5-20-031805
Rev. C, Datum: 13.10.2020

[1.1.24] Lagerwey
Outline drawing – Generator E-160 E2 EP5-GU-01 (stator lamination assy)
Dokumenten-Nr.: M03-C5-20-031784
Rev. B, Datum: 24.11.2020

<u>Umrichter</u>

[1.1.25] ABB
Hardware Manual ACS880-LC wind turbine converters
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000033762
Rev. C, Datum: 26.11.2017

[1.1.26] ABB
EU Declaration of Conformity
Dokumenten-Nr.: 3AXD10000497236
Rev. -, Datum: 20.04.2016

[1.1.27] ABB
EU Declaration of Conformity
Dokumenten-Nr.: 3AXD10000497308
Rev. -, Datum: 20.04.2016

[1.1.28] ABB
Schaltplan ACS880-87LC-8000A/6144A-7 Master
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000045065
Rev. B, Datum: 12.01.2017

[1.1.29] ABB
Part list Master Drive ACS880-87C
Dokumenten-Nr.: 3AUA0000204404
Rev. A, Datum: 20.10.2016

[1.1.30] ABB
Schaltplan ACS880-87LC-8000A/6144A-7 Slave
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000045066
Rev. B, Datum: 12.01.2017

[1.1.31] ABB
Part list Slave Drive ACS880-87C
Dokumenten-Nr.: 3AUA0000204405
Rev. A, Datum: 20.10.2016

[1.1.32] ABB
Part list Loosen Parts ACS880-87
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000045538
Rev. A, Datum: 09.12.2016

[1.1.33] ABB
Routine Test Report Master Drive ACS880-87-8000A/6144A-7
Seriennummer: 8165000431
Rev. -, Datum: 03.03.2017

[1.1.34] ABB
Routine Test Report Slave Drive ACS880-87-8000A/6144A-7
Seriennummer: 8165000433
Rev. -, Datum: 03.03.2017

[1.1.35] Lagerwey Wind BV
LP4 Protection Settings for Converter
Dokumenten-Nr.: M12-C2-40-050153-R0
Rev. R0, Datum: 07.04.2017

[1.1.36] Lagerwey Wind BV
ACS880-87LC Specification 2x(5+4) converter with Brake Chopper – 5.0MW
Dokumenten-Nr.: M12-C5-30-050224-R1
Rev. R1, Datum: 18.01.2019

[1.1.37] ABB
Routine test report
Seriennummer: 8183000209
Rev. -, Datum: 31.07.2018

[1.1.38] ABB
Dimension drawing
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000045796
Rev. A, Datum: 31.10.2016

[1.1.39] Lagerwey Wind BV
ACS880-87CC Specification 2x(5+3) converter with Brake Chopper – 4.5MW
Dokumenten-Nr.: M12-C5-30-050252-R1
Rev. R1, Datum: 15.02.2019

[1.1.40] ABB
Hardware Manual ACS880-CC wind turbine converters
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000466948
Rev. A, Datum: 15.08.2019

[1.1.41] ABB
Routine Test Report ACS880-87CC-5200A/4800A-7
Seriennummer: 8190900521
Rev. -, Datum: 29.03.2019

[1.1.42] ABB
Routine Test Report Drive Module ACS880-104LC-0860A-7+D150
Seriennummer: 8191001744
Rev. -, Datum: 07.03.2019

[1.1.43] ABB
Zeichnung
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000447534
Rev. B, Datum: 05.04.2019

[1.1.44] ABB
Circuit Diagram Master
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000422616
Rev. F, Datum: 11.07.2019

[1.1.45] ABB
Circuit Diagram Slave
Dokumenten-Nr.: 3AXD50000422623
Rev. F, Datum: 11.07.2019

[1.1.46] ABB
Part List Master
Dokumenten-Nr.: 3AUA5000080010
Rev. A, Datum: 27.03.2019

[1.1.47] ABB
Part List Slave
Dokumenten-Nr.: 3AUA5000080029
Rev. A, Datum: 27.03.2019

[1.1.48] ABB
EU Declaration of Conformity ACS880-87CC-5200/4800A-7
Dokumenten-Nr.: 3AXD10000881862
Rev.: -, Datum: 25.03.2019

Blitzschutz

[1.1.49] Lagerwey Wind
LP4 Earthing and Lightning Protection
Dokumenten-Nr.: M00-C2-40-050142-R1
Rev. 1, Datum: 12.07.2019

[1.1.50] LM Wind Power Wind Power
Technical Blade Specification LM 66.5 P
Dokumenten-Nr.: BS-00328/A2
Rev. A2, Datum: 15.11.2013

[1.1.51] LM Wind Power
Outline drawing LM 66.5 P Lagerwey
Dokumenten-Nr.: DR-08147/A2
Rev. A2, Datum: 21.11.2016

[1.1.52] LM Wind Power
Technical Data Sheet SafeReceptor, Insulated Lightning Protection System (ILPS)
Dokumenten-Nr.: TX-01903/A1
Rev. -, Datum: 08.03.2011

[1.1.53] Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH
Evaluation Report, Safe Receptor, Insulated Lightning Protection System
Report Nr.: 74163-24
Rev. 2, Datum: 29.01.2014

[1.1.54] Germanischer Lloyd Renewables Certification
Component Certificate, Safe Receptor, Insulated Lightning Protection System
Report Nr.: CC-IEC-22-005A-2010
Rev. 1, Datum: 29.01.2014 (letzte Aktualisierung vom Zertifikat 14.05.2018)

[1.1.55] Germanischer Lloyd
Statement of Compliance SAFE Receptor, Insulated Lightning Protection System
Dokumenten-Nr.: DAA-GL-027-2010
Rev.: 2, Datum: 29.01.2014

[1.1.56] Lagerwey Wind BV
Foundation earthing plan MST 128,2
Dokumenten-Nr.: M08-C5-20-080027
Rev. B, Datum: 01.01.2017

[1.1.57] LM Wind Power
Lightning protection –blade test
Seriennummer: LM66.5P#0002
Rev. -, Datum: 04.09.2014

[1.1.58] Lagerwey
Schematics lightning protector weather station v1.3
Dokumenten-Nr.: 0001
Rev. 1.0, Datum: 24.02.2015

[1.1.59] DNV GL Renewables Certification
Component Certificate – SAFE Receptor Insulated Lightning Protection System (ILPS); Dokumenten-Nr.: CC-DNV-GL-SE-0074-04682-0
Rev. -, Datum: 30.04.2019

[1.1.60] Bureau Veritas Certification France
Gutachtliche Stellungnahme Design Prüfung – LM 78.3 P Rotorblatt
Dokumenten-Nr.: 190061-DE-BLA-02-1
Rev. 1, Datum: 28.05.2020

Schleifring

[1.1.61] Lagerwey Wind BV
Specification Slip Ring Unit 24 rings Hybrid
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050152-R0
Rev. 0, Datum: 29.09.2016

[1.1.62] Morgan-Rekofa GmbH
Dimension drawing with data sheet and wiring diagram
Schleifringübertrager 5031376
Dokumenten-Nr.: F 5927 C
Rev. -, Datum: 16.09.2016

[1.1.63] Lagerwey Wind BV
Specification Slip Ring Unit 25 Rings Hybrid with Ethernet
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050328-R0
Rev. 0, Datum: 13.12.2019

[1.1.64] Moog Rekofa GmbH
Technical description – Slip Ring Assembly
Dokumenten-Nr.: F 5927D
Rev. -, Datum: 07.07.2020 (empfangen)

[1.1.65] Moog Rekofa GmbH
Zeichnungen – Slip Ring Transmitter
Zeichnung-Nr.: F 5927D
Rev. -, Datum: 28.04.2020 (empfangen)

Elektrischer Azimutantrieb

[1.1.66] Lagerwey Wind BV
Design Specification Yaw Drives LP4
Dokumenten-Nr.: M02-C5-30-10419-R3
Rev. R3, Datum: 07.07.2017

[1.1.67] Bonfiglioli
Dimension drawing yaw drive
Dokumenten-Nr.: I7120T01 3000
Rev. B, Datum: 26.03.2014

[1.1.68] Bonfiglioli
Dimension drawing yaw motor BN1 32S FD50 RM E3 SPEC
Dokumenten-Nr.: I2804_1000
Rev. A, Datum: 27.05.2015

[1.1.69] Bonfiglioli
Test Report BN 132S 6
Dateiname: Report BN 132S 6.pdf
Rev. -, Datum: 25.07.2016

[1.1.70] Bonfiglioli
Declaration of Conformity
Dateiname: Declaration of Conformity Yaw motor LP4.pdf
Rev. -, Datum: 18.04.2016

[1.1.71] Lagerwey Wind BV
LP4 Yaw Limit Switch GKN
Dokumenten-Nr.: M02-C5-30-050193-R0
Rev. R0, Datum: 12.05.2017

[1.1.72] Bonfiglioli Riduttori
Catalogue BN-BE-BX series, three-phase asynchronous motors
Dokumenten-Nr.: BR_CAT-BNEX_STD_ENG_R03_1
Rev.-, Datum: 30.09.2017

[1.1.73] Liebherr
Dimension drawing yaw drive
Zeichnung-Nr.: 368 461 4000 99 0
Rev. 7.5, Datum: 18.06.2020

[1.1.74] Liebherr
Datenblatt yaw motor
Dateiname: D0891868-0.pdf
Rev. A0, Datum: 30.04.2019

[1.1.75] Liebherr
Outline drawing yaw motor
Dateiname: Drawing_12694320_AKEJ112M-6R.pdf
Rev. A6, Datum: 04.06.2020

[1.1.76] Liebherr
Dimension drawing yaw drive
Dokumenten-Nr.: 368 461 4000 99 1
Rev. 6.5, Datum: 18.06.2020

[1.1.77] Liebherr
Datenblatt yaw motor
Dateiname: AKEJ112M-6T - 20190508.pdf
Rev. A0, Datum: 08.05.2019

[1.1.78] Liebherr
Outline drawing yaw motor
Dateiname: Drawing_12694319_AKEJ112M-6T.pdf
Rev. A7, Datum: 04.06.2020

[1.1.79] Safenet Limited
EU declaration of conformity
Dokumenten-Nr.: 6810180517
Rev. 3, Datum: 22.05.2017

[1.1.80] Bonfiglioli
Outline drawing - BN132 with ENCODER
Dokumenten-Nr.: I7120T025500
Rev. -, Datum: 07.08.2020

Elektrischer Pitchantrieb

[1.1.81] Lagerwey Wind BV
Design Specification Pitch Drives LP4
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-10420-R2
Rev. R2, Datum: 07.07.2017

[1.1.82] Bonfiglioli Vectron
Catalogue BTD – BCR Synchronous Servomotors
Dokumenten-Nr.: ve_cat_btdbcr_std_eng_r00_0
Rev. -, Datum: 26.07.2017 (empfangen)

[1.1.83] Lagerwey Wind BV
DC motor 1200rpm 60Nm
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050150-R1
Rev. R1, Datum: 15.10.2015

[1.1.84] Alpatek
Zeichnung A166PMW7
Dokumenten-Nr.: 24A166PMW7
Rev.: -, Datum: 11.10.2016

[1.1.85] Alpatek
Data Sheet 24A166PM7512
Dokumenten-Nr. : 24A166PM7512
Rev.:-, Empfangen E-Mail: 01.08.2017, 17:21 von Hr. van Rekum (Lagerwey)

[1.1.86] Bonfiglioli Vectron
Operating Instructions Active Cube
Dateiname: Operating_Instructions_ACU.pdf
Rev.: -, Datum: 06.2013

[1.1.87] Lagerwey Wind BV
Powercable + brake Pitch servomotor
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050165-R0
Rev. R0, Datum: 23.12.2016

[1.1.88] Lagerwey Wind BV
LP4 Pitch Limit Switch GKN
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050192-R0
Rev. R0, Datum: 15.05.2017

[1.1.89] Lagerwey Wind BV
Design report – Pitch System dimensioning L136 & L147
Dokumenten-Nr.: M04-C5-40-000432-R0
Rev. R0, Datum: 16.01.2019

[1.1.90] Lagerwey Wind BV
Design specification AC Servo pitch motors
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-10609-R0
Rev. R0, Datum: 13.12.2018

[1.1.91] KEB
Data Sheet Pitch Motor 7608000-4000
Dokumenten-Nr.: 7608000-4000
Rev. 2, Datum: 12.06.2019

[1.1.92] KEB
EU-Declaration of Conformity Servo motors Series-SM, 76
Dokumenten-Nr.: ENS_SM_E
Rev. -, Datum: 01.2016

[1.1.93] KEB
Zeichnung KEB Antrieb 7608000-4000
Dokumenten-Nr.: 10054310
Rev. -, Datum: 06.11.2018

[1.1.94] KEB
Servo motor, Instruction for use | Installation pitch systems
Dokumenten-Nr.: 20095783 EN 03 (translation)
Rev. 03, Datum: 03.2017

[1.1.95] KEB
Instruction Manual Pitch Inverter P6
Dokumenten-Nr.: 20095484
Rev. 00, Datum: 07.10.2016

[1.1.96] TÜV Rheinland
Certificate Pitch Inverter for Wind Turbines
Dokumenten-Nr.: 968/FSP 1188.01/17
Rev. -, Datum: 24.01.2017

[1.1.97] KEB
EU-Declaration of Conformity, Inverter – Typ P6 - V2
Dokumenten-Nr.: RENS_P6_D
Rev. -, Datum: 02.2016

[1.1.98] KEB
EU-Declaration of Conformity, Inverter – yyP6Gxx-xxxx and yyP6Hxx-xxxx
Dokumenten-Nr.: ce_wp_rsafety-p6-d_en
Rev. -, Datum: 28.12.2018

[1.1.99] KEB
EU-Declaration of Conformity, Servo motor yySMxxx-xxxx and yy76xxx-xxxx
Dokumenten-Nr.: ce_gm_ens-sm-g_en
Rev. -, Datum: 28.12.2018

[1.1.100] KEB
EU Declaration of Conformity
Dokumenten-Nr.: ce_gm_ens-sm-h_en
Rev. -, Datum: 12.2019

[1.1.101] KEB
EU Declaration of Conformity
Dokumenten-Nr.: ce_wp_rens-p6-f_en
Rev. -, Datum: 01.2019

[1.1.102] Lagerwey Wind BV
Specifications - E160 Pitch Limit Switch
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050333-R0
Rev. R0, Datum: 12.05.2019

[1.1.103] Lagerwey Wind BV
Specifications - EP5 Pitch Blade Encoder
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050334-R0
Rev. R0, Datum: 13.12.2019

[1.1.104] Lagerwey Wind BV
E147-E2 Pitch Limit Switch
Dokumenten-Nr.: M04-C5-30-050382-R0
Rev. R0, Datum: 19.10.2020

<u>Ladeausrüstung und Speicher</u>

[1.1.105] Lagerwey Wind BV
Safety system battery capacity
Dokumenten-Nr.: M50-C2-40-050047-R1
Rev. R1, Datum: 31.03.2017

[1.1.106] Mastervolt
Users manual ChargeMaster 12/10 & 24/06
Dateiname: Mastervolt Betriebsanleitung Ladegerät.pdf
Rev. 3.0, Datum: 07.2016

[1.1.107] Mastervolt
Technical description Battery Charger (IVO SMART)
Dokumenten-Nr.: EN091203
Rev. -, Datum: 13.04.2017 (empfangen)

[1.1.108] Mastervolt
Product description CSI alarm
Dateiname: CSILowBat1210_2406_041217.pdf
Rev. -, Datum: 09.2003

[1.1.109] Maxwell
Datasheet 160 V module
Dokumenten-Nr.: 3000246.6
Rev. -, Datum: 17.01.2019 (empfangen)

[1.1.110] LS Ultracapacitor
Product specification - Ultracapacitor
Dokumenten-Nr.: V01_161020
Rev. -, Datum: 11.03.2020 (empfangen)

[1.1.111] Lagerwey Wind BV
L160 Ultracaps dimensioning
Dokumenten-Nr.: M04-C0-40-000599
Rev. R0, Datum: 31.10.2019

[1.1.112] Lagerwey Wind BV
E160-E2 ultracaps dimensioning
Dokumenten-Nr.: M04-C2-40-050376-R0
Rev. R0, Datum: 22.01.2021

Kabel und sonstige elektrische Ausrüstung

[1.1.113] Lagerwey Wind BV
LP4 Thermal Rating of Main Circuit Cables – Nacelle and Tower Flexible Part
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050143-R2
Rev. R2, Datum: 22.05.2017

[1.1.114] Lagerwey Wind BV
LP4 Thermal Rating of Main Circuit Cables – Tower Rigid Part
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050144-R2
Rev. R2, Datum: 22.05.2017

[1.1.115] Lagerwey Wind BV
LP4 Thermal Rating of Main Circuit Cables – Converter to Transformer
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050145-R1
Rev. R1, Datum: 10.04.2017

[1.1.116] Lagerwey Wind BV
LP4 Tower power cable specification
Dokumenten-Nr.: M09-C2-30-050200-R2
Rev. R2, Datum: 24.01.2020

[1.1.117] Lagerwey Wind BV
LP4 Short Circuit Current of Main Circuit Cables
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050151-R1
Rev. R1, Datum: 31.03.2017

[1.1.118] Dekra
Certificate Flexible cables with cross linked elastomeric insulation H07BN4-F
Dokumenten-Nr.: 2175022.02
Rev. -, Datum: 29.01.2015

[1.1.119] TKF Group
Data sheet medium voltage power cable YMeKrvaslqwd 12/20 kV
Filename: TKF_product_54033 Switchgear-Trafo-en.pdf
Rev. -, Datum: 11.07.2017

[1.1.120] Lagerwey Wind BV
LP4 Main Turbine Sensors
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050197-R3
Rev. R3, Datum: 13.12.2019

[1.1.121] Lagerwey Wind BV
Auxiliary Transformer Specification 150 kVA 690/400V
Dokumenten-Nr.: M06-C5-30-050148-R4
Rev. R4, Datum: 06.05.2020

[1.1.122] Lagerwey
Main power cable overview LP4 R1.xlsx
Dateiname: Main power cable overview LP4 R1.pdf
Rev.: 1, Datum: 31.01.2020

[1.1.123] Incore Cables
Data sheet NAYY-O 600/1000V
Dateiname: Datasheet-NAYY-O-600-1000V.pdf
Rev.: -, Datum: 19.11.2018 (empfangen)

[1.1.124] Incore Cables
Data sheet H07BN4-F 450/750V
Dateiname: Datasheet H07BN4-F.pdf
Rev.: -, Datum: 19.11.2018 (empfangen)

[1.1.125] Helukabel
Data sheet N2XSY 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV
Dateiname: 1DB_32400_en
Rev.: -, Datum: 27.09.2016

[1.1.126] Helukabel
Certificate of compliance with the order 2.1 according to EN 10204
N2XSY 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV
Dateiname: 1WB_32400_en
Rev.: -, Datum: 01.06.2018

[1.1.127] ENERCON
Zeichnung Stromschiene LP4 VAR
Dokumenten-Nr.: D0796892-1
Rev.: 1, Datum: 11.07.2019

[1.1.128] IPH Berlin
Test Report
Dokumenten-Nr.: 09940-19-0273; ENERCON Dokumenten-Nr.: D0850882-0
Rev. -, Datum: 15.07.2019

[1.1.129] IPH Berlin
Test Report
Dokumenten-Nr.: 09940-19-0281; ENERCON Dokumenten-Nr.: D0850895-0
Rev. -, Datum: 11.07.2019

[1.1.130] Lagerwey
Main power cable overview EP5 R1.xlsx
Dateiname: Main power cable overview EP5 R1
Rev.-, Datum: 28.10.2019

[1.1.131] LAPP
Data Sheet - H07RN-F, enhanced version
Dokumenten-Nr.: DB4533000EN
Rev. 09, Datum: 07.05.2019

[1.1.132] LAPP
EU Declaration of Conformity – H07RN-F (enhanced version)
Dokumenten-Nr.: E 4533000 - 3
Rev. -, Datum: 11.2018

[1.1.133] Lagerwey Wind BV
EP5 Thermal Rating of Main Circuit Cables- Nacelle and Tower Flexible Part
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050307-R0
Rev. R0, Datum: 14.02.2020

[1.1.134] Lagerwey Wind BV
EP5 Thermal Rating of Main Circuit Cables - Tower Rigid Part
Dokumenten-Nr.: M09-C2-40-050308-R0
Rev. R0, Datum: 14.02.2020

[1.1.135] ENERCON
Outline Drawing – Bus Bar TBM 5500 A
Dokumenten-Nr.: D0899464 – 0
Rev. -, Datum: 25.11.2019

[1.1.136] ENERCON
Calculation busbar for E-160 EP5 E2
Dokumenten-Nr.: D0883034-0
Rev. -, Datum: 21.01.2021 (empfangen)

[1.1.137] IPH Berlin
Test Report – AC busbar system TBM 5500 A
Dokumenten-Nr.: 11898-20-0259
Rev. -, Datum: 04.02.2021

Schaltpläne

[1.1.138] Lagerwey Wind BV
LP4 Single Line diagram
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-500201-R0
Rev. R0, Datum: 11.05.2017

[1.1.139] Lagerwey Wind BV
LP4 Wiring diagram
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-500200-R5
Rev. R5, Datum: 19.12.2019

[1.1.140] Lagerwey Wind BV
LP4 Electrical System automatic disconnection Devices and Fuses
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050198-R3
Rev. R3, Datum: 07.02.2020

[1.1.141] Lagerwey Wind BV
LP4 Protection Functions and Settings
Dokumenten-Nr.: M17-C7-30-050239-R1
Rev. R1, Datum: 13.06.2019

[1.1.142] Lagerwey Wind B.V.
LP4 Single Line Diagram Single Pitch Motors
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-500215-R2-LP4
Rev. R1, Datum: 26.07.2019

[1.1.143] Lagerwey Wind B.V.
LP4 wiring diagram
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-0500200-B-LP4
Rev. R0, Datum: 12.11.2018

[1.1.144] Lagerwey Wind B.V.
Tower 155.0m MST MKII
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-550013-A
Rev. A, Datum: 25.10.2019

[1.1.145] Lagerwey Wind BV
Tower 128.2m MST BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550006 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.146] Lagerwey Wind BV
Tower 106.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550008 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.147] Lagerwey Wind BV
Tower 120.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550009 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.148] Lagerwey Wind BV
Tower 126.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550010 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.149] Lagerwey Wind BV
Tower 132.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550011 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.150] Lagerwey Wind BV
Tower 143.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550012 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.151] Lagerwey Wind BV
Tower 155.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550013 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.152] Lagerwey Wind BV
Tower 166.0m MST MK2 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-550014 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.153] Lagerwey Wind BV
Tower options BB
Dokumenten-Nr.: M01-C5-20-558000 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.154] Lagerwey Wind BV
Nacelle 2760 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M02-C5-20-540002 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.155] Lagerwey Wind BV
Nacelle 2760 EP5 BB
Dokumenten-Nr.: M02-C5-20-540004 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.156] Lagerwey Wind BV
Nacelle options LP4
Dokumenten-Nr.: M02-C5-20-548002 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.157] Lagerwey Wind BV
Generator EP5 BB
Dokumenten-Nr.: M03-C5-20-530003 – C
Rev. C, Datum: 24.07.2020

[1.1.158] Lagerwey Wind BV
Hub 2340 LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M04-C5-20-520002 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.159] Lagerwey Wind BV
Hub EP5 BB
Dokumenten-Nr.: M04-C5-20-520004 – C
Rev. C, Datum: 24.06.2020

[1.1.160] Lagerwey Wind BV
Hub options LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M04-C5-20-528010 – A
Rev. A, Datum: 28.11.2019

[1.1.161] Lagerwey Wind BV
Tower Base Platform General (2xACS880) LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M06-C5-20-560003 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.162] Lagerwey Wind BV
Tower Base Module General LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M06-C5-20-560005 – B
Rev. B, Datum: 05.12.2019

[1.1.163] Lagerwey Wind BV
Medium Voltage room LP4 BB
Dokumenten-Nr.: M17-C5-20-562003 – B
Rev. B, Datum: 28.11.2019

[1.1.164] Lagerwey Wind BV
EP5 Single Line Diagram
Dokumenten-Nr.: M00-C2-20-500233 – A
Rev. A, Datum: 07.10.2020

[1.1.165] Lagerwey Wind BV
EP5 Single Line Diagram
Dokumenten-Nr.: M06-C5-20-560006 – A
Rev. A, Datum: 27.07.2020

Transformator

[1.1.166] Lagerwey Wind BV
LP4 Grid Transformer 5 MVA Purchase Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050191-R0
Rev. R0, Datum: 08.03.2017

[1.1.167] IEO Transformatoren BV
Typenschild T50IND 21/0,69
Dokumenten-Nr.: TES Naamplaat Engels 4280-603
Dateiname: LP4 Name Plate 5MVA 21KV-690V Main Transformer Snr 162170501.pdf
Rev. -, Datum: 03.04.2017 (empfangen)

[1.1.168] IEO Transformatoren BV
Testreport
Transformer-Nr.: 162170501
Rev. -, Datum: 07.02.2017

[1.1.169] IEO Transformatoren BV
Brief, Betreff: Supply of 5 MVA 21/0.69 kv Transformer against your order 130904362 Date 27.03.2017
Dateiname: Declaration of Conformity 5MVA 21-0.69kV Transformer.pdf
Rev. -, Datum: 27.07.2017

[1.1.170] Lagerwey Wind BV
LP4 Grid Transformer 5 MVA with 7stage MV Tapchanger Purchase Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050244-R1
Rev. R1, Datum: 17.01.2019

[1.1.171] IEO Transformatoren BV
Typenschild T51IND 21/0,69
Dokumenten-Nr.: TES Naamplaat Nederlands 4280-601
Dateiname: Transformer name plate.pdf
Rev. -, Datum: 10.12.2018 (empfangen)

[1.1.172] IEO Transformatoren B.V.
Distribution transformers operation manual
Dokumenten-Nr.: IP/DSG/IM/01
Rev. 1.2, Datum: 17.05.2018

[1.1.173] IEO Transformer B.V.
General Specification
Dokumenten-Nr.: 10888
Rev. -, Datum: 18.01.2019 (empfangen)

[1.1.174] IEO Transformer B.V.
Zeichnung General Arrangement 5100 kVA 21000/690 V
Dokumenten-Nr.: A-6410
Rev. -, Datum: 29.07.2018

[1.1.175] Lagerwey Wind BV
LP4 Grid Transformer 5.1 MVA Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050305-R1
Rev. R1, Datum: 02.07.2019

[1.1.176] Lagerwey Wind BV
LP4 / EP5 Grid Transformer 5.2 MVA Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050286-R2
Rev. R2, Datum: 26.11.2019

[1.1.177] Lagerwey Wind BV
LP4 / EP5 Grid Transformer 5.6 MVA Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050287-R2
Rev. R2, Datum: 26.11.2019

[1.1.178] ENERCON
Type certification of distribution transformers
Dokumenten-Nr.: PM-EW-AA012-Typenprüfung WEA Trafos-Rev001
Rev. 001, Datum: 17.02.2014

[1.1.179] ELTAS
General Specification, over-all dimension drawing and wiring diagram
Dateiname: 195973 ELTAS Trafo 5,1 30;0,69 KN L E 50Hz n5 ±2x2,5
Rev.: -, Datum: 27.08.2019

[1.1.180] ELTAS
Schaltplan
Dokumenten-Nr.: 19.M.250.4923
Rev. -, Datum: 27.02.2019

[1.1.181] ELTAS
F.A.T. Protocol
Seriennummer:YT-19-5858, YT-19-5859, YT-19-5860, YT-19-5861, YT-19-5862 Rev. -, Datum 04.2019 (Inspektionsdatum)

[1.1.182] Lagerwey Wind BV
LP4/EP5 Grid Transformer 6.0 MVA Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050288-R2
Rev. R2, Datum: 26.11.2019

[1.1.183] J. Schneider Elektrotechnik
Technical Data Sheet, Outline Drawing
Dateiname: D1023740-0 770899 JS Trafo 6,0 20;0,69 KN L E 50Hz n5 +4x2,5 V1.pdf; Rev. -, Datum: 17.07.2020

[1.1.184] J. Schneider Elektrotechnik
Test Certificate – Three Phase Transformer
Dateiname: D1023744-0 Test certificate.pdf
Rev. -, Datum: 13.07.2020

[1.1.185] Lagerwey Wind BV
Outline drawing – EP5-TBM-01; TBM Bottom unit Components assy
Zeichnung-Nr.: M06-C5-20-061406 – A
Rev. A, Datum: 29.06.2020

[1.1.186] Lagerwey Wind BV
Outline drawing – Bottom unit floorframe weldment
Zeichnung-Nr.: M06-C5-20-061448 - A
Rev. A, Datum: 29.06.2020

[1.1.187] ENERCON
Transformer Specification – Wind energy converter E160 EP5 E2 5500 kW
Dokumenten-Nr.: PLM-EWES-SP045-S1 E-160 EP5 E2 5500 kW
Rev. -, Datum: 30.01.2020

[1.1.188] J. Schneider Elektrotechnik
Data sheet / Outline drawing – Transformer HPNW 6500A-2034T12001
Dateiname: 782984 JS Trafo 6,5 33;0,69 KF L 50Hz n5 ±2x5 V1
Rev. -; Datum: 06.10.2020

[1.1.189] J. Schneider Elektrotechnik
Test certificate – Three phase transformer HPNW 6500A-2034T12001
Dokumenten-Nr.: 100011920
Rev. -, Datum: 03.12.2020

[1.1.190] J. Schneider Elektrotechnik
Data sheet / Outline drawing – Transformer HPNW 6500A-2035T10001
Dateiname: 780149 JS Trafo 6,5 10;0,69 KF L E 50Hz n5 +4x2,5 V1
Rev. -, Datum: 12.11.2020

Mittelspannungsschaltanlage

[1.1.191] Lagerwey Wind BV
LP4 Protection Settings for MV Switchgear
Dokumenten-Nr.: M17-C2-40-050154-R1
Rev. R1, Datum: 26.07.2017

[1.1.192] Siemens
Installation and Operating Instructions Medium-Voltage Switchgear Typ 8DJH
Dokumenten-Nr.: 500-8384.9
Rev. 06, Datum: 10.08.2011

[1.1.193] Siemens
Technical Description 8DJH
Dokumenten-Nr.: 8DJH-176373
Rev. -, Datum: 20.01.2017

[1.1.194] Siemens
Single Line Diagram 8DJH
Dokumenten-Nr.: 8DJH-176373
Rev. -, Datum: 20.01.2017

[1.1.195] Siemens
Circuit Diagram 8DJH Switchgear 24,0kV
Dokumenten-Nr.: 4509066258
Rev. -, Datum: 13.02.2016

[1.1.196] Lagerwey Wind BV
LP4 for MV Switchgear Siemens 8DJH 24 kV RL500 Purchase Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050231-R0
Rev. R0, Datum: 13.06.2018

[1.1.197] Siemens
Circuit Diagram 8DJH RL SIPROTEC 5
Dokumenten-Nr.: 946990-000010
Rev. -, Datum: 17.09.2018

[1.1.198] Siemens
Routine test report 8DJH Endausbau – PSIII.3
Dokumenten-Nr.: 000000946990-000010-0060-0002-0001
Rev. -, Datum: 16.10.2018

[1.1.199] Siemens
Routine test report 8DJH Endausbau – PSIII.1
Dokumenten-Nr.: 000000946990-000020-0060-0002-0001
Rev. -, Datum: 15.10.2018

[1.1.200] Siemens
Test Certificate 7SJ82
Seriennummer: BM1809004418
Rev. -, Datum: 17.09.2018

[1.1.201] Siemens
Test Certificate 7SJ82
Seriennummer: BM1809007373
Rev. -, Datum: 24.09.2018

[1.1.202] Lagerwey Wind BV
LP4 / EP5 MV Switchgear Specification
Dokumenten-Nr.: M17-C5-30-050306-R0
Rev. 0, Datum: 16.07.2019

[1.1.203] Ormazabal
Technische Beschreibung cgm.3
Dokumenten-Nr.: CA-112-EN-1501
Rev. -, Datum: 15.08.2019 (empfangen)

[1.1.204] Ormazabal
Zeichnung cgm.3
Dokumenten-Nr.: P019314
Dateiname: 170258 SLD Schaltanl. CGM.3 2K 1LSV V3
Rev. -, Datum: 28.11.2017

[1.1.205] Ormazabal
Schaltplan
Dokumenten-Nr.: E08354
Dateiname: 170258 SLD Schaltanl. CGM.3 2K 1LSV V3
Rev. 01, Datum: 23.11.2017

[1.1.206] Ormazabal
Schaltplan
Dokumenten-Nr.: E07106
Rev. 02, Datum: 07.09.2016

[1.1.207] Kema
Report of Performance TIC 2417-11; cgm.3 L
Seriennummer: 3621-1092
Rev. -, Datum: 02.02.2011

[1.1.208] Kema
Test Report 31009211GB; cgm.3-V
Seriennummer: 31009211-M3
Rev. -, Datum: 22.12.2010

[1.1.209] Siemens
Circuit diagrams 8DJH 20kV Standard Switchgear (RRL)
Dateiname: 95434 sld switchgear 8DJH RRL2 V3 eng.pdf
Rev. -, Datum: 08.09.2009

[1.1.210] Siemens
Circuit diagrams 8DJH Switchgear 20kV- RRRL SWE LARREITER POLDER
Dokumenten-Nr.: 30138862
Rev. -, Datum: 08.09.2009

[1.1.211] Siemens
Circuit diagrams 8DJH Switchgear 24kV- 4 x RL2 - 806023-000010
Dokumenten-Nr.: 0030175687
Rev. -, Datum: 14.10.2010

[1.1.212] Siemens
Circuit diagrams 8DJH Switchgear 24kV- RV - 15 x RRL2 20kA - 133019 (846693-000010), Dokumenten-Nr.: 0030256881
Rev. -, Datum: 15.04.2013

1.2 Mitgeltende Unterlagen

[1.2.1] Lagerwey Wind BV
Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-10480-R10
Rev. R10, Datum: 05.01.2021

[1.2.2] Lagerwey Wind BV
Description operation and safety system
Dokumenten-Nr.: M00-C2-40-050022-R8
Rev. R8, Datum: 14.04.2017

[1.2.3] Lagerwey Wind BV
LP4 Safety System Components
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050196-R2
Rev. R2, Datum: 09.07.2019

[1.2.4] Lagerwey Wind BV
L136 P4500 T132 BLM AW8.5 TI16.0 Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050154-R0
Rev. R0, Datum: 01.12.2016

[1.2.5] Lagerwey Wind BV
L136 4.5MW pars Default
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050155-R0
Rev. R0, Datum: 16.05.2017

[1.2.6] Lagerwey Wind BV
MEMO Assessment Remarks
Dateiname: Assessment remarks comments 27-6-2017.docx
Rev. -, Datum: 27.06.2017.

[1.2.7] Lagerwey Wind BV
MEMO Assessment Remarks – comments 2017-07-24
Dateiname: Assessment remarks comments - AP - 2017-07-24.docx
Rev. -, Datum: 24.07.2017

[1.2.8] Lagerwey Wind BV
MEMO Assessment Remarks – comments 2017-07-26
Dateiname: Assessment remarks comments - 2017-07-26.pdf
Rev. -, Datum: 26.07.2017

[1.2.9] Lagerwey Wind BV
MEMO Assessment Remarks – comments 2017-07-27
Dateiname: Assessment remarks comments - 2017-07-27.pdf
Rev. -, Datum: 27.07.2017

[1.2.10] Lagerwey Wind BV
MEMO Assessment Remarks – comments 2017-07-28
Dateiname: Assessment remarks comments - 2017-07-28.pdf
Rev. -, Datum: 28.07.2017

[1.2.11] Bureau Veritas
Design Evaluation Conformity Statement LM 71.8 P
Dokumenten-Nr.: 180003-CS-DE-01-0
Rev. -, Datum: 30.03.2018

[1.2.12] Lagerwey Wind BV
L147 P4300 T132M BLM AW8.5 TI16.0 Parameters for CS and SS relevant to loadset and shutdown
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050232-R0
Rev. R0, Datum: 25.10.2018

[1.2.13] TÜV NORD CERT GmbH
Evaluation Report Wind Turbine Platform LP4 – Design Basis
TÜV NORD Report Nr.: 8114242475 – 0 E, Rev. 3, Datum: 12.08.2019

[1.2.14] Lagerwey Wind BV
LP4 Description operation and safety system
Dokumenten-Nr.: M00-C2-40-050219-R0
Rev. R0, Datum: 05.12.2018

[1.2.15] TÜV NORD CERT GmbH
Evaluation Report Wind Turbine Lagerwey LP4 Platform
Electrical Equipment and Lightning Protection
TÜV NORD Report Nr.: 8114242475 – 5 E, Rev.8, Datum: 26.02.2021

[1.2.16] Lagerwey Wind BV
Begründung der L136-Nennleistungspegel
Dokumenten-Nr.: M00-C2-40-000626-R0
Rev. -, Datum: 14.01.2020

[1.2.17] Lagerwey Wind BV
EP5 Safety System Components
Dokumenten-Nr.: M00-C2-30-050338-R0
Rev. -, Datum: 07.02.2020

[1.2.18] Lagerwey Wind BV
EP5 Description Operation and Safety System
Dokumenten-Nr.: M00-C2-40-050302-R0
Rev. R0, Datum: 14.02.2020

2 Angewandte Normen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt: Richtlinie für Windkraftanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012

[2.2] IEC 61400-22:2010
Windenergieanlagen, Teil 22: Konformitätsprüfungen und Zertifizierung

[2.3] DIN EN 61400-1:2005 +A:2010 (Dritte Ausgabe)
Windenergieanlagen, Teil 1: Auslegungsanforderungen

[2.4] IEC 60034-1:2010
Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten

[2.5] EN 60204-1:2005, modifiziert
Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen -
Teil 1: Allgemeine Anforderungen

[2.6] DIN EN 61800-5-1:2008
Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl
Teil 5-1: Anforderungen an die Sicherheit – Elektrische, thermische und energetische Anforderungen

[2.7] DIN EN 61800-3:2012
Drehzahlveränderlicher elektrische Antriebe
Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren

[2.8] DIN EN 61400-24:2011
Windenergieanlagen, Teil 24: Blitzschutz

[2.9] IEC 62305 Serie
Blitzschutz

[2.10] DIN EN 60076-1:2012
Leistungstransformatoren - Teil 1: Allgemeines

[2.11] IEC 62271-200:2011
Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen
Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV

[2.12] DIN 18014:2014-03
Fundamenterder - Planung, Ausführung und Dokumentation

3 Einleitung

In der DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) Richtlinie [2.1] werden keine direkten Anforderungen an den Blitzschutz gestellt. Deshalb wurden für diese Gutachtliche Stellungnahme entsprechend IEC 61400-22 [2.2] die Anforderungen der IEC 61400-1 [2.3] als Prüfgrundlage definiert.

Die Lagerwey LP4 / EP5 Plattform wurde bereits im Rahmen der Typzertifizierung auf Erfüllung der Anforderungen der IEC 61400-1 überprüft. Die Ergebnisse dieser Überprüfung sind im TÜV NORD Zertifizierungsbericht [1.2.15] zusammengefasst. Die vorliegende gutachtliche Stellungnahme für die Lagerwey LP4 / EP5 Plattform wurde auf Basis dieses Zertifizierungsberichtes erstellt.

Auf Basis der von Lagerwey übermittelten Dokumente haben wir das elektrische System und den Blitzschutz auf Einhaltung der Anforderung der IEC 61400-1 geprüft. Für den Blitzschutz von WEA wurden die IEC 61400-24 [2.8] und IEC 62305 [2.9] berücksichtigt.

4 Beschreibung der elektrischen Hauptkomponenten

Die Prüfung des elektrischen Systems und des Blitzschutzes beinhaltet die folgenden Windenergieanlagen (WEA) [1.1.1], [1.1.2]:

Variant Nr.	WEA	Frequenz	Nenn-leistung	Turm / Nabenhöhe	Rotordurch-messer / Rotorblatt	Umgebungs-bedingung
1	Lagerwey L136 / E-136	50 Hz	4.5 MW	Stahl[1] 132 m, 109 m	136 m LM 66.5 P	STW
2	Lagerwey L147 / E-147	50 Hz	4.3 MW	Stahl[1] 109 m, 126 m, 132 m, 155 m	147 m LM 71.8 P	STW
3	Lagerwey L136 / E-136	50 Hz	4.65 MW	Stahl[1] 132 m, 109 m, 155 m	136 m LM 66.5 P	STW
4	Lagerwey L-160 / E-160	50 Hz	4.6 MW	Stahl[1] 120 m, 166 m	160 m LM 78.3 P	STW
5	Lagerwey L-147 E2 / E-147 E2	50 Hz	5.0 MW	Stahl[1] 126 m, 155 m	147 m LM 71.8 P	STW
6	Lagerwey L-160 E2 / E-160 E2	50 Hz	5.5 MW	Stahl 120 m, 140 m, 143 m, 166 m	160 m LM 78.3 P	STW

Tabelle 4.1: WEA Konfigurationen der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform

4.1 Klimatische Bedingungen

Die Lagerwey LP4 Plattform ist für die folgenden klimatischen Bedingungen spezifiziert [1.2.1]:

Version:	Betriebstemperaturbereich:	Auslegungstemperatur:
Standard Weather Edition (STW)	-10 °C bis 40 °C	-20 °C bis 50 °C

Tabelle 4.2:Temperaturbereich Lagerwey LP4 Plattform

Die maximale Installationshöhe der LP4 Plattform ist von Lagerwey nicht definiert. Für die Evaluierung des elektrischen Systems wurde die Standardhöhe von 1000 m über NN berücksichtigt.

4.2 Komponenten Beschreibung

Die elektrischen Eigenschaften der Hauptkomponenten sind:

[1] Alternativ Modular Steel Tower

- **Generator**

Hersteller:	Lagerwey	
Typ:	LW 5600-4300	
WEA Variante:	1, 2, 3	
Prinzip:	permanent-magnet synchron	
Nennscheinleistung:	6366 kVA	6081 kVA
Nennspannung:	717 V[2]	672 V[2]
Nennstrom:	2*2565 A	2*2611 A
Nenndrehzahl:	11,0 min^{-1}	10,28 min^{-1}
Frequenz:	12,1 Hz	11,308 Hz
Isolationsklasse:	F	
Anzahl der Pole:	66	
Schutzart:	IP 54	
Kühlungsart:	Luft	
Max. Installationshöhe:	1000 m	
Betriebstemperatur-bereich:	-20 °C bis 40 °C	

Hersteller:	ENERCON	
Typ:	EP5-GU-E160-E1	E-147 E2 EP5-GU-01
WEA Variante:	4	5
Prinzip:	permanent-magnet synchron	
Nennscheinleistung:	6226 kVA	6292 kVA
Nennspannung:	720 V[2]	738,2 V
Nennstrom:	4996 A	16*307,6 A
Nenndrehzahl:	9,3 min^{-1}	
Frequenz:	13,64 Hz	

[2] Über den Vollumrichter erfolgt eine aktive Regelung der Spannung.

Isolationsklasse:	F	
Anzahl der Pole:	176	
Schutzart:	IP 54	
Kühlungsart:	Luft	
Max. Installationshöhe:	bis zum 2500 m mit de-rating	1000 m
Betriebstemperatur-bereich:	-[3]	-15 °C bis 40 °C[4]
Hersteller:	ENERCON	
Typ:	E-160 E2 EP5-GU-01	
WEA Variante:	6	
Prinzip:	permanent-magnet synchron	
Nennscheinleistung:	6958 kVA	
Nennspannung:	741,7 V	
Nennstrom:	16*338,5 A	
Nenndrehzahl:	9,4 min^{-1}	
Frequenz:	13,787 Hz	
Isolationsklasse:	F	
Anzahl der Pole:	176	
Schutzart:	IP 54	
Kühlungsart:	Luft	
Max. Installationshöhe:	bis zum 1000 m	
Betriebstemperatur-bereich:	-15 °C bis 40 °C[5]	
Zugehörige Dokumentation:	[1.1.21] - [1.1.24]	

[3] Siehe Auflage 6.1
[4] Ab 20° C arbeitet der Generator mit einer Derating-Strategie [1.1.18]
[5] Ab 20° C arbeitet der Generator mit einer Derating-Strategie [1.1.21]

- **Umrichter**

Hersteller:	ABB	
Typ:	IGBT Vollumrichter	
Bezeichnung:	ACS880-87LC-8000A/6144A-7	ACS880-87CC-5200A/4800A-7
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5
Nennleistung (Netzseite):	6608 kW	5163 kW
Nennscheinleistung (Netzseite):	7342 kVA	5737 kW
Leistungsfaktor (cos φ):	0,9	0,9
Nennspannung (Netzseite):	3 ~ 690 V AC	3 ~ 690 V AC
Nennstrom (Netzseite):	6144 A (3072 A / Modul)	4800 A (2400 A / Modul)
Nennspannung (Maschinenseite):	3 ~ 0…690 V	3 ~ 0…690 V
Nennstrom (Maschinenseite):	8000 A (4000 A / Modul)	5200 A (2600 A / Modul)
Frequenz (Netzseite):	50 ± 5 Hz / 60 ± 5 Hz	50/60 Hz ± 5 Hz
Schutzart:	IP54	IP21
Max. Installationshöhe[6]:	1000 m	1000 m
Betriebstemperatur-bereich:	-30 °C bis 45 °C	-30 °C bis 45 °C

- **AC Pitch System**

Pitch Motor:

Hersteller:	KEB

[6] Bei Installationshöhen zwischen 1000 m bis 2000 m ü. NN. muss ein Derating entsprechend der ABB Vorgaben im Handbuch berücksichtigt werden.

Bezeichnung:	7608000-4000
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 5, 6
Nennleistung:	19,8 kW
Nenndrehmoment:	95 Nm
Nennspannung:	-[7]
Nennstrom:	42,3 A
Nenndrehzahl:	2000 min^{-1}
Isolationsklasse:	F
Schutzart:	IP65
Betriebstemperaturbereich:	-30 °C bis 50 °C

Pitch Umrichter:

Hersteller:	KEB
Bezeichnung:	19P6H2G-YLXA
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 5, 6
Versorgungsspannung:	400 V
Nennausgangsstrom:	52 A
Max. Ausgangsstrom:	83 A
Schutzart:	[7]
Betriebstemperaturbereich:	-30 °C bis 65 °C

Energiespeicher:

Typ:	Ultrakondensator	
Hersteller:	Maxwell	LS Ultracapacitor
Bezeichnung:	BMOD0006 E160 B02	LSUM 168R0L 0005F EA
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5

[7] In den Herstellerdokumenten nicht angegeben

Kapazität / Blatt:	5,8 F / 3,86F[8]	5,8 F
Nennspannung (DC) / Blatt:	160 V	168 V
Betriebstemperaturbereich:	-40 °C bis 65 °C	-40°C bis ~65°C

- **Azimutmotor:**

Hersteller:	Bonfiglioli	
Bezeichnung:	BN 132S 6 400/690-50 IP55 CLF B5 FD 50 RM SB 400 SA E3	
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 6	
Nennleistung:	3,0 kW	
Nennspannung:	400/690 V	
Frequenz :	50 Hz	
Betriebstemperaturbereich:	-20 °C bis 60 °C[9]	

Hersteller:	Suzhou Lego Motors Co., Ltd	
Bezeichnung:	AKEJ112M-6T	AKEJ112M-6R
WEA Variante:	1, 2, 3. 4, 5, 6	
Nennleistung:	3 kW	
Nennspannung:	400/690 V	
Frequenz :	50 Hz	
Betriebstemperaturbereich:	-20 °C bis 45 °C	

- **Schleifring:**

Hersteller:	Rekofa	
Bezeichnung:	5031376	F 5927 D
WEA Variante:	1, 2, 3	4, 5, 6
Anzahl Ringe:	24	25

[8] Nennkapazität je Modul 5.8 F, je Blatt 2 x 3 Module parallel
[9] Der Betriebstemperaturbereich der Azimutantriebe hängt vom verwendeten Getriebeöl ab. Der angegebene Temperaturbereich gilt für das Öl ISO VG 320.

Drehzahl:	0-22 min^{-1}
Schutzart:	IP 65
Betriebstemperaturbereich:	-25 °C bis 55 °C

- **Transformator:**

Hersteller:	IEO Transformatoren B.V.		ELTAS
Bezeichnung:	T50IND	T51IND	Öl-Transformator, hermetisch geschlossen mit Wellenwand
WEA Variante:	1, 3, 4	2, 4	1, 3, 4
Typ:		flüssigkeitsgefüllt	
Frequenz:		50 Hz	
Nennleistung:	5000 kVA	5100 kVA	5100 kVA
Nennspa-nnung (HV):	21 kV[10]	21 kV[10]	30 kV
Nennspa-nnung (LV):	0,69 kV	0,69 kV	0,69 kV
Schaltgruppe:	Dyn5	Dyn5	Dyn5
Anzapfungen:	5 Stufen ± 2,5 %	± 3 x 2,5 %	±2 x 2.5 %
Kühlung:	KNAN	KNAN	KNAN
Schutzart:	IP 00	[11]	IP 54
Max. Installations-höhe:	1000 m	[11]	1000 m
Betriebstempe-raturbereich:	-25 °C bis 40 °C	max. 40 °C	-25 °C bis 40 °C

[10] Die HV-Spannungsebene kann projektspezifisch angepasst werden.
[11] In den Herstellerunterlagen nicht angegeben.

Hersteller:	J. Schneider Elektrotechnik		
Bezeichnung:	HONW 6000A - 2018T 11001	HPNW 6500A-2034T12001	HPNW 6500A-2035T10001
WEA Variante:	5	5, 6	5, 6
Typ:		flüssigkeitsgefüllt	
Frequenz:		50 Hz	
Nennleistung:	6000 kVA	6500 kVA	6500 kVA
Nennspannung (HV):	20 kV	33 kV	10 kV
Nennspannung (LV):	0,69 kV	0,69 kV	0,69 kV
Schaltgruppe:	Dyn5	Dyn5	Dyn5
Anzapfungen:	+4 x 2,5%	±2 x 5%	+4 x 2,5%
Kühlung:	KNAN	KFAF	KFAF
Schutzart:	IP 00	IP 00	IP 00
Max. Installations-höhe:	1000 m	1000 m	1000 m
Betriebstempe-raturbereich:	-25 °C bis 50 °C	-25 °C bis 50 °C	-25 °C bis 50 °C
Zugehörige Dokumentation:	[1.1.182] - [1.1.186]	[1.1.87] - [1.1.89]	[1.1.87], [1.1.89]

- **Mittelspannungsschaltanlage:**

Hersteller:	Siemens	Ormazabal
Bezeichnung:	8DJH	Cgm.3
WEA Variante:	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4
Frequenz:	50/60 Hz	50/60 Hz
Nennspannung:	24 kV[10]	36 kV
Nennstrom (Stromschiene):	630 A	400/630A

Schutzart - Panel: - Tank:	 IP 2X IP 65	 IP 2XD IP X8
Isolationsmedium:	SF_6	SF_6
Max. Installationshöhe:	≤ 1000 m	≤ 2000 m
Betriebstempera-turbereich:	-10 °C bis 55 °C[12]	-40 °C bis 40 °C
Schutzrelais:	7SJ82	WIC1-3PE

- **Blitzschutz**

  Gefährdungspegel: LPL I

- **Netzanschlussbedingungen [1.1.1]**

  WEA Variante: 1 - 5

  Betriebsspannung mit Toleranz: 21 kV ± 10 %[13]

  Betriebsfrequenz mit Toleranz: 50 Hz ± 2 Hz

  Spannungsschieflast: Max. 2 %

  Netzausfall: 1/Jahr

5 Prüfbemerkungen

5.1 Methode

Die eingereichten Unterlagen wurden auf Vollständigkeit, Plausibilität und Konformität zu den in Kapitel 2 aufgeführten Standards geprüft. Die geprüften Dokumente sind in Kapitel 1 aufgelistet. Weiterhin wurden die Funktionalität der elektrischen Ausrüstung mit den Schaltplänen geprüft und die korrekte Dimensionierung der elektrischen Komponenten kontrolliert.

5.2 Anmerkungen

5.2.1 Während der Inbetriebnahme und des ersten Starts der WEA sollten einige Tests durchgeführt werden. Unter anderem sollten die installierten Kabel auf

[12] Der Temperaturbereich der Schaltanlage ist abhängig von der sekundären Schutzeinrichtung. Lagerwey installiert ein Siemens Siprotec 5 Schutzrelais.
[13] Entsprechend der Schutzeinstellungen der Mittelspannungsschaltanlage

Druckstellen geprüft werden. Des Weiteren sollten die Kabelbezeichnungen mindestens stichprobenartig überprüft werden. Diese Tests sind nur zwei Beispiele für Prüfungen, die durchgeführt werden sollten, bevor die WEA in den normalen Betrieb geht.

5.2.2 Die Konformität der Erdungsanlage des Fundamentes mit den einschlägigen Standards (DIN EN 50522, bzw. DIN 18014 für das Erdungssystem einer Hochspannungsanlage) und die Berücksichtigung der lokalen Vorschriften und Bedingungen vor Ort sind in Form eines Berichts zu dokumentieren. Dieser soll von einem lokalen Experten erstellt und als Teil der WEA Dokumentation übermittelt werden. Lagerwey hat den Betreiber auf diese Tatsache hinzuweisen.

5.2.3 Es ist darauf zu achten, dass es im Blitzschutz- und Erdungssystem keine Unterbrechungen gibt.

5.2.4 Wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass Kabel von Nagetieren oder anderen Tieren beschädigt werden können, müssen bewehrte Kabel oder Schutzrohre verwendet werden. Bei der Verlegung von Erdkabeln ist auf eine ausreichende Verlegetiefe zu achten.

5.2.5 Die Erfüllung der Anforderungen der lokalen Netzbetreiber und die Einhaltung der Netzanschlusskriterien sind von Lagerwey vor der WEA-Installation zu überprüfen und nachzuweisen. Diese Nachweise sind nicht Teil der vorliegenden Gutachtlichen Stellungnahme, sondern sind separat im Rahmen der Netzanschlussbegutachtung der WEA und der Windparks zu erbringen.

5.2.6 Die Inbetriebnahme der elektrischen Ausrüstung der Anlage hat entsprechend der IEC 60364-6-61 „Errichten von Niederspannungsanlagen“, Teil 6: „Prüfungen“, Kapitel 61: „Erstprüfung“ zu erfolgen. Der dafür erstellte Testbericht ist dem Betreiber der WEA als Teil der Anlagendokumentation zu übergeben.

5.2.7 Es sind die lokalen Vorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit zu beachten. In Deutschland sind vor allem das EMV-Gesetz sowie die Europäische EMV-Richtlinie 2014/30/EU einzuhalten.

5.3 **Prüfergebnis**

5.3.1 Allgemeine Anforderungen an das elektrische System

Die im Kapitel 4 aufgeführten Komponenten wurden bei der Typenzertifizierung der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform bereits auf die Erfüllung der Anforderungen der DIN 61400-1 [2.3] und IEC 61400-22 [2.2] positiv geprüft [1.2.15]. Es gibt keine Abweichung von den allgemeinen Anforderungen an das elektrische System gemäß DIN EN 61400-1 und DIBt 2012 [2.1].

In Revision 2 wurde der Permanentmagnet-Synchrongenerator Typ EP5-GU-E160-E1 für die WEA E-160 aufgenommen. Der Generator wird von ENERCON hergestellt [1.1.12] Der EP5-GU-E160-E1 ist gemäß IEC 60034-1 [2.4] ausgelegt.

Die Typenschild-Zeichnung des Generators EP5-GU-E160-E1 einschließlich der Angaben zum Betriebstemperaturbereich müssen eingereicht werden [6.1].

In Revision 3 dieses Berichtes wurde der Permanentmagnet-Synchrongenerator Typ E-147 E2 EP5-GU-01 [1.1.18] - [1.1.20] von ENERCON für die E147 E2 Konfiguration aufgenommen. Der E-147 E2 EP5-GU-01 ist gemäß IEC 60034-1 [2.4] ausgelegt. Die Anforderungen der IEC 61400-1 [2.3] werden erfüllt.

In Revision 1 dieses Berichts wurde der alternative Umrichter ACS880-87CC-5200A/4800A-7 von ABB hinzugefügt. ABB bestätigt, dass der ACS880-87CC-5200A/4800A-7 konform zu den EU-Richtlinien 2014/35/EU und 2014/30/EU ist, und die Anforderungen der EN 61800-5-1 [2.6] und EN 61800-3 [2.7] erfüllt. Der von Eltas hermetisch abgeschlossener mit Wellenwand Öl-Transformator (5100 kVA) [1.1.179] - [1.1.181] wurde auch aufgenommen. Der Transformator ist nach IEC 60076 ausgelegt. Darüber hinaus sind weitere Spezifikationen für die Mittelspannungsschaltanlage von Lagerwey in diese Revision hinzugefügt worden. Ebenso eine alternative Mittelspannungsschaltanlage von Ormazabal [1.1.203] - [1.1.208] wurde aufgenommen.

In Revision 3 dieses Berichtes wurde der flüssigkeitsgefüllte Transformator der Bezeichnung HONW 6000A - 2018T 11001 von J. Schneider Elektrotechnik hinzugefügt [1.1.183], [1.1.184]. Dieses Design entspricht der technischen Spezifikation [1.1.182] von Lagerwey. Der Transformator erfüllt die Anforderungen der Norm IEC 60076-1 [2.10].

5.3.2 Schutz- und Trenneinrichtungen

Die WEA der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform sind mit Schutzgeräten zum Schutz der elektrischen Komponenten ausgestattet. Diese schützen die Turbine selbst sowie die externen elektrischen Systeme im Falle einer Fehlfunktion. Die korrekte Auslegung der Schutz- und Trenneinrichtungen wurde zusammen mit der Kurzschlussstromberechnung und den Schaltplänen bereits bei der Typenzertifizierung geprüft [1.2.15].

Die Schutz- und Trenneinrichtungen erfüllen die Anforderungen der DIN EN 61400-1 und DIBt 2012.

5.3.3 Blitzschutz und Erdungssystem

Die WEA der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform sind nach dem Gefährdungspegel LPL I gemäß IEC 61400-24 ausgelegt. Die Aufteilung in verschiedene Blitzschutzzonen ist im Dokument [1.1.49] dargestellt. Die Beschreibung ist plausibel und ausreichend.

Die WEA L136 ist mit dem Rotorblatt LM 66.5 P von LM Wind Power [1.1.50] - [1.1.52] ausgerüstet. Das LM 66.5 P ist mit dem zertifizierten Blitzschutzsystem Insulated Lightning Protection System (ILPS) [1.1.50] ausgestattet. Der Germanischer Lloyd (GL) hat die Einhaltung der Anforderungen der IEC 61400-24 für das ILPS geprüft [1.1.53], [1.1.54]. Lagerwey hat ein gültiges Komponentenzertifikat entsprechend IEC 61400-22 für das ILPS vom GL [1.1.55] vorgelegt.

Das Rotorblatt LM 71.8 P von LM Wind Power ist an der WEA L147 installiert. Bureau Veritas hat das Design des LM 71.8 P geprüft. Laut Design Evaluation Conformity Statement [1.2.11] ist auch dieses Rotorblatt mit dem zertifiziertem ILPS ausgerüstet.

Die WEA L160, L160 E2 und L147 E2 sind mit dem Rotorblatt LM 78.3 P von LM Wind Power ausgerüstet [1.2.1]. Bureau Veritas hat das Design des LM 78.3 P geprüft [1.1.60]. Dieses Rotorblatt ist mit einem von DNV GL Renewables Certification zertifizierten ILPS nach IEC 61400-22 ausgerüstet [1.1.59].

Das Blitzschutzsystem sowie das Erdungskonzept der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform wurden bereits bei der Typzertifizierung auf Einhaltung der Anforderungen der Blitzschutznormen IEC 61400-24 [2.8] und der IEC 62305 (Serie) [2.9] geprüft [1.2.15].

Das Blitzschutz- und Erdungssystem der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform erfüllen die Anforderungen der DIN EN 61400-1, DIN 18014 und der DIBt 2012.

In Revision 1 dieses Bewertungsberichts wurde ein alternatives Kabel zwischen dem Mittelspannungstransformator und der Mittelspannungsschaltanlage (N2XSY von Helukabel) [1.1.125] - [1.1.126] hinzugefügt. Darüber hinaus wurde das Design des Turmfußmoduls von Lagerwey geändert. Anstelle flexiblen Kupferkabel (300 mm²) wurden Sammelschienen zwischen Umrichter und Mittelspannungstransformator [1.1.127] installiert. So wurde auch die Spezifikation des Stromkabels von Lagerwey [1.1.117] aktualisiert.

Die Revision 1 dieses Berichts enthält ebenso die elektrischen Schaltpläne der 155 m Nabenhöhe der EP5 Plattform. Die neue Nabenhöhe wurde ebenfalls in dem Stromkabelübersicht [1.1.130] berücksichtigt.

5.3.4 Elektrische Leiter

Die Auslegung der Leistungskabel sowie einige Kabeldatenblätter sind in den Dokumenten [1.1.113] - [1.1.124] dargestellt. Vom Generator zum Kabelloop im Turm sind flexible Leitungen (48x1x150 mm² H07BN-F 450/750V Kupfer) installiert. Das Leistungskabel im Turm ist starr (48x1x400 mm² NAYY-J/0 Aluminium). Die Verbindung vom Leistungsumrichter zum Mittelspannungstransformator ist mit 24 Kabeln (24x1x300 mm² H07BN4-F 450/750V Kupfer) hergestellt. Zwischen Transformator und Mittelspannungsschaltanlage wird das Mittelspannungskabel YMeKrvaslqwd 12/20 kV installiert.

Die Auslegung der Kabel ist plausibel und nachvollziehbar. Die Prüfung der elektrischen Leiter ergab keine Abweichungen von der DIN EN 61400-1 und der DIBt 2012.

5.3.5 Selbsterregung

Die WEA der Lagerwey LP4 Plattform werden bei Netzausfall über den Umrichter sicher vom Netz getrennt. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 61400-1 und DIBt 2012 bezüglich Selbsterregung erfüllt.

5.3.6 Weitere Anmerkungen

Das Sicherheitssystem der LP4 Plattform ist in [1.2.14] dargestellt. Die Sensoren und Aktoren des Sicherheitssystems sind korrekt in den Schaltplänen abgebildet.

6 Auflagen

Die unten aufgeführten Auflagen für das elektrische System werden von uns als nicht sicherheitskritisch bewertet. Die entsprechenden Nachweise, dass die Auflagen geklärt sind, müssen vor der endgültigen Inbetriebnahme eingereicht werden.

6.1 Die Typenschild-Zeichnung des Generators EP5-GU-E160-E1 einschließlich der Angaben zum Betriebstemperaturbereich muss eingereicht werden

6.2 Für die Erstellung der TTCS der E160 E2 muss der Wärmeprüfungsbericht des Generators E-160 E2 EP5-GU-01 vorliegen

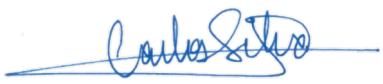
6.3 Für die Erstellung der TTCS der E160 E2 muss der Typprüfbericht des Transformators HPNW 6500A-2035T10001 vorliegen

7 Schlussfolgerung

Das elektrische System und der Blitzschutz der WEA der Lagerwey LP4 / EP5 Plattform erfüllen die Anforderungen der DIN EN 61400-1 und somit auch die Anforderungen der DIBt 2012, wenn die Auflagen auf dem Kapitel 6 geschlossen sind.

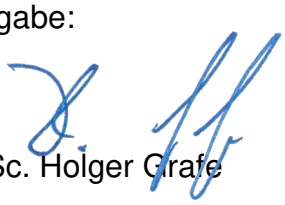
Durch Modifikationen am elektrischen System, die nicht angezeigt werden, verliert diese Stellungnahme ihre Gültigkeit. Damit diese Stellungnahme gültig bleibt, müssen Änderungen der Zertifizierungsstelle Windenergie mitgeteilt und zur Prüfung vorgelegt werden.

Verfasser:



M. Sc. Carlos Silva

Freigabe:



M. Sc. Holger Grafe